

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL (OACI)

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA - UNAM

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
2 de septiembre al 31 de octubre de 1986

México, D.F.

ORDEN DEL DIA

1. OBJETIVO DE LA REUNION
2. COMENTARIOS ACERCA DEL DESARROLLO DEL CURSO
3. ACTIVIDADES DE LA SEGUNDA PARTE.
4. COMENTARIOS VARIOS.

PROGRAM.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

- o -

OACI (ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL NORTEAMERICA Y CARIBE)

- o -

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

CURSO: "XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
FECHA: DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE DE 1986 - MEXICO, D. F.

<u>Fecha</u>	<u>Horario</u>	<u>TEMA</u>	<u>EXPOSITOR</u>
SEP. 2	9:00 a 9:45	RECEPCION Y REGISTRO DE ASISTENTES	
" "	10:00 a 11:00	CEREMONIA DE INAUGURACION	AUTORIDADES SCT, OACI, UNAM
" "	11:00 a 13:30	PRESENTACION DEL PROGRAMA DEL CURSO	COORDINADORES DGA* Y DEC**
" "	13:30 a 14:30	CONFERENCIA: "PLANIFICACION DE LA INFRA- ESTRUCTURA AEROPORTUARIA DE MEXICO".	ING. MANUEL ANGULO SANCHEZ
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES"	ING. FERNANDO PEÑA ALFARO
SEP. 3	9:00 a 14:00	VISITA TECNICA AL AREA TERMINAL DEL AICM	COORDINADOR DE PLANIFICACION
" "	15:00 a 17:00	REUNION DE ASISTENTES Y EXPOSITORES EN PALACIO DE MINERIA	
SEP. 4-5	9:00 a 15:00	ANALISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE AEREO	ING. MATIAS LOPEZ JIMENEZ
SEP. 5	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "SISTEMA ESTADISTICO AERO- PORTUARIO".	ING. LEOPOLDO VARELA ALONSO
SEP. 8	9:00 a 15:00	OFERTA DE INFRAESTRUCTURA	ARQ. ANTONIO M. OLVERA HDEZ.
SEP. 9-11	9:00 a 15:00	TALLER (CONCEPCION DEL PROYECTO Y PLAN MAESTRO)	ARQS. FRANCISCO MENDEZ MUÑOZ ANTONIO M. OLVERA HERNANDEZ

* DGA = Dirección General de Aeropuertos.

**DEC = División de Educación Continua.

...

<u>Fecha</u>	<u>Horario</u>	<u>TEMA</u>	<u>EXPOSITOR</u>
SEP. 12	9:00 a 15:00	CONCEPTOS PARA LA EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS AEROPOR TUARIOS	ING. ARMANDO VARILLER NAVA ACT. SILVIA RUIZ HERNANDEZ
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "CRITERIOS POLITICOS Y SOCIALES PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS"	LIC. ALBERTO OLIVER RODRIGUEZ
SEP. 17	9:00 a 11:30	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA FASE DE PLANIFICACION	ING. JORGE R. LIMON FLORES
" "	12:00 a 13:30	CONFERENCIA: "ANALISIS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN AEROPUERTOS"	DR. HUMBERTO BRAVO ALVAREZ UNAM
" "	13:30 a 15:00	METODOLOGIA APLICADA EN MEXICO PARA PREDECIR LAS EMISIONES POR RUIDO EN AEROPUERTOS	ING. TRINIDAD DELGADO BRISEÑO
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "PLANIFICACION DE AEROPUERTOS"	ING. FEDERICO DOVALI RAMOS
SEP. 18	9:00 a 11:00	CONFERENCIA: "INGENIERIA BASICA Y METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS"	ING. HECTOR RODRIGUEZ REGUERO
" "	11:00 a 15:00	METEOROLOGIA	MET. CLEMENTE ARCIGA MARROQUIN
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "NORMAS Y RECOMENDACIONES OACI PARA EL PROYECTO"	ING. ENRIQUE TAULIS VICENCIO (OACI - MEXICO)
SEP. 19	9:00 a 15:00	METEOROLOGIA (CONT.)	MET. CLEMENTE ARCIGA MARROQUIN
" "	17:30 a 20:30	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS	ING. JAIME HERNANDEZ ZARATE
SEP. 20	10:00 a 11:30	CONFERENCIA: "RENDIMIENTOS AL DESPEGUE Y ATERRIZAJE DE AERONAVES"	ING. RENE ALVARADO ROSAS (AEROMEXICO, S. A.)
" "	12:00 a 14:00	CONFERENCIA: "SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA E INSTRUMENTACION DE ABORDO"	CAP. MEDARDO BURGOS FLORES (CÓLEGIO DE PILOTOS)
SEP. 22	9:00 a 12:00	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS (CONT.)	ING. JAIME HERNÁNDEZ ZARATE

<u>Fecha</u>	<u>Horario</u>	<u>T E M A</u>	<u>E X P O S I T O R</u>
SEP. 22	12:00 a 15:00 17:30 a 20:30	PROYECTO AERONAUTICO	ING. HECTOR MARTINEZ SANDOVAL
SEP. 23	9:00 a 15:00	PROYECTO AERONAUTICO	ING. HECTOR MARTINEZ SANDOVAL
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "NORMAS PARA EL PROYECTO DE AEROPUERTOS RURALES"	ING FERNANDO SANVICENTE AÑORVE
SEP. 24	9:00 a 15:00	PROYECTO DE RASANTES	ING. LUIS CAMACHO DORANTES
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA E HIDRAULICA PARA EL PROYECTO DE DRENAJE"	ING. GILBERTO SOTELO AVILA
SEP. 25	9:00 a 15:00	PROYECTO DEL SISTEMA DE DRENAJE	ING. ALFONSO ELIZONDO RAMIREZ
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "CRITERIOS DE SELECCION ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS"	ING. RODOLFO TELLEZ GUTIERREZ
SEP. 26	9:00 a 15:00 17:30 a 20:30	PROYECTO DE PAVIMENTOS	ING. ROBERTO SOSA GARRIDO
SEP. 27	12:00 a 13:30	CONFERENCIA: "EXPERIENCIAS DE PROYECTO ARQUITECTONICO EN MEXICO"	ARQ. ALVARO HERNANDEZ CABADA
SEP. 29	9:00 a 15:00 17:00 a 20:30	PROYECTOS DE INSTALACIONES EXTERIORES (COMBUSTIBLES, HIDROSANITARIAS)	ING. MARIO BADILLO GONZALEZ
SEP. 30	9:00 a 15:00	PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTROMECANICAS	ING. JOSE DIAZ MORON
" "	17:30 a 20:30	PROYECTO DE AYUDAS VISUALES LUMINOSAS	ING. ISMAEL REYES AGUIRRE
OCT. 1o.	9:00 a 15:00 17:30 a 20:30	PROYECTO ARQUITECTONICO	ARQ. MARCO A. ORTIZ FLORES
OCT. 2	9:00 a 10:30 10:30 a 15:00	CONFERENCIA: "CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS EN MEXICO"	ING. LUIS A. MARTIN CHAVEZ
OCT. 3-6	9:00 a 15:00	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN OBRAS CIVILES	ING. LUIS A. MARTIN CHAVEZ

<u>Fecha</u>	<u>Horario</u>	<u>TEMA</u>	<u>EXPOSITOR</u>
OCT. 4-5		VISITA TECNICA AEROPUERTO EN CONSTRUCCION	
OCT. 6	17:30 a 20:00	PANEL DE DISCUSION: "ESTUDIOS DE PROSPECCION GEOFISICA Y SU CORRELACION CON LA ATACABILIDAD DE LOS MATERIALES DE TERRACERIAS EN EL AEROPUERTO BHA"	RAYMOND VIGNAUD, CARLOS OROZCO
OCT. 7	9:00 a 15:00	RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS	ING. OCTAVIO CONTRERAS ESPARZA
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "EXPERIENCIA DE CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS RURALES"	ING. GUSTAVO WELCH CASTILLO
OCT. 8	9:00 a 15:00	CONTROL DE CALIDAD	ING. ALFONSO ELIZONDO RAMIREZ
OCT. 9	9:00 a 15:00	PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACION	ARQ. RAUL MAYA NAVA
OCT. 10	9:00 a 15:00	PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIONES PARA AYUDAS VISUALES LUMINOSAS Y ALMACENAMIENTOS DE COMBUSTIBLES	ING. RODOLFO LOPEZ MUÑOZ
OCT. 13-18		VISITA TECNICA (VARIOS AEROPUERTOS)	
OCT. 20	9:00 a 15:00	CONTROL Y SUPERVISION DE OBRA	ING. ROSENDO ROLDAN GONZALEZ
OCT. 21	9:00 a 15:00	PROCEDIMIENTOS PARA LICITACION DE OBRAS	ING. J. LUIS BALTAZAR VELEZ
" "	12:30 a 15:00	FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE COSTOS	ING. ANTONIO MORENO MARTINEZ
OCT. 22	9:00 a 10:30	CONFERENCIA: "MANTENIMIENTO Y OPERACION DE AEROPUERTOS"	ING. XAVIER RAMOS CORONA
" "	11:00 a 15:00	ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO EN AEROPUERTOS	ING. MARIO BADILLO GONZALEZ
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: " CONSERVACION DE AEROPUERTOS" (SISTEMA AERONAUTICO TERRESTRE)	ING. FRANCISCO F. RODARTE LAZO (ASA)*

<u>Fecha</u>	<u>Horario</u>	<u>TEMA</u>	<u>EXPOSITOR</u>
OCT. 23	9:00 a 15:00	ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO EN AEROPUERTOS (CONT.)	ING. MARIO BADILLO GONZALEZ
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "ASPECTOS OPERACIONALES DE LAS AERONAVES EN RELACION CON LA SEGURIDAD DE LOS AEROPUERTOS.	CAP.MEDARDO BURGOS FLORES
OCT. 24	9:00 a 12:00	SERVICIOS A LA NAVEGACION AEREA	ING.FERNANDO MOLINAR PRIETO (SENEAM)*
" "	12:15 a 15:00	LA SEGURIDAD AEROPORTUARIA EN UN SISTEMA DE AEROPUERTOS	ING. JOSE LUIS FERRER LARA (ASA)
" "	17:30 a 20:00	CONFERENCIA: "PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EDIFICIOS"	ARQ. ANDRES LEON GILES (ASA)
OCT. 25	9:00 a 15:00	VISITA TECNICA AL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM.	
OCT. 27	9:00 a 11:45	ORGANIZACION Y FUNCIONES DE LAS AUTORIDADES EN AEROPUERTOS DE LA RED TRONCAL	ING. GUILLERMO LEYVA GALINDO (DGAC)*
" "	12:00 a 15:00	ADMINISTRACION Y GESTION DE AERODROMOS Y AEROPUERTOS REGIONALES	ING. ANTONIO SOLORIO AGUIRRE (DGAC)
OCT. 28	9:00 a 15:00	PLANEACION FINANCIERA, OPERACION Y ADMINISTRACION AEROPORTUARIA	C.P. JOSE A.TREJO HARO E ING. VICTOR CANO OCHOA
" "	17:00 a 20:30		ING. SERGIO SANCHEZ LOPEZ
OCT. 29	9:00 a 12:00	INFORMACION DE LOS AEROPUERTOS REQUERIDA POR LA AVIACION CIVIL INTERNACIONAL	ING. JOSE A. DIAZ DE LA SERNA (OACI - MEXICO)
" "	12:30 a 15:00	NOTIFICACION DE LA RESISTENCIA Y DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS EN MEXICO	ING. EUGENIO RAMIREZ RODRIGUEZ
OCT. 30	10:00 a 14:00	VISITA DE FAMILIARIZACION A LA OFICINA REGIONAL DE LA OACI EN MEXICO Y CONFERENCIA	
OCT. 31		MESA REDONDA, EVALUACION FINAL Y CLAUSURA.	

*SENEAM = Servicios de Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano DGAC = Dir.GRal. de Aeronáutica Civil.

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DÉL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE DE 1986

M O D U L O	CONFERENCIAS	VIAJES DE PRACTICAS Y/O VISITAS
- PLANIFICACION Del 2-17 de sept. Coordinador Académico Arq. Mauro Olvera Hndz.	- PLANIFICACION DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA DE MEXICO. Conferencista: Ing. Manuel Angulo S. Fecha: 2 de sept. Hora: 13.30 a 14.30 hrs.	VISITA TECNICA AL AREA TERMINAL DEL AICM. Fecha: 3 de sept. Hora: 9.00 a 14.00 hrs.
	- SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES Conferencista: Ing. Fernando Peña A. Fecha: 2 de sept. Hora: 17.30 a 20:00 hrs.	
	- SISTEMA ESTADISTICO AEROPORTUARIO Conferencista: Ing. Leopoldo Varela A. Fecha: 5 de sept. Hora: 17.30 a 20.00 hrs.	
	- CRITERIOS POLITICOS Y SOCIALES PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS Conferencista: Lic. Alberto Oliver R. Fecha: 12 de sept. Hora: 17.30 a 20.00 hrs.	
	- ANALISIS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN AEROPUERTOS Conferencista: Dr. Humberto Bravo A. Fecha: 17 de Sept. Hora: 12.00 a 13.30 hrs.	
	- PLANIFICACION DE AEROPUERTOS Conferencista: Ing. Federico Dovalí R. Fecha: 17 de sept. Hora: 17.30 a 20.00 hrs.	

M O D U L O**CONFERENCIAS****VIAJES DE PRACTICAS Y/O VISITAS**

- PROYECTO
Del 18 de sept. al 1o. de oct.
Coordinador Académico
Ing. Héctor Martínez Sandoval

- INGENIERIA BASICA Y METODOLOGIA
PARA EL DESARROLLO DE LOS
PROYECTOS
Conferencista: Ing. Héctor Rodríguez R.
Fecha: 18 de sept.
Hora: 9.00 a 11.00 hrs.

- NORMAS Y RECOMENDACIONES OACI
PARA EL PROYECTO
Conferencista: Ing. Enrique Taulis Vicencio
Fecha: 18 de sept.
Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- RENDIMIENTOS AL DESPEGUE Y
ATERRIZAJE DE AERONAVES
Conferencista: Ing. René Alvarado Rosas
Fecha: 20 de sept.
Hora: 10.00 a 11.30 hrs.

- SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA E
INSTRUMENTACION DE ABORDO
Conferencista: Cap. Medardo Burgos F.
Fecha: 20 de sept.
Hora: 12.00 a 14.00 hrs.

- NORMAS PARA EL PROYECTO DE
AEROPUERTOS RURALES
Conferencista: Ing. Fernando Sanvicente A.
Fecha: 23 de sept.
Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA E
HIDRAULICA PARA EL PROYECTO DE
DRENAJE
Conferencista: Ing. Gilberto Sotelo Avila
Fecha: 24 de sept.
Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- CRITERIOS DE SELECCION ENTRE PAVIMENTOS
FLEXIBLES Y RIGID

M O D U L O

CONFERENCIAS

VIAJES DE PRACTICAS Y/O VISITAS

Conferencista: Ing. Rodolfo Téllez G.
 Fecha: 25 de sept.
 Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- EXPERIENCIAS DE PROYECTO
 ARQUITECTONICO EN MEXICO

Conferencista: Arq. Alvaro Hernández C.
 Fecha: 27 de sept.
 Hora: 12.00 a 13.30 hrs.

- CONSTRUCCION

Del 2 al 21 de octubre
 Coordinador Académico.
 Ing. Rosendo Roldán González

- CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS EN
 MEXICO

Conferencista: Ing. Luis A. Martín Chávez
 Fecha: 2 de octubre
 Hora: 9.00 a 15.00 hrs.

- VISITA TECNICA AEROPUERTO EN
 EN CONSTRUCCION

Fecha: 4 y 5 de oct.

- EXPERIENCIA DE CONSTRUCCION DE
 AEROPUERTOS RURALES

Conferencista: Ing. Gustavo Welch Castillo
 Fecha: 7 oct.
 Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- VISITA TECNICA VARIOS
 AEROPUERTOS

Fecha: 13-18 de oct.

- MANTENIMIENTO Y OPERACION

Del 22 al 31 de octubre
 Coordinador Académico
 Ing. Eugenio Ramírez Rodríguez

- MANTENIMIENTO Y OPERACION DE
 AEROPUERTOS

Conferencista: Ing. Xavier Ramos Corona
 Fecha: 22 de oct.
 Hora: 9.00 a 10.30 hrs.

- CONSERVACION DE AEROPUERTOS
 (SISTEMA AERONAUTICO TERRESTRE)

Conferencista: Ing. Francisco F. Rodarte Lazo
 Fecha: 22 de oct.
 Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- ASPECTOS OPERACIONALES DE LAS
 AERONAVES EN RELACION CON LA
 SEGURIDAD DE LOS AEROPUERTOS

Conferencista: Cap. Medardo Burgos Flores
 Fecha: 23 de oct.
 Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

M O D U L O

CONFERENCIAS**VIAJES DE PRACTICAS Y/O VISITAS**

- **PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO DE
INSTALACIONES Y EDIFICIOS**
Conferencista: Arq. Andrés León Giles
Fecha: 24 de oct.
Hora: 17.30 a 20.00 hrs.

- **VISITA TECNICA AL INSTITUTO DE
INGENIERIA DE LA UNAM**
Fecha: 25 de oct.
Hora: 9.00 a 15.00 hrs.
- **VISITA DE FAMILIARIZACION A LA
OFICINA REGIONAL DE LA OACI EN
MEXICO.**
Fecha: 30 de oct.
Hora: 10.00 a 14.00 hrs.

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: "INGENIERIA DE AEROPUERTOS,
MODULO: CONSTRUCCION".

FECHA: DEL 2 AL 21 DE OCTUBRE 1986.

D.G.A. - S.C.T.
MEXICO, D.F.

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
	CONFERENCISTA				
1.	ING. LUIS A. MARTIN CHAVEZ				
2.	ING. CARLOS OROZCO RAYMOND VIGNAUD				
3.	ING. OCTAVIO CONTRERAS ESPARZA				
4.	ING. GUSTAVO WELCH CASTILLO				
5.	ING. ALFONSO ELIZONDO RAMIREZ				
6.	ARQ. RAUL MAYA NAVA				
7.	ING. RODOLFO LOPEZ MUÑOZ				
8.	ING. ROSENDO ROLDAN GONZALEZ				
9.	ING. JULIO BALTAZAR VELEZ				
10.	ING. ANTONIO MORENO MARTINEZ				
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10				

CURSO: "INGENIERIA DE AEROPUERTOS, MODULO: CONSTRUCCION"

FECHA: DEL 2 AL 21 DE OCTUBRE DE 1986

LUGAR: MEXICO, D.F.

PARA: DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS, S.C.T.

T E M A

		ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
1.	CONFERENCIA: "CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS EN MEXICO".				
2.	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN OBRAS CIVILES				
3.	VISITA TECNICA AEROPUERTO EN CONSTRUCCION				
4.	PANEL DE DISCUSION: "ESTUDIOS DE PROSPECCION GEOFISICA Y SU CORRELACION CON LA ACTIBILIDAD DE LOS MATEIRALES DE TERRACERIAS EN EL AEROPUERTO BHA"				
5.	RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS				
6.	CONFERENCIA: "EXPERIENCIA DE CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS RURALES"				
7.	CONTROL DE CALIDAD				
8.	PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACION				
9.	PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIONES PARA AYUDAS VISUALES LUMINOSAS Y ALMACENAMIENTOS DE COMBUSTIBLES				
10.	CONTROL Y SUPERVISION DE OBRA				
11.	PROCEDIMIENTOS PARA LICITACION DE OBRAS				

ESCALA DE EVALUCION: 1 A 10

EVALUACION
T O T A L:

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: "INGENIERIA DE AEROPUERTOS, MODULO: CONSTRUCCION"

FECHA: DEL 2 AL 21 DE OCTUBRE DE 1986

LUGAR: MEXICO, D.F.

PARA: DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS, S.C.T.

T E M A		ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
12.	FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE COSTOS				
ESCALA DE EVALUCION: 1 A 10					
EVALUACION TOTAL:					

EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

2.- Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR :
ANUNCIO TITULADO DI
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

CARTEL MENSUAL

REVISTAS TECNICAS

PERIODICO NOVEDADES
ANUNCIO TITULADO DI
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

RADIO UNIVERSIDAD

FOLLETO ANUAL

FOLLETO DEL CURSO

COMUNICACION CARTA,
TELEFONO, VERBAL,
ETC.

CARTELERA UNAM "LOS
UNIVERSITARIOS HOY"

GACETA
UNAM

3.- Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

4.- ¿Qué cambios haría en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas?

sí

no

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE

BUENA

REGULAR

MALA

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES
DE 9 a 13 H. Y
DE 14 A 18 H.
(CON COMIDAD)

LUNES A
VIERNES DE
17 a 21 H.

LUNES A MIERCOLES
Y VIERNES DE
18 A 21 H.

MARTES Y JUFVES
DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 14 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 13 H.
DE 14 A 18 H.

OTRO

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10.- Otras sugerencias:

OFERTA DE INFRAESTRUCTURA

XIV CURSO "INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

ARQ. ANTONIO M. OLVERA HERNANDEZ

Jefe del Departamento de Programación

Coordinador del Módulo Planificación de Aeropuertos

Dirección General de Aeropuertos

1 9 8 6

PLANIFICACION DE AEROPUERTOS

OBJETIVOS Y ALCANCES

NIVEL NACIONAL

NIVEL PARTICULAR

NIVEL NACIONAL

CONSIDERACION DE LOS DIVERSOS PLANES Y PROGRAMAS

- Plan Nacional de Desarrollo
- Programa Nacional de Turismo
- Programa Nacional de Fomento Industrial
- Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Vivienda
- Programa Nacional de Ecología

CONSIDERACION DE LAS TASAS DE POBLACION PRODUCTO INTERNO BRUTO

CONSIDERACIONES GEOGRAFICAS

- TOPOGRAFIA
 - Montañas
 - Ríos
 - Desiertos
- HUMANOS
 - Asentamientos
 - Distribución
 - Costumbres
- RECURSOS
 - Bióticos
 - Abióticos

SISTEMAS DE TRANSPORTE

- Marítimo
- Carretero
- Ferroviario
- Aeroportuario

COMPORTAMIENTO DE LA RED AEROPORTUARIA NACIONAL

SISTEMA ESTADISTICO AEROPORTUARIO

NIVEL PARTICULAR

FASE I
FASE II
FASE III

PASAJE AEREO NACIONAL

Tamaño de la población
Superficie del país
Producción nacional
Ingreso Percápita
Intensidad tránsito
Sistema de transporte

POBLACION

20005
105-150 M de habitantes

PRODUCTO INTERNO BRUTO

Crecimiento del 3.7% anual

INGRESO PERCAPITA

\$3,400 Dólares

INTENSIDAD TRANSITO AEREO

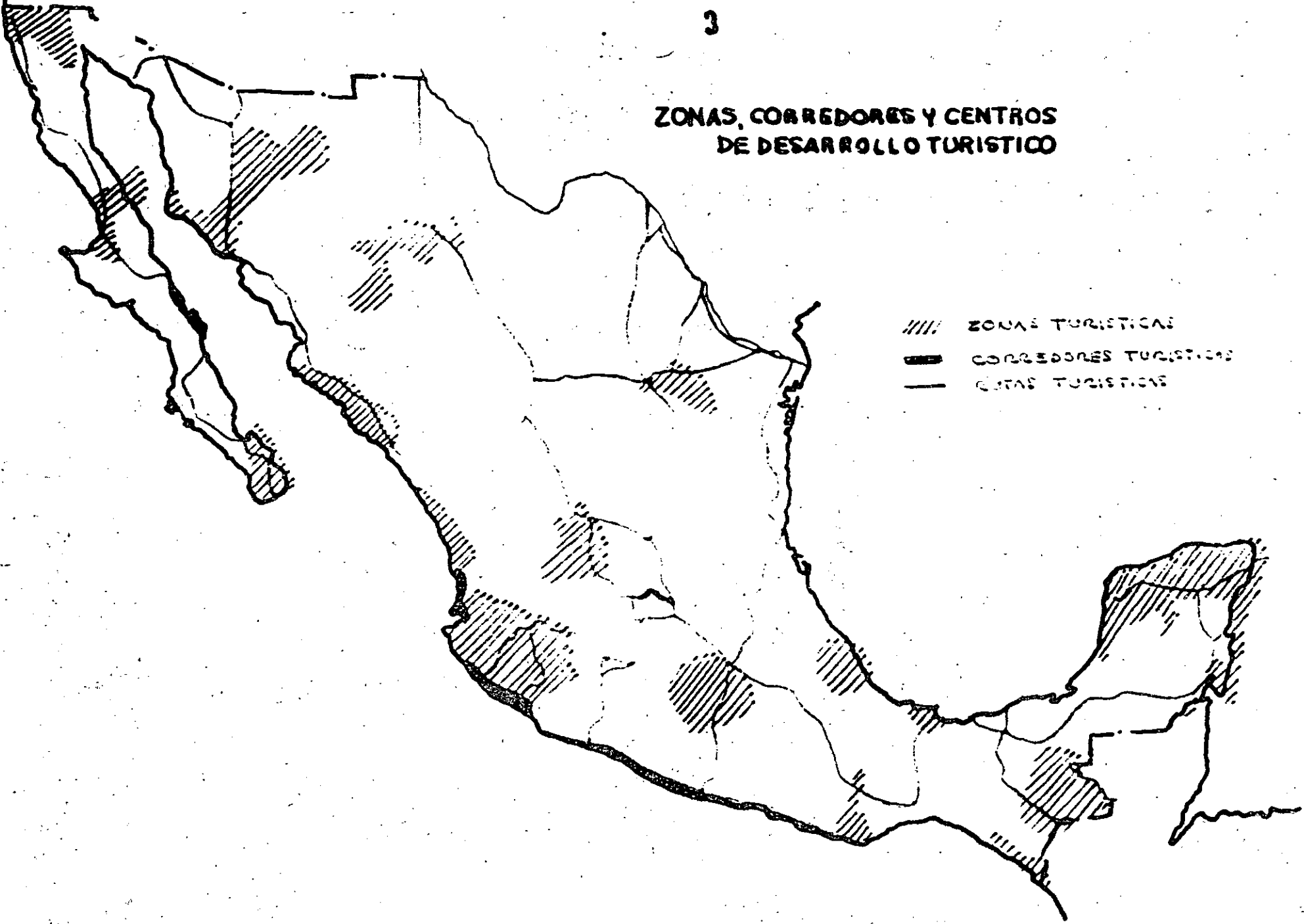
Relación Pax/Nal/Población
= 0.332 actual 0.145

54 M
PASAJERO NACIONAL
104 M

COMPOSICION DE TRANSITO %

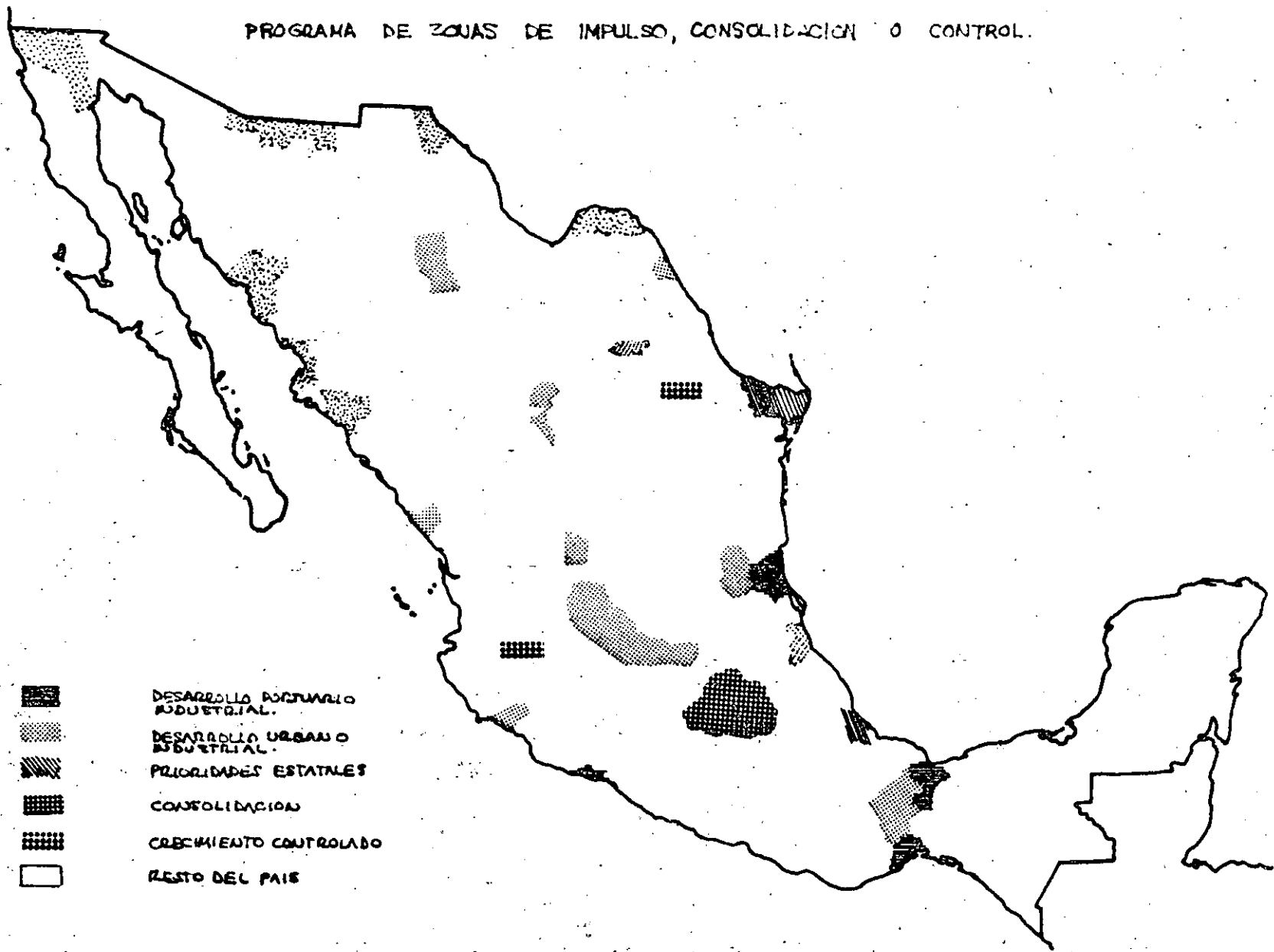
	NAL	INT	TRAN.
1967	53	34	13
1984	71	20	9
2005	74	19	7

ZONAS, CORREDORES Y CENTROS DE DESARROLLO TURISTICO



- //// ZONAS TURISTICAS
- CORREDORES TURISTICOS
- CENTROS TURISTICOS

PROGRAMA DE ZONAS DE IMPULSO, CONSOLIDACION O CONTROL.



DESARROLLO INDUSTRIAL.
DESARROLLO URBANO O INDUSTRIAL.
PRIORIDADES ESTATALES
CONSOLIDACION
CRECIMIENTO CONTROLADO
RESTO DEL PAIS

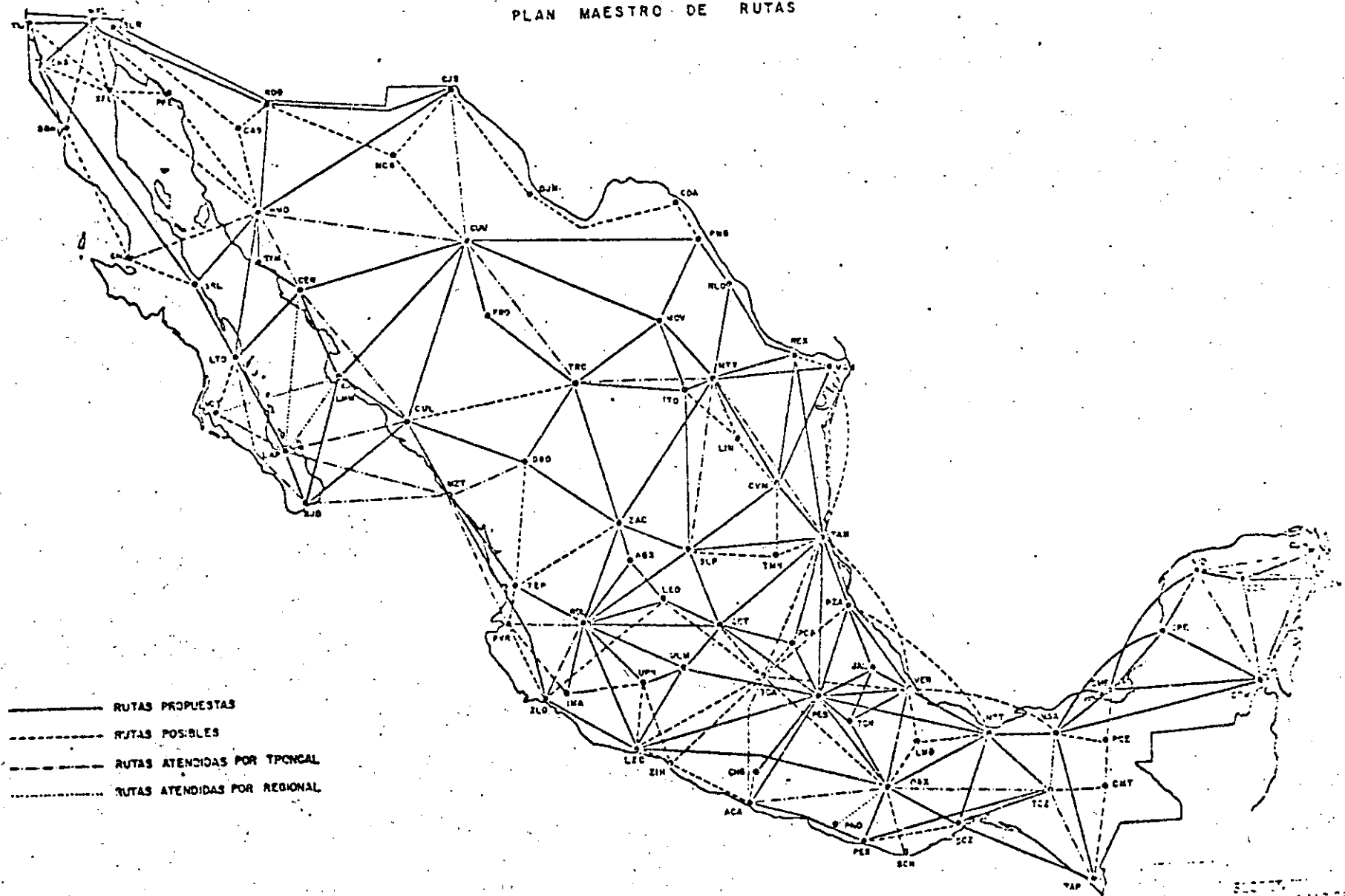
CENTROS MOTRICES PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



SECRETARÍA DE ECONOMÍA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS

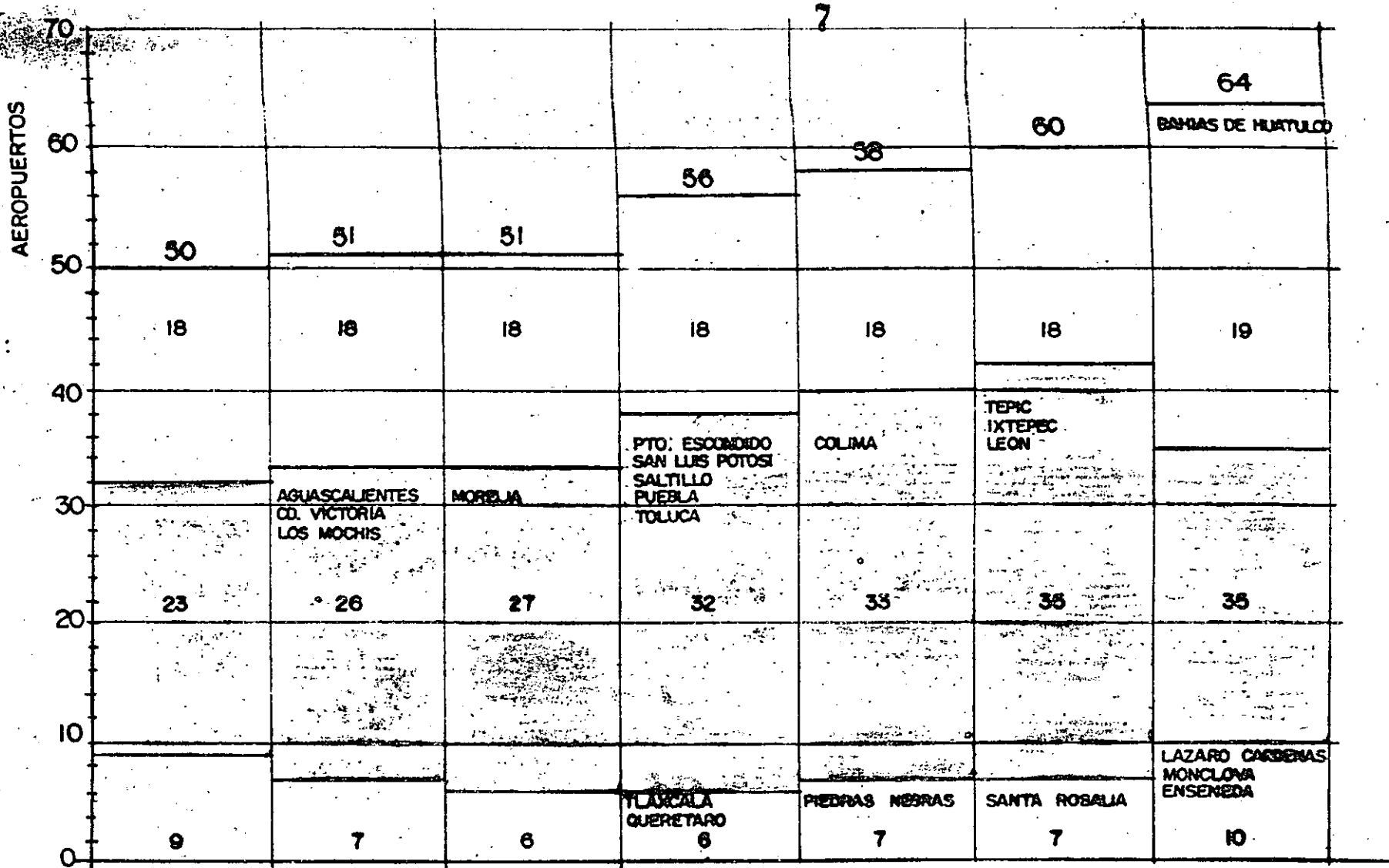
LINEAS AEREAS ALIMENTADORAS

PLAN MAESTRO DE RUTAS



- RUTAS PROPUESTAS
- - - - - RUTAS POSIBLES
- - - - - RUTAS ATENDIDAS POR TPNCA
- - - - - RUTAS ATENDIDAS POR REGIONAL

SECRETARÍA DE
 TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL
 INSTITUTO NACIONAL DE AVIACIÓN



EVOLUCION DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

1982-1988.

- AEROPUERTOS INTERNACIONALES
- AEROPUERTOS NACIONALES
- AEROPUERTOS REGIONALES

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

XIV CURSO "INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

ING. FERNANDO PEÑA ALFARO G.

Subdirector de Formulación de Planes
Dirección General de Planeación

1 9 8 6

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

ESTRUCTURA DE LA PRESENTACION

1. GENERALIDADES
 - . DESCRIPCION
 - . ESTRATEGIA
 - . GRANDES OBJETIVOS
 - . IMPORTANCIA
 - . FUNCIONES
2. SECTOR TRANSPORTES
 - . OPERACION Y DISTRIBUCION
 - . INFRAESTRUCTURA
 - . PROBLEMATICA POR MODO
 - . ESTRATEGIAS 83-88
 - . ACCIONES DEL PERIODO 83-85
 - . ACCIONES DEL PERIODO 86-88
3. PERSPECTIVAS Y CONCLUSIONES

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

DESCRIPCION

- ES EL SISTEMA SATISFACTOR DE NECESIDADES DE DESPLAZAMIENTO EN EL SISTEMA ECONOMICO Y SOCIAL.
- ESTA CONFORMADO POR UN CONJUNTO DE ELEMENTOS TANTO DE INFRAESTRUCTURA COMO DE OPERACION QUE PERMITEN EL TRASLADO DE PERSONAS.
- PARA FORMAR UN SISTEMA INTEGRADO SE REQUIERE QUE LOS DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE SE ARTICULEN Y COMPLEMENTEN ENTRE SI.

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

ESTRATEGIA: PROGRAMA NACIONAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 1984-1988.



· INSTRUMENTO QUE ORIENTA EL DESARROLLO Y EVOLUCION DEL SECTOR AL MEDIANO PLAZO

· ELABORADO CONFORME AL SNPD
 · ENTIDADES SECTORIZADAS
 · ESTADOS DE LA REPUBLICA
 · GRUPOS SOCIALES



· DESCRIBE LA PROBLEMÁTICA, POLÍTICAS, OBJETIVOS Y METAS DE CADA SUBSECTOR.
 · CONTRIBUYE A LOS OBJETIVOS DEL PND Y CON ESTO AL DESARROLLO DEL PAIS.

FORMA PARTE DEL PROCESO DE PLANEACION DEMOCRATICA

· UN PRODUCTO SON LOS PROGRAMAS
 · REQUIERE DE ACTUALIZACION Y REVISION PERIODICA

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

GRANDES OBJETIVOS

- FORTALECER LA SOBERANIA NACIONAL Y SU PLENO EJERCICIO
- ARTICULAR LAS DISTINTAS REGIONES DEL TERRITORIO Y PERMITIR LA INTEGRACION DE LA POBLACION.
- ELIMINAR EL AISLAMIENTO Y PROMOVER EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE NUESTROS RECURSOS.

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

I M P O R T A N C I A

- ES EL SISTEMA CIRCULATORIO DEL PAIS AL POSIBILITAR EL INTERCAMBIO DE BIENES Y PERSONAS.
- POSIBILITA LA INTEGRACION REGIONAL Y NACIONAL.
- COADYUVA AL FORTALECIMIENTO DE LA DESCONCENTRACION DE LA VIDA NACIONAL.
- ES SERVIDOR Y DEMANDANTE DE MULTITUD DE SISTEMAS SOCIOECONOMICOS.
- TIENE UNA CLARA INFLUENCIA EN LA ESTRUCTURACION ESPACIAL.

SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTES

F U N C I O N E S

- FUNCION ECONOMICA
- FUNCION SOCIAL
- FUNCION POLITICA
- FUNCION AMBIENTAL

EL TRANSPORTE ESTA VINCULADO A UN GRAN NUMERO DE ACTIVIDADES HUMANAS YA QUE MUCHAS DE ELLAS EXIGEN DESPLAZAMIENTOS ENTRE LUGARES Y EN DETERMINADOS MOMENTOS.

FUNCION ECONOMICA

1. PARA SATISFACER NECESIDADES Y PRODUCIR BIENES SE REQUIERE MOVILIZAR PRODUCTOS Y PERSONAS ENTRE PUNTOS DE ORIGEN Y DE DESTINO. AL PERMITIRLO, EL TRANSPORTE DA UTILIDAD A LAS MERCANCIAS EN ESPACIO, TIEMPO Y CALIDAD.
2. UTILIDAD EN ESPACIO SE REFIERE A LA DISPONIBILIDAD DE UN PRODUCTO O PRESENCIA DE UNA PERSONA EN UN SITIO PARTICULAR.
3. UTILIDAD EN TIEMPO SE REFIERE A LA DISPONIBILIDAD DE UN PRODUCTO O PRESENCIA DE UNA PERSONA EN UN MOMENTO DETERMINADO.
4. UTILIDAD EN CALIDAD SE REFIERE AL HECHO DE PODER DISPONER DE UN PRODUCTO CON LA CALIDAD ADECUADA PARA SATISFACER UNA NECESIDAD.
5. COMO PARTE DE SUS EFECTOS ECONÓMICOS, EL TRANSPORTE POSIBILITA:
 - . LA ESPECIALIZACIÓN REGIONAL
 - . CAMBIOS EN LA LOCALIZACIÓN DE ACTIVIDADES

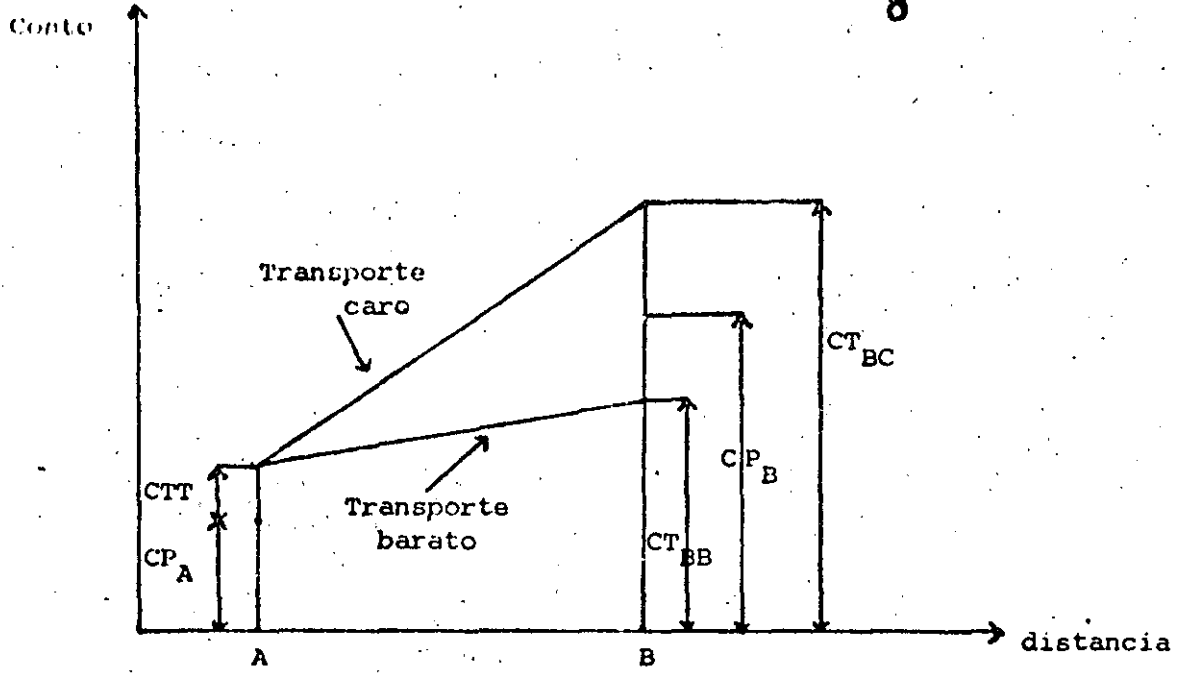
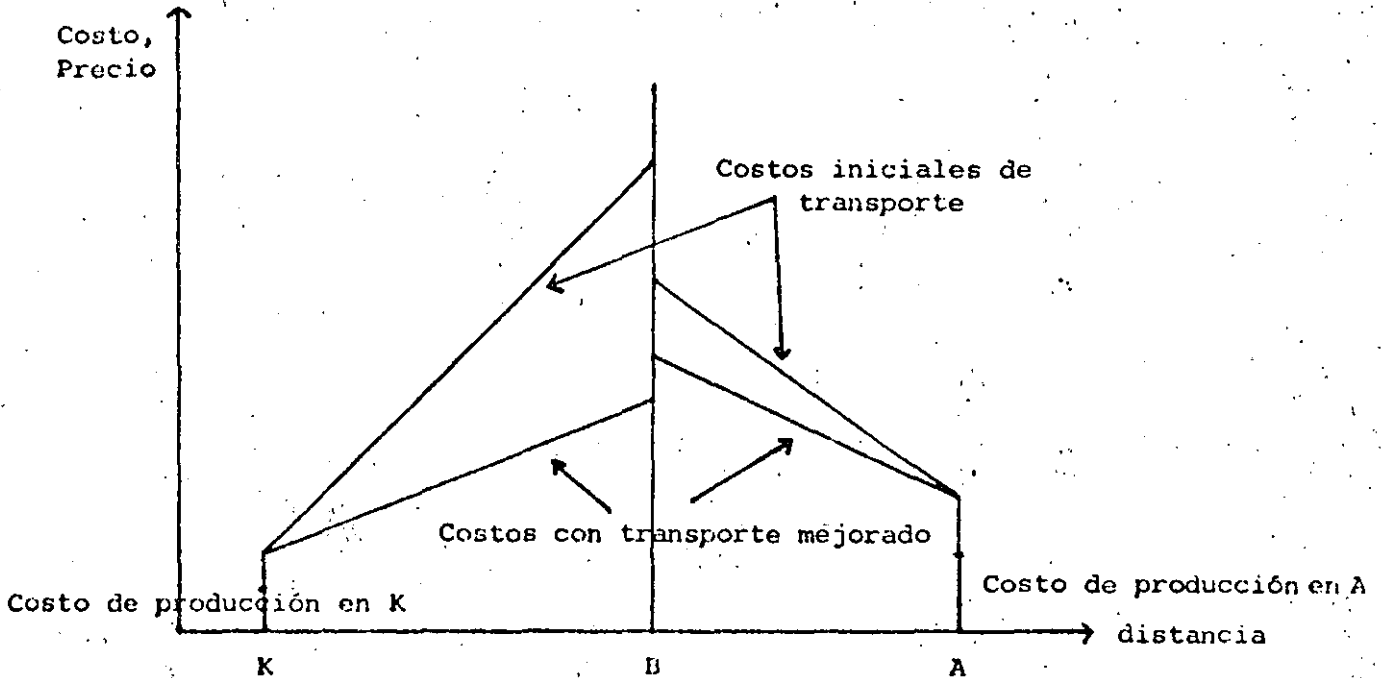


FIGURA 1: ESPECIALIZACION REGIONAL



FUNCION SOCIAL

1. CUANDO EL HOMBRE PUDO CONSEGUIR, TRANSPORTAR Y ALMACENAR ALIMENTOS Y COMBUSTIBLES A PARTIR DE UN SITIO FIJO, DEJÓ DE SER NÓMADA Y SE CONVIRTIÓ EN SEDENTARIO, DANDO ASÍ ORIGEN A LAS PRIMERAS CIUDADES.
2. AL MEJORAR EL TRANSPORTE Y LAS TÉCNICAS DE ALMACENAJE, LAS CIUDADES AMPLIARON SUS ZONAS DE INFLUENCIA Y PUDIERON AUMENTAR DE TAMAÑO (DINÁMICA EXTERNA).
3. EL DESARROLLO TECNÓLOGICO DEL TRANSPORTE URBANO TAMBIÉN HA CONTRIBUIDO AL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES (DINÁMICA INTERNA).
4. EXISTEN EFECTOS SOCIALES POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL TRANSPORTE:
 - MAYORES POSIBILIDADES DE ELECCIÓN
 - DESCENTRALIZACIÓN DE LA VIDA URBANA Y NACIONAL
 - DESARROLLO DE NUEVAS INDUSTRIAS. EJEMPLOS: TURISMONEGATIVOS:
 - ABANDONO Y/O DETERIORO DE ZONAS URBANAS
 - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
 - DISCRIMINACION IMPLÍCITA CONTRA GRUPOS: POBRES, ANCIANOS, ETC.
 - SEGREGACIÓN DE GRUPOS SOCIALES

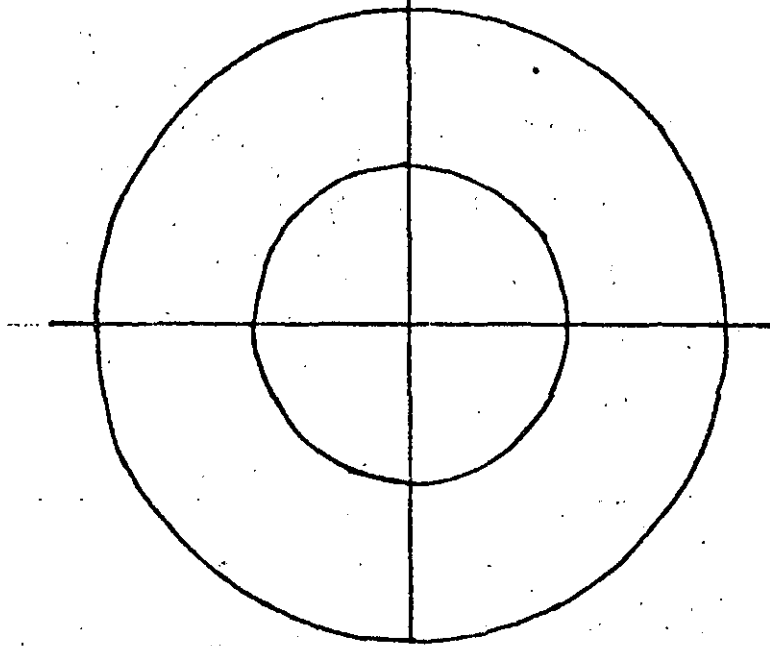
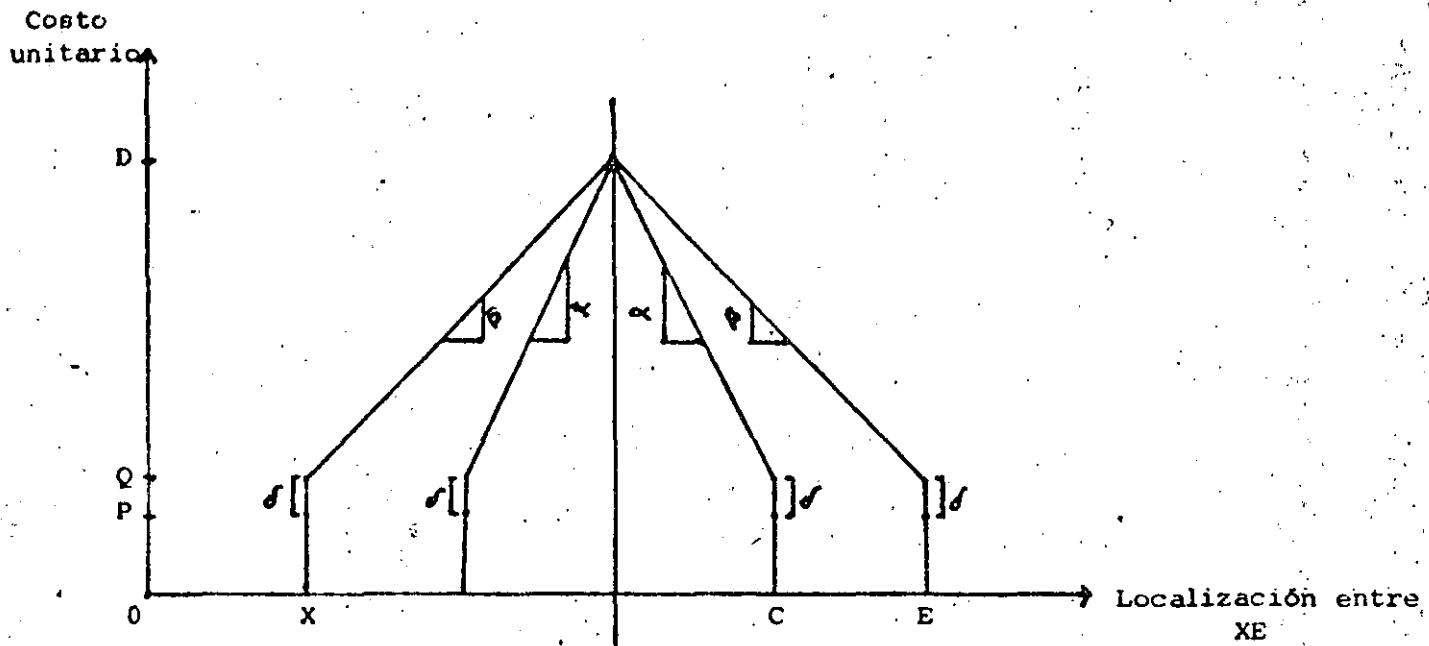


FIGURA 3: AUMENTO DEL AREA DE INFLUENCIA DE UNA CIUDAD

FUNCION POLITICA

1. EL TRANSPORTE FACILITA LA ACCIÓN DE GOBIERNO DE UNA AUTORIDAD CENTRAL PERMITIENDO EL RÁPIDO ENVÍO DE MENSAJES ENTRE REGIONES .
2. EL TRANSPORTE TAMBIÉN DESEMPEÑA UNA FUNCIÓN MILITAR MUY IMPORTANTE, TANTO PARA PROPÓSITOS OFENSIVOS COMO DEFENSIVOS.
3. LAS DECISIONES RELATIVAS A LA EVOLUCIÓN Y AL FINANCIAMIENTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE IMPLICAN, POR NECESIDAD, JUICIOS POLÍTICOS QUE INVOLUCRAN A TODA LA SOCIEDAD.

FUNCION AMBIENTAL (EFECTOS)

1. CONTRIBUCIÓN A LA CONTAMINACIÓN Y DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE.
2. CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS NO RENOVABLES.
3. CONSUMO EXCESIVO DE TERRENOS (DERECHOS DE VÍA)
4. TENDENCIA A PROPICIAR ACCIDENTES CON ELEVADOS COSTOS HUMANOS Y MATERIALES.

2.- EL SECTOR TRANSPORTES

OPERACION Y DISTRIBUCION

EN 1985, EN MEXICO SE TRANSPORTARON MAS DE 2,300 MILLONES DE PASAJEROS, CON LA SIGUIENTE DISTRIBUCION:

. AUTOBUSES	65%
. AUTOMOVILES	33%
. FERROCARRIL	1%
. AVIONES	0.8%
. BARCO	0.2%

ADEMAS SE MOVIERON UNOS 500 MILLONES DE TONELADAS DE CARGA

. AUTOTRANSPORTE	70%
. FERROCARRIL	20%
. CABOTAJE	10%

SISTEMA DE TRANSPORTE

INFRAESTRUCTURA 1985

CARRETERAS: 225 000 KM

- . 20.5% TRONCALES
- . 25.5% ESTATALES Y ALIMENTADORAS
- . 40.0% CAMINOS RURALES
- . 14.0% BRECHAS

FERROCARRILES: 25,840 KM

- . 77% PRINCIPALES
- . 17% AUXILIARES
- . 6% PARTICULARES

MARITIMO PORTUARIO: 41 PUERTOS COMERCIALES

- . 12 ALTURA

SISTEMA AEROPORTUARIO: 72 AEROPUERTOS

- . 32 INTERNACIONALES
- . 40 NACIONALES
- . 1272 AERODROMOS

OBJETIVOS

A. TRANSPORTE CARRETERO

- satisfacer necesidades al menor costo social posible
- mejorar la cobertura del sistema
- impulsar complementareidad intermodal

B. TRANSPORTE FERROVIARIO

- aumentar su participación en carga y pasaje
- elevar productividad operativa y calidad del servicio
- alcanzar autosuficiencia financiera en operación

C. TRANSPORTE MARITIMO-PORTUARIO

- expandir la capacidad de la marina mercante
- modernizar los sistemas operativos, administrativos y organizacionales de los puertos
- poner en marcha los puertos industriales de Altamira y Lázaro Cárdenas

D. TRANSPORTE AEREO

- propiciar la integración de un sistema troncal y alimentador
- reforzar la participación de la aviación civil nacional en el contexto internacional

PROBLEMATICA

A. TRANSPORTE CARRETERO

- viabilidad financiera del autotransporte
- transporte suburbano
- congestionamiento y mal estado en algunos tramos de la red
- insuficiente cobertura geográfica

B. TRANSPORTE FERROVIARIO

- baja productividad
- desequilibrios financieros
- infraestructura requiere modernización
- baja capacidad de carga de las vias

C. TRANSPORTE MARITIMO-PORTUARIO

- insuficiente capacidad de la marina mercante
- operación portuaria y vinculación con transporte terrestre

D. TRANSPORTE AEREO

- dependencia tecnologica del exterior
- incipiente desarrollo de la aviación no troncal

ESTRATEGIAS

EL PND ESTABLECE LOS LINEAMIENTOS QUE ORIENTAN LA EVOLUCION DEL SECTOR DURANTE EL PERIODO 1983-1988.

A. REORDENAMIENTO ECONOMICO

- CONCENTRAR INVERSIONES EN OBRAS QUE RINDAN BENEFICIOS CON RAPIDEZ.
- PROTEGER EL EMPLEO, FAVORECIENDO EL USO DE LA MANO DE OBRA.
- REDUCIR EL DEFICIT PUBLICO, MEDIANTE LA REESTRUCTURACION ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR.

B. CAMBIO ESTRUCTURAL

- IMPULSAR EL DESARROLLO DE TRANSPORTE MULTIMODAL DE CARGA.
- FORTALECER LA POSICION COMPETITIVA DE LOS FERROCARRILES.
- APOYAR EL DESARROLLO PARTICIPATIVO DEL TRANSPORTE PUBLICO FEDERAL.
- IMPULSAR LA OFERTA DE SERVICIOS PUBLICOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS.
- ATENDER LOS PROBLEMAS DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO.
- IMPLANTAR PROGRAMAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.
- APOYAR LA DESCENTRALIZACION DE LAS ACTIVIDADES.

ACCIONES DEL PERIODO 1983-1985 EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA

1. CARRETERAS

- CONSTRUCCION DE 1 500 KM. DE CARRETERAS TRONCALES
- CONSTRUCCION DE 2 400 MTS. DE PUENTES
- RECONSTRUCCION Y MODERNIZACION DE 1 030 KM. DE CARRETERAS TRONCALES
- CONSTRUCCION DE CERCA DE 500 KM. DE RED ALIMENTADORA
- CONSTRUCCION DE MAS DE 9 500 KM. DE CAMINOS RURALES
- CONSERVACION DE LOS 200 000 KM. QUE CONFORMAN EL SISTEMA CARRETERO NACIONAL.

OBRAS QUE DESTACAN:

- TERMINACION DE LA COSTERA DEL PACIFICO, DE LA RUTA TOLUCA-ZIHUATANEJO, DEL LIBRAMIENTO Y PUENTE COATZACOALCOS Y DE LA MODERNIZACION DE LA CARRETERA IRAPUATO-LEON
- AVANCES EN LA CONSTRUCCION DE LAS CARRETERAS FRONTERIZA DEL SUR, GUADALAJARA-COLIMA, GUADALAJARA-TEPETONGO Y MARAVATIO-ATLACOMULCO, ASI COMO EN LA MODERNIZACION DE LOS TRAMOS QUERETARO-SAN LUIS POTOSI, QUERETARO-IRAPUATO, -- COATZACOALCOS-VILLAHERMOSA Y PUEBLA-ACATZINGO.

2. VIAS FERREAS

- PUESTA EN OPERACION DE LAS VIAS QUERETARO-HUEHUETOCA -- (DOBLE) Y TEOTIHUACAN-LOS REYES-CIUDAD MENDOZA
- RECTIFICACION DEL TRAMO SAYULA-CIUDAD GUZMAN
- AVANCES EN LA CONSTRUCCION DE LOS TRAMOS GUADALAJARA-ENCARNACION Y SALINAS-LAGUNA SECA, EN LA VIA DIRECTA GUADALAJARA-MONTERREY
- AVANCES EN LA ELECTRIFICACION DE LA VIA DOBLE MEXICO-QUERETARO.

3. AEROPUERTOS

AEROPUERTOS CON SERVICIO DE VUELOS A CORTA Y MEDIANA DISTANCIA.

- INICIO DE OPERACIONES EN LOS AEROPUERTOS DE MORELIA, -- AGUASCALIENTES, SAN LUIS POTOSI, ZACATECAS, PUEBLA, CIUDAD VICTORIA Y PUERTO ESCONDIDO, TOLUCA

REMODELACION DE EDIFICIOS TERMINALES Y AREAS OPERATIVAS EN LOS AEROPUERTOS DE CANCUN, COZUMEL, MAZATLAN, PUERTO VALLARTA, TIJUANA, GUADALAJARA, MONTERREY Y TAMPICO, ENTRE OTROS.

4. OBRAS MARITIMAS

- PUESTA EN OPERACION DE OBRAS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA EN LOS PUERTOS DE MANZANILLO, LAZARO CARDENAS Y ALTAMIRA.
- REALIZACION DE OBRAS MENORES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LOS PUERTOS DE GUAYMAS, ENSENADA, MAZATLAN, TAMPICO, VERACRUZ, TUXPAN Y COATZACOALCOS.
- EJECUCION DE OBRAS EN PUERTOS PESQUEROS EN COORDINACION CON LA SECRETARIA DE PESCA, EN LOS PUERTOS DE LAGUNA MADRE, SAUZAL, COZUMEL, SAN CARLOS, TOPOLOBAMPO Y LA PAZ.
- INICIACION DE TRABAJOS PARA ESTABLECER COMO PUERTO DE ALTURA AL PUERTO DE PROGRESO, YUCATAN.

ACCIONES DEL PERIODO 1983-1985 EN MATERIA DE OPERACION DEL TRANSPORTE

1. AUTOTRANSPORTE

- INSTAURACION DE LA COMISION CONSULTIVA DEL AUTOTRANSPORTE FEDERAL
- ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA DE DESARROLLO DEL AUTOTRANSPORTE FEDERAL 1984-1988
- PUESTA EN OPERACION DE 6 TERMINALES CENTRALES DE PASAJEROS Y 8 CENTRALES DE CARGA.
- CREACION DE 4 COMANDANCIAS DE REGION, 4 DESTACAMENTOS DE LA POLITICA FEDERAL DE CAMINOS Y ASQUISICION DE 800 AUTOPATRULLAS.

2. FERROCARRILES

- PUESTA EN MARCHA DEL PROGRAMA DE MODERNIZACION DEL SISTEMA FERROVIARIO NACIONAL
- PROMULGACION DE LA NUEVA LEY ORGANICA Y FIRMA DEL CONVENIO DE MODERNIZACION Y SANEAMIENTO FINANCIERO DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
- DEFINICION DE BASES PARA LA FUSION DE LAS EMPRESAS FERROVIARIAS ACTUALES.

3. TRANSPORTE AEREO

- IMPLANTACION DE PROGRAMAS DE INSPECCION TECNICA PARA ELEVAR EL NIVEL DE SEGURIDAD Y EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS AEREAS
- CREACION DE TRANSPORTE AEREO FEDERAL, ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
- INCREMENTO DE 13 NUEVAS RUTAS TRONCALES NACIONALES, 7 DE AEROMEXICO Y 6 DE MEXICANA DE AVIACION

4. TRANSPORTE MARITIMO-PORTUARIO

- REESTABLECIMIENTO DE ESTIMULOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LA MARINA MERCANTE
- AMPLIACION DE CAPACIDAD DE OPERACION EN 12 PUERTOS DE ALTURA
- INCREMENTO DEL 34% EN LA CAPACIDAD DE LA FLOTA MARITIMA NACIONAL
- APERTURA DEL CENTRO DE CAPACITACION MARITIMO-PORTUARIO DE LAZARO CARDENAS
- UNIFICACION DE NORMAS TECNICO-ADMINISTRATIVAS PARA LOGRAR QUE LAS MANIOBRAS PORTUARIAS SE EJECUTEN CON MAYOR RAPIDEZ Y PRODUCTIVIDAD
- REESTRUCTURACION ADMINISTRATIVA DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PORTUARIOS Y CREACION DE LA EMPRESA SERVICIOS PORTUARIOS Y MARITIMOS DE QUINTANA ROO

5. TARIFAS

- SANEAMIENTO FINANCIERO DE LAS EMPRESAS A TRAVES DEL PROGRAMA DE REGULACION TARIFARIA

ACCIONES DEL PERIODO 1986-1988 EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA

1. CARRETERAS

AL FINALIZAR 1988 SE HABRAN PUESTO EN OPERACION DEL ORDEN DE 22 500 KM, ADICIONALES, CON LO QUE LA RED LLEGARA A TENER MAS DE 240 000 KM.

- EN CARRETERAS TRONCALES SE MODERNIZARAN 2 500 KM, SE -- CONSTRUIRAN 1 500 KM, ASI COMO 420 KM. DE LIBRAMIENTOS Y CARRETERAS URBANAS.
- SE CONSTRUIRAN 1 500 KM. DE CARRETERAS ALIMENTADORAS, - ASI COMO 17 000 KM: DE CAMINOS RURALES.

OBRAS QUE DESTACAN:

- MODERNIZACIONES:

LA VENTA-LA MARQUESA

IRAPUATO-LA PIEDAD

LA RUMOROSA-MEXICALI

GUASAVE-CULIACAN

COLIMA-ARMERIA

COLIMA-TONILA

ACATLAN-CIUDAD GUZMAN-ATENQUIQUE

VILLAHERMOSA-CARDENAS

PUEBLA-ACATZINGO

QUERETARO-CELAYA-IRAPUATO

QUERETARO-SAN LUIS POTOSI

CORDOBA-LA TINAJA

TAPACHULA-HUIXTLA

CONSTRUCCION:

LA PAZ-TODOS SANTOS-SAN JOSE DEL CABO
 TONICHI-LA JUNTA (HERMOSILLO-CHIHUAHUA)
 BADIRAGUATO- HIDALGO DEL PARRAL
 GUADALAJARA-COLOTLAN-ZACATECAS
 AMECA-MASCOTA-PUERTO VALLARTA
 TEZIUTLAN-HUAUCHINANGO
 TLAPA-MARQUELIA
 LAGUNAS DE MONTEBELLO-MARQUES DE COMILLAS-
 PALENQUE (FRONTERIZA DEL SUR)

LIBRAMIENTOS Y CARRETERAS URBANAS:

- MANZANILLO
- CHILPANCINGO
- CUERNAVACA
- LAZARO CARDENAS
- MONTEMORELOS
- AGUASCALIENTES
- HERMOSILLO
- TAMPICO
- DURANGO
- LA PAZ
- ALTAMIRA

2. VIAS FERREAS

EN EL PERIODO 1986-1988 SE CONSTRUIRAN 984 KM. DE VIAS NUEVAS, SE RECONSTRUIRAN Y MODERNIZARAN 262 KM, Y SE ELECTRIFICARAN 244 KM. EN EL TRAMO MEXICO-QUERETARO.

LAS OBRAS QUE DESTACAN SON:

- VIA DOBLE ELECTRIFICADA MEXICO-QUERETARO
- VIA DOBLE LOS REYES-ORIZABA (MEXICO-VERACRUZ)
- NUEVA VIA GUADALAJARA-MONTERREY CON SUS TRAMOS GUADALAJARA-ENCARNACION Y SALINAS-LAGUNA SECA
- REHABILITACION DE LOS TRAMOS TIERRA BLANCA-MEDIAS AGUAS Y COATZACOALCOS-MATIAS ROMERO

3. AEROPUERTOS

SE PONDRAN EN OPERACION, A MAS TARDAR A FINES DE 1988, LAS TERMINALES AEREAS DE LEON, IXTEPEC, LAZARO CARDENAS, MONCLOVA Y HUATULCO, Y OTROS 9 AEROPUERTOS CONTARAN CON NUEVOS EDIFICIOS TERMINALES.

4. OBRAS MARITIMAS

CONTINUARAN LAS ETAPAS SUBSECUENTES DEL PUERTO DE LAZARO CARDENAS Y ALTAMIRA, LA MODERNIZACION DE LA MAYORIA DE LOS PUERTOS COMERCIALES, ASI COMO ACCIONES DIVERSAS EN PUERTOS PESQUEROS, TURISTICOS Y PETROLEROS. PARA 1988 SE HABRAN REALIZADO MODIFICACIONES SUSTANCIALES EN 13 PUERTOS.

ACCIONES DEL PERIODO 1986-1988 EN MATERIA OPERATIVA

- AEROMEXICO Y MEXICANA DE AVIACION DEJARAN DE REQUERIR SUBSIDIOS
- EL SISTEMA FERROVIARIO NACIONAL SE ESTRUCTURA EN UNA SOLA ENTIDAD Y SE ELIMINARA BUEN PARTE DEL SUBSIDIO GUBERNAMENTAL, SE ESTABLECERAN MECANISMOS ESPECIFICOS CON EL GOBIERNO FEDERAL PARA PRECISAR LA FORMA EN QUE SE REALIZARAN -- LAS INVERSIONES
- SE MODERNIZARA LA FLOTA DE COCHES Y CARROS DE FERROCARRIL CON LA ADQUISICION DE 800 UNIDADES DE FABRICACION NACIONAL
- LAS RELACIONES LABORALES DEL SISTEMA FERROVIARIO SE REGISTRAN POR UN NUEVO CONTRATO COLECTIVO DE TRABAJO QUE PROPICIE LA CAPACITACION Y EL MEJORAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LOS ASPECTOS SALARIALES, DE PRESTACIONES Y JUBILACION
- SCT INDUCIRA LA RENOVACION DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA Y DE PASAJEROS
- SE PROMOVERA LA CONSTRUCCION DE NUEVAS TERMINALES DE CARGA Y PASAJEROS PARA EL AUTOTRANSPORTE
- LOS BENEFICIOS Y LAS EXIGENCIAS DE LA MEDICINA PREVENTIVA EN EL TRANSPORTE SE HARAN EXTENSIVAS A TODOS LOS OPERADORES DE VEHICULOS AL SERVICIO DEL TRANSPORTE PUBLICO
- LA FLOTA MERCANTE NACIONAL SUPERARA LOS 7 MILLONES DE TONELADAS DE REGISTRO BRUTO
- SE INCREMENTARA LA PREPARACION DEL PERSONAL A BORDO Y DE TIERRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE LA MARINA MERCANTE NA-

PERSPECTIVAS I

CUMPLIMIENTO DE METAS FISICAS DEL PNCYT

SE HA CUBIERTO HASTA 1985 UN 75% DE LAS METAS PROGRAMADAS.

SI LAS INVERSIONES PERMANECEN IGUALES, SE ALCANZARA EN 1988 EL 68% DE LAS METAS PROGRAMADAS.

SE ESPERA PARA 1988 CUMPLIR UNICAMENTE CON LAS OBRAS ESTABLECIDAS PARA EL SUBSECTOR AEREO.

PERSPECTIVAS II

INVERSIONES REALES Y PROGRAMADAS

PORCENTAJE DE INVERSION REAL VS. PROGRAMADO

	1984-1986	1984-1988
CARRETERO	50.3	42.3
FERROVIARIO	40.7	31.3
MARITIMO-PORTUARIO	70.3	49.8
AEREO	129.4	93.6

CONCLUSIONES I

IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE Y DEL PNCYT

EL TRANSPORTE ES VITAL PARA LA ECONOMIA NACIONAL.

SU DESARROLLO Y EVOLUCION REQUIEREN ESTAR PERFECTAMENTE DEFINIDOS EN UN PROGRAMA.

EL PNCYT HA CUMPLIDO ESTA FUNCION Y SEGUIRA ORIENTANDO SU CONDUCCION.

EL PNCYT DEBE REVISARSE Y ADECUARSE EN FUNCION A LA REALIDAD QUE VIVE EL PAIS.

LOS CAMBIOS SERAN CUANTITATIVOS MAS QUE CUALITATIVOS.

CONCLUSIONES II

IMPORTANCIA DEL PNCyT Y PERSPECTIVAS

LA EXPERIENCIA TENIDA CON EL PNCyT CONTRIBUIRA A MEJORAR LA FORMULACION DE LOS SIGUIENTES PROGRAMAS NACIONALES.

AL ADECUAR EL PROGRAMA A LAS NECESIDADES Y POSIBILIDADES DEL PAIS, SE CUENTA CON UN SOLIDO RESPALDO PARA LA TOMA DE DECISIONES.

LA INSTRUMENTACION DEL PROGRAMA CONTRIBUYE DECIDIDAMENTE AL FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE NUESTRO PAIS.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

CURSO
"INGENIERIA DE AEROPUERTOS - MODULO MANTENIMIENTO Y OPERACION"

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO
AMBIENTAL POR RUIDO EN LOS AEROPUERTOS

ING. FRANCISCO MANUEL CERRO DIAZ

MEXICO, D. F.
21 de julio al 10. de agosto
1986

MANTENIMIENTO Y OPERACION DE AEROPUERTOS

TEMA: METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL
POR RUIDO EN LOS AEROPUERTOS.

EXPOSITOR: ING. FRANCISCO MANUEL CERRO DIAZ

OBJETIVO: a) EL ASISTENTE COMPRENDERA LOS ALCANCES Y LIMITA -
CIONES DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL POR RUIDO.

b) SERA FAMILIARIZADO CON LA INTERPRETACION DE RESUL -
TADOS, ASI COMO EL RECONOCIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS
PARA ABATIR LOS EFECTOS DAÑINOS DEL RUIDO EN LOS
AEROPUERTOS Y SU ENTORNO.

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO
AMBIENTAL POR RUIDO EN LOS AEROPUERTOS

2

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

I.- EL RUIDO

I.1.- ESCALAS DE RUIDO

I.2.- EL RUIDO DEL AVION

II.- TECNICAS DE MEDICION DEL IMPACTO AMBIENTAL POR RUIDO

II.1.- METODO DEL AREA EQUIVALENTE

III.- ABATIMIENTO DEL RUIDO

III.1.- DISEÑO O MODIFICACION DE AERONAVES

III.2.- OPERACION Y USO DE AERONAVES

III.3.- DISEÑO Y PLANEACION DE AEROPUERTOS

III.4.- USO DEL SUELO EN LA VECINDAD DEL AEROPUERTOS

A P E N D I C E

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

El avance tecnologico que se tiene en materia aeronáutica ha repercutido considerablemente en la sociedad, dando una mayor rapidez en el recorrido de largas distancias, así como también el poder transportar un mayor número de personas y bienes.

No obstante todos los beneficios, existe una contraparte de ello, la contaminación del ambiente debido al ruido que producen las aeronaves. Por esta razón es necesario tomar en consideración las medidas pertinentes, para combatir en la forma más apropiada dicha contaminación.

I.- EL RUIDO

El sonido es producto de las vibraciones de un objeto que causan variaciones a pequeña escala en la presión atmosférica normal, éstas perturbaciones se propagan en el aire en forma de ondas esféricas repetitivas con una velocidad de 340 m/seg aproximadamente, las cuales pueden ser reflejadas, parcialmente absorbidas ó atenuadas, antes de alcanzar al escucha, para producir una sensación de sonido.

El ruido depende principalmente de la intensidad y presión del sonido, caracterizándose por sus niveles de sonido, su espectro de frecuencia y sus variaciones en el tiempo.

Para el manejo de los valores antes mencionados se utilizó una unidad logarítmica de medición llamada decibel (dB) para describir el nivel de ruido.

1.1.- Escalas de ruido

El oído humano puede escuchar sonidos con frecuencias desde 20 HZ hasta 20,000 HZ, siendo más sensitivo en los niveles medios de este rango. La mayoría de los ruidos son producto de una mezcla de componentes que tienen diferentes frecuencias por ejemplo, el ruido que produce un trailer a alta velocidad en la carretera, combina el intenso arrastre de las llantas con el sordo avance del motor; un avión en el aterrizaje mezcla los sonidos del compresor, con el de los motores trabajando a toda potencia; etc.

Dependiendo de como se distribuyen los componentes de esas frecuencias, el individuo realiza una evaluación subjetiva de éstas.

Dado que la mayoría de la gente considera a los ruidos de alta frecuencia más molestos que los ruidos de baja frecuencia en el mismo nivel de sonido, puede requerirse de un análisis para evaluar en forma apropiada la fuente de ruido.

En investigaciones realizadas con un medidor de sonido que puede tener tonalidades para diferentes partes del rango de frecuencia, se pudieron filtrar todas las componentes de sonido siendo posible seleccionar los niveles de sonido para diferentes bandas y describir la distribución de frecuencias de ruido como un conjunto parcial de niveles de sonido en bandas contiguas de frecuencia que cubren totalmente el rango audible.

Para propósitos prácticos se considera un rango de escala en decibeles de 0 a 140, donde cero es el nivel más bajo audible y 140 el nivel que produce dolor.

Una gran variedad de escalas han sido utilizadas para expresar los niveles de ruido, aunque solo algunas de ellas han tenido mayor aceptación. (fig. 1).

1.2.- Ruido del Avión

6

Existe un extenso rango de respuestas del individuo al ruido que se produce por la operación de las aeronaves en las cercanías de los aeropuertos. - Esto es debido a que no es solamente el evento de una operación del avión mas ruidoso, la que causa las molestias, sino al conjunto de eventos ---- que durante el día se llevan a cabo en el aeropuerto.

En investigaciones realizadas en el aeropuerto de Heathrow, se pudo - analizar que el número de operaciones aeronáuticas por día y tiempo de -- ocurrencia es uno de los factores más importantes que influyen en el grado de molestia al público.

La figura No: 2 muestra las relaciones que han sido establecidas para comparar entre los niveles de ruido expuestos y las perturbaciones experimentadas por la comunidad (en términos del porcentaje de personas afectadas). Se puede observar que a niveles bajos de exposición, el porcentaje de individuos afectados es menor que el de más altos niveles de exposición. La gráfica es interesante ya que indica que hasta niveles intolerables de - exposición de ruido, cerca del 10% de la población es solo ocasionalmente perturbado.

Por razones obvias el ruido producido por las aeronaves durante la noche resulta ser mas molesto.

II.- TECNICAS DE MEDICION DEL IMPACTO AMBIENTAL POR RUIDO

La clasificación de composición del ruido (CNR) fué desarrollado en los años 50'S para acabar con los problemas de ruido al rededor de las bases aéreas militares en norteamérica. Este procedimiento estima el área expuesta al ruido de las aeronaves en la vecindad del aeropuerto y se basa en 4 factores:

- 1.- Niveles de ruido de las aeronaves
- 2.- No. de aterrizajes y despegues
- 3.- Hora del día
- 4.- Porcentaje de utilización de la pista.

El primer factor es la clasificación del tipo de aeronaves que opera en el aeropuerto; el segundo será el número de operaciones que realicen dichas aeronaves; el tercero será el número de movimientos realizados por las aeronaves clasificandolas como diurnas de las 7:00 a las 22 Hrs. y como nocturnas de las 22:00 a las 7:00 Hrs.: y el último será el porcentaje de utilización para cada pista.

Tomando en cuenta el área resultante de este procedimiento, las trayectorias y perfiles de aproximación (figura 3), se puede proceder a dibujar los contornos del area como se muestra en la figura 4.

Los métodos que existen en la actualidad para realizar los estudios de impacto ambiental por ruido se basan prácticamente en el procedimiento CNR y podemos mencionar los siguientes:

- INM - Modelo Integral de Ruido
- NOISEMAP - Curva gráfica de Ruido
- AEM - Método del Area Equivalente

II.1.- Metodo del Area Equivalente (AEM)

Los dos primeros métodos resultan ser demasiado complejos, ya que para su ejecución requieren de grandes volúmenes de información (difícil de obtener) y consumen mucho tiempo en un computador. En cambio el AEM, requiere un mínimo de adiestramiento y su ejecución resulta ser más rápida. Este método ha sido sujeto de múltiples pruebas y análisis de sensibilidad, teniendo un alto grado de correlación, con un coeficiente de 0.99 sobre todas las regresiones existentes entre los resultados del AEM y los resultados del INM.

Estas pruebas han confirmado la validez del AEM, como un buen recurso para la predicción de las áreas de impacto ambiental por ruido.

El AEM fué desarrollado en la División de Programas de Energía y Medio Ambiente por la Oficina de Análisis Económico del Consejo Aeronáutico Civil, para analizar los problemas de ruido relativo a las operaciones de las aeronaves, determinando las áreas de impacto en un aeropuerto específico. Los contornos de éstas áreas resultan ser similares al de un mapa topográfico, la localización de una zona elevada equivaldría a una zona de alto nivel de ruido (fig. 5)

El AEM utiliza un método para combinar la contribución de energía del ruido de una sola aeronave, obteniendo una estimación del impacto de ruido total (área con un contorno específico) de las diferentes aeronaves, por ejemplo un Boeing-727 produce mucho más ruido que cuatro DC-9'S. La idea de equivalencia entre diferentes tipos de aeronaves no es nueva, pero éste análisis muestra la relación entre el cambio de áreas, de aquí el nombre de Método del Area Equivalente.

El área de impacto de ruido generada por un avión puede ser relacionada con el número efectivo de aterrizajes y despegues por la siguiente ecuación.

donde:

A= Area de Impacto de ruido

N= Número efectivo de aterrizajes y despegues

a y b= Parametros de escalas obtenidas de métodos mas elaborados.

Para el cálculo del area del NEF 30 (Pronóstico de Exposición de Ruido), es necesario determinar la energia relativa de contribución (E), un factor de sobrepeso (W) y definir si es una sola pista ó mas en el aeropuerto.

El método se realiza en una hoja de cálculo, (fig. No. 6), tomando los parámetros a y b de la tabla No. 1 (fig. No. 7) para una sola pista ó de la tabla No. 2 (fig. No. 8) para pista multiple.

Los cálculos pueden realizarse rapidamente con una calculadora programable ó con un microprocesador pues existen programas para ello.

DESARROLLO

Para el cálculo del área del NEF 30 se realizarán los siguientes pasos:

Paso 1.- Entre con los parámetros "a" y "b" en las columnas 1 y 2 respectivamente.

Paso 2.- Entre con el número de operaciones (*) nocturnas de cada tipo de avión en la columna 3 y en la columna 5 con las operaciones diurnas. (Las nocturnas son aquellas que ocurren entre las 22:00 Hrs. y las 7:00 Hrs.)

Paso 3.- Multiplique las operaciones nocturnas columna 3, por el factor 16.67 y entre con ese resultado a la columna 4.

Paso 4.- Sume las operaciones diurnas y las nocturnas ya multiplicadas por el factor (columna 4 más la columna 5) y entre con los resultados a la columna 6. Esto representa el número efectivo de operaciones ocurrido para cada tipo de avión.

Paso 5.- Utiliza la fórmula $A=aN^b$ donde N= número efectivo de operaciones y "a" y "b" los valores de las columnas 1 y 2 respectivamente para cada tipo de avión y entre con el resultado en la columna 7. O sea que el número efectivo de operaciones (col. 6) se eleva al factor "b" (col. 2) y se multiplica por el factor "a" (col. 1) para cada tipo de avión, ubicando el resultado en la columna 7.

(*) Operación es la acción de aterrizar y despegar.

Paso 6.- Encierre en un círculo el área mas grande de la columna 7, esta será el área de referencia (AR) que se utilizará en la fórmula de la energía de contribución (E)

Paso 7.- Cálculo de la energía de contribución mediante la fórmula $E = \left(\frac{A}{AR} \right)^{\frac{1}{b}}$

donde: A es el área de contribución.

A_R es el área de referencia que se encerro en el círculo y.

$\frac{1}{b}$ es el parámetro tomado de la tabla 1 ó 2 según el caso de la pista.

Entre con éste valor "E" en la columna 8 para cada tipo de avión. Sume la columna 8 para obtener el total de energía " \bar{E} ".

Paso 8.- Cálculo del factor de sobre peso "W" para cada tipo de avión. ($W = E/b$) Dividiendo el valor de la columna 8 (E) entre la columna 2 (factor b). Entre con éste valor en la columna 9 su me la columna 9 para obtener el total del sobrepeso " \bar{W} ".

Paso 9.- Calculo del valor de " \bar{B} " que representa el parámetro de mezcla de aviones para el aeropuerto en cuestión ($\bar{B} = \bar{E}/\bar{W}$). Dividiendo el total de la columna 8 (\bar{E}) entre el total de la columna 9 (\bar{W}).

Paso 10.- Determine el área NEF 30 mediante la formula.

$$\bar{A} = (\bar{E})^{\bar{B}} \times A_R$$

donde: \bar{E} = total de energía

\bar{B} = parametro de mezcla de aviones

A_R = Area de referencia

A = Area del NEF 30

Para verificar los calculos determine las operaciones de cada avión por medio de:

$$\bar{N} = \left(\frac{\bar{A}}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

donde: \bar{N} = Número de operaciones

\bar{A} = Área NEF 30 de cada avión

a = parametro de la columna 1.

b = parametro de la columna 2

Entre con estos valores en la columna 10, para cada avión. Divida los valores de la columna 6 entre los valores de la columna 10 y entre con este valor en la columna 11. Sume la columna 11, si éste valor queda dentro del rango de 1.00 a 1.02 el área estimada es correcta.

Si el resultado quedara fuera de éste rango existe un error en el cálculo y debera volverse a calcular el área del NEF 30 para cada avión.

Paso 11.-Para el cálculo de otras áreas NEF utilizará la formula siguiente:

$$A_L = 10^{\left(\frac{b(30-L)}{10}\right)} A_{30}$$

donde: A_L = Area NEF del valor requerido

b = parámetro de mezcla de aviones

L = Valor requerido

A_{30} = Area NEF 30

Por otro lado, para dibujar los contornos de dichas áreas tomaremos en cuenta los perfiles de aproximación y las trayectorias de vuelo y la forma en que se propagan las ondas del ruido. Los contornos dibujados en un plano tomaran la forma de una elipse dependiendo de la altura que tenga el perfil de aproximación de la trayectoria de vuelo.

Existen varias técnicas y procedimientos que pueden ser empleados para reducir los efectos indeseables del ruido en la vecindad de aeropuertos.

Estos procedimientos pueden ser agrupados en cuatro clases relacionadas con:

- 1.- Diseño o Modificación de Aeronaves
- 2.- Operación y uso de Aeronaves
- 3.- Diseño y Planeación de Aeropuertos
- 4.- Uso del suelo en la vecindad del Aeropuerto

III.1.- Diseño o Modificaciones de Aeronaves

Como una parte de la certificación del proceso, la FAA marca limitaciones sobre el ruido para todos los nuevos aviones turbojet. El proceso de certificación de ruido implica el realizar mediciones de ruido en lugares específicos a lo largo de las trayectorias de aproximación y despegue y al lado de la pista. Los núcleos máximos de ruido en EPNdB, se especifican para aterrizajes y despegues como una función del peso bruto del avión. Los fabricantes han logrado avances significativos en los últimos años en el diseño de aeronaves silenciosas, primeramente a través del diseño de motores silenciosos e implementando un diseño aerodinámico, los cuales permite rápidas maniobras de ascenso y descenso.

III.2.- Operación y Uso de Aeronaves

Puede implementarse un control en las operaciones de las aeronaves para minimizar la exposición al ruido (fig. 9 y 10).

Probablemente la medida más dramática en el control de operaciones fué la decisión de la FAA de prohibir el vuelo de aviones civiles a velocidades supersónicas sobre los Estados Unidos.

Donde se puedan utilizar varias pistas, las aeronaves pueden ser autorizadas a despegar o aterrizar sobre áreas poco pobladas, cuando el clima, el viento y otras circunstancias lo permitan en forma semejante los giros deben ser especi -

ficados para los movimientos de despegue debiéndose emplear trayectoria - con mayor pendiente para que las aeronaves puedan variar la velocidad durante el despegue para alcanzar mayores elevaciones y movimientos más rápidos sobre las áreas sensitivas al ruido.

Estos y otros controles en la operación pueden ser particularmente beneficios durante el horario nocturno cuando la gente es mas sensitiva al ruido de los aviones.

III.3.- Diseño y Planeación de Aeropuertos

Los planeadores y diseñadores de aeropuertos consideran posibles exposiciones indeseables al ruido cuando se elige la ubicación y orientación de las pistas. Cuando se construye una pista en umbral desplazado puede ser empleado para reducir el nivel del ruido percibido al inicio y al final de la pista. Un panorama más extenso puede ayudar a proteger los alrededores del aeropuerto de las operaciones terrestres de las aeronaves.

III.4.- Uso del Suelo en la Vecindad del Aeropuerto

Probablemente el procedimiento más provechosos contra el ruido de las aeronaves es el uso de la planeación y control de tierra, esto es; tomando ventaja de las técnicas existentes de control terrestre para garantizar que los terrenos alrededor del aeropuerto sean utilizados en forma compatible con el ambiente del aeropuerto.

Con la posible excepción de ciertas actividades recreacionales, la mayoría de tipos de uso terrestre son compatibles con aeropuertos dentro los valores NEF que no exceden 30. La superficie que tiene valores NEF entre 30 y 40 puede ser destinada para propositos industriales, comerciales, para oficinas y edificios públicos. (fig. 11)

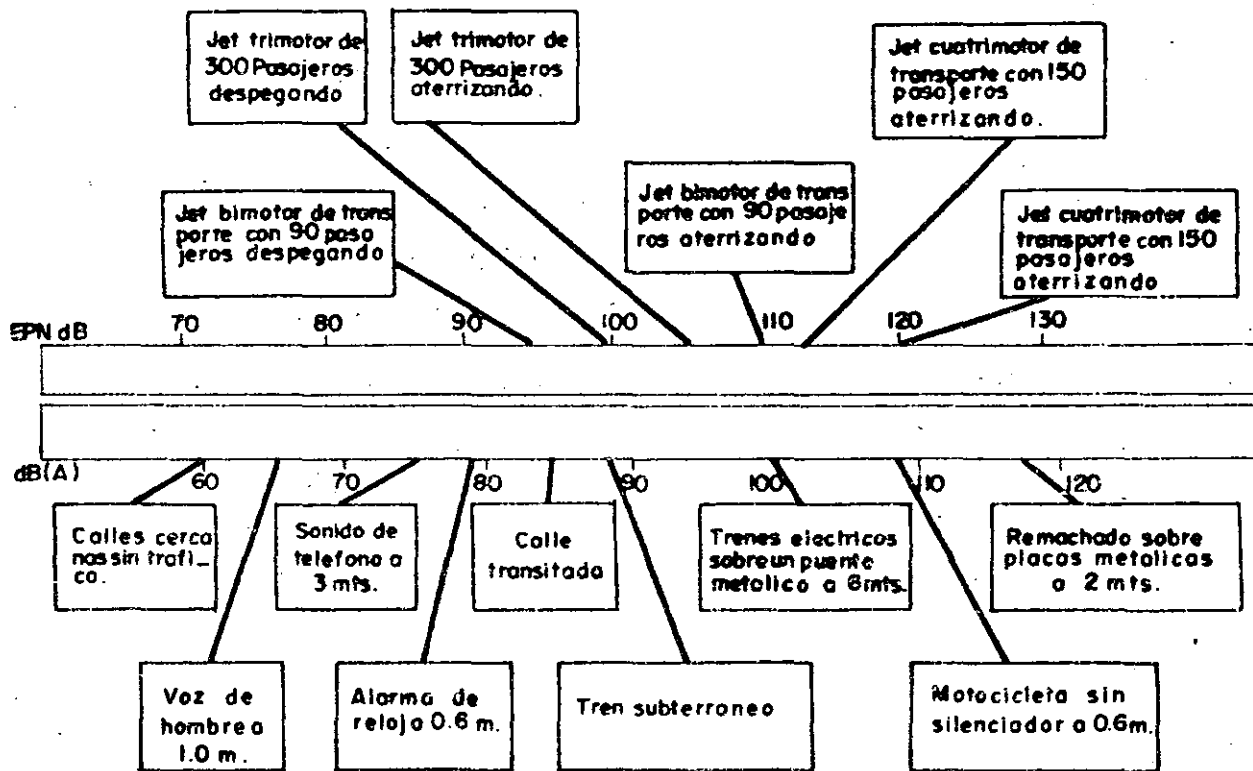
Si los edificios tienen aislamiento especial, el lugar puede ser utilizado para hoteles, moteles y departamentos. Donde los valores NEF excedan 40 - hay algunos usos compatibles para el lugar. Tales usos pueden ser por ejemplo hoteles, moteles, oficinas y edificios públicos si se encuentran instalado un aislamiento acustico.

Por medio de estudios de ruido realizados en la vecindad del aeropuerto, es posible definir áreas expuestas a los niveles de ruido de una magnitud especificada.

Los resultados de tales estudios pueden ser desplegados en mapas de curvas de ruido como se muestra en la fig. 12

Dichos mapas deben ser usados en forma juiciosa, reconociendo la complejidad y variabilidad de la reacción pública al ruido.

APENDICE

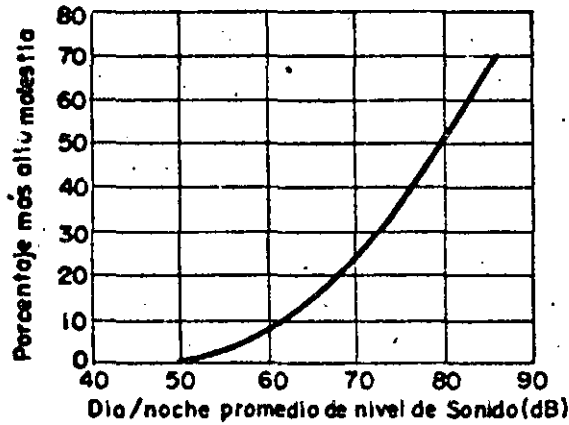


NOTA:

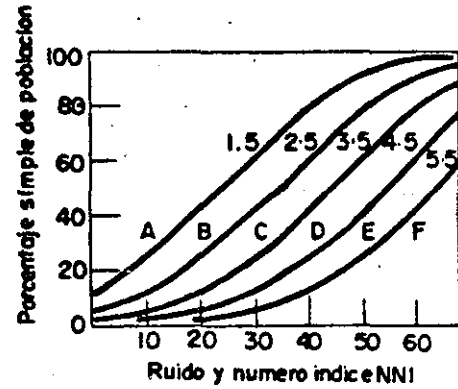
En esta comparacion del origen de varios ruidos se muestra la relacion aproximada entre los escalos EPN dB y dB (A).

MEDICION INSTANTANEA TIPICA DEL ESPECTRO DE RUIDO

FIG. 1



(a)



(b)

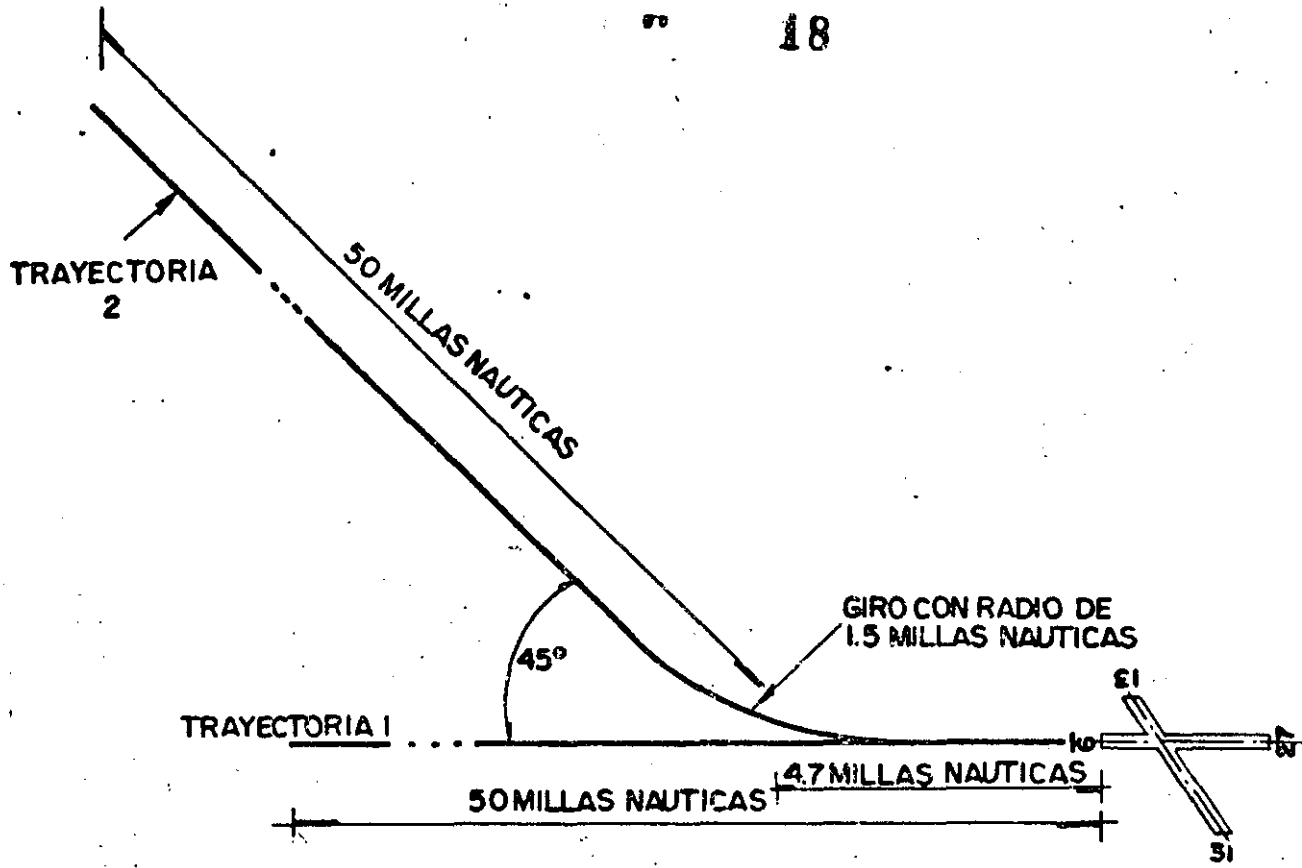
CATEGORIA DE MOLESTIAS

SENSACIONES ACERCA DEL RUIDO DEL AVION

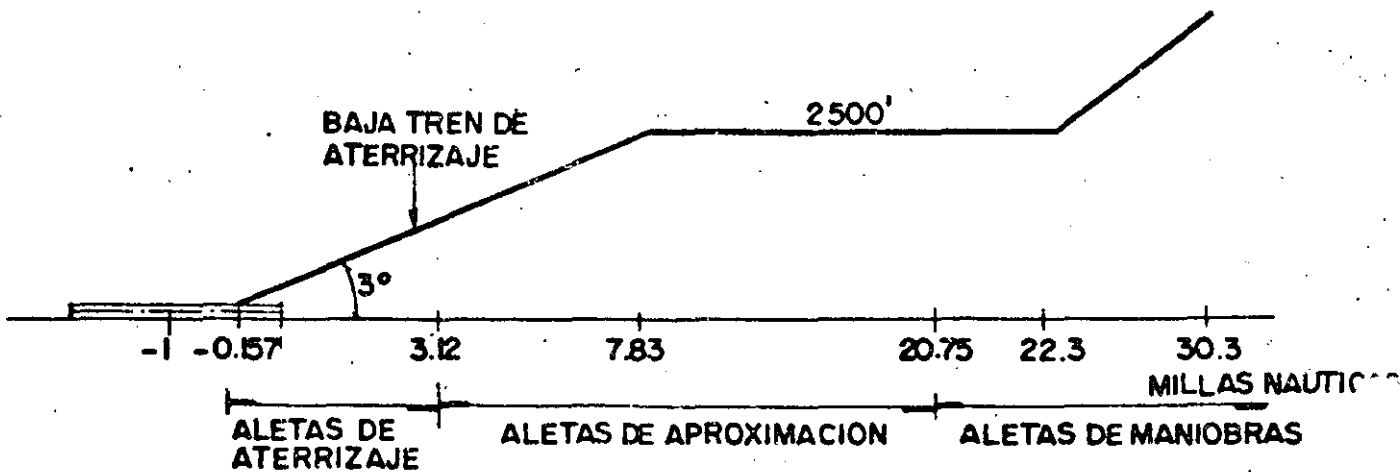
- A Ninguna molestia Practicamente no se entera del ruido del avion
- B Un poco de molestias Ocasionalmente perturba
- C Moderadamente molesto Perturbacion por vibracion; interferencia en la conversacion y el sonido de la TV/radio y quiza despierta en la noche.
- D Muy molesto. Considera areas pobres por el ruido del avion algunas veces esponta y despierta en la noche.
- E Severamente molesto Termina el descanso y perturba la relajacion; impide a dormir; considera el ruido del avion ser la mayor desventaja del area
- F Encuentra el ruido dificil de tolerar Sufre severas perturbaciones; siente como querer apartarse a causa del ruido del avion y es probable que se queje

(a) Grado de molestia por el ruido observado en estudios sociales

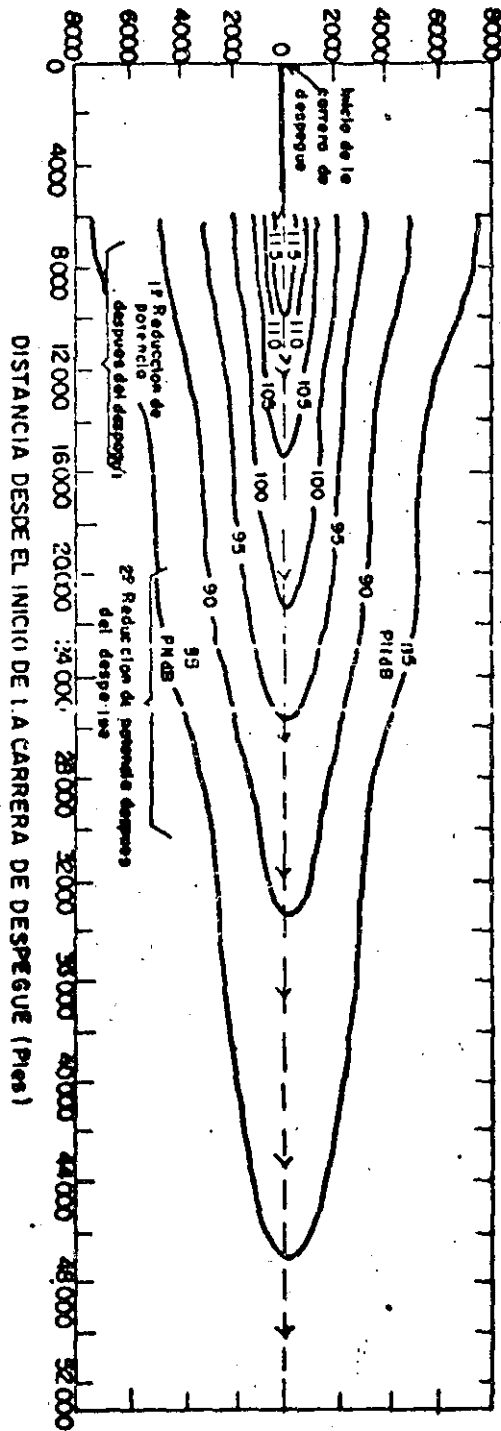
(b) Distribucion de grados de molestia debido a la exposicion de ruido del avion.



ÉJEMPLO DE PERFIL DE APROXIMACION

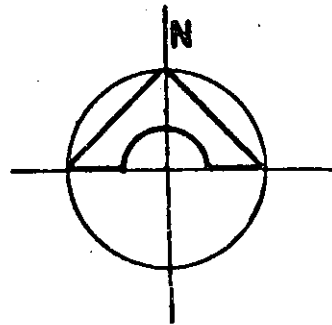


DISTANCIA LATERAL DE LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE (Pies)

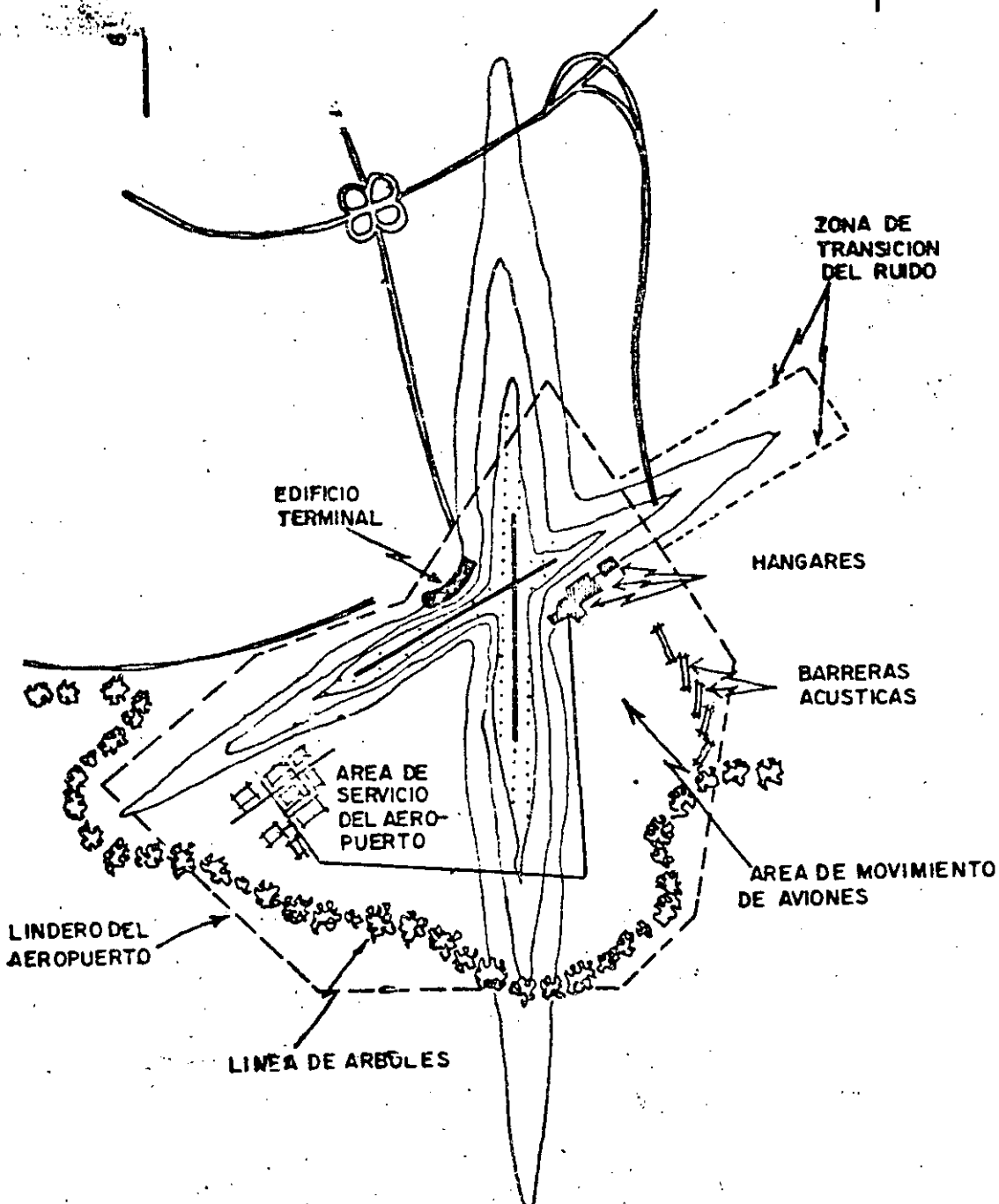


F.A.A.

I.N.M.



8000'



EJEMPLO DE CURVAS NEF 30.0 - 40.0

TABLA 4
PROCEDIMIENTO DE CALCULO AREA NEF 30

AEROPUERTO: _____

COLUMNAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DESIGNACION DE AVION	a	b	OPERACIONES NOCTURNAS	OPERACIONES POR SOBREPESO (16.67 x columna 3)	OPERACIONES DIURNAS	OPERACIONES EFECTIVAS. (4 + 5)	AREA AVION $\frac{a}{N}$ (b)	ENERGIA $E = \left(\frac{A}{R}\right)^{\frac{1}{b}}$	SOBREPESO $W = \frac{E}{b}$	OPERACIONES $\bar{N} = \left(\frac{A}{a}\right)^{\frac{1}{b}}$	OPERACIONES EFECTIVAS. $\frac{6}{7+10}$
DC9/BAC-111	0.187	0.721									
DC9-80	0.038	0.718									
B737	0.164	0.653									
B727	0.158	0.875									
B707	0.493	0.650									
DC 8	0.538	0.661									
A 300	0.077	0.653									
DC10/L1011	0.062	0.672									
B747	0.086	0.800									
Transport Turboprop (F-27)	0.011	1.050									
Commuter	0.001	1.041									
	TOTALES							\bar{E}	\bar{W}		

$$\bar{b} = \bar{E} + \bar{W} = \text{RANGO DE VALIDEZ } 1.00-1.02$$

$$\bar{A} = (\bar{E})^{\bar{b}} \times \bar{A} = \frac{\bar{b}}{R}$$

TABLA 1
PARAMETROS PARA AEROPUERTOS DE UNA SOLA PISTA
SOLO PARA NEF 30

22

TIPO AVION	LONGITUD DE ESCALA (Millas nauticas)	PARAMETROS		
		a	b	1/b
DC9/BAC-111	0-500	0.16729	0.72119	1.38660
DC9/BAC-111	Más de 500	0.16959	0.73079	1.36838
DC9-80	0-500	0.03806	0.71820	1.39237
DC9-80	Más de 500	0.03852	0.72711	1.37531
B737	0-500	0.16447	0.65358	1.53003
B737	Más de 500	0.16852	0.65776	1.52031
B727	0-1000	0.15878	0.87515	1.14266
B727	1000-1500	0.17798	0.86809	1.15195
B727	Más de 1500	0.23658	0.83705	1.19467
B707	0-500	0.49342	0.65009	1.58325
B707	500-1000	0.51730	0.66068	1.51359
B707	Más de 1500	0.60249	0.67029	1.49189
DC8	0-500	0.53889	0.66176	1.5111
DC8	500-2500	0.58831	0.66574	1.50209
DC8	Más de 2500	0.67907	0.68488	1.46011
A300	0-500	0.07707	0.65354	1.53013
A300	Más de 500	0.07507	0.66407	1.50587
DC10/L1011	0-1000	0.08299	0.67271	1.48652
DC10/L1011	1000-2500	0.09031	0.68852	1.45239
DC10/L1011	Más de 2500	0.16076	0.64133	1.55926
B747	500-1000	0.08607	0.80056	1.24913
B747	1000-2500	0.09004	0.81557	1.22614
B747	Más de 2500	0.12562	0.80252	1.24607
Turboprop F-27	0-1500	0.01150	1.02989	0.97098
Commuter	0-1000	0.00093	1.04139	0.96026

TABLA 2
PARAMETROS PARA AEROPUERTOS DE PISTA MULTIPLE
SOLO PARA NEF 30

TIPO AVION	LONGITUD DE ESCALA (Millas náuticas)	23		
		a	b	1/b
DC9/BAC-111	0-500	0.20506	0.71551	1.39760
DC9/BAC-111	Más de 500	0.22465	0.70618	1.41607
DC9-80	0-500	0.04990	0.69859	1.43147
DC9-80	Más de 500	0.04863	0.71336	1.40182
B737	0-500	0.20219	0.65653	1.52316
B737	Más de 500	0.20525	0.66193	1.51073
B727	0-1000	0.16035	0.89162	1.12155
B727	1000-1500	0.17669	0.88847	1.12553
B727	Más de 1500	0.23323	0.86247	1.15946
B7070	0-500	0.53798	0.67500	1.48148
B707	500-1000	0.57701	0.67796	1.47501
B707	Más de 1500	0.69399	0.68767	1.45419
C8	0-500	0.60597	0.67841	1.47403
DC8	500-2500	0.66487	0.68605	1.45762
DC8	Más de 2500	0.85005	0.68205	1.46617
A300	0-500	0.10019	0.64571	1.54868
A300	Más de 500	0.09865	0.65317	1.53099
DC10/L1011	0-1000	0.11043	0.65692	1.52226
DC10/L1011	1000-2500	0.11330	0.68193	1.46643
DC10/L1011	Más de 2500	0.20641	0.63573	1.57299
B747	500-1000	0.10054	0.79480	1.25818
B747	1000-2500	0.10533	0.80866	1.23661
B747	Más de 2500	0.14243	0.80340	1.24471
Turboprop F-27	0-1500	0.01326	0.99870	1.00130
Commuter	0-1000	0.00130	0.99366	1.00638

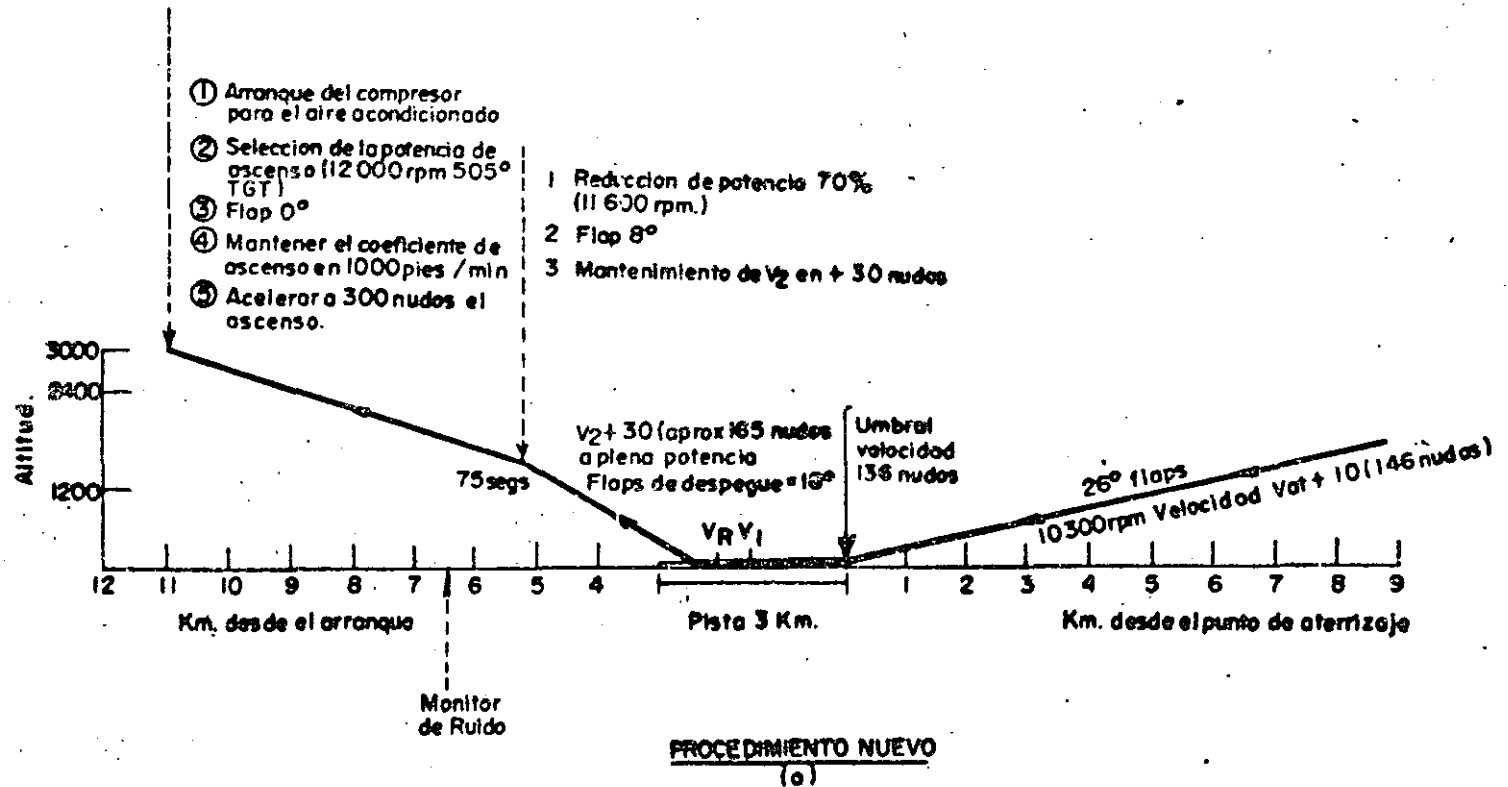
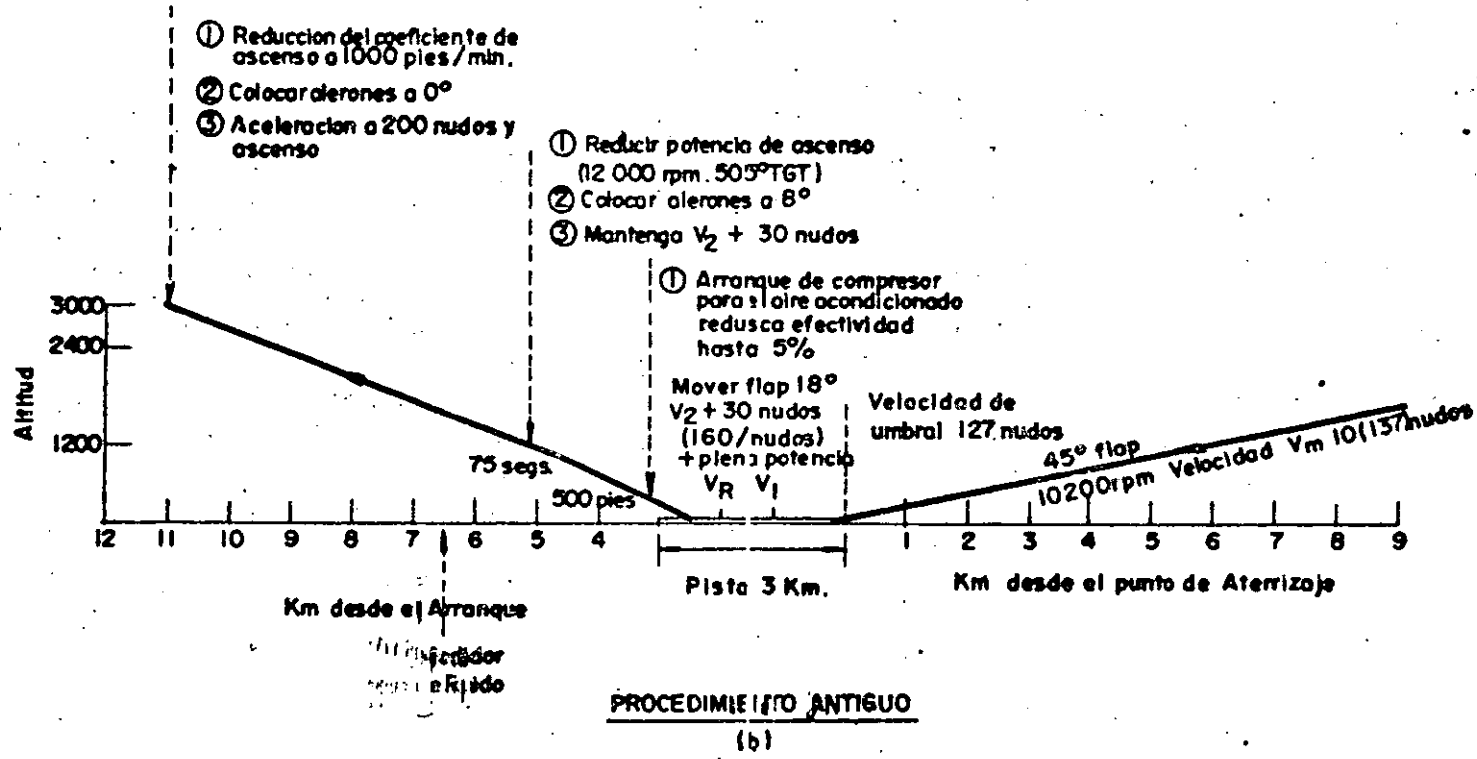


Figura 3.9 Abatimiento del Ruido por el procedimiento B.A.C. II en el Aeropuerto Internacional de Manchester(a) Procedimiento nuevo
 b) Procedimiento Antiguo (Certisla de British Airways.)



USO DEL SUELO RECOMENDABLE EN ZONAS AFECTADAS POR EL RUIDO DE LAS AERONAVES (CRITERIO NEF)


ZONA	USO DEL SUELO RECOMENDABLE
<p>A (Áreas cercanas al NEF 30)</p>	<p>Residencial, comercial, turístico, edificios públicos, áreas verdes e industrial SIN RESTRICCIONES. Escuelas, hospitales, teatros y auditorios, requieren análisis para proponer medidas de mitigación. Dicho análisis debe ser incluido en el diseño.</p>
<p>B (NEF 30-40)</p>	<p>Comercial, áreas verdes e industrial SIN RESTRICCIONES. Residencial, turístico y edificios públicos requieren diseños especiales para mitigar el ruido. No se permiten escuelas, hospitales, teatros y auditorios</p>
<p>C (NEF mayor de 40)</p>	<p>Se permite uso comercial e industrial siempre y cuando los diseños arquitectónicos incluyan medidas de mitigación. Áreas verdes sin limitaciones.</p>

ESTUDIO DE RUIDO AICM
 AFECTACION DEL TERRENO POR RUIDO
 DENTRO DE LOS LIMITES NEF 30,40

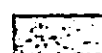
27

SIMBOLOGIA


ZONA URBANA

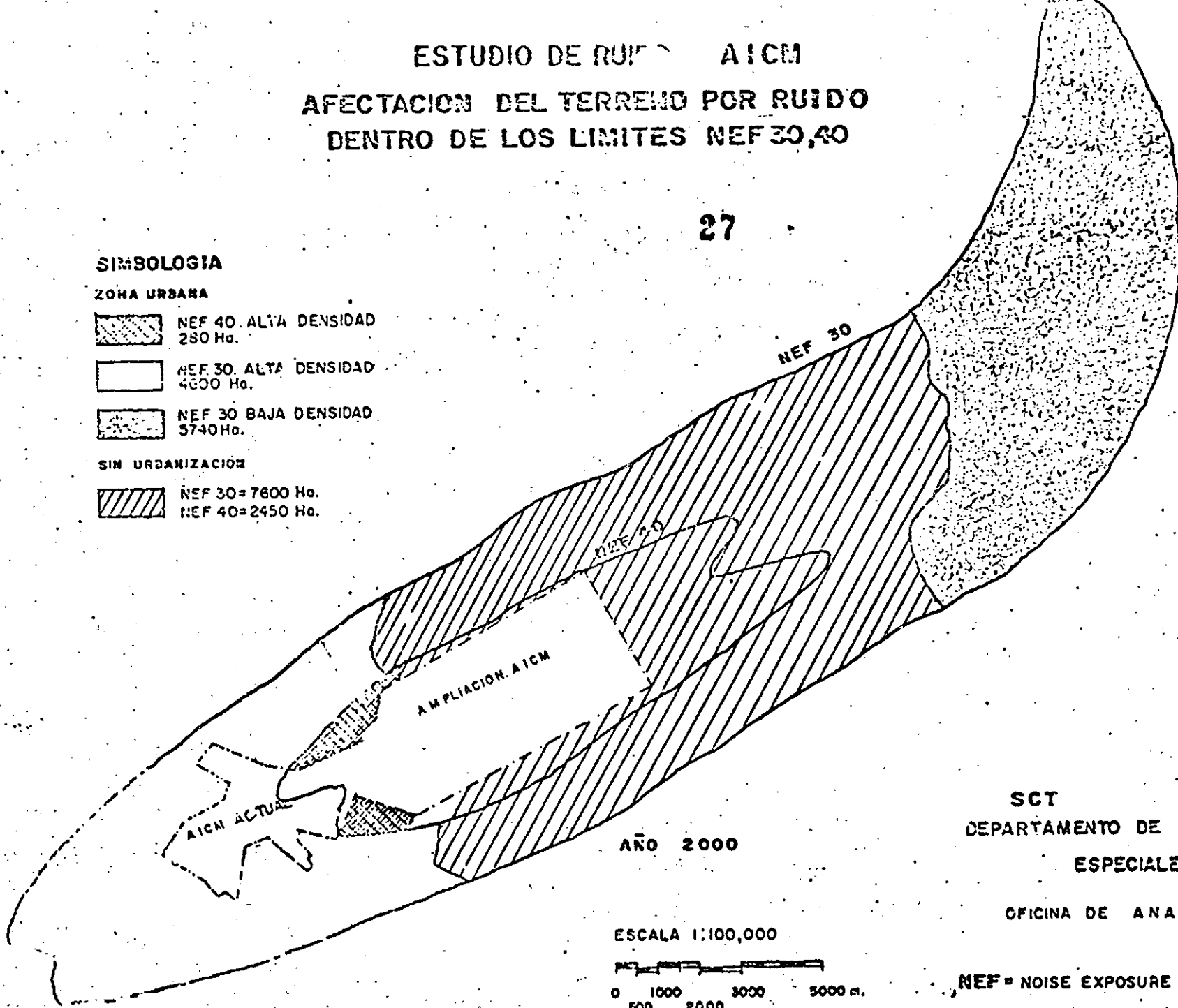
 NEF 40. ALTA DENSIDAD
250 Ha.

 NEF 30. ALTA DENSIDAD
4600 Ha.

 NEF 30 BAJA DENSIDAD
5740 Ha.

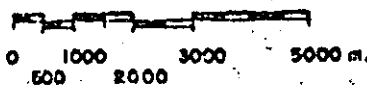
SIN URBANIZACION

 NEF 30 = 7600 Ha.
NEF 40 = 2450 Ha.



AÑO 2000

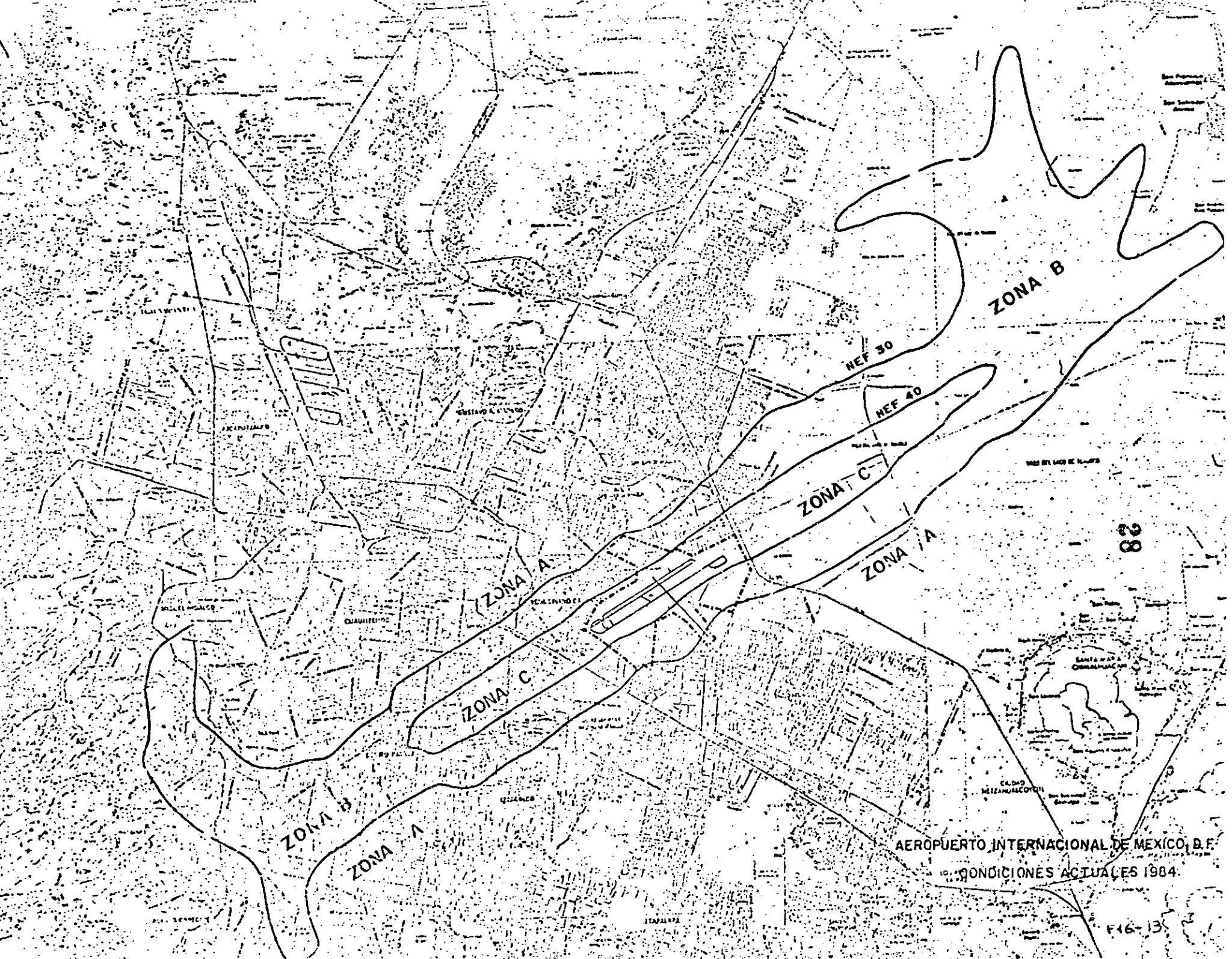
ESCALA 1:100,000



SCT DGA
 DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
 ESPECIALES

OFICINA DE ANALISIS

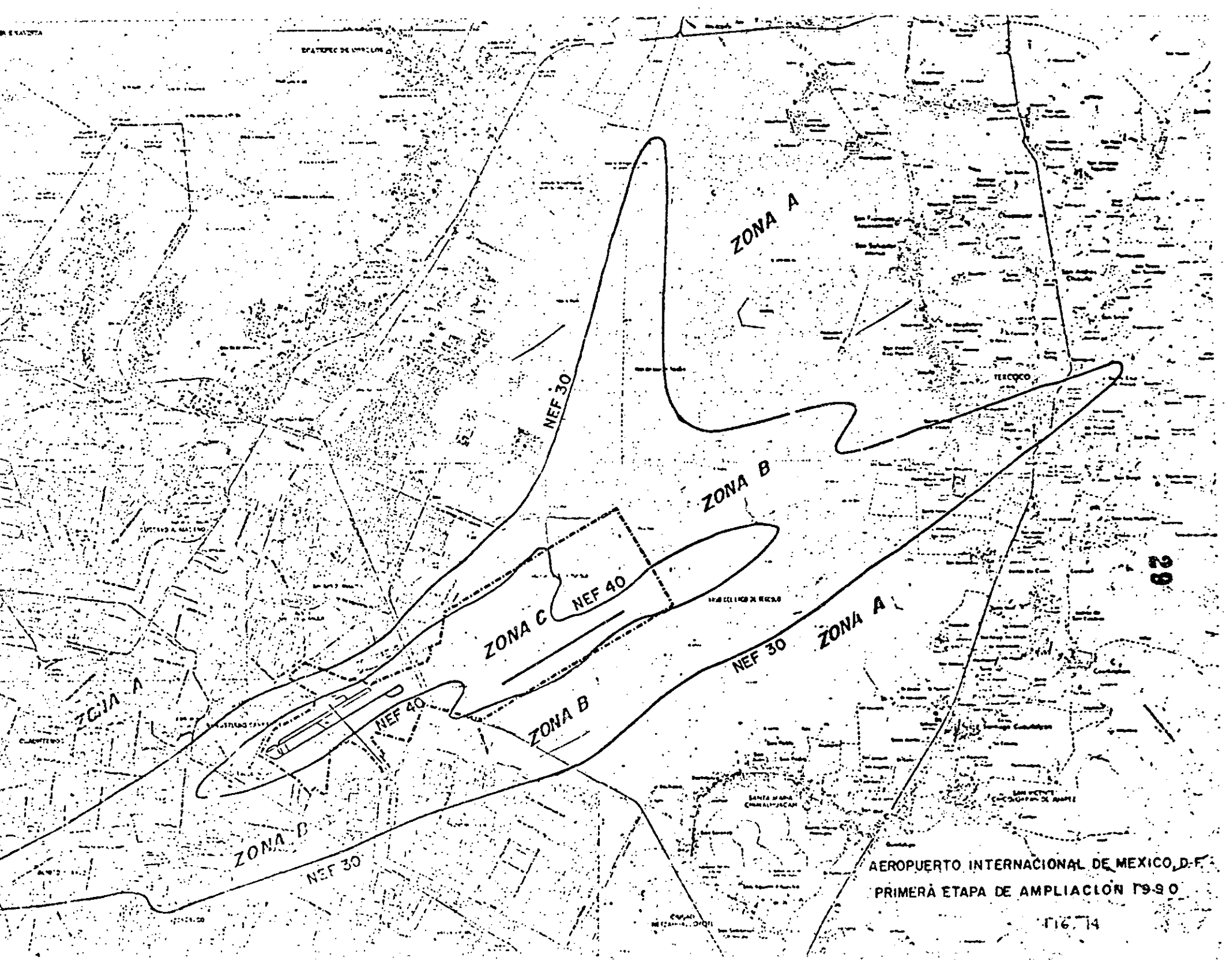
NEF = NOISE EXPOSURE FORECAST



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MEXICO, D.F.
CONDICIONES ACTUALES 1984.

88

F16-13



SPATEPEC DE LINCOLN

ZONA A

TECOCO

ZONA B

ZONA C

NEF 40

PARCELAS DE RESERVA

ZONA A

NEF 30

ZONA A

ZONA B

NEF 30

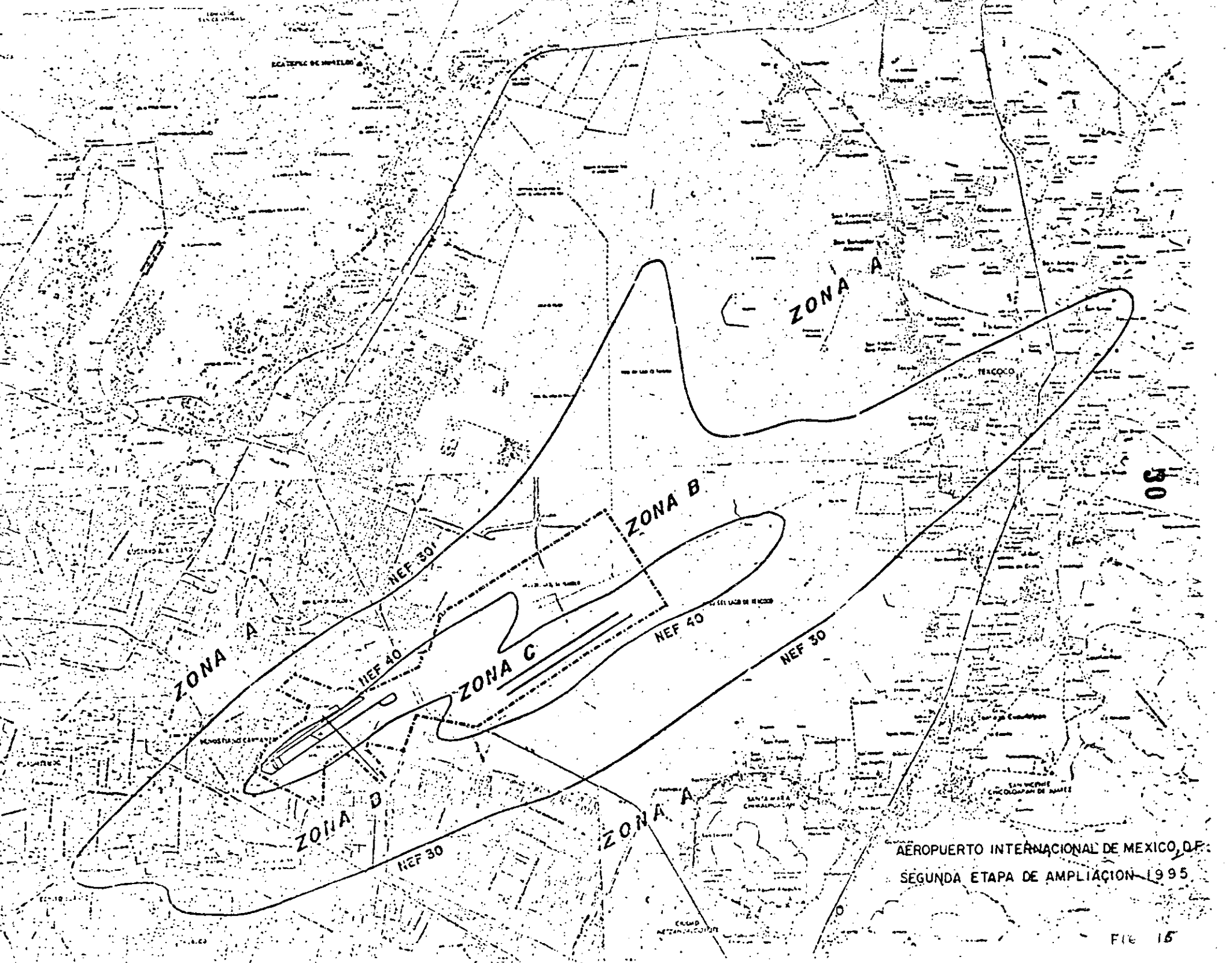
NEF 40

ZONA B

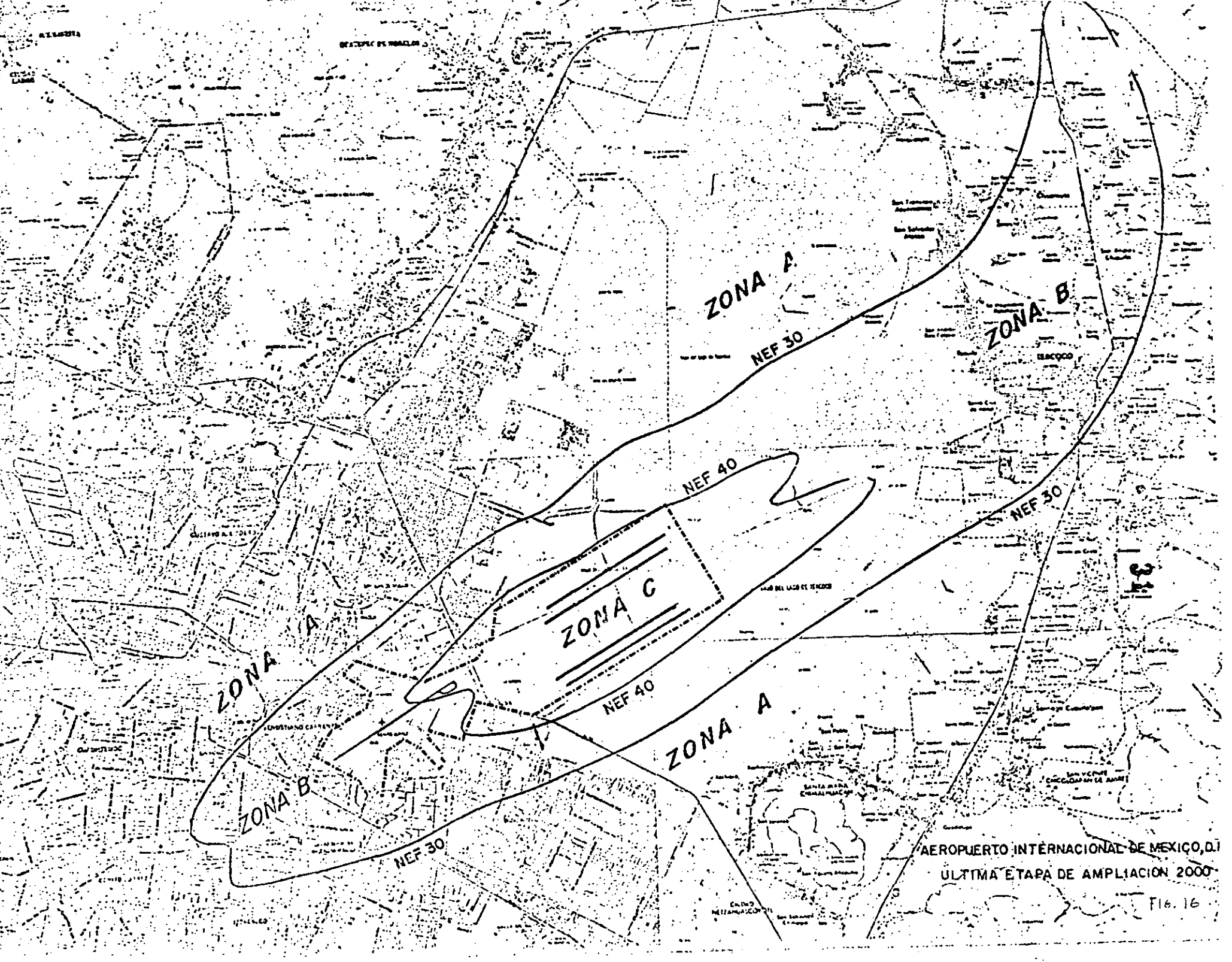
SANTA MARIA COAHUILTEPEC

SAN PEDRO COAHUILTEPEC DE NARI

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MEXICO, D.F.
PRIMERA ETAPA DE AMPLIACION 1950



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MEXICO, D.F.
SEGUNDA ETAPA DE AMPLIACION 1995



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MEXICO, D.F.
ULTIMA ETAPA DE AMPLIACION 2000

B I B L I O G R A F I A

30

32

T I T U L O : AIRPORT OPERATIONS
A U T O R : NORMAN ASHFORD
H.P. MARTIN STANTON
CLIFTON A. MOORE
EDITORIAL : WILEY INTERSCIENCE 1984

T I T U L O : AIRPORT ENGINEERING
A U T O R : NORMAN ASHFORD
PAUL H. WRIGHT
EDITORIAL : WILEY INTERSCIENCE (2a. EDICION)

T I T U L O : AREA EQUIVALENT METHOD
A U T O R : ENVIRONMENTAL AND ENERGY PROGRAMS DIVISION
OFFICE OF ECONOMIC ANALYSIS
CIVIL AERONAUTIC'S BOARD
WASHINGTON D.C. 20428
FEBRUERO DE 1982

T I T U L O : RUIDO DE LAS AERONAVES (ANEXO 16)
A U T O R : ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL
(OFICINA REGIONAL)
RIO THIERS # 251 - 5o. PISO C.P. 11587

T I T U L O : AREA EQUIVALENT METHOD ON LOTUS 1-2-3

A U T O R : DONNA G. WARREN

US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

JULIO 1984

T I T U L O : PROCEDURES FOR DEVELOPING NOISE EXPOSURE

FORECAST (AREAS FOR AIRCRAFT FLIHT OPERATIONS)

A U T O R : DEPARTAMENT OF TRANSPORTATION

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

WASHINGTON D.C. 20590

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DE LA OACI.

" ANALISIS DE LA DEMANDA "

FORMAS PARA TOMA DE MUESTRAS EN LOS AFOROS

- F1 Posiciones simultaneas en la plataforma de aviación general
- F2 Número de automóviles dentro del estacionamiento
- F3 Aviones en plataforma reabasteciendose de combustible
- F4 Operaciones por cabecera de pistas
- F5 Posiciones simultaneas de aviones en la plataforma de operaciones
- F6 Tiempo unitario de procesamiento por grupo de 3, 5 y 10 pasajeros
- F7 Centro instantaneo de personas dentro de las salas
- F8 Pasajeros comerciales en hora pico
- F9 Número de maletas por pasajero nacional e internacional
- F10 Número de visitantes por pasajero
- F11 Flujo de pasajeros por vuelo
- F12 Flujo de pasajeros en mostrador de boletaje
- F13 Tiempo de utilización de equipos de apoyo en plataforma de operaciones
- F14 Revisión de equipaje de mano (seguridad)
- F15 Flujo de vehículos en camino de acceso al aeropuerto

ING. MATIAS LOPEZ JIMENEZ.

Junio de 1986.

MLJ/memg.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
DEPARTAMENTO DE PROGRAMACION
OFICINA DE ESTADISTICAS Y AFOROS

PLATAFORMA DE AVIACION GENERAL
POSICIONES SIMULTANEAS (F1)
AVIACION GENERAL.

2

FECHA: _____

AEROPUEPTO: _____

NOMBRE DEL AFORADOR: _____

HORA	JETS CON TURBINAS	AVIONETA UN MOTOR	AVIONETAS DOS MOTORES	AVIONETAS TERCER NIVEL* - XA	OTROS	TOTAL	OBSERVACIONES

* LA MATRICULA DEBE EMPEZAR CON LAS LETRAS -XA.

ESTACIONAMIENTO PARA AUTOMOVILES (FZ)

3

AEROPUERTO: _____

NOMBRE DEL AFORADOR: _____

FECHA: _____

HORA	Z O N A C O M E R C I A L				ZONA AVIACION GENERAL			
	DE ALQUILER	OFICIALES	DE RENTA	PART.	TOTAL	DE RENTA	PART.	TOTAL

7

TIEMPO UNITARIO DE PROCESAMIENTO POR
GRUPO DE 3, 5 Y 10 PASAJEROS (F6)

SALA _____

AEROPUERTO _____

T I E M P O	GRUPO DE PASAJEROS			NUM. DE FILTROS	OBSERVACIONES
	DE 3	DE 5	DE 10		

AFORADOR: _____

FECHA: _____

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
 DEPARTAMENTO DE PROGRAMACION
 OFICINA DE ESTADISTICAS Y AFOROS

AEROPUERTO _____

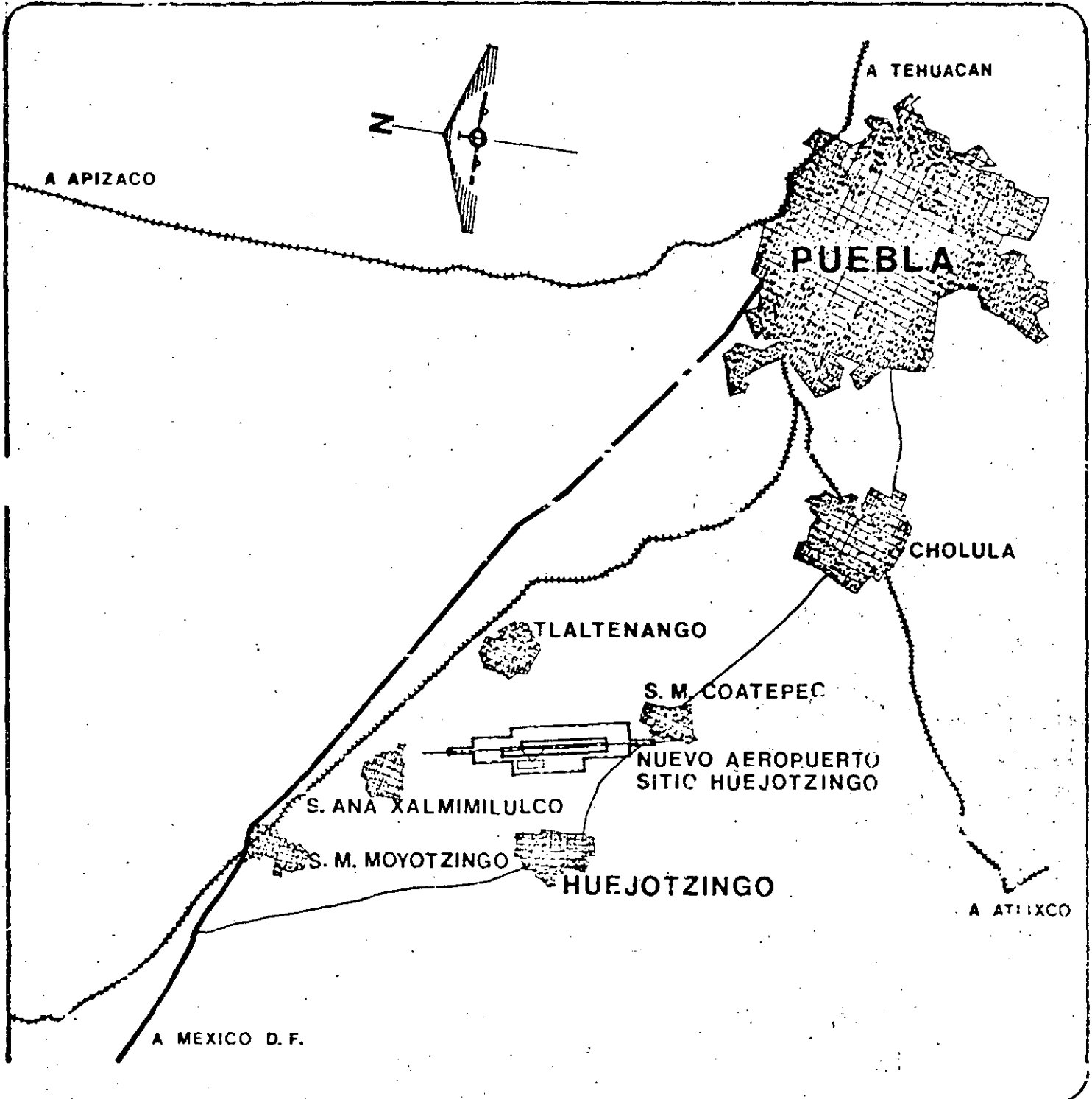
PASAJEROS EN LLEGADA ¹² (F 11)

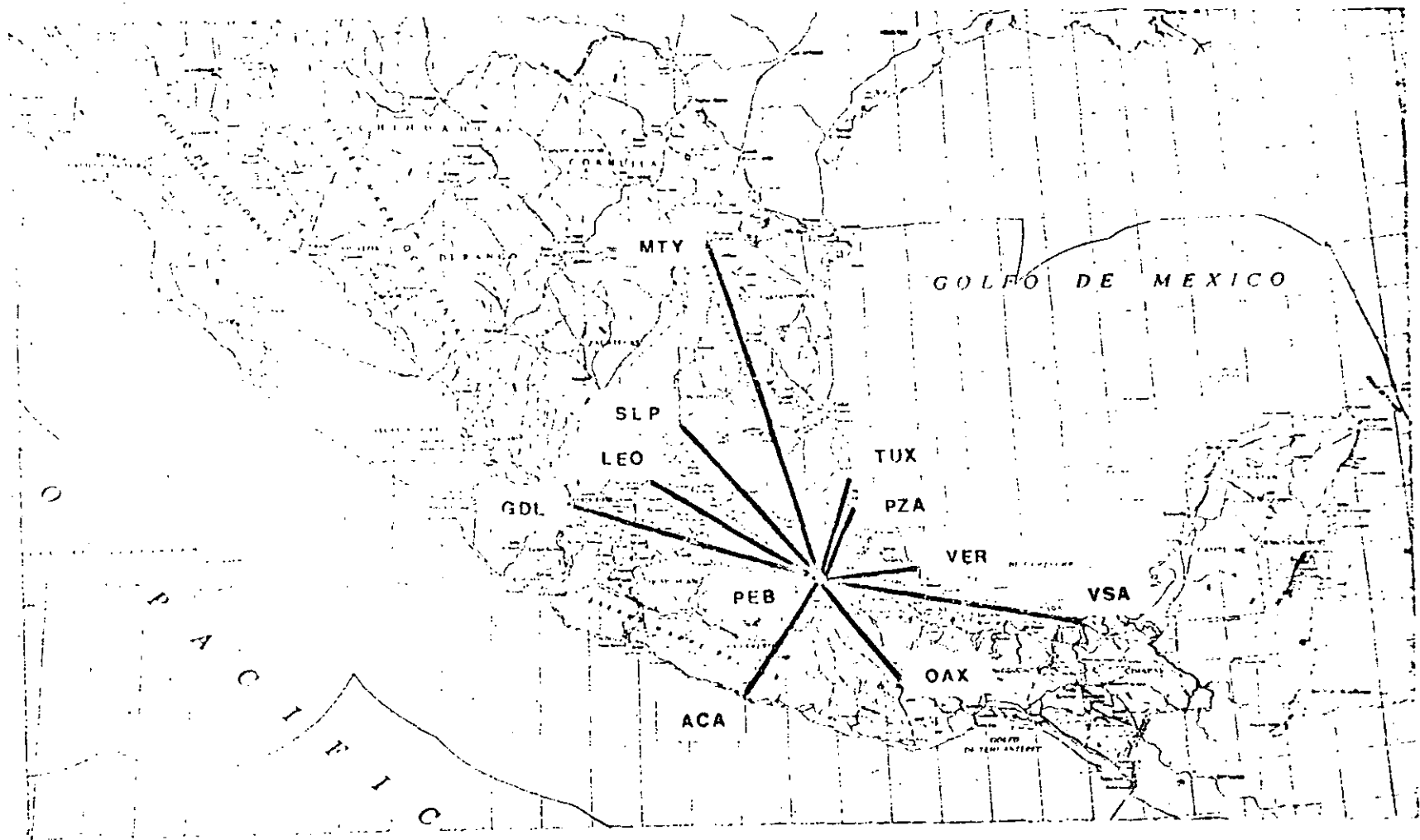
ELABORO	TIPO AVION			TIPO AVION			TIPO AVION		
	VLO		CIA	VLO		CIA	VLO		CIA
	P.	P.	T	P.	P.	T	P.	P.	T
1	CALCE DE LA AERONAVE								
2	EN ESCALERILLA AERONAVE								
3	LLEG. FILTRO SANIDAD								
	SAL. FILTRO SANIDAD								
4	LLEG. FILTRO MIGRAC.								
	SAL. FILTRO MIGRAC.								
5	LLEG. SALA RECLAMO								
	SAL. SALA RECLAMO								
6	LLEG. SALA ADUANA								
	SAL. SALA ADUANA								
7	SALIDA PASAJERO								
	SALIDA AVION								
TIEMPO TOTAL									
SANIDAD				NUM. DE FILTRO	OBSERVACIONES		NUM. DE FILTRO	OBSERVACIONES	
MIGRACION									
ADUANA									
LLEG. EQUIPAJE				INIC.	FIN	TIEMPO	INIC.	FIN	TIEMPO
NUM. DE MALETAS									
NUM. DE MALETEROS									

OBSERVACIONES:

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DE LA OACT.

" ANALISIS DE LA DEMANDA "

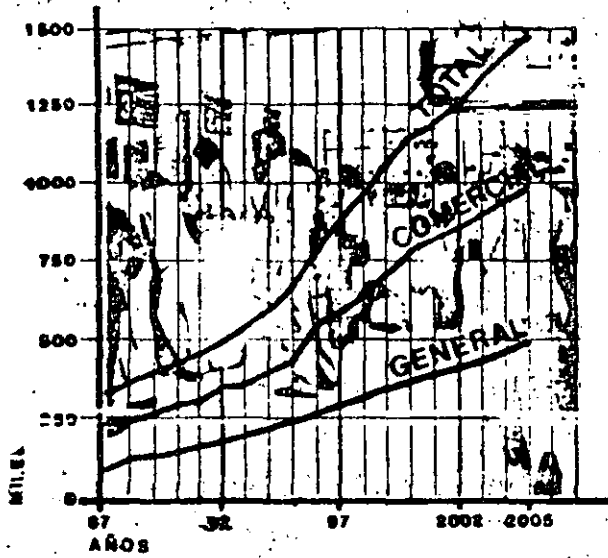




E S T U D I O O R I G E N E S - D E S T I N O

PASAJEROS ANUALES

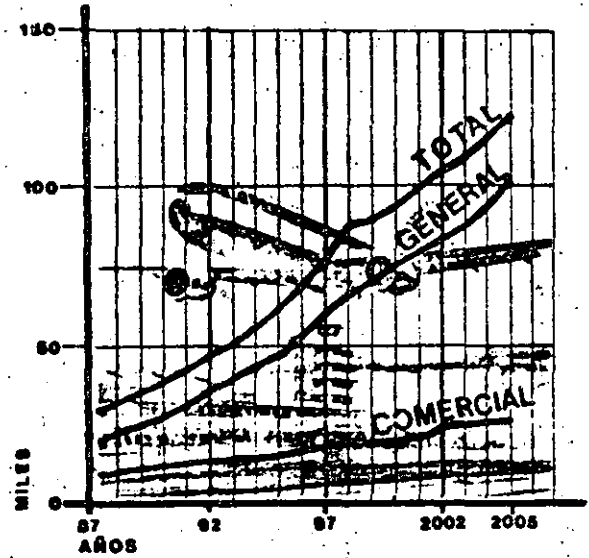
Gráfica 1



Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total
1987	235,659	68,723	304,382
1992	318,300	160,689	478,989
1997	581,560	287,187	868,747
2005	985,800	483,307	1,469,107

OPERACIONES ANUALES

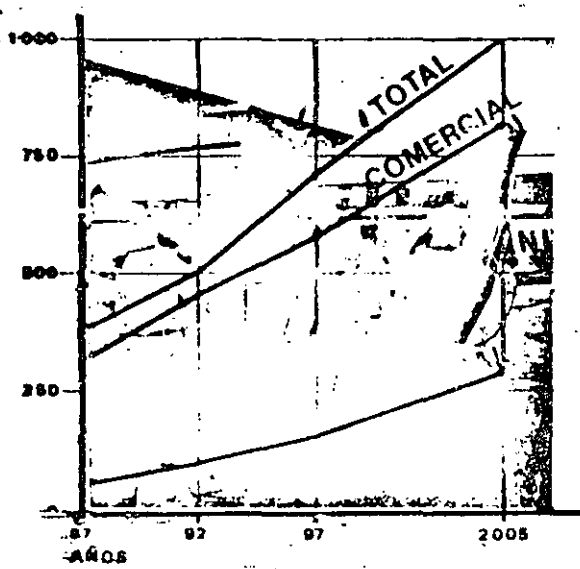
Gráfica 2



Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total
1987	9,480	19,745	29,225
1992	11,350	34,554	45,904
1997	17,255	59,271	76,526
2005	22,280	100,367	122,647

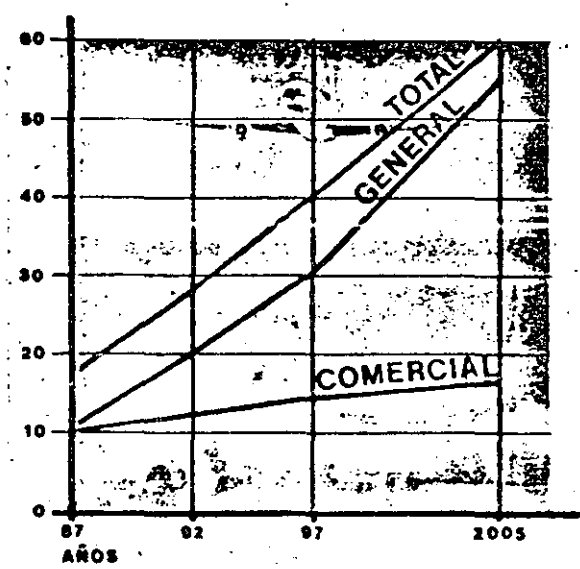
PASAJEROS HORARIOS

Gráfica 3



OPERACIONES HORARIAS

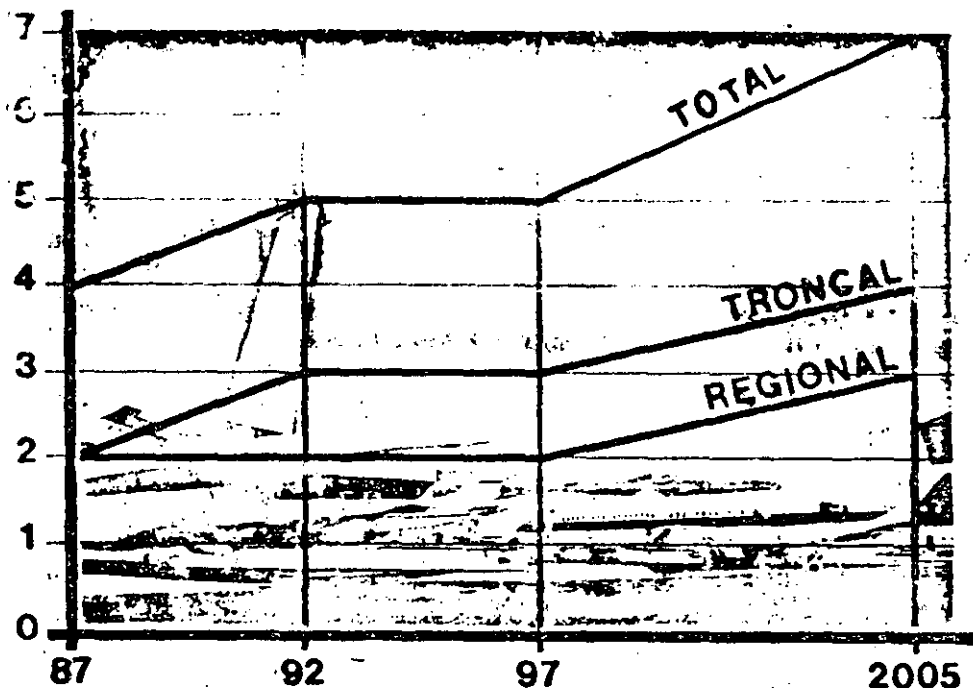
Gráfica 4



Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total
1987	325	55	370
1992	450	100	500
1997	585	155	700
2005	800	285	1,000

Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total
1987	10	11	18
1992	12	20	28
1997	14	30	40
2005	16	55	60

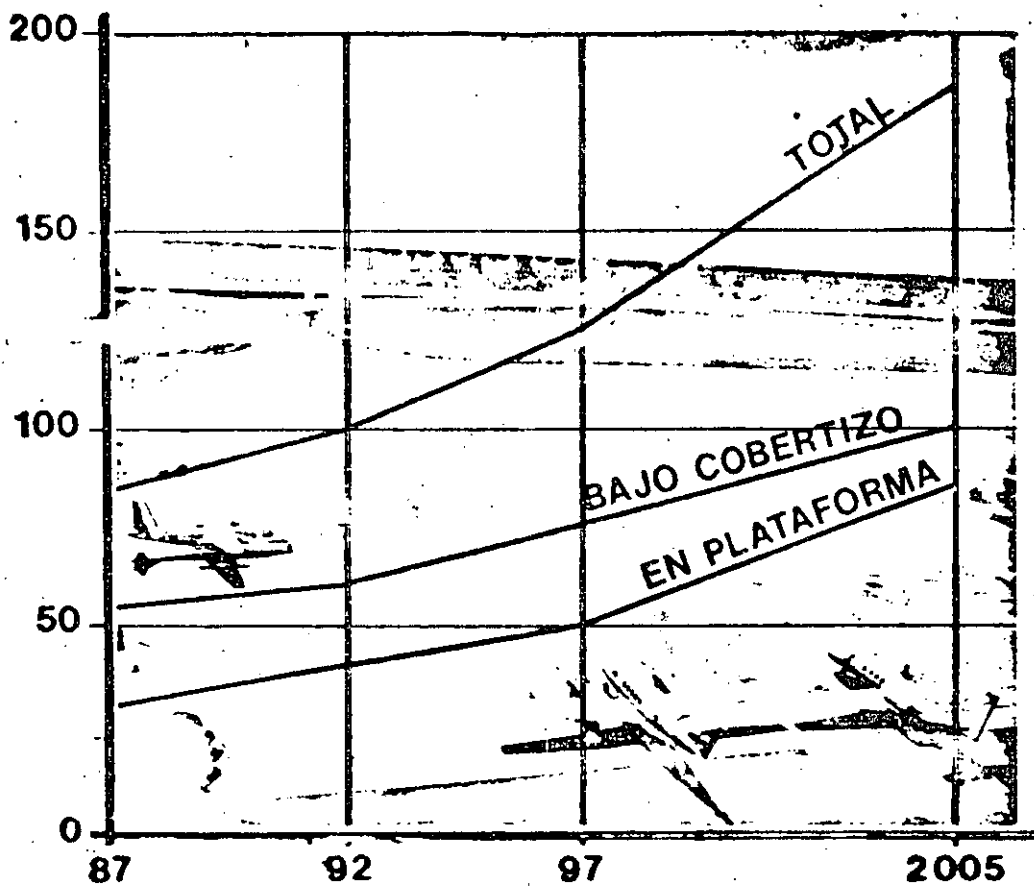
5
**AVIACION COMERCIAL
 POSICIONES SIMULTANEAS**



AÑO	TRONCALES		REGIONALES		TOTAL	
	POSICIONES	POBLACION	POSICIONES	POBLACION	POSICIONES	POBLACION
1987	2	1 DC-9-30 1 B-727-200	2	1 B-99 1 F-27	4	1 DC-9-30 1 B-727-200 1 F-27 1 B-99
1992	3	2 DC-9-30 1 B-727-200	2	1 B-99 1 F-27	5	2 DC-9-30 1 B-727-200 1 B-99 1 F-27
1997	3	1 DC-9-30 1 DC-9-80 1 B-727-200	2	1 B-99 1 F-27	5	1 DC-9-30 1 B-727-200 1 DC-9-80 1 B-99 1 F-27
2005	4	1 DC-9-30 1 DC-9-80 2 B-727-200	3	2 B-99 1 F-27	7	1 DC-9-30 1 DC-9-80 2 B-727-200 2 B-99 1 F-27

AVIACION GENERAL POSICIONES SIMULTANEAS

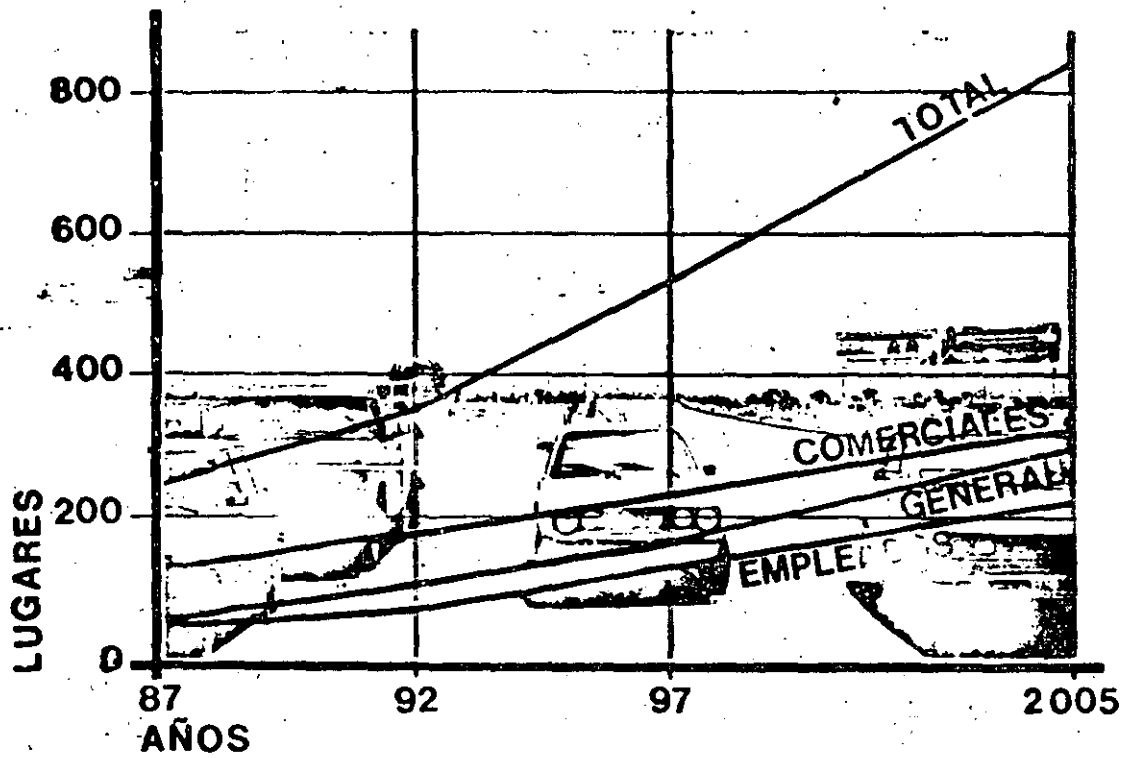
6



AÑO	BAJO COBERTIZO	EN PLATAFORMA	TOTAL
1987	54	30	84
1992	60	40	100
1997	75	50	125
2005	100	85	186

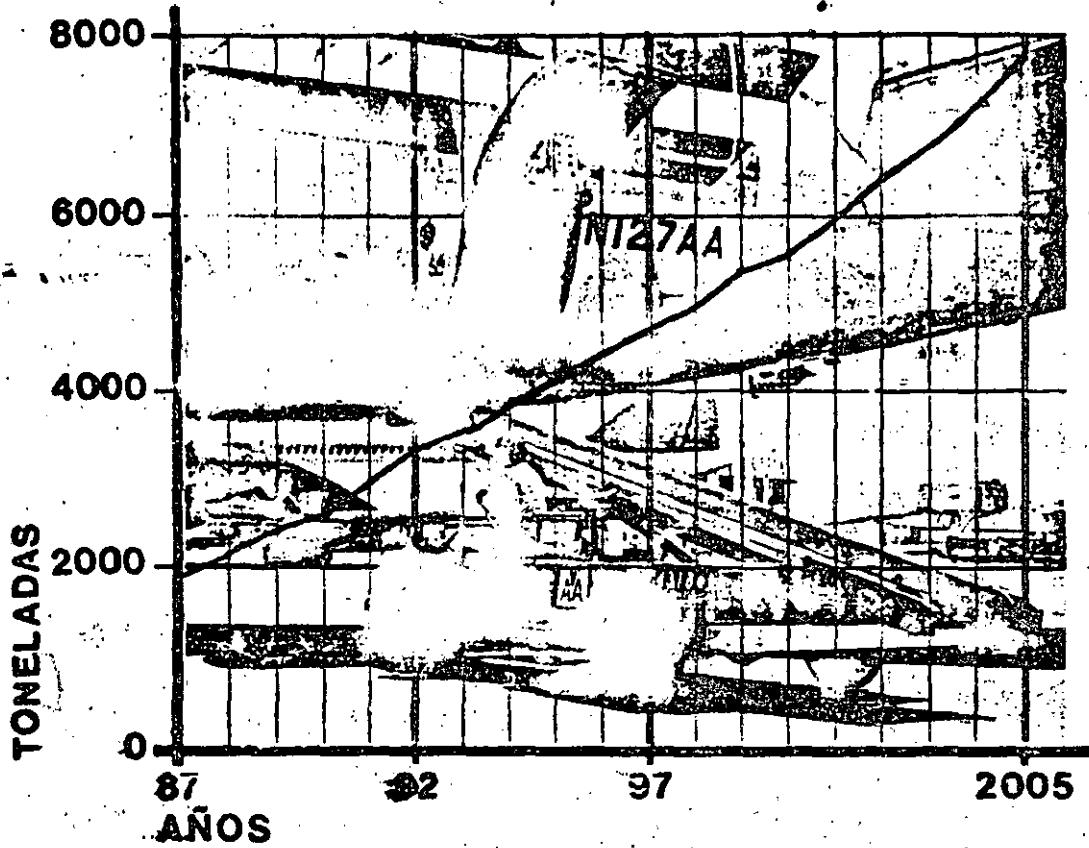
ESTACIONAMIENTO

7



AÑO	COMERCIALES	AVIACION GENERAL	EMPLEADOS	TOTAL
1987	130	60	50	240
1992	180	110	70	360
1997	226	170	130	526
2005	320	330	220	840

CARGA ANUAL



AÑO	CARGA (TONELADAS)
1987	1,940
1988	2,160
1989	2,400
1990	2,660
1991	2,870
1992	3,300
1993	3,540
1994	3,800
1995	4,100
1996	4,380
1997	4,700
1998	5,000
1999	5,320
2000	5,560
2001	6,000
2002	6,400
2003	6,600
2004	7,240
2005	7,700

AEROPUERTO DE PUEBLA - PUEB.
 RESUMEN DE PARAMETROS POR ETAPAS

CONCEPTO	ETAPAS	1987	1992	1997	2005
MOVIMIENTO ANUAL					
OPERACIONES TRONCALES		730	730	4,380	5,100
OPERACIONES REGIONALES		8,760	10,620	12,875	17,520
OPERACIONES AVIACION GENERAL		19,745	34,554	57,271	100,367
OPERACIONES TOTALES		29,235	45,904	76,526	122,987
PASAJEROS TRONCALES		54,600	80,300	268,400	500,000
PASAJEROS REGIONALES		180,800	238,000	313,100	485,800
PASAJEROS AVIACION GENERAL		88,723	168,889	287,167	483,307
PASAJEROS TOTALES		324,123	487,189	868,667	1,469,107
MOVIMIENTO HORARIO					
OPERACIONES COMERCIALES		10	12	14	16
OPERACIONES AVIACION GENERAL		11	20	30	55
OPERACIONES COMBINADAS		18	28	40	60
PASAJEROS COMERCIALES		325	450	565	800
PASAJEROS AVIACION GENERAL		55	100	155	285
PASAJEROS COMBINADOS		370	500	700	1,000
POSICIONES SIMULTANEAS COMERCIALES		4	5	5	7
POBLACION DE AVIONES:		1 DC-9-30	2 DC-9-30	1 DC-9-30	1 DC-9-30
		1 B-727-200	1 B-727-200	1 DC-9-80	1 DC-9-80
		1 B-99	1 B-99	1 B-727-200	2 B-727-200
		1 F-27	1 F-27	1 B-99	2 B-99
				1 F-27	1 F-27
POSICIONES SIMULTANEAS DE AV. GENERAL		84	100	125	185
BAJO COBERTIZO		54	60	75	100
EN PLATAFORMA		30	40	50	85
NUMERO TOTAL DE LUGARES PARA AUTOMOVILES		240	360	525	840
PARA PASAJEROS COMERCIALES		130	180	226	320
PARA PASAJEROS AVIACION GENERAL		60	110	170	300
PARA EMPLEADOS		50	70	130	220
VISITANTES/PASAJERO		0.8	0.8	0.6	0.8
MALETAS/PASAJERO		0.5	0.5	0.5	0.5
CARGA ANUAL (TONELADAS)		1,940	3,300	4,700	7,700

JULIO DE 1985.

MLJ/meing.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

2 de septiembre al 31 de octubre de 1986
México, D.F.

"CONCEPTOS PARA LA EVALUACION ECONOMICA
Y FINANCIERA DE PROYECTOS AEROPORTUARIOS"

ACT. SILVIA RUIZ
ING. ARMANDO VARILLER NAVA

EVALUACION

- 1.- ¿QUE SE ENTIENDE POR EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA?
- 2.- ¿PARA QUE SIRVE DESARROLLAR UNA EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA?
- 3.- ¿QUE SE ENTIENDE POR INGRESOS Y EGRESOS?
- 4.- ¿QUE BENEFICIOS APORTARIA LA EJECUCION DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIOECONOMICO?
- 5.- MENCIONA ALGUNOS INDICADORES QUE SERVIRAN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN UNA EVALUACION
- 6.- DE LOS INDICADORES DE FACTIBILIDAD., ¿CUAL CONSIDERA EL MAS REPRESENTATIVO? ¿POR QUE?.

A C U E R D O

UNICO: Se aprueba al organismo público descentralizado Aeropuertos y Servicios Auxiliares, prestador de los servicios aeroportuarios la siguiente:

TARIFAS

I. SERVICIO DE ATERRIZAJES

RANGOS DE PESO	V U E L O S	
	NACIONALES	INTERNACIONALES
De 10,001 a 10,000 kg.	\$ 2,574.00	\$ 7,821.00
De 20,001 a 40,000 kg.	5,079.00	15,316.00
De 40,001 a 60,000 kg.	8,094.00	24,441.00
De 60,001 a 100,000 kg.	12,831.00	38,780.00
De 100,001 a 125,000 kg.	20,475.00	61,919.00
De 125,001 a 150,000 kg.	29,305.00	88,315.00
De 150,001 en adelante por cada 1,000 kg. o fracción	294.00	887.00

II. SERVICIO DE PASILLO TELESCOPICO, SALAMOVIL Y/O AEROCAR

RANGOS DE PESO	V U E L O S			
	NACIONALES 1/	2/	INTERNACIONALES 1/	2/
De 15,001 a 40,000 kg.	\$ 616.00	\$ 274.00	\$1,855.00	\$ 821.00
De 40,001 a 65,000 kg.	783.00	342.00	2,361.00	1,045.00
→ De 65,001 a 95,000 kg.	929.00	412.00	2,799.00	1,270.00
De 95,001 a 115,000 kg.	1,224.00	538.00	3,698.00	1,630.00
De 115,001 a 150,000 kg.	1,762.00	783.00	5,316.00	2,361.00
De 150,001 kg. en adelante	2,456.00	1,077.00	7,395.00	3,260.00

1/ por los primeros 60 mins.

2/ por los siguientes 30 mins., adicionales o fracción mayor de 5 mins.

VI. SERVICIO DE ASISTENCIA EN TIERRA "SERVICIO DE RAMPA"

	CUOTAS REGULAR	POR HORA	SERVICIO NO REGULAR
Tractor para equipaje	\$ 4,720.00		\$ 5,697.00
Carrito de equipaje	977.00		1,057.00
Dollie para equipaje o carga	3,000.00		3,584.00
Plataforma para carga	1,630.00		1,956.00
Escalera de pasajeros (manual)	1,630.00		1,956.00
Escalera de pasajeros (motorizada)	4,067.00		4,888.00
Escalera de servicio	653.00		809.00
→ Aguas negras	→ 5,697.00		6,844.00
→ Aguas potables	→ 4,067.00		4,888.00
Loader mediano	15,643.00		18,733.00
Loader grande	17,599.00		21,183.00
Montacarga chica (menos de 10,000 kg.)	7,821.00		9,451.00
Montacarga grande (más de 10,000 kg.)	9,451.00		11,406.00
→ Banda conveyor	→ 6,518.00		7,821.00
Planta	14,171.00		17,014.00
Arrancador	7,575.00		10,260.00
Push Back (avión mediano)	6,518.00		7,821.00
Push Back (avión grande)	12,709.00		15,316.00
Horquilla chica	1,956.00		2,349.00
Horquilla grande	2,361.00		2,832.00
Remolque (avión mediano)	12,709.00		15,316.00
Remolque (avión grande)	15,643.00		18,902.00
Supervisor de rampa	3,741.00		4,563.00
Operador o chofer	1,956.00		2,349.00
Controlador de equipaje	1,630.00		1,956.00
Trabajador general	1,630.00		1,956.00
Mecánico	3,741.00		4,563.00
Policía	1,708.00		2,034.00
Despechador	3,741.00		4,563.00
Documentador	3,741.00		4,563.00

III. SERVICIOS AEROPORTUARIOS QUE PAGAN A TRAVES DEL COMBUSTIBLE

	V U E L O S	
	NACIONAL	INTERNACIONAL
Por litro de combustible servido	\$ 1,958	\$ 5,574

IV. SERVICIO DE REVISION A PASAJEROS Y SU EQUIPAJE DE MANO

	V U E L O S	
	NACIONAL	INTERNACIONAL
Por pasajero	\$ 44.00	\$ 49.00

o Servicio 1-1/2
V. SERVICIO DE ABASTECIMIENTO O SUCCION DE COMBUSTIBLE

	V U E L O S	
	NACIONAL	INTERNACIONAL
Por litro	\$ 3.451	\$ 3.963

CUADRO Nº 6

cuadro nº 6

AVIONES Y SERVICIOS AEREAOS
 TABLA DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES
 A PARTIR DEL 1° DE AGOSTO DE 1985.

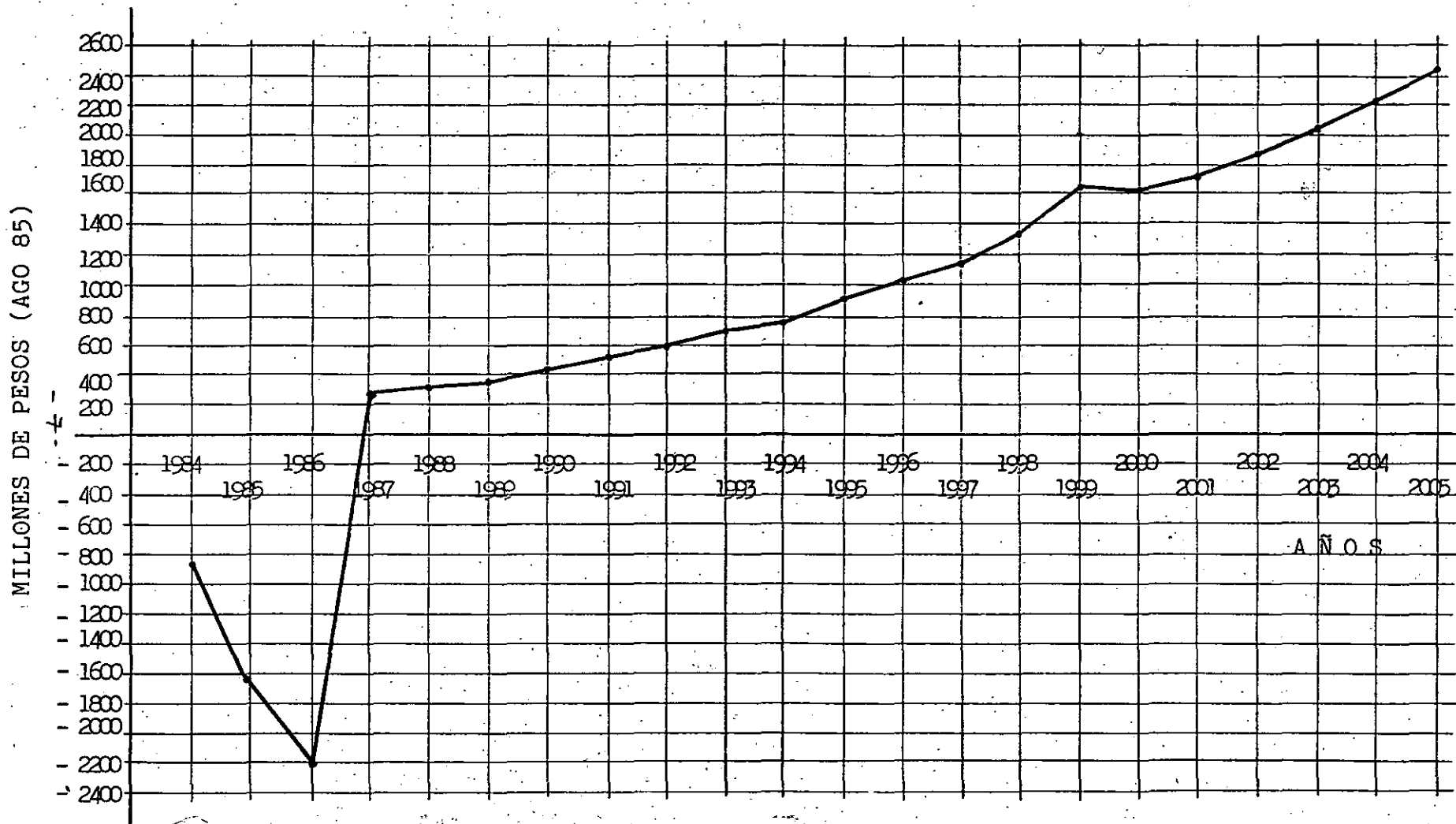
NUM. DE PRODUCTO	PRODUCTO	PLANTO A S A	IMPORTE S/GASOLINAS	TOTAL VENTA COM.	CUOTA A S A	CUOTA SHELL	TOTAL
01	TURBOSINA-VUELOS NACIONALES	35.162	-	35.162	-	-	35.162
	TURBOSINA-VUELOS INTERNACIONALES	59.413	-	59.413	-	-	59.413
01	TURBOSINA-VUELOS NO REGULARES NACIONALES (GOB. TAXIS AEREOS, PARTICULARES) <i>Ar</i>	58.901	-	58.901	1.958	5.00	65.859
01	TURBOSINA-VUELOS NO REGULARES INTERNACIONALES (M.T. EXTRANJERA, CHARTER'S) <i>De igual</i>	59.443	-	59.443	5.574	5.00	70.017
03	GASAVION 100/130 (VUELOS NO REGULARES NACIONALES)	44.0908	22.0454	66.1362	1.958	5.00	73.0942
	GASAVION 100/130 (VUELOS NO REGULARES INTERNAC.)	44.6023	22.3014	66.9042	5.574	5.00	77.4782
04	GASAVION 60/87 (VUELOS NO REGULARES NACIONALES)	35.3351	17.6676	53.0027	1.958	5.00	59.9607
	GASAVION 60/87 (VUELOS NO REGULARES INTERNAC.)	35.8471	17.9236	53.7707	5.574	5.00	64.3447
07	ESSO 100 y 120 A GRANEL	206.00	-	-	-	-	206.00
08	SHELL 120 A GRANEL	294.00	-	-	-	-	294.00
09	SHELL 100 CON AD	285.00	-	-	-	-	285.00
10	SHELL 100 EN LATA	266.00	-	-	-	-	266.00
13	ESSO 120 EN LATA	300.00	-	-	-	-	300.00
14	ESSO 100 CON AD	308.00	-	-	-	-	308.00
15	ESSO 100 EN LATA	300.00	-	-	-	-	300.00
16	DIESEL	35.3005	-	-	-	-	35.300

TIPOS DE AVIONES Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS

M O D E L O S	PESO MAXIMO DESPEGUE LBS	PESO CERO COMBUSTIBLE LBS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE LBS/HORA	VELOCIDAD V. NUDOS	PAX.
BAC-111-400	85,000	68,500	4,440	345	79
BOEING-747	710,000	526,500	25,156	500	490
BOEING-727-200*	173,000	138,000	12,128	500	155-168
BOEING-727-100	160,000	114,000	8,700	500	116
BOEING-707A-400	312,000	190,000	16,000	500	189
DC-3A	25,203	18,676	542	183	24
DC-6B	97,218	74,013	2,205	240	74
DC-9-15	90,619	73,932	6,000	473	85
DC-9-32	108,000	87,000	6,500	473	115
DC-8-63	355,000	230,000	14,000	473	259
DC-10-10	555,000	310,500	17,400	480	257
→DC-10-30	555,100	368,067	17,723	477	277 301
→FH-227D	45,500	41,000	1,502	256	48
HS-DH-125	23,500	13,000	2,000	400	10
HS-748-2A	44,495	37,500	1,510	225	48
LEAR JET 24B	13,500	10,000	1,400	418	8
SUPER CONSTELLATINCE 1049 H	132,500	108,000	3,500	250	94

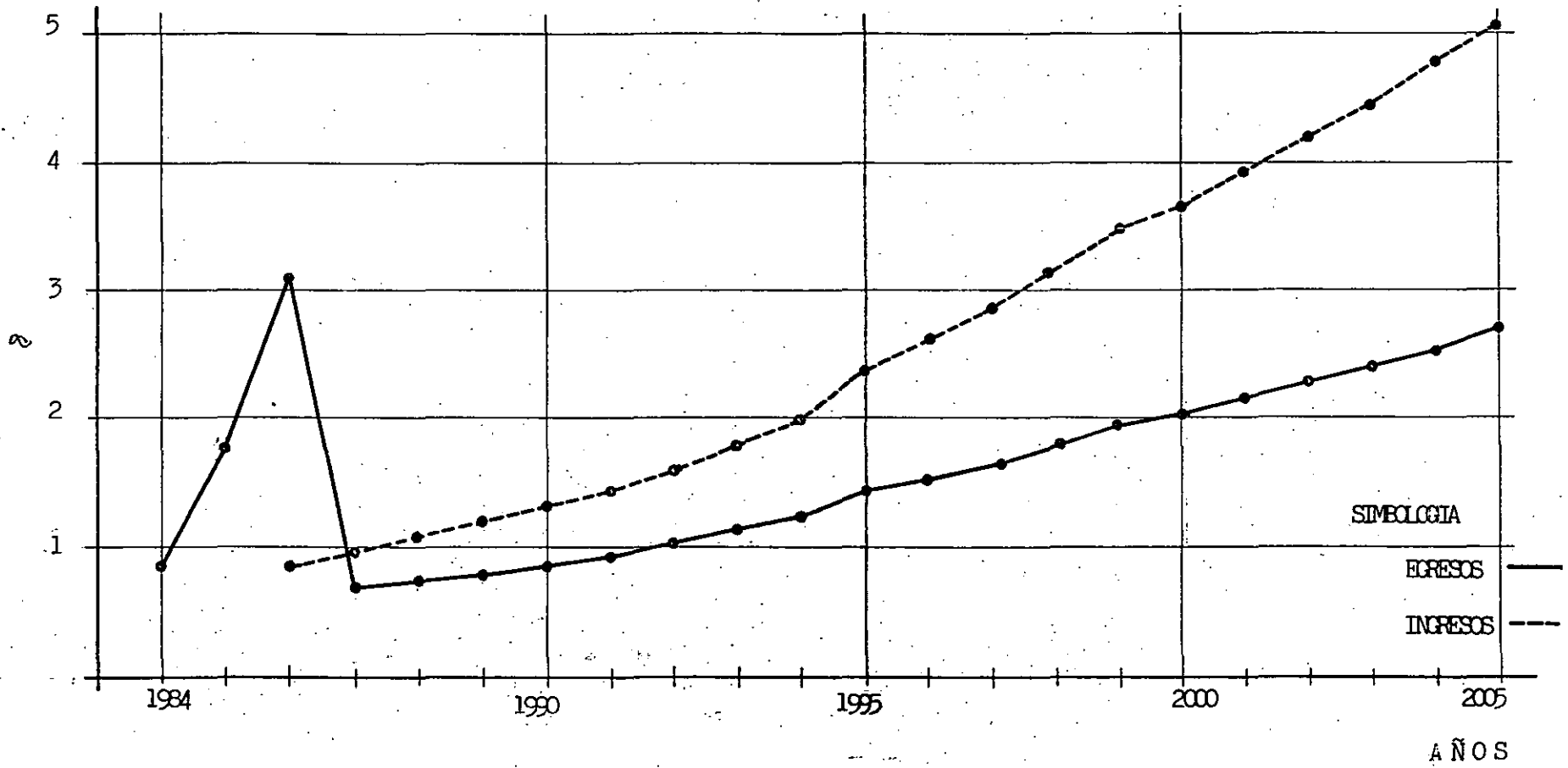
26.4 TOUR
26.5-7 2.0

FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO



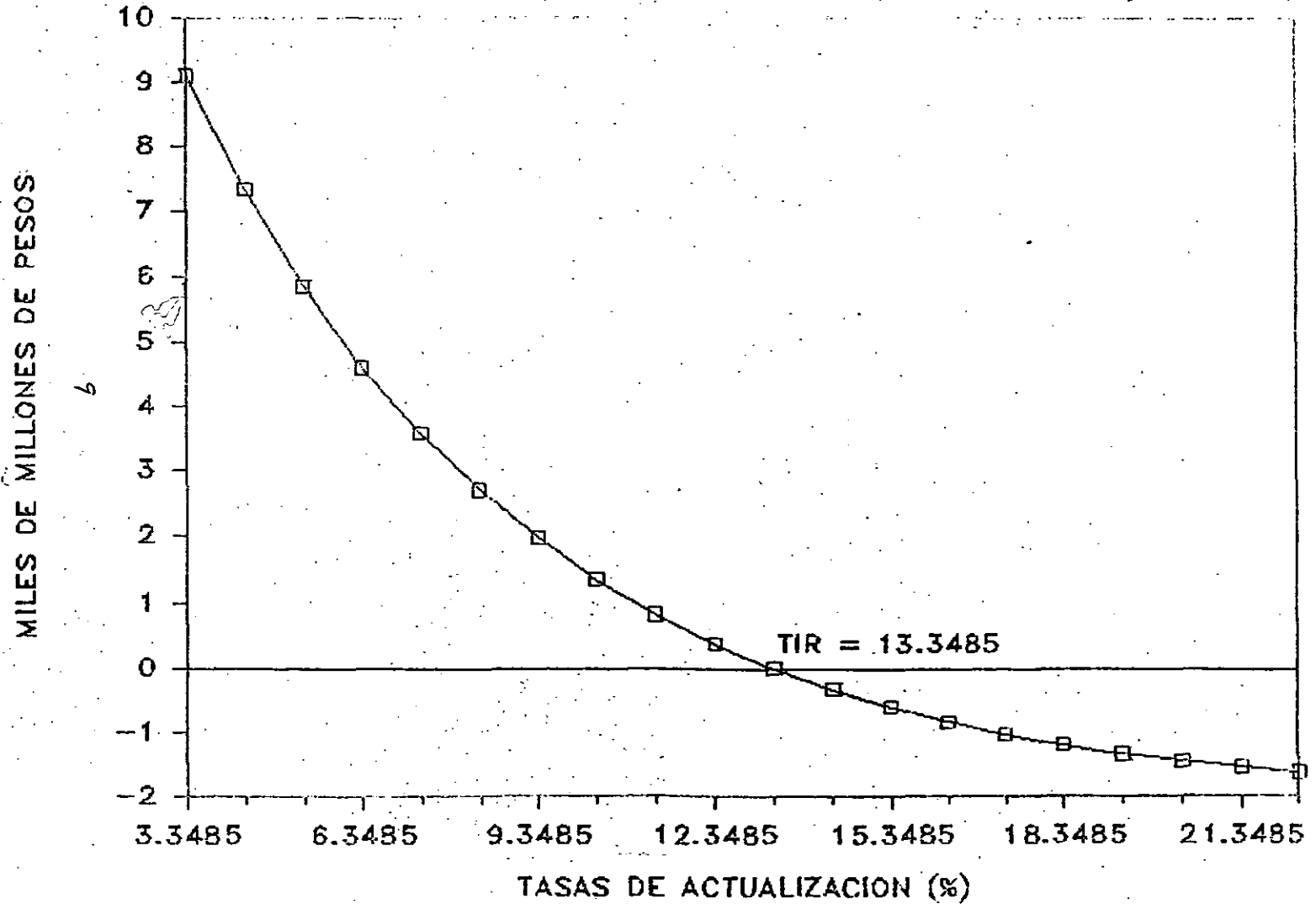
INGRESOS Y EGRESOS

MILES DE MILLONES DE PESOS (AGOSTO 1985)



BENEFICIOS NETOS ACTUALIZADOS

OBTENCIÓN DE LA TIR PARA EL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

PUEBLA

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

HOJA 1

Sistema Estudios de Factibilidad (SITIR/DGA)

11:28:04

Tasa Interna de Retorno

(Millones de Pesos)

PC

DATOS		RESULTADOS	
I Año	Benefeficio Neto del Proyecto	I Tasas de Actualizacion	Recursos Netos Actualizados
I 1	-880.00	I 3.3485	9,104.3800
I 2	-1,774.42	I 4.3485	7,339.6390
I 3	-2,220.77	I 5.3485	5,863.6480
I 4	285.39	I 6.3485	4,626.3870
I 5	337.45	I 7.3485	3,587.0300
I 6	395.74	I 8.3485	2,712.1980
I 7	461.84	I 9.3485	1,974.5240
I 8	530.38	I 10.3485	1,351.4850
I 9	602.05	I 11.3485	824.5192
I 10	706.43	I 12.3485	378.2716
I 11	808.97	I 13.3485	0.0089
I 12	988.26	I 14.3485	-320.8521
I 13	1,110.44	I 15.3485	-593.1312
I 14	1,243.27	I 16.3485	-824.2058
I 15	1,430.26	I 17.3485	-1,020.2430
I 16	1,549.24	I 18.3485	-1,186.4350
I 17	1,683.78	I 19.3485	-1,327.1470
I 18	1,825.60	I 20.3485	-1,446.0630
I 19	1,979.95	I 21.3485	-1,546.3030
I 20	2,142.32	I 22.3485	-1,630.5070
I 21	2,307.86	I 23.3485	-1,700.9210
I 22	2,517.52	I 24.3485	-1,759.4600
I		I 25.3485	-1,807.7540
I		I 26.3485	-1,847.2000
I		I 27.3485	-1,878.9970
I		I 28.3485	-1,904.1690

RECURSOS NETOS ACTUALIZADOS
TASA INTERNA DE RETORNO

0.0089
13.3485

AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.
 PRONOSTICO DE OPERACIONES ANUALES
 COMERCIALES Y DE AVIACION GENERA.

AÑO	COMERCIALES		OPERAC. INTER.	TOTAL COMERCIAL	AV. GENERAL	GRAN T O T A L
	AV. GRANDES	²⁰⁰¹⁰⁰⁰⁰ 3er. NIVEL				
1986	2,536	2,260	312	5,108	19,745	24,853
1987	2,625	2,395	371	5,391	22,111	27,502
1988	2,718	2,419	441	5,578	24,745	30,323
1989	2,817	2,562	525	5,904	27,679	33,583
1990	2,957	2,714	624	6,295	30,937	37,232
1991	3,069	2,881	710	6,660	34,554	41,214
1992	3,193	3,368	808	7,369	38,563	45,932
1993	3,587	3,086	920	7,593	42,999	50,592
1994	3,907	3,273	1,047	8,227	47,901	56,128
1995	4,946	3,473	1,192	9,611	53,310	62,921
1996	5,382	3,522	1,309	10,213	59,271	69,484
1997	5,806	3,730	1,438	10,974	65,827	76,801
1998	6,276	3,952	1,580	11,808	69,881	81,689
1999	6,796	4,191	1,736	12,723	74,185	86,908
2000	6,992	4,234	1,907	13,153	78,753	91,906
2001	7,194	4,502	2,066	13,762	83,606	97,368
2002	7,479	4,783	2,238	14,500	88,758	103,258
2003	7,702	5,071	2,425	15,198	94,229	109,427
2004	7,933	5,160	2,627	15,720	100,367	116,087
2005	8,331	5,472	2,846	16,649	104,400	121,049

NOVIEMBRE DE 1985.

Nota: se resten los datos en miles

AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.
 PRONOSTICO DE PASAJEROS ANUALES COMERCIALES
 Y DE AVIACION GENERAL.

AÑO	PASAJEROS COMERCIALES			TOTAL		
	NACIONAL	3er. NIVEL (Regional)	INTER.	COMERCIAL	AV. GENERAL	GRAN TOTAL
1986	190,200	45,200	24,400	259,800	88,700	348,500
1987	202,100	47,900	31,700	281,700	105,500	387,200
1988	214,700	50,800	39,800	305,300	120,800	426,100
1989	228,200	53,800	48,700	330,700	129,200	459,900
1990	242,500	57,000	58,600	358,100	144,700	502,800
1991	257,800	60,500	69,400	387,700	168,900	556,600
1992	274,600	64,100	79,900	418,600	183,600	602,200
1993	315,700	67,900	92,400	476,000	209,000	685,000
1994	351,600	72,000	105,200	528,800	232,100	760,900
1995	455,000	76,400	119,100	650,500	256,700	907,200
1996	500,500	81,000	134,000	715,500	287,200	1'002,700
1997	551,600	85,800	150,000	787,400	319,200	1'106,600
1998	608,800	90,900	177,700	877,400	338,700	1'216,100
1999	672,800	96,400	186,000	955,200	359,300	1'314,500
2000	706,200	102,100	206,000	1'014,300	379,300	1'393,600
2001	741,000	108,300	227,500	1'076,800	404,600	1'481,400
2002	777,800	114,800	250,600	1'143,200	429,300	1'572,500
2003	816,400	121,700	275,300	1'213,400	455,500	1'668,900
2004	856,800	129,000	300,000	1'285,800	483,300	1'769,100
2005	916,400	136,800	330,100	1'383,300	512,800	1'896,100

OCTUBRE DE 1985.

J/memg.

TABLA A-16

Factores de Interés Compuesto 10%

n	Pago Unico		Serie Uniforme				n
	Factor de Valor Futuro F/P	Factor de Valor Presente P/P	Factor de Fondo Acumulativo A/P	Factor de Recuperación de Capital A/P	Factor de Valor Futuro F/A	Factor de Valor Presente P/A	
1	1.1000	0.9091	1.000 00	1.100 00	1.000	0.909	1
2	1.2100	0.8264	0.476 19	0.576 19	2.100	1.736	2
3	1.3310	0.7513	0.302 11	0.402 11	3.310	2.487	3
4	1.4641	0.6830	0.215 47	0.315 47	4.641	3.170	4
5	1.6105	0.6209	0.163 80	0.263 80	6.105	3.791	5
6	1.7716	0.5645	0.129 61	0.229 61	7.716	4.355	6
7	1.9487	0.5132	0.105 41	0.205 41	9.487	4.868	7
8	2.1436	0.4665	0.087 44	0.187 44	11.436	5.335	8
9	2.3579	0.4241	0.073 64	0.173 64	13.579	5.759	9
10	2.5937	0.3855	0.062 75	0.162 75	15.937	6.144	10
11	2.8531	0.3505	0.053 96	0.153 96	18.531	6.495	11
12	3.1384	0.3186	0.046 76	0.146 76	21.384	6.814	12
13	3.4523	0.2897	0.040 78	0.140 78	24.523	7.103	13
14	3.7975	0.2633	0.035 75	0.135 75	27.975	7.367	14
15	4.1772	0.2394	0.031 47	0.131 47	31.772	7.606	15
16	4.5950	0.2176	0.027 82	0.127 82	35.950	7.824	16
17	5.0545	0.1978	0.024 66	0.124 66	40.545	8.022	17
18	5.5599	0.1799	0.021 93	0.121 93	45.599	8.201	18
19	6.1159	0.1635	0.019 55	0.119 55	51.159	8.365	19
20	6.7275	0.1486	0.017 46	0.117 46	57.275	8.514	20
21	7.4002	0.1351	0.015 62	0.115 62	64.002	8.649	21
22	8.1403	0.1228	0.014 01	0.114 01	71.403	8.772	22
23	8.9543	0.1117	0.012 57	0.112 57	79.543	8.883	23
24	9.8497	0.1015	0.011 30	0.111 30	88.497	8.985	24
25	10.8347	0.0923	0.010 17	0.110 17	98.347	9.077	25
26	11.9182	0.0839	0.009 16	0.109 16	109.182	9.161	26
27	13.1100	0.0763	0.008 26	0.108 26	121.100	9.237	27
28	14.4210	0.0693	0.007 45	0.107 45	134.210	9.307	28
29	15.8631	0.0630	0.006 73	0.106 73	148.631	9.370	29
30	17.4494	0.0573	0.006 08	0.106 08	164.494	9.427	30
31	19.1943	0.0521	0.005 50	0.105 50	181.943	9.479	31
32	21.1138	0.0474	0.004 97	0.104 97	201.138	9.526	32
33	23.2252	0.0431	0.004 50	0.104 50	222.252	9.569	33
34	25.5477	0.0391	0.004 07	0.104 07	245.477	9.609	34
35	28.1024	0.0356	0.003 69	0.103 69	271.024	9.644	35
40	45.2593	0.0221	0.002 26	0.102 26	442.593	9.779	40
45	72.8905	0.0137	0.001 39	0.101 39	718.905	9.863	45
50	117.3909	0.0085	0.000 86	0.100 86	1 163.909	9.915	50
55	189.0591	0.0053	0.000 53	0.100 53	1 880.591	9.947	55
60	304.8816	0.0033	0.000 33	0.100 33	3 034.816	9.967	60
65	490.3707	0.0020	0.000 20	0.100 20	4 893.707	9.980	65
70	789.7470	0.0013	0.000 13	0.100 13	7 887.470	9.987	70
75	1 271.8952	0.0008	0.000 08	0.100 08	12 708.954	9.992	75
80	2 048.4002	0.0005	0.000 05	0.100 05	20 474.002	9.995	80
85	3 298.9690	0.0003	0.000 03	0.100 03	32 979.690	9.997	85
90	5 313 0226	0.0002	0.000 02	0.100 02	53 120.226	9.998	90
95	8 556.6760	0.0001	0.000 01	0.100 01	85 556.760	9.999	95
100	13 780.6123	0.0001	0.000 01	0.100 01	137 796.123	9.999	100

TABLA A-18

Factores de Interés Compuesto 15%

n	Pago Unico		Serie Uniforme				n
	Factor de Valor Futuro F/P	Factor de Valor Presente P/F	Factor de Fondo Acumulativo A/F	Factor de Recuperación de Capital A/P	Factor de Valor Futuro F/A	Factor de Valor Presente P/A	
1	1.1500	0.8696	1.000 00	1.150 00	1.000	0.870	1
2	1.3225	0.7561	0.465 12	0.615 12	2.150	1.626	2
3	1.5209	0.6575	0.287 98	0.437 98	3.472	2.283	3
4	1.7490	0.5718	0.200 26	0.350 27	4.993	2.855	4
5	2.0114	0.4972	0.148 32	0.298 32	6.742	3.352	5
6	2.3131	0.4323	0.114 24	0.264 24	8.754	3.784	6
7	2.6600	0.3759	0.090 36	0.240 36	11.067	4.160	7
8	3.0590	0.3269	0.072 85	0.222 85	13.727	4.487	8
9	3.5179	0.2843	0.059 57	0.209 57	16.786	4.772	9
10	4.0456	0.2472	0.049 25	0.199 25	20.304	5.019	10
11	4.6524	0.2149	0.041 07	0.191 07	24.349	5.234	11
12	5.3503	0.1869	0.034 48	0.184 48	29.002	5.421	12
13	6.1528	0.1625	0.029 11	0.179 11	34.352	5.583	13
14	7.0757	0.1413	0.024 69	0.174 69	40.505	5.724	14
15	8.1371	0.1229	0.021 02	0.171 02	47.580	5.847	15
16	9.3576	0.1069	0.017 95	0.167 95	55.717	5.954	16
17	10.7613	0.0929	0.015 37	0.165 37	65.075	6.047	17
18	12.3755	0.0808	0.013 19	0.163 19	75.836	6.128	18
19	14.2318	0.0703	0.011 34	0.161 34	88.212	6.198	19
20	16.3665	0.0611	0.009 76	0.159 76	102.444	6.259	20
21	18.8215	0.0531	0.008 42	0.158 42	118.810	6.312	21
22	21.6447	0.0462	0.007 27	0.157 27	137.632	6.359	22
23	24.8915	0.0402	0.006 28	0.156 28	159.276	6.399	23
24	28.6252	0.0349	0.005 43	0.155 43	184.168	6.434	24
25	32.9190	0.0304	0.004 70	0.154 70	212.793	6.464	25
26	37.8568	0.0264	0.004 07	0.154 07	245.712	6.491	26
27	43.5353	0.0230	0.003 53	0.153 53	283.569	6.514	27
28	50.0656	0.0200	0.003 06	0.153 06	327.104	6.534	28
29	57.5755	0.0174	0.002 65	0.152 65	377.170	6.551	29
30	66.2118	0.0151	0.002 30	0.152 30	434.745	6.566	30
31	76.1435	0.0131	0.002 00	0.152 00	500.957	6.579	31
32	87.5651	0.0114	0.001 73	0.151 73	577.100	6.591	32
33	100.6998	0.0099	0.001 50	0.151 50	664.666	6.600	33
34	115.8048	0.0086	0.001 31	0.151 31	765.365	6.609	34
35	133.1755	0.0075	0.001 13	0.151 13	881.170	6.617	35
40	267.8635	0.0037	0.000 56	0.150 56	1 779.090	6.642	40
45	538.7693	0.0019	0.000 28	0.150 28	3 585.128	6.654	45
50	1 083.6574	0.0009	0.000 14	0.150 14	7 217.716	6.661	50
55				0.150 00		6.667	55

A.-	COSTA RICA	0.00																					
1.-	SECTOR PÚBLICO	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
2.-	COSTA RICA GOV.	0.00																					
3.-	SECTOR PRIVADO	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
4.-	SECTOR EXTERNO	0.00																					
5.-	SECTOR COMERCIAL	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
6.-	SECTOR INDUSTRIAL	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
7.-	SECTOR AGRICOLA	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
8.-	SECTOR FINANCIERO	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
9.-	SECTOR SERVICIOS	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
10.-	SECTOR EDUCACION	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
11.-	SECTOR SALUD	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
12.-	SECTOR CULTURA	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
13.-	SECTOR TURISMO	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
14.-	SECTOR TRANSPORTES	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
15.-	SECTOR TELECOMUNICACIONES	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
16.-	SECTOR ENERGIA	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
17.-	SECTOR VIVIENDA	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90
18.-	SECTOR TIPOLOGIA	0.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90

III.- SECTOR EXTERNO

19.-	SECTOR EXTERNO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.-	SECTOR EXTERNO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.-	SECTOR EXTERNO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1.- Todos los datos de Ingresos, Pasivos y Cuentas están expresados en miles.
 2.- Todos los otros subtotales se expresan en millones de pesos.
 3.- Puntos de ajuste de 1980.

EVALUACION FINANCIERA

PROGRAMA DE CALCULO

AEROPUERTO DE PUEBLA, P.O.

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
A- OF. CON. AVIACION INTL.	0.06	2.34	1.42	2.72	2.82	2.16	2.67	2.19	2.39	2.24	4.05	5.78	5.01	4.29	4.80	4.97	1.17	1.48	1.76	1.72	1.72	2.03	2.03
B- OF. CON. AVIACION DOM.	0.06	0.26	0.19	0.44	0.52	0.62	0.71	0.64	0.68	1.05	1.19	1.28	1.08	1.28	1.74	1.71	2.07	2.28	2.42	2.63	2.63	2.85	2.85
C- OF. AVIACION GENERAL	0.00	2.26	2.29	2.42	2.56	2.71	2.86	2.97	2.97	2.49	2.52	2.71	2.71	2.75	4.49	4.23	4.29	4.78	5.07	5.16	5.16	5.47	5.47
A- OF. AVIACION GENERAL	0.06	19.07	22.11	24.74	25.66	24.94	24.53	24.56	24.66	27.06	28.28	29.27	28.02	28.09	34.19	32.41	32.41	36.76	39.27	39.27	44.37	44.37	49.49
L- INGRESOS																							
A- COSTA 1 PATRIMONIAL	0.42																						
L.1 INCL. AVIACION	0.00	6.29	16.01	17.43	18.09	18.99	19.69	19.64	20.46	21.03	21.68	22.23	22.82	23.28	23.77	24.27	24.62	24.94	24.12	27.38	27.48	28.07	28.07
COSTA 2 PUEBLA, DOM.	0.00																						
L.A.A.1	0.00	21.4	22.18	22.36	22.83	23.08	23.74	24.05	24.33	24.64	24.82	25.06	25.09	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06	25.06
COSTA 3 PUEBLA, DOM.	0.28																						
L.A.A.1	0.00	21.41	21.69	22.32	23.35	24.21	24.41	24.41	24.73	25.17	25.18	25.25	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18	25.18
COSTA 4 PUEBLA, DOM.	17.11																						
L.1.1	0.00	37.4	54.83	28.54	28.25	26.46	28.52	27.58	26.42	27.38	27.69	28.05	28.09	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04	28.04
B- COSTA 5 PATRIMONIAL	19.29																						
L.2 INCL. AVIACION	0.00	6.01	7.17	6.13	10.06	12.02	11.77	11.71	11.84	12.16	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09
COSTA 6 PUEBLA, DOM.	9.07																						
L.A.A.1	0.00	2.01	2.16	2.19	4.72	3.42	4.49	7.05	8.24	9.52	10.29	11.02	11.66	14.32	15.78	12.22	15.77	20.21	21.99	23.02	23.02	23.02	23.02
COSTA 7 PUEBLA, DOM.	24.00																						
L.A.A.1	0.00	18.79	12.02	15.24	18.14	21.35	24.71	28.19	31.02	34.34	41.0	43.29	39.12	38.07	40.25	40.48	42.04	44.74	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48
COSTA 8 PUEBLA, DOM.	21.79																						
L.1.0	0.00	341.21	151.04	229.59	271.21	271.52	270.07	272.65	284.04	287.88	284.02	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29	282.29
C- COSTA 9 PATRIMONIAL	2.25																						
L.3 INCL. AVIACION	0.00	0.20	4.09	4.17	4.31	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34
COSTA 10 PUEBLA, DOM.	0.26																						
L.A.A.2	0.00	1.24	1.33	1.33	1.42	1.51	1.49	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
COSTA 11 PUEBLA, DOM.	2.07																						
L.1.1	0.00	17.30	18.06	19.04	20.04	21.12	22.44	24.52	26.25	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29	27.29

2



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: "XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCUBRE
1986**

**ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN
PROYECTOS AEROPORTUARIOS**

**ING. JORGE R. LIMON FLORES
MEXICO, D.F.**

1.- INTRODUCCION

2.- EL PROYECTO

2.1.- Concepto

2.2.- Etapas

2.3.- Factores del Proyecto

3.- PLAN MAESTRO DE UN AEROPUERTO

3.1.- Elementos del Plan Maestro

4.- EL MEDIO AMBIENTE

4.1.- Concepto

4.2.- Componentes del Medio Ambiente

5.- IMPACTO AMBIENTAL

5.1.- Concepto

5.2.- Clasificación de Impactos Ambientales

6.- METODOLOGIAS PARA ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1.- Características Deseables de la Metodología para Aplicar.

6.2.- Factores a Considerar en la Selección de una Metodología.

6.3.- Clasificación de las Metodologías

1.- INTRODUCCION

Considerando que el presente tema está dirigido a profesionales de países latinoamericanos con experiencia previa en diversas áreas de la Ingeniería Aeroportuaria. Que como objetivos se persiguen la actualización profesional del personal técnico y la transmisión hacia el exterior de la experiencia que nuestro país ha acumulado en este importante campo de la Ingeniería; a continuación estableceré la secuencia y metodología que se aplica en nuestro país para el desarrollo de los "Estudios de Impacto Ambiental en Proyectos Aeroportuarios".

Como primera fase se establecerán el concepto, etapas y factores del proyecto; para continuar con los elementos de un Plan Maestro y finalizar con el concepto y componentes del Medio Ambiente.

En la segunda fase se expondrá lo referente a: Impacto Ambiental (concepto y clasificación de los impactos) y Metodologías para Estudios de Impacto Ambiental (características, factores y clasificación); en donde es deseable que los participantes a este XIV Curso se involucren y participen para enriquecer los elementos antes señalados, ya que uno de los aspectos más importantes para la

realización de Estudios de Impacto Ambiental, consiste en el análisis y la selección de la metodología idónea para aplicarse, de acuerdo a las condiciones económicas, sociales, ambientales, políticas, etc., existentes en la región.

Finalmente como tercera fase y última del tema, se elaborarán las principales conclusiones que permitan el desarrollo oportuno y eficaz de los Estudios de Impacto Ambiental de diversos proyectos aeroportuarios en la etapa de planeación.

2.- EL PROYECTO

2.1.- Concepto

Observando que existe una diversidad de conceptos o definiciones para establecer lo que es un proyecto, y que después de un análisis de esas definiciones - se concluye que tienen la misma esencia; para unificar criterios en el desarrollo de este tema considero objetiva e integral la siguiente definición:

"Proyecto: es una unidad de actividad de cualquier naturaleza, que para su realización requiere del uso o consumo inmediato a corto plazo de recursos, algunos escasos o al menos limitados; que podrán ser naturales, materiales, humanos, económicos, financieros, etc., aún sacrificando beneficios actuales y asegurados, con la esperanza de obtener en un período de tiempo mayor, beneficios superiores a los que se obtienen con el empleo actual de dichos recursos".

2.2.- Etapas del Proyecto.

Con objeto de desarrollar con ordenamiento y control a los proyectos aeroportuarios, resulta necesario y conveniente subdividirlos en diversas etapas, las cuales son integrales y se interrelacionan entre sí y a las que podemos enlistar en la siguiente forma:

Planeación

Selección del Proyecto

Elaboración de Anteproyectos

Diseño Definitivo

Construcción e Instalación

Puesta en Servicio

Operación

Conservación y Mantenimiento

Abandono

2.3.- Factores del Proyecto

Con objeto de elaborar un proyecto objetivo, factible, económico, ambientalmente viable, etc., es necesario - poner especial atención en los siguientes factores:

- Antecedentes
- Estudio del Mercado
- Ingeniería del Proyecto
- Aspectos Financieros
- Evaluación Ambiental
- Conclusiones

3.- PLAN MAESTRO DE UN AEROPUERTO

3.1.- Elementos del Plan Maestro

Como es conocido de todos ustedes el plan maestro de un aeropuerto es un documento que contiene entre sus principales elementos constitutivos a los siguientes:

A.- ANTECEDENTES.- En el cual se describirá: Los aspectos geográficos, actividades económicas, Infraestructura del transporte, planes nacionales de desarrollo, etc.

B.- ESTUDIO DE LA DEMANDA.- En donde se realiza un análisis de la demanda en base a estadística y pronóstico para determinar la capacidad del aeropuerto a construir.

C.- DEMANDA-CAPACIDAD.- En este Capítulo se estudiará la configuración de los elementos que integran el aeropuerto como son : la pista, las plataformas, los rodajes, el edificio terminal, las zonas de estacionamiento, los hangares y las instalaciones de apoyo.

D.- ESTRATEGIA DE DESARROLLO.- En este Capítulo se conceptualiza el número de etapas en que se desarrollará el aeropuerto, así como las fases específicas de cada etapa, para definir en esta forma los trabajos a realizar desde la iniciación de los trabajos, su operación, hasta integrar la etapa en la cual alcanzará su máximo desarrollo.

E.- ESTUDIO DE RUIDO.- Que consiste en la selección y aplicación de diversas metodologías para estimar los niveles de ruido y las áreas de influencia de los mismos en áreas cercanas al aeropuerto.

F.- PROGRAMA DE INVERSIONES.- En el programa de inversiones se estimarán para cada uno de los elementos que constituyen con el aeropuerto el volumen de obra a ejecutar, su precio unitario, el costo total de cada etapa para cada una de las etapas y fases del aeropuerto hasta su puesta en operación.

Sin embargo, en el Plan Maestro no se contempla un estudio específico para la identificación, evaluación y determinación de las medidas mitigatorias de impacto ambiental a los medios biótico, abiótico y humano, que son los elementos que integran a un estudio de impacto ambiental que servirá de base para la realización de las Manifestaciones Preliminares o Definitivas de Impacto Ambiental para un aeropuerto.

4.- MEDIO AMBIENTE

4.1.- Concepto

El tema del medio ambiente se ha puesto de moda actualmente no obstante que los problemas ambientales han preocupado al ser humano desde épocas antiguas, sin embargo, es importante destacar que una oportuna consideración y atención a los problemas ambientales es función de "los estilos de desarrollo". Lo cual nos lleva a la necesidad de profundizar en estas áreas para no pagar el precio de afectar al medio ambiente y los ecosistemas.

En forma similar a la problemática que se deriva para establecer un concepto universal de proyecto, también, dado que existen diversos conceptos de autores e Instituciones para definir al medio ambiente, y con objeto de continuar con el desarrollo del presente tema, podemos adoptar la siguiente definición:

"El Medio Ambiente es el conjunto de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre, físicos, químicos y biológicos que propicien la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos"

- * Definición de Medio Ambiente, de acuerdo al Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

4.2.- Componentes del Medio Ambiente

Para un manejo adecuado de los Componentes del Medio Ambiente, es conveniente aplicar un enfoque sistémico ya que cada componente es un subsistema que se integra con diversos factores o elementos que interactúan entre sí y tienen un objetivo común.

Por lo cual al Medio Ambiente lo podemos sistematizar en los siguientes componentes:

Medio Abiótico
Medio Biótico
Medio Humano

Los cuales se integran con los siguientes elementos:

Medio Abiótico - Orografía
Topografía
Edafología
Climatología
Hidrología

Medio Biótico - Flora Silvestre
Flora Inducida
Fauna Silvestre
Fauna Inducida

MEDIO HUMANO - Aspectos Sociales
Aspectos Económicos
Aspectos Culturales

5.- IMPACTO AMBIENTAL

5.1.- Concepto

Se dice que hay impacto ambiental, cuando una acción o actividad produce alteraciones o modificaciones en el medio ambiente o en alguno de los componentes que lo integran (abiótico, biótico y humano).

5.2.- Clasificación de Impactos Ambientales

A los impactos ambientales, resultantes de la realización de una acción o actividad, los podemos clasificar de diversas maneras, sin embargo, la siguiente clasificación nos permite definirlos con mayor objetividad y claridad.

- IMPACTOS O EFECTOS:

Adversos o Benéficos

- MAGNITUD:

Los impactos pueden ser significativos o no ser significativos.

- ALTERACION:

Reversible o no Reversible

Mitigables o no Mitigables

- DURACION:

A corto, mediano o largo plazo

6.- METODOLOGIAS

6.1.- Características Deseables de la Metodología por Aplicar.

- 12 -

En relación a este importante tópico de las Metodologías para los EIA, es indispensable efectuar las siguientes preguntas y reflexionar acerca de las posibles respuestas:

¿ El Método es

- Comprehensivo?
- Selectivo?
- Mutualmente exclusivo?
- Predictivo?

6.2.- Factores a Considerar en la Selección de una Metodología.

- Requerimiento de Recursos
 - Información
 - Personal
 - Tiempo
 - Costo
 - Tecnologías
- Replicabilidad
 - Ambigüedad
 - Subjetividad de Análisis
- Flexibilidad
 - Flexibilidad de Escalación
 - Rango
 - Adaptabilidad

6.3.- Clasificación de Metodologías

- Método para identificación de efectos.
- Método para interpretación de impactos.
- Método para divulgación de resultados.

- 13 -



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: "XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE ACUBRE

1986

**ITINERARIO DE VISITA AL A.I.C.M
CUESTIONARIO**

**ARQ. ANTONIO M. OLVERA
MEXICO, D.F.**

**ITINERARIO DE LA VISITA AL AEROPUERTO INTERNACIONAL
DE LA CIUDAD DE MEXICO**

3 DE SEPTIEMBRE DE 1986.

H O R A	L U G A R	E V E N T O
8.00	Salida del Palacio de Minería	Traslado al Aeropuerto Inter- nacional de la Cd. de México
9.00	Puerta de Acceso a la Avia- ción general	Reunión de asistentes y guía de la visita.
9.00 10.00	Torre de control del Aero- puerto.	Explicar operación y ubica- ción de los elementos que -- componen el aeropuerto.
10.00 11.00	Centro de control	Observar la operación de los equipos de control de vuelo
11.00 12.00	Plataforma de operaciones aviación comercial	Observar la operación de abas- to, mantenimiento y acceso a la aeronave. Señalamiento en plataforma .
12.00 14.30	Edificio terminal de pasaje- ros.	Recorrido por las instalacio- nes observando flujos, trámi- tes de documentación tanto nacional como internacional y áreas destinadas a pasajeros, oficinas y concesiones.
14.30	Salida del Aeropuerto.	Traslado al Palacio de Minería
15.30	Llegada al Palacio de Minería	Comida de asistentes y pro- fesores.

"PLANIFICACION DE AEROPUERTOS"

VISITA AL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MEXICO

FECHA: 3 de septiembre de 1986.

HORA: 8:00

OBJETIVO:

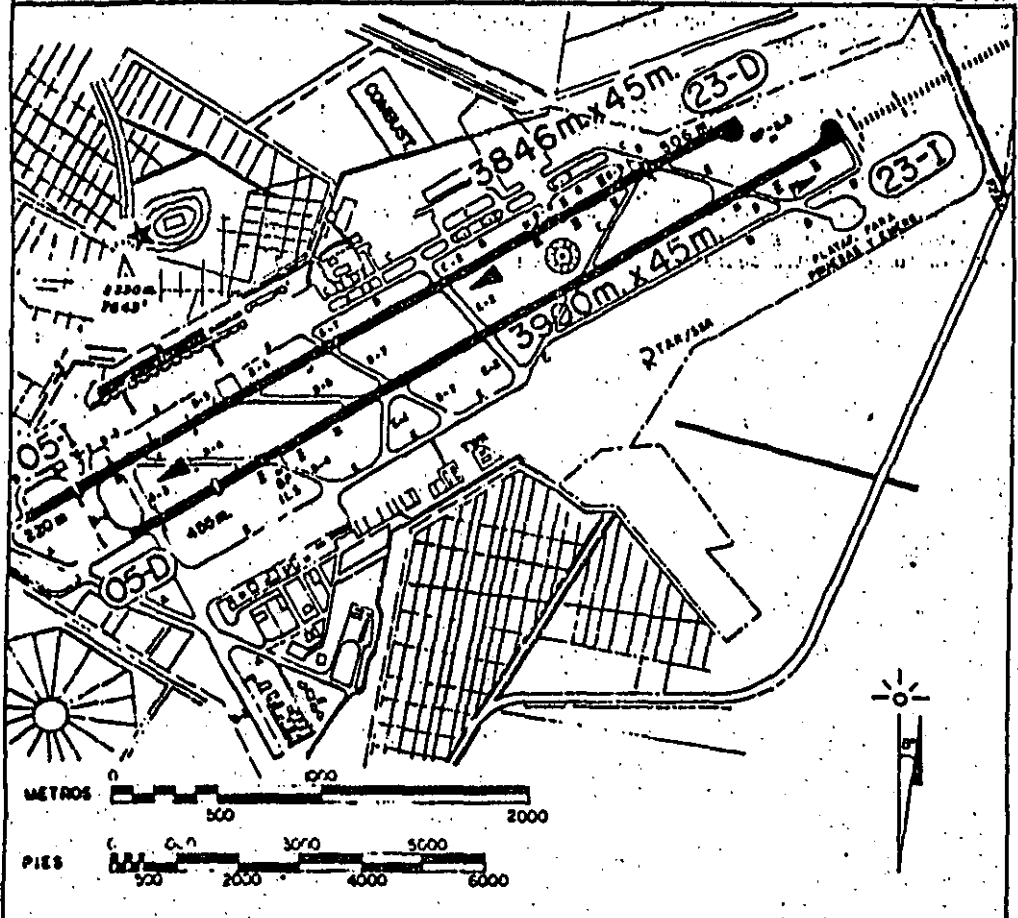
Analizar la problemática de operación y funcionamiento de la Actividad Aérea, así como la problemática del diseño de un Complejo Aeroportuario.

COORDINADOR DE

LA VISITA: Arq. Antonio Mauro Olvera Hernández.

RADIOAYUDAS: DVOR / DME 117.0 MHZ
 ILS CATEGORIA I PISTA 23 I LLZ 109.7 MHZ
 ILS CATEGORIA I PISTA 05 D LLZ 109.1 MHZ
 TAR/66R

MEXICO, D.F.
 AEROPUERTO INTERNACIONAL
 LIC. BENITO JUAREZ
 ELEV. 2237.5 m. 7341' 19° 26' N 99° 04' W



INFORMACION ADICIONAL DE PISTAS

PISTA	ILUMINACION	LONGITUDES UTILIZABLES				ANCHO	
		ATERRIZAJE		DESPEGUE		m.	PIES
		m.	PIES	m.	PIES		
05-I	MHL AVASIS - 2.7° y 3.2° REIL	3626	11897	3340	10958	45	148
23-D	MHL AVASIS - 2.5° y 3.0°	3340	10958	3626	11897		
05-D	MHL AVASIS DERECHO - 3.0° y 3.5° - ALSF-2	3445	11303	3900	12796	45	148
23-I	MHL AVASIS 3.0° y 3.5° ALSF-1	3900	12796	3900	12796		

MINIMOS METEOROLOGICOS: TECHO EN PIES Y VISIBILIDAD EN SM.

DESPEGUE					ALTERNO		
AVIACION COMERCIAL REGULAR		PISTAS 05		PISTAS 23		PRECISION	
MINIMOS DE DESPEGUE VER REVERSO							
PISTAS 05 I/D							
2 MOTORES	1/4	1 y 2 MOTORES	500-1 RVR 1600 m	700-1 RVR 1600 m	A	600-2 (3200m.)	1000-3 (4800m.)
3 y 4 MOTORES	RVR 400 m	3 y 4 MOTORES	1/2 RVR 800 m	500-1 RVR 1600 m	B		
					C		

NOTA 1.- (LUCES EN TODOS LOS RODAJES)

NOTA 2.- RODAJE B-3 DESDE INTERSECCION RODAJE "A" HACIA EL SUR RESTRINGIDO A AERONAVES CUYA ENVERGADURA EXCEDA 36 METROS.

CAMBIO 1-88

SCT - DGAC - SENEAM

MEXICO - D.F.

ACTIVIDAD DE PISTAS Y CALLES DE RODAJE

- Cuántos aviones aterrizan o despegan en un minuto.
- Qué intervalo de tiempo hay entre aterrizaje y aterrizaje
- Qué intervalo de tiempo hay entre despegue y despegue
- Cuánto tiempo ocupa una aeronave la pista desde que aterriza.
- Cuántas salidas tiene cada pista.
- Cuántos tipos de rodajes hay (paralelos, perpendiculares y diagonales)
- Qué designación tiene la pista
- Qué es el VOR
- Qué es el ILS
- Cuántos conos de viento hay
- Para qué sirve el cono de vientos
- De qué color son las luces de borde de: pista
rodaje
plataforma

ACTIVIDAD EN PLATAFORMA

- Para qué sirve el señalamiento
- Por dónde circulan los vehículos
- En dónde se guarda el equipo de apoyo
- Qué es un hidrante
- Cuántos hidrantes hay
- Cómo están agrupados los aviones
- Qué relación hay entre la plataforma y el edificio
- Cuántas posiciones simultáneas hay
- Al carga combustible qué medidas de seguridad se toman

- ACTIVIDAD EN EDIFICIO TERMINAL

4

- Cómo arriva el pasajero al edificio ?
- Cómo accede el pasajero al edificio?
- El señalamiento es adecuado?
- Cuántos carriles se utilizan para estacionamiento momentáneo ?
- Existen cruces de circulaciones ?
- En qué momento se abre un vuelo nacional ?
- en que momento se abre un vuelo internacional ?
- Cómo se documenta el pasajero nacional ?
- Cómo se documenta el pasajero internacional ?
- En qué momento se cierra un vuelo ?
- Por qué filtro pasa el pasajero nacional antes de llegar a su sala de última espera ?
- Por qué filtros pasa el pasajero internacional antes de llegar a la sala de última espera ?
- Qué concesiones existen para el pasajero internacional de salida después de pasar migración y cómo funciona ?
- Qué capacidad tienen las salas de última espera nacional ?
- Qué capacidad tienen las salas de última espera internacional ?
- Cómo funcionan las salas móviles ?
- Qué capacidad tiene la sala móvil ?
- Qué otro tipo de conector existe en el edificio ?
- Qué relación existe entre las Oficinas y el mostrador de documentación ?
- Es suficiente el espacio entre el mostrador y la banda del equipaje ?

ACTIVIDAD EN LAS INSTALACIONES DE AEROMEXICO

- Por donde se abastece el combustible
- Qué capacidad tiene el avión
- Cuánto tiempo permanece en plataforma
- Cuántos vehículos le dan servicio
- Cuántas puertas de acceso de pasaje tiene (No salidas de emergencia)
- Por dónde se abastecen los alimentos
- Por dónde se abastece el agua
- Qué separación debe haber de la nariz del avión a algún edificio
- Con el combustible qué alcance tiene
- Cuáles son los principales problemas al despegar
- En cuántos m2 se estacionan
- En dónde se guarda el equipo de apoyo
- Por dónde se desagua
- En promedio cuántas maletas le caben
- Transporta carga además del pasaje
- Que altura tiene hasta la puerta de acceso de pasajeros
- Cuánto mide de largo
- Cuánto mide de ancho (envergadura)

ACTIVIDAD EN CREI

- Cómo se comunican con todas las zonas ?
- Cuánto tiempo tardan en llegar al punto más alejado ?
- Cuántos turnos hay ?
- De cuántos miembros consta cada turno ?
- De qué constan las instalaciones ?
- Qué actividad realizan diariamente ?
- En dónde hacen deporte ?
- Cuántos vehículos tienen ?
- En dónde realizan simulacros ?

CUESTIONARIO QUE EL ALUMNO DEBE LLENAR EN LA VISITA AL AICM.

- 1.- Investigar cuantos vuelos diarios se presentan en el AICM (valor promedio).

- 2.- Verificar en que hora del día se considera como hora pico del tráfico aéreo.

- 3.- Cuantas posiciones simultaneas se presentan en la plataforma de operaciones y a que hora del día.

- 4.- ¿ Cuantas compañías operan en el AICM ?
¿ Cuántos empleados laboran en el AICM ?

5.- ¿ Cuántos hidrantes funcionan en plataforma ?

6.- ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento en la zona de combustible ?

7.- ¿Cuál es la capacidad de estacionamiento para automóviles en AICM ?

8.- Hacer un muestreo de tiempo de trámites de documentación en el mostrador de boletaje.

9.- Investigar por que cabecera de pista aterrizan y despegan más aviones y a que hora del día.

10.- Hacer un muestreo cuantas maletas por pasajero arriban en el mostrador de documentación en vuelos nacionales e internacionales.

11.- Investigar cuál es el máximo número horario de operaciones que se presentan las pistas del AICM y a que hora.

CUESTIONARIO QUE EL ALUMNO DEBE LLENAR EN LA VISITA AL AICM.

- 1.- ¿ Qué cuota aplica el Departamento de Operación (ASA), a la aviación comercial y general, por concepto de permanencia en plataforma, además si esta tarifa se aplica por tiempo, peso, tipo de avión, etc. ?

- 2.- ¿Cuál es el costo final por litro de los distintos combustibles que suministra (ASA) ?

- 3.- ¿Cuál es la cuota vigente en el aeropuerto de la Ciudad de México por derecho y uso de aeropuerto (viaje sencillo), en aviación nacional e internacional ?

- 4.- ¿ Qué tarifa se aplica por automóvil, en el estacionamiento del aeropuerto de la Cd. de México ?

- 5.- En un aeropuerto, se destina un % del área en el edificio terminal para concesiones y comercios. ¿Cuál es el costo promedio por m2 ?

- 11
- 6.- Por vía aérea se transportan carga y pasajeros ¿ cómo se clasifica la carga y cuál a la tarifa aplicada y sus unidades ?

 - 7.- En los aeropuertos se destina cierta área para estacionamiento de aviones chicos y grandes, en los primeros se denominan hangares ¿ cuál es el costo por hangar o por m². de esta área y quién la usa ?

 - 8.- ¿Cuál es el sueldo anual promedio de un controlador aéreo en radar, torre de control y plataforma ?

 - 9.- ¿Cuál es el sueldo anual promedio de un despachador en mostradores de las líneas aéreas ?

 - 10.- ¿ Qué otros conceptos crees que integrarían el flujo de ingresos de un aeropuerto ?



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2/SEPTIEMBRE AL 31/OCTUBRE 1986.
MEXICO, D.F.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES,
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS.

SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA
E INSTRUMENTACION DE A BORDO

ING. Y C.P.A. MEDARDO BURGOS FLORES.

" XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS "

ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS (S.C.T.).

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONFERENCIA

"SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA E INSTRUMENTACION DE A BORDO."

MEXICO, D.F. SEPTIEMBRE 1986.

ING. Y C.P.A. MEDARDO BURGOS FLORES.

SISTEMAS DE NAVEGACION AEREA E INSTRUMENTACION DE ABORDO.

La imagen de los pilotos de línea aérea, observando grandes mapas sobre enormes mesas es arcaica, así como el viejo estilo para planear vuelos en un enorme cuarto son hoy en día una reliquia del pasado.

Hoy en día los vuelos son despachados en poco menos de media hora desde la oficina de despacho y control de vuelos de la línea aérea gracias al soporte y ayuda de equipos electrónicos modernos.

El plan de vuelo es presentado en forma pre-computada a los pilotos una hora antes de la salida de vuelo, este plan de vuelo contiene:

- Datos técnicos de la aeronave.
- Carga máxima (pasajeros express).
- Combustible.
- Ruta a volar.
- Distancia y tiempo.
- Rutas alternas debido a contingencias.
- Información meteorológica.
- Pronósticos de vientos.

Los planes de vuelo son desarrollados a base de computadora la cual analiza diversas rutas eligiendo la más conveniente en base a:

- Distancia mínima.
- Tiempo mínimo de vuelo.
- Costo mínimo.

Las mejores rutas para volar son aquellas en que se vuelan en condiciones meteorológicas óptimas y con viento a favor (de cola), pero esto no es posible que sea una realidad en la mayoría de los casos. Debido a lo cual es necesario contar con rutas alternas o directas a las cuales se les conoce con el nombre de aerovías o corredores aéreos y que cubren 20 millas de ancho por 1,000 pies de separación vertical entre aeronaves y se clasifican en:

AEROVIAS DE ALTA:

Son aquellas aerovías apoyadas en VOR, distancias entre facilidades de 200 a 300 millas. Niveles de vuelo de 20,000 a 45,000 pies.

AEROVIAS DE BAJA:

Son aquellas aerovías apoyadas en radio-faros ó la combinación de un VOR con un radio--faro.

La distancia entre las estaciones no excede de 150 millas, las altitudes de vuelo son de 18,000 pies o menor.

TRACK:

Son aquellas aerovías utilizadas por grandes distancias y en las cuales no es posible situar una estación terrestre de apoyo, (VOR, ADF, NDV, etc.). Las aeronaves vuelan ---- a través de estos tracks de un punto a otro punto apoyados en los equipos inerciales u ómegas de navegación, los cuales basan su operación en el análisis por computadora de-- las coordenadas geográficas (latitud y longitud).

CONTROL DE TRANSITO AEREO (C.T.A.).

No se puede ser profesional con vidas humanas de por medio, si no existe una entrega --- total en las diferentes disciplinas que convergen a una segura operación aeronáutica.

El control de tránsito aéreo es básico e indispensable para una operación en condiciones óptimas de seguridad de las aeronaves comerciales que transportan pasajeros.

Este control se encuentra formado por varias áreas o departamentos que trabajan en forma conjunta y coordinada, a saber:

TORRE DE CONTROL:

Es el centro nervioso de un aeropuerto y llega a controlar más de 2,200 movimientos de--- aviones por día en los grandes aeropuertos. Esta torre de control generalmente se compo--- ne de dos secciones, la parte alta en que se encuentran los controladores los cuales --- tienen una visión directa del aeropuerto y controlan el mismo a través de las frecuenc' de control terrestre y control de torre (rango 5 a 10 M.N.), a partir de centro geográ--- fico del aeropuerto.

La otra sección que corresponde a la torre, generalmente incluye la sección de datos de--- vuelo o autorizaciones, así como el control terminal; el cual cubre una área de 50 mi--- llas alrededor del aeropuerto e incluye en algunos casos el control de aproximación fi--- nal a la pista en uso.

CENTROS DE CONTROL AEREO:

El cielo alrededor de un aeropuerto esta lleno de diferentes tipos de aviones volando a--- diferentes velocidades, diferentes direcciones, y cruzando más sobre otras diferentes--- altitudes.

El mantener a los aviones separados, previniendo una colisión es un esfuerzo grande de --- los controladores de tráfico aéreo. Usualmente utilizan una separación mínima de un minu--- to entre dos aviones despegando en direcciones diferentes. Si la direcció--- n es la misma--- el tiempo de separación es de dos minutos. Si el avión es pequeño y despeg--- a atrás de un

Jet grande la separación varía de tres a cinco minutos.

Cuando un avión ha sido despegado con la separación adecuada la torre de control indicará al piloto que cambie a la frecuencia de salida o control terminal apropiado cuando la aeronave se aleja mas de 50 millas o sobrepasa los 20,000 pies de altitud es instruida a cambiar al centro de control correspondiente. Cuando la distancia a volar es larga, la aeronave será instruida a cambiar a un nuevo centro de control y así sucesivamente - hasta llegar a su destino en que dejará de ser controlada por un centro de control y se le instruirá para cambiar a control terminal, control de aproximación y finalmente torre de control del aeropuerto de destino. Posterior al aterrizaje la aeronave cambiará ---- a control terrestre para dirigirse a la zona de estacionamiento que le corresponde.

CABINA DE VUELO.

Durante el transcurso de un vuelo en condiciones normales, dentro de la cabina de vuelo se puede observar la calma que existe. Los motores apenas se escuchan y la sensación de movimiento únicamente se aprecia a través del sonido del aire que rodea la nariz de la aeronave. Sobre las nubes, la vista es enorme e impresionante, particularmente cuando se esta volando en un cielo despejado. A grandes altitudes otras aeronaves son difíciles de distinguir a través de una luz brillante y el color azul que refleja la estratósfera.

La cabina de vuelo es designada para permitir que los pilotos alcancen todos los controles e interruptores esenciales sin tener que pararse de sus asientos. Pueden existir más de 120 instrumentos en una cabina de vuelo, pero no todos ellos tienen que ser observados al mismo tiempo. Los pilotos rara vez se concentran en un instrumento en particular, pero están entrenados para observar todos ellos en intervalos continuos.

A) INSTRUMENTOS BASICOS:

Enfrente de cada piloto se encuentran los instrumentos estandar de aviación y que son dobles (uno para cada piloto), las cuales dan las cuatro principales indicaciones primarias:

INDICADOR DE VELOCIDAD:

Da la velocidad del avión en nudos y en número mach, basado en la presión dinámica que recibe un tubo pitot.

ALTIMETRO:

Es un barómetro aneroide conectado a la atmósfera a través de unas tomas estáticas. Indica al Piloto la altitud expresada en pies, a través de un ajuste estandar de presión (2992 in. Hg o 1013 MB).

INDICADOR DE SITUACION HORIZONTAL H.S.I.:

Indica la posición relativa del avión respecto a un radio facilidad VOR, ILS, etc. Previo ajuste de un curso determinado. Así mismo, recibe la lectura en millas del transmisor medidor de distancias (D.M.E.).

DIRECTOR DE ACTITUD:

Indica la actitud de la aeronave relativa al horizonte terrestre. El símbolo del avión permanece fijo y el horizonte artificial se mueve de manera que el símbolo del avión-- indica ascenso, descenso, viraje e inclinación.

Este instrumento tiene adicionado el director de vuelo que convierte al A.D.I. en el - instrumento básico de vuelo para los pilotos de las modernas aeronaves. Su computadora procesa la actitud e información de rumbo de los otros instrumentos y por medio de dos barras indica al piloto hacia donde maniobrar el avión para lograr que las barras es-- ten cruzadas, con lo cual la aeronave estará en Rumbo y Actitud Seleccionada.

B) INSTRUMENTOS DE MOTORES:

Al centro del tablero principal se encuentran los instrumentos que ayudan al piloto -- a controlar y supervisar la operación de los motores y son:

COMPUTADORA DE EMPUJE T.R.C.:

Da las lecturas permisibles que debe ajustar el piloto según la fase de vuelo en los - tacómetros de motores. Esta computadora trabaja en base a la temperatura exterior.

TACOMETROS DE COMPRESORES N1 Y N2:

Indica el porcentaje de las revoluciones de las turbinas.

INDICADORES DE PRESION Y CANTIDAD DE ACEITE.

INDICADORES DE TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE.

NOTA:

Se instala un instrumento por cada motor y tienen acoplados sus valores mínimos y má-- ximos para una lectura rápida y directa por parte del piloto.

FLUJOMETROS:

Indican la cantidad de combustible consumido en forma instantánea por la turbina, así-- como el acumulado durante el tiempo de vuelo transcurrido.

TABLERO ANUNCIADOR:

Un tablero general al centro del panel en la parte superior, que contiene 30, 50 o más luces para advertir al piloto de un mal funcionamiento de un sistema o componente de la aeronave. Luces en color amarillo indican precaución. Luces en color rojo indican emergencia y requieren acción inmediata por parte del piloto.

C) CONSOLA CENTRAL:

Contiene lo siguiente:

- Aceleradores.
- Frenos de velocidad o spoilers.
- Palancas de control de combustible.
- Palanca para subir y bajar el tren de aterrizaje.
- Palanca para seleccionar flaps.
- *Radios de navegación y comunicación.
- *Piloto automático.
- *Control de radar.
- *Serán descritos posteriormente.

D) FLIGHT GUIDANCE:

Este sistema tiene la capacidad de poder despegar y aterrizar una aeronave, mediante la utilización de piloto automático y computadoras de alta precisión que van a bordo del avión en el compartimento eléctrico.

A continuación se presenta la película de Douglas Co. sobre este sistema instalado en el avión DC-10.

TABLERO DEL ING. DE VUELO O DEL 2º OFICIAL:

Localizado en la parte posterior del avión contiene todos los instrumentos e interruptores necesarios para operar los diversos sistemas que hacen óptimo el funcionamiento de una aeronave; tales como:

SISTEMA HIDRÁULICO, SISTEMA ELECTRICO, SISTEMA DE COMBUSTIBLE, SISTEMA NEUMATICO, --- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO, SISTEMA DE PRESURIZACION, SISTEMA DE CONTROL DE INCENDIO, SISTEMA ANTIHIELO.

NAVEGACION AEREA.

Un piloto necesita conocer su posición y dirección, con objeto de poder encontrar la ruta a volar dentro del espacio aéreo. La dirección es de fácil determinación a través del compás magnético o brújula, la cual mínimo existe una abordo de cada aeronave. En el pasado los pilotos navegaban a base de brújula, mapas y referencias visuales. En la actualidad, a las grandes altitudes a que vuelan las modernas aeronaves, es necesario auxiliarse a través de sistemas de radio-navegación más completos y sofisticados los cuales se describen a continuación:

RADIO-FARO NO DIRECCIONAL N.D.B.:

Este sistema consiste de una estación de bajo alcance que transmite en morse -- emitiendo una señal continua con identificación. Alcance limitado a 50 millas. Las marcaciones no son muy precisas y es susceptible de interferencia.

RADIO-FARO DE ALTA FRECUENCIA OMNIDIRECCIONAL VOR:

Siendo el sistema de radio más común en su utilización para alinear aerovías. Cada VOR transmite una señal continua con identificación de un código morse. Esta señal puede ser recibida desde grandes distancias dirigiendo a la aeronave en un rango de 360°. Normalmente tiene acoplado el sistema medidor de distancia D.M.E. Rango de operación 200 millas, frecuencias 112.0 a 117.9.

RADAR METEOROLOGICO:

Este equipo se encuentra montado en la nariz del avión, conectada a una antena común a dos equipos. Su operación es de seguridad vital para evitar volar zonas de mal tiempo. Su rango es de 200 mn., y un rango de cobertura de 60° respecto al eje longitudinal del avión. La antena puede ser desplazada hasta 15° hacia abajo o hacia arriba.

SISTEMA DE NAVEGACION OMEGA O.N.S.:

Este sistema puede ser utilizado en todo tipo de aeronaves, teniendo como característica su largo alcance y una acertada precisión en base a las bajas frecuencias de radio con las que trabaja. Ocho estaciones de radio en tierra y receptores especiales en las aeronaves conjuntan el sistema omega. Estas estaciones---

transmiten en base a un formato sincronizado en un rango de 3 a 30 khz. Cada--- estación transmite 3 frecuencias básicas: 10.2, 11.33 y 13.6 khz. para evita interferencia entre las estaciones, las transmisiones son espaciadas en tiempo-diario y duración de transmisión, transmitiendo en un solo período 3 de las 8-- estaciones.

Adicionalmente el sistema omega se auxilia con 7 estaciones similares a las anteriores; pertenecientes a la U.S. Navy.

8 ESTACIONES OMEGA.

No.	Localización.	Latitud.	Longitud.
1	Aldra, Norway.	66°25'N.	13°08'E.
2	Monrovia, Liberia.	6°18'N.	10°40'W.
3	Haiku, Hawaii, USA.	21°24'N.	157°50'W.
4	La Moure, North Dakota, USA.	46°22'N.	98°20'W.
5	La Reunion.	20°58'S	55°17'E.
6	Golfo Nuevo, Argentina.	43°03'S	65°11'W.
7	Australia	38°29'S*	146°56'E*
7	Trinidad (temprary).	10°42'N.	61°38'W.
8	Tsushima, Japan.	34°37'N.	129°27'E.

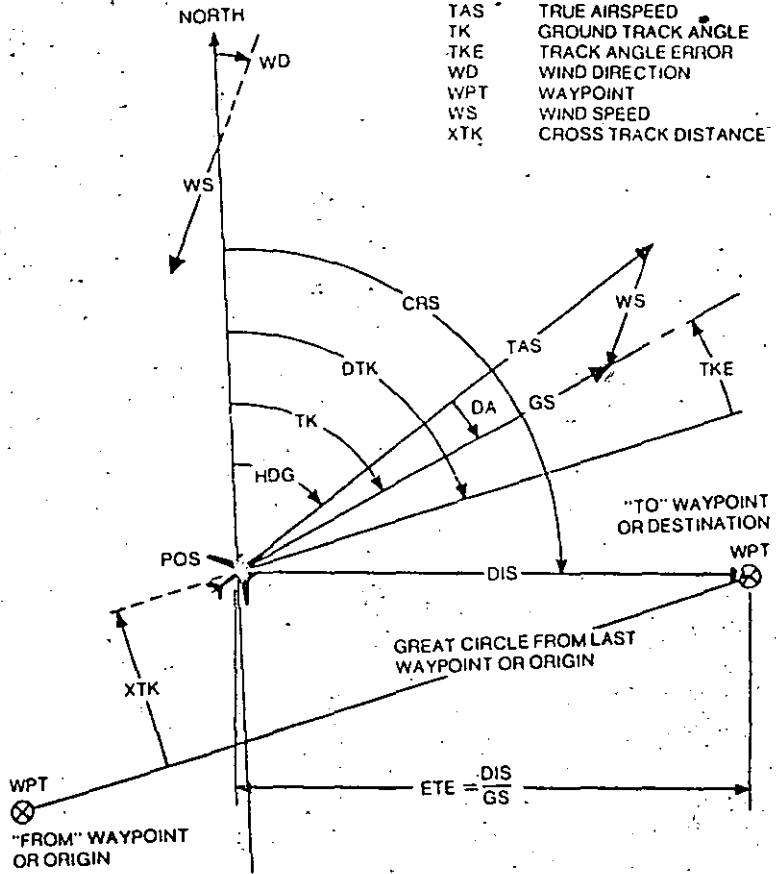
*Aproximado.

ESTACIONES U.S. NAVY.

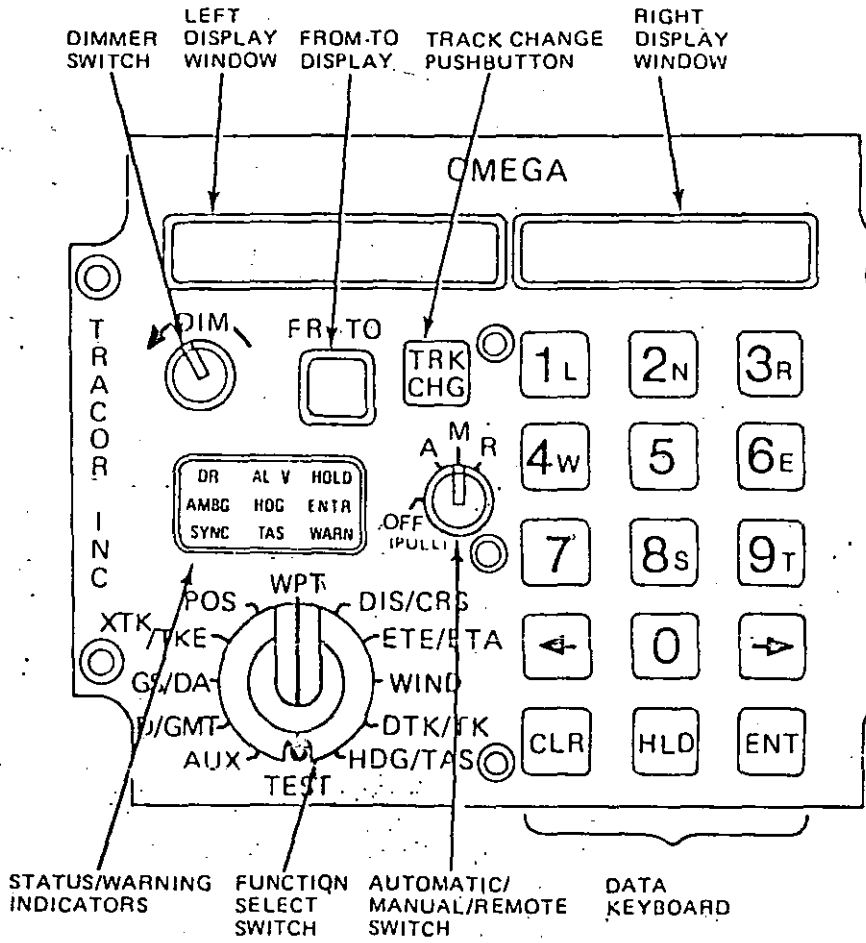
No.	Localización.	Latitud.	Longitud.	FREQ. (Hhz.)
1	MAINE.	44°39'N.	67°17'W.	17.8
2.	JAPAN.	34°58'N.	137°01'E.	17.4
3.	WASHINGTON.	48°12'N.	121°55'W.	18.6
4.	HAWAII.	21°26'N.	158°09'W.	23.4
5.	MARYLAND.	38°59'N.	76°27'W.	21.4
6.	AUSTRALIA.	21°49'S.	114°10'E.	22.3
7.	GREAT BRITAIN.	52°22'N.	001°11'W.	16.0

101

CRS NORTH BEARING TO WPT
 DA DRIFT ANGLE
 DIS GREAT CIRCLE DISTANCE FROM POS TO NEXT WPT OR DESTINATION
 DTK DESIRED TRACK ANGLE
 ETE ESTIMATED TIME EN ROUTE
 GS GROUND SPEED
 HDG HEADING
 POS PRESENT POSITION
 TAS TRUE AIRSPEED
 TK GROUND TRACK ANGLE
 TKE TRACK ANGLE ERROR
 WD WIND DIRECTION
 WPT WAYPOINT
 WS WIND SPEED
 XTK CROSS TRACK DISTANCE



Navigational Relationships



SISTEMA OMEGA
 UNIDAD DE CONTROL Y DISPLAY

El sistema ONS consiste de 3 unidades a bordo del avión:

- Antena coupler ACU.
- Unidad receptora y procesadora RPU.
- Unidad de control y display CDU.

En base a estas 3 unidades el piloto puede monitorear desde la cabina de vuelo-- lo siguiente: fecha, velocidades absoluta y verdadera, ángulo de deriva, posi--- ción actual, curso, curso volado, distancia a la siguiente posición, tiempo par--- cial y total, dirección e intensidad de vuelo, error angular de trayectoria y -- trayectoria deseada.

SISTEMA DE NAVEGACION INERCIAL I.N.S.:

Es un sistema de navegación mundial de auto contenido de gran confiabilidad e -- independiente de cualquier ayuda terrestre. Suministra una información de navega ción y guía que asegura una determinación exacta y continua de la posición del-- avión. El sistema esta compuesto por 3 unidades:

- Unidad selectora de modos MSU.
- Unidad de control y presentación CDU.
- Unidad de navegación inercial INU.

Adicionalmente tiene un sistema de baterías para caso de falla en alimentación-- principal de corriente.

Durante la operación del sistema el piloto puede realizar las siguientes funcio-- nes:

- Almacenar un plan de vuelo a través de posiciones geográficas.
- Actualizar el plan de vuelo.
- Obtener información visual y datos de navegación relativos al plan de vuelo--- tales como: ángulo de desviación, velocidad absoluta, rumbo, presente posición, distancia y tiempo a un punto determinado de la ruta, distancia y tiempo entre-- dos puntos de la ruta, distancia total y tiempo remanente, acoplar el INS al--- piloto automático, volar el avión en rumbos defasados y paralelos al plan de-- vuelo.

SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS I.L.S.:

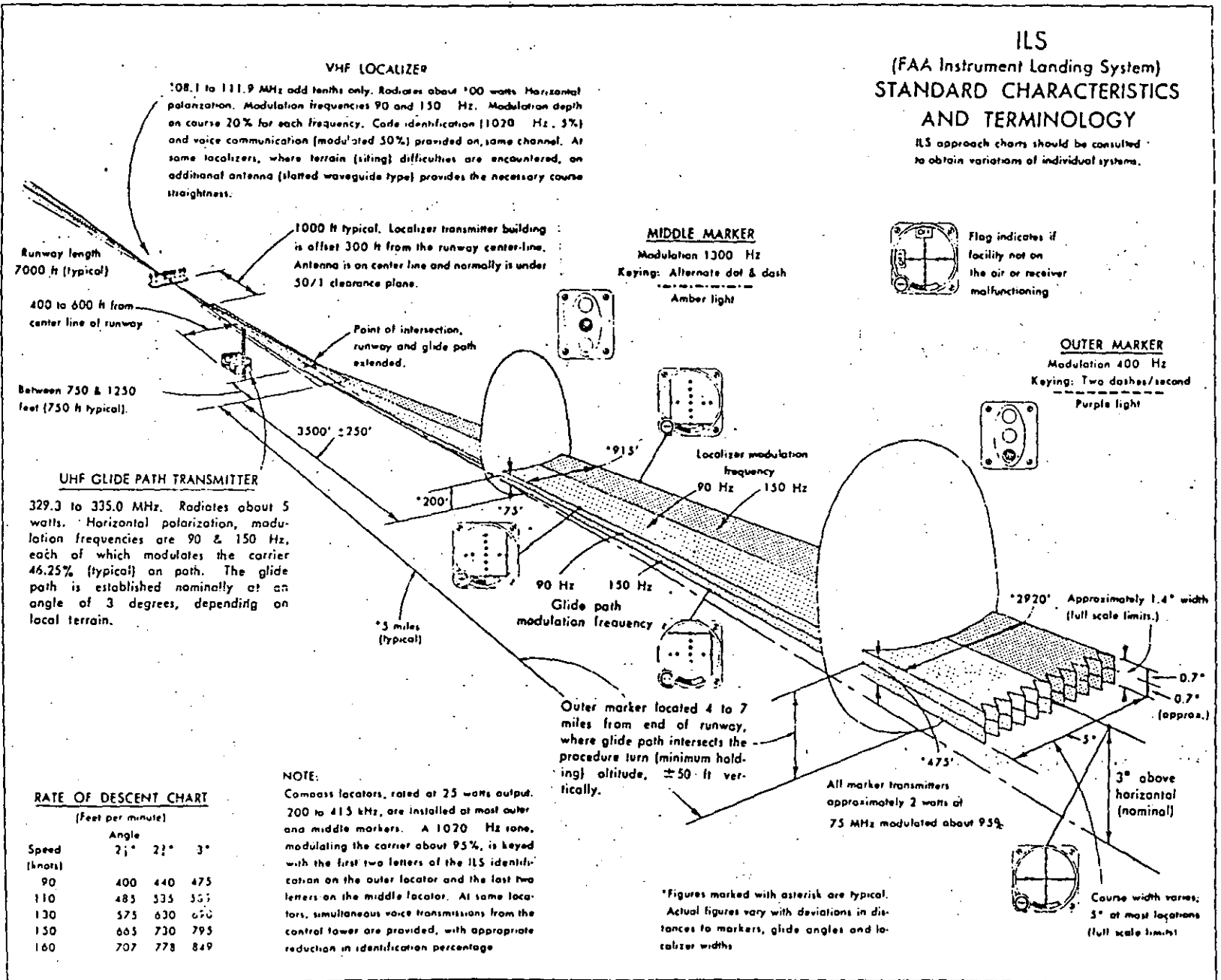
Sistema que trabaja en conjunto con equipos de baja frecuencia (marcadores),-- alta frecuencia (localizador), y muy alta frecuencia (trayectoria de planeo),-- permitiendo que la aeronave efectúe un aterrizaje óptimo en condiciones meteorológicas adversas como son: visibilidad y nubes bajas.

Puede trabajar acoplado al piloto automático.

A continuación se presenta un diagrama descriptivo del equipo ILS.

ILS (FAA Instrument Landing System) STANDARD CHARACTERISTICS AND TERMINOLOGY

ILS approach charts should be consulted to obtain variations of individual systems.



RATE OF DESCENT CHART
(Feet per minute)

Speed (knots)	Angle		
	2 1/2°	2 3/4°	3°
90	400	440	475
110	485	535	575
130	575	630	675
150	665	730	795
160	707	778	849

NOTE:
Compass localizers, rated at 25 watts output, 200 to 415 kHz, are installed at most outer and middle markers. A 1020 Hz tone, modulating the carrier about 95%, is keyed with the first two letters of the ILS identification on the outer locator and the last two letters on the middle locator. At some localizers, simultaneous voice transmissions from the control tower are provided, with appropriate reduction in identification percentage.

PILOTO AUTOMATICO.

Es esencialmente un sistema de estabilización, cuya función es controlar la aeronave durante el ascenso, crucero y descenso. Su funcionamiento se basa en alimentación de vuelo proporcionada a las computadoras a través de giróscopos sensores de presión y acelerómetros. Esta información es procesada y alimentada a los servo-motores (mecanismos que reciben señales eléctricas y las convierten en hidráulicas), moviendo éstas las superficies de control de las aeronaves. Su funcionamiento es basado en los 3 ejes del avión. El piloto automático puede ser conectado para volar la aeronave acoplada a los sistemas de navegación VOR, ONS, INS, ILS.

SISTEMA DE ATERRIZAJE POR MICROONDAS M.L.S.:

Sistema de reciente creación sustituto en el futuro del ILS debido a las siguientes ventajas:

- Requiere instalación de antenas pequeñas reduciendo los costos de instalación y construcción.
- Reduce los problemas de reflexión y oscilación debido a obstáculos, condiciones meteorológicas, aeronaves, etc.
- Tiene capacidad para 200 canales en comparación al ILS que únicamente dispone de 40 canales.
- No origina rumbos falsos o trayectorias falsas y otras anomalías.
- Su precisión permite el sistema de operación automática de aterrizaje en cualquier pista.
- Las estaciones de radio y líneas eléctricas no producen interferencia, por lo cual los costos de mantenimiento se reducen.
- Los pilotos pueden seleccionar los rumbos y los ángulos de elevación permitiendo una operación a menores mínimos en algunos aeropuertos.
- Es auxiliar en la prevención de la turbulencia dejada por las grandes aeronaves, con lo cual una aeronave pequeña puede variar su ángulo de descenso dando como resultados una mayor capacidad en las operaciones del aeropuerto.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

3. CONTROL DE CALIDAD

ING. ALFONSO M. ELIZONDO RAMIREZ

OCTUBRE, 1986.

- b) Cada lote debe muestrearse para obtener las muestras que serán ensayadas. El tamaño de las muestras depende de la homogeneidad de lo muestreado, del costo del muestreo y de la representatividad que se le puede atribuir a cada muestra.
- c) El muestreo debe ser suficiente para cubrir los requerimientos del programa de control pero no más, pues sería muy costoso. Asimismo, debe ser acorde a la importancia del concepto de obra y a la repercusión técnica y económica de su aceptación o rechazo.
- d) El muestreo debe poseer un procedimiento objetivo para la selección de la muestra, fundado en tablas de números aleatorios.
- e) Debe establecerse un procedimiento claro para la estimación cuantitativa de las características de la muestra y del error estándar de dicha estimación.

3.2.2 Tablas de números aleatorios

Una Tabla de Números Aleatorios es una disposición de números compuestos por una cierta cantidad prefijada de cifras obtenidas estrictamente al azar.

Para construir una tabla de números aleatorios, se selecciona previamente el número de columnas y renglones que la constituirán y se fija la cantidad de cifras que formarán a los números de cada columna. De una urna en la que se tengan números del cero al nueve y que se haya agitado, se extrae al azar un número que representará la primera cifra del primer número aleatorio. El número extraído se reintegra a la urna que vuelve a agitarse, extrayendo al azar otro número que indicará la segunda cifra, repitiendo el ciclo hasta completar todos los números de la tabla aleatoria. La tabla 3.1 muestra una tabla simple de números aleatorios, construida de la manera descrita.

Tabla 3.1 - Tabla simple de números aleatorios

04	38	21	65	09	52	71	46	83	17	01
25	73	49	12	68	34	90	56	23	87	05
18	62	37	04	75	41	19	88	53	26	91
57	03	74	40	15	66	32	85	11	50	28
89	44	22	93	07	55	39	13	78	61	48
06	47	81	29	64	36	92	58	24	86	02
16	63	35	05	76	42	20	89	54	27	92
59	04	75	43	16	67	33	86	12	51	29
90	45	23	94	08	56	40	14	79	62	49
08	48	82	30	65	37	93	59	25	87	03
17	64	36	06	77	43	21	90	55	28	93
60	05	76	44	17	68	34	87	13	52	30
91	46	24	95	09	57	41	15	80	63	50
09	49	83	31	66	38	94	60	26	88	04
18	65	37	07	78	44	22	91	56	29	94
61	06	77	45	18	69	35	88	14	53	31
92	47	25	96	10	58	42	16	81	64	51
10	50	84	32	67	39	95	61	27	89	05
19	66	38	08	79	45	23	92	57	30	95
62	07	78	46	19	70	36	89	15	54	32
93	48	26	97	11	59	43	17	82	65	52
11	51	85	33	68	40	96	62	28	90	06
20	67	39	09	80	46	24	93	58	31	96
63	08	79	47	20	71	37	90	16	55	33
94	49	27	98	12	60	44	18	83	66	53
12	52	86	34	69	41	97	63	29	91	07
21	68	40	10	81	47	25	94	59	32	97
64	09	80	48	21	72	38	91	17	56	34
95	50	28	99	13	61	45	19	84	67	54
13	53	87	35	70	42	98	64	30	92	08
22	69	41	11	82	48	26	95	60	33	98
65	10	81	49	22	73	39	92	18	57	35
96	51	29	00	14	62	46	20	85	68	55
14	54	88	36	71	43	99	65	31	93	09
23	70	42	12	83	49	27	96	61	34	99
66	11	82	50	23	74	40	93	19	58	36
97	52	30	01	15	63	47	21	86	69	56
15	55	89	37	72	44	00	66	32	94	10
24	71	43	13	84	50	28	97	62	35	00
67	12	83	51	24	75	41	94	20	59	37
98	53	31	02	16	64	48	22	87	70	57
16	56	90	38	73	45	01	67	33	95	11
25	72	44	14	85	51	29	98	63	36	01
68	13	84	52	25	76	42	95	21	60	38
99	54	32	03	17	65	49	23	88	71	58
17	57	91	39	74	46	02	68	34	96	12
26	73	45	15	86	52	30	99	64	37	02
69	14	85	53	26	77	43	96	22	61	39
00	55	33	04	18	66	50	24	89	72	59
18	58	92	40	75	47	03	69	35	97	13
27	74	46	16	87	53	31	00	65	38	03
70	15	86	54	27	78	44	97	23	62	40
01	56	34	05	19	67	51	25	90	73	60
19	59	93	41	76	48	04	70	36	98	14
28	75	47	17	88	54	32	01	66	39	04
71	16	87	55	28	79	45	98	24	63	41
02	57	35	06	20	68	52	26	91	74	61
20	60	94	42	77	49	05	71	37	99	15
29	76	48	18	89	55	33	02	67	40	05
72	17	88	56	29	80	46	99	25	64	42
03	58	36	07	21	69	53	27	92	75	62
21	61	95	43	78	50	06	72	38	00	16
30	77	49	19	90	56	34	03	68	41	06
73	18	89	57	30	81	47	00	69	42	43
04	59	37	08	22	70	54	28	93	76	63
22	62	96	44	79	51	07	73	39	01	17
31	78	50	20	91	57	35	04	74	43	07
74	19	90	58	31	82	48	01	75	44	44
05	60	38	09	23	71	55	29	94	77	64
23	63	97	45	80	52	08	74	40	02	18
32	79	51	21	92	58	36	05	75	44	08
75	20	91	59	32	83	49	02	76	45	45
06	61	39	10	24	72	56	30	95	78	65
24	64	98	46	81	53	09	75	41	03	19
33	80	52	22	93	59	37	06	76	45	09
76	21	92	60	33	84	50	03	77	46	46
07	62	40	11	25	73	57	31	96	79	66
25	65	99	47	82	54	10	76	42	04	20
34	81	53	23	94	60	38	07	77	46	10
77	22	93	61	34	85	51	04	78	47	47
08	63	41	12	26	74	58	32	97	80	67
26	66	00	48	83	55	11	77	43	05	21
35	82	54	24	95	61	39	08	78	47	11
78	23	94	62	35	86	52	05	79	48	48
09	64	42	13	27	75	59	33	98	81	68
27	67	01	49	84	56	12	78	44	06	22
36	83	55	25	96	62	40	09	79	48	12
79	24	95	63	36	87	53	06	80	49	49
10	65	43	14	28	76	60	34	99	82	69
28	68	02	50	85	57	13	79	45	07	23
37	84	56	26	97	63	41	10	80	49	13
80	25	96	64	37	88	54	07	81	50	50
11	66	44	15	29	77	61	35	00	83	70
29	69	03	51	86	58	14	80	46	08	24
38	85	57	27	98	64	42	11	81	50	14
81	26	97	65	38	89	55	08	82	51	51
12	67	45	16	30	78	62	36	01	84	71
30	70	04	52	87	59	15	81	47	09	25
39	86	58	28	99	65	43	12	82	51	15
82	27	98	66	39	90	56	09	83	52	52
13	68	46	17	31	79	63	37	02	85	72
31	71	05	53	88	60	16	82	48	10	26
40	87	59	29	00	66	44	13	83	52	16
83	28	99	67	40	91	57	10	84	53	53
14	69	47	18	32	80	64	38	03	86	73
32	72	06	54	89	61	17	83	49	11	27
41	88	60	30	01	67	45	14	84	53	17
84	29	00	68	41	92	58	11	85	54	54
15	70	48	19	33	81	65	39	04	87	74
33	73	07	55	90	62	18	84	50	12	28
42	89	61	31	02	68	46	15	85	54	18
85	30	01	69	42	93	59	12	86	55	55
16	71	49	20	34	82	66	40	05	88	75
34	74	08	56	91	63	19	85	51	13	29
43	90	62	32	03	69	47	16	86	55	19
86	31	02	70	43	94	60	13	87	56	56
17	72	50	21	35	83	67	41	06	89	76
35	75	09	57	92	64	20	86	52	14	30
44	91	63	33	04	70	48	17	87	56	20
87	32	03	71	44	95	61	14	88	57	57
18	73	51	22	36	84	68	42	07	90	77
36	76	10	58	93	65	21	87	53	15	31
45	92	64	34	05	71	49	18	88	57	21
88	33	04	72	45	96	62	15	89	58	58
19	74	52	23	37	85	69	43	08	91	78
37	77	11	59	94	66	22	88	54	16	32
46	93	65	35	06	72	50	19	89	58	22
89	34	05	73	46	97	63	16	90	59	59
20	75	53	24	38	86	70	44	09	92	79
38	78	12	60	95	67	23	89	55	17	33
47	94	66	36	07	73	51	20	90	59	23
90	35	06	74	47	98	64	17	91	60	60
21	76	54	25	39	87	71	45	10	93	80
39	79	13	61	96	68	24	90	56	18	34
48	95	67	37	08	74	52	21	91	60	24
91	36	07	75	48	99	65	18	92	61	61
22	77	55	26	40	88	72	46	11	94	81
40	80	14	62	97	69	25	91	57	19	35
49	96	68	38	09	75	53	22	92	61	25
92	37	08	76	49	00	66	19	93	62	62
23	78	56	27	41	89	73	47	12	95	82
41	81	15	63	98	70	26	92	58	20	36
50	97	69	39	10	76	54	23	93	62	26
93	38	09	77							

zonas de corrección, es decir, que si un punto queda fuera de la zona de aceptación estadística pero dentro de los límites de tolerancia especificados, se sabrá que en su calidad intervinieron causas asignables que podrán corregirse sin que el producto sea rechazado (fig 3.4).

Para que el control mediante estas cartas sea representativo, todos los valores que se manejen deberán proceder de muestras obtenidas con un plan de muestreo aleatorio.

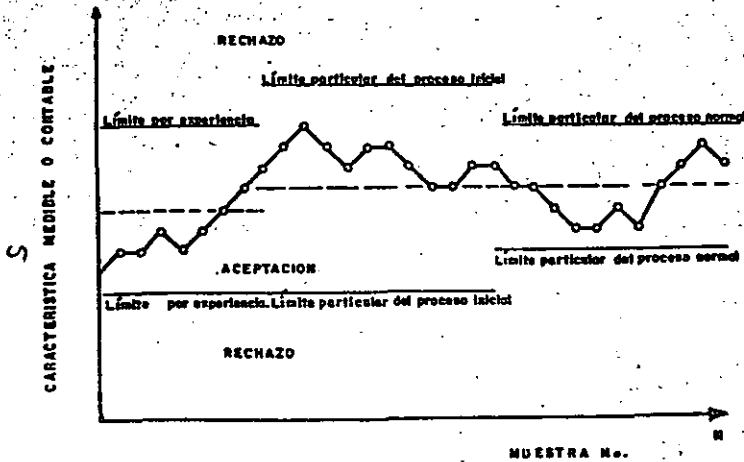


Fig 3.3 Límites estadísticos en una Carta de Control

3.3.1 Cartas de Control para características medibles

Las Cartas de Control para características medibles que más frecuentemente se emplean son:

a) Cartas \bar{X} . Se construyen con base en la calidad promedio en un proceso de producción y sus límites estadísticos superior (LS) e inferior (LI).

están dados por las siguientes expresiones (fig 3.5):

$$LI = \bar{X} \pm A_1 \bar{\sigma}$$

$$LS = \bar{X} \pm A_2 \bar{\sigma}$$

En estas expresiones \bar{X} es el promedio de la medida de cada muestra, $\bar{\sigma}$ es la medida de las desviaciones estándar de cada muestra y R

es la medida de los rangos de cada muestra. A_1 y A_2 son factores que en base a un nivel de confianza dado correlacionan el error inherente del proceso con $\bar{\sigma}$ y R, respectivamente.

b) Cartas σ . Estas cartas se basan en la variabilidad de la calidad del proceso estimada mediante la desviación estándar de la población producida y sus

Una CARTA DE CONTROL es una representación gráfica que se construye dinámicamente, permitiendo inferir si el proceso de producción se encuentra Bajo Control o Fuera de Control, lo que facilita la aplicación oportuna de medidas correctivas.

En una Carta de Control se señalan regiones de aceptación y rechazo mediante límites obtenidos estadísticamente, los que se determinan estimando la magnitud de las variaciones que se esperan, debidas a causas aleatorias. Si los valores calculados a partir de muestras obtenidas de los elementos producidos caen en la región de aceptación, el proceso está Bajo Control; de lo contrario está Fuera de Control. El hecho de que los valores estén dentro de la zona de aceptación no indica la ausencia de causas asignables, pero se tiene la probabilidad fijada de antemano de que las únicas causas que intervienen son las aleatorias. En la fig 3.2 se muestra una carta de control típica.

Los límites estadísticos de control son particulares para cada proceso de producción; no obstante, para iniciar el control de un proceso nuevo, estos límites pueden establecerse mediante la experiencia obtenida de procesos similares, racionalizada estadísticamente, y pueden ajustarse a medida que el nuevo proceso avanza en su producción (fig 3.3).

Cuando se elabora un proyecto, se fija el nivel de calidad para cada concepto de obra y se especifican tolerancias a la variación de su calidad, de acuerdo al nivel requerido. Estas tolerancias pueden constituirse en límites de especificación en las Cartas de Control. Es deseable que la homogeneidad de la calidad obtenida en un proceso de producción sea tal que la región de aceptación definida por los límites estadísticos resulte más angosta que la de los límites de especificación; en este caso se tendrán áreas entre los límites estadísticos y los de especificación, que harán las veces de

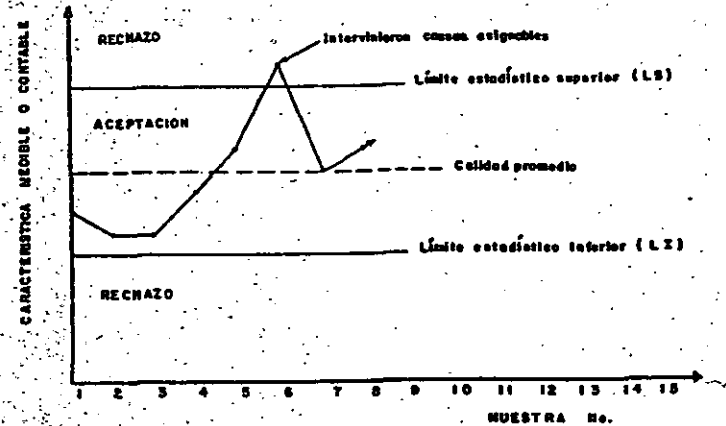
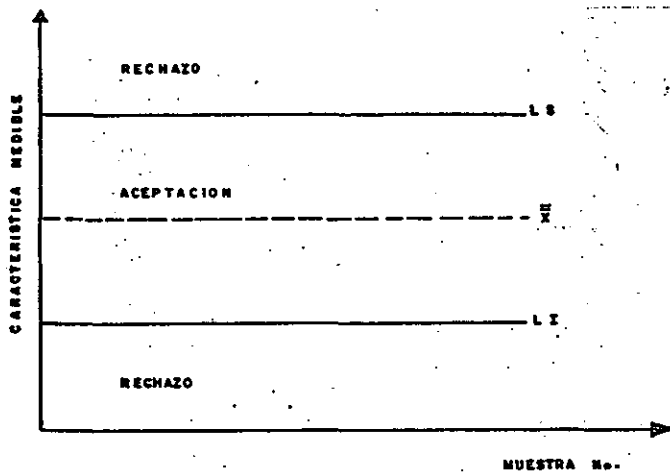


Fig 3.2 Carta de Control típica



$$LI = \bar{X} - A_1 \bar{\sigma}$$

$$LS = \bar{X} + A_2 \bar{\sigma}$$

$$LI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

$$LS = \bar{X} + A_1 \bar{R}$$

Fig. 3.5 Carta X

En la tabla 3.5 se presentan valores de presiones mencionadas, para un nivel de los factores que intervienen en las ex- confianza de 99.7% ($t = 3$).

Tabla 3.5 Factores para calcular los límites estadísticos para las Cartas de Control de Calidad con un nivel de confianza de 99.7% ($t = 3$)

Tamaño de la muestra n	Cartas \bar{X}		Cartas $\bar{\sigma}$			Cartas R	
	A ₁	A ₂	B ₃	B ₄	C ₂	D ₃	D ₄
2	3.760	1.880	0	3.267	0.5642	0	3.267
3	2.394	1.023	0	2.568	0.7236	0	2.575
4	1.880	0.729	0	2.266	0.7979	0	2.282
5	1.596	0.577	0	2.089	0.8407	0	2.115
6	1.41	0.48	0.03	1.97	0.8686	0	2.00
7	1.28	0.42	0.12	1.88	0.8882	0.08	1.92
8	1.17	0.37	0.19	1.81	0.9027	0.14	1.86
9	1.09	0.34	0.24	1.76	0.9139	0.18	1.82
10	1.03	0.31	0.28	1.72	0.9227	0.22	1.78

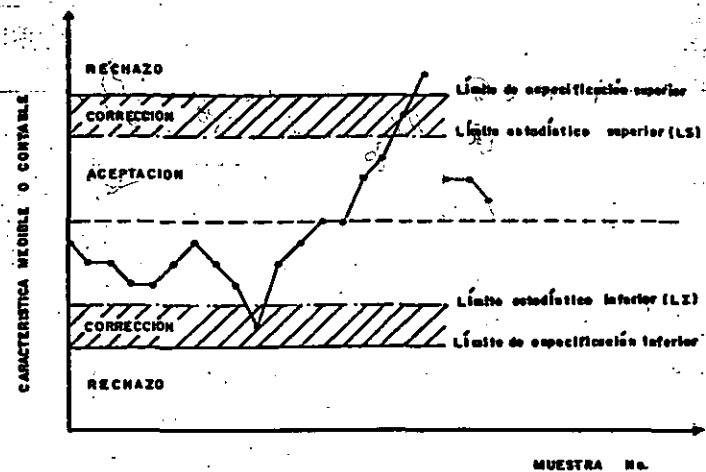


Fig. 3.4 Límites estadísticos y de especificación en una Carta de Control

Límites estadísticos inferior y superior están dados por (fig 3.6):

$$LI = B_3 \bar{\sigma}$$

$$LS = B_4 \bar{\sigma}$$

donde,

$$B_3 = 1 - \frac{t}{c_2 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2tc_2^2}$$

$$B_4 = 1 + \frac{t}{c_2 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2tc_2^2}$$

En estas expresiones, t , n y $\bar{\sigma}$ tienen el sentido ya expresado y c_2 es un factor que relaciona a $\bar{\sigma}$ con σ' en función de n .

c) Cartas R. Estas cartas también se basan en la variabilidad de la calidad del proceso, pero estimada ahora mediante los rangos de las muestras obtenidas y sus límites estadísticos inferior y superior se definen por (fig 3.7):

$$LI = D_3 \bar{R}$$

$$LS = D_4 \bar{R}$$

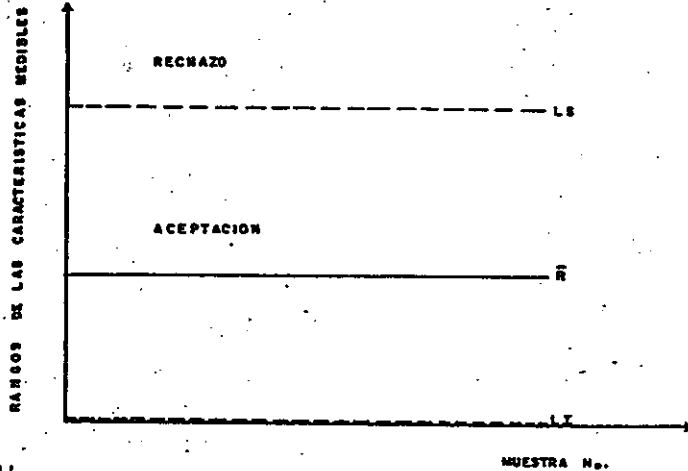
donde D_3 y D_4 son los factores que en función de n correlacionan a \bar{R} con el error inherente al proceso de producción.

donde "d" es el número de elementos defectuosos en una muestra y "n" el número de

b) Cartas C. Se aplican con base en los defectos por unidad producida (fig 3.10). En este

Para el control de muchos procesos de producción conviene emplear cartas mixtas en las que se muestren simultáneamente

3.3.2 Cartas de Control para características contables



$$LI = D_3 \bar{R}$$

$$LS = D_4 \bar{R}$$

Fig 3.7 Carta R

elementos que constituyen la muestra. Si se define:

$$\bar{p} = \frac{Ed}{Ln}$$

en el que Ed es el número total de elementos defectuosos detectados en las muestras y Ln es el número total de elementos inspeccionados, entonces los límites estadísticos LS y LI serían:

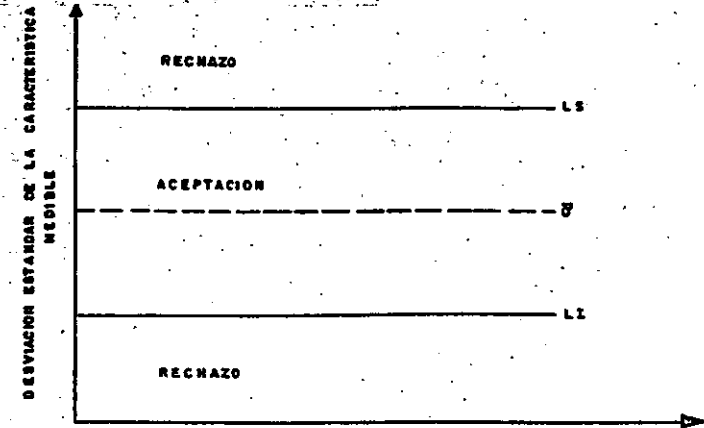
$$LS = \bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

caso, C' es el promedio de defectos por unidad y los límites estadísticos estarán dados por:

$$C' \pm 3 \sqrt{C'}$$

3.3.3 Cartas a base de medidas móviles

En las cartas para características medibles comentadas en 2.3.1, se obtienen los límites estadísticos en función del tamaño de las muestras, lo que exige planes de muestreo en los que las muestras estén integradas por el mismo número de elemen-



$$LI = D_3 \bar{C}$$

$$LS = D_4 \bar{C}$$

$$D_3 = 1 - \frac{1}{c_2 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2nc_2^2}$$

$$D_4 = 1 + \frac{1}{c_2 \sqrt{n}} \sqrt{2(n-1) - 2nc_2^2}$$

Fig 3.6 Carta C'

una carta X con una carta R o C, pues es de gran importancia conocer, además de la tendencia de las medidas de las muestras, la dispersión de la calidad obtenida, lo que facilita la localización de posibles causas asignables en el proceso de manufacturación. La fig 3.8 ilustra una carta mixta.

De las cartas mencionadas, las de mayor sencillez para su aplicación son las cartas X y R, pues la obtención de los valores que se utilizan para formarlas se reduce a simples cálculos aritméticos.

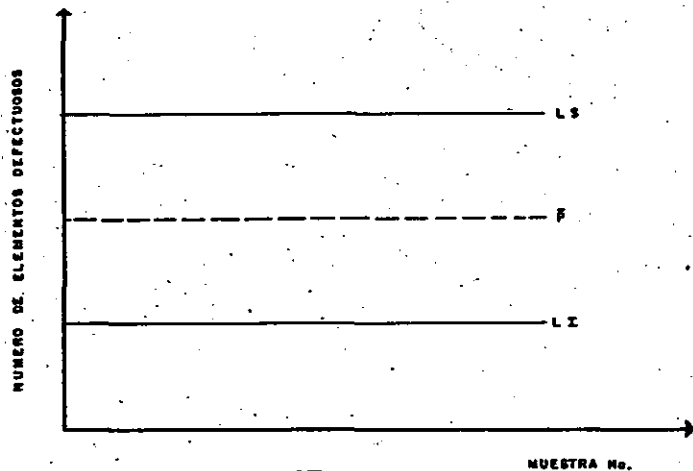
El control de las características contables de los elementos producidos puede efectuarse mediante cartas de atributos en las que se clasifica el producto en defectuoso o no defectuoso. Estas cartas son:

a) Cartas P. Se aplican con base en la fracción defectuosa de los elementos producidos (Fig 3.9). En este caso la probabilidad de obtener un elemento defectuoso en la población será

$$p = \frac{d}{n}$$

3.3.4 Comentarios a las Cartas de Control
Las Cartas de Control son una buena opción para el control estadístico de cali-

car sean oportunas, las cartas deberán mantenerse al día, evitando en lo posible cualquier retraso en su actualización.



$$LI = P - \frac{3\sqrt{P(1-P)}}{\sqrt{n}}$$

$$LS = P + \frac{3\sqrt{P(1-P)}}{\sqrt{n}}$$

Fig. 3.9 Carta P

dad que se obtiene con un proceso de producción, pues además de lo sencillo que resulta construirlas, permiten saber si los valores que se están obteniendo tienen variaciones inevitables o algunas son susceptibles de eliminarse, ya que señalan en todo momento si el proceso se mantiene Bajo Control, indicando el instante en que han de tomarse medidas para mejorarlo o cambiarlo. Para que las medidas correctivas que en su caso haya que apli-

Este sistema de control será realista sólo si las muestras empleadas son obtenidas al azar; de lo contrario, las apreciaciones que resulten de su aplicación podrán ser tendenciosas.

Debe decirse que las Cartas de Control indican cuándo se requiere revisar el proceso, mostrando la existencia de irregularidades, pero no definen esas irregularidades.

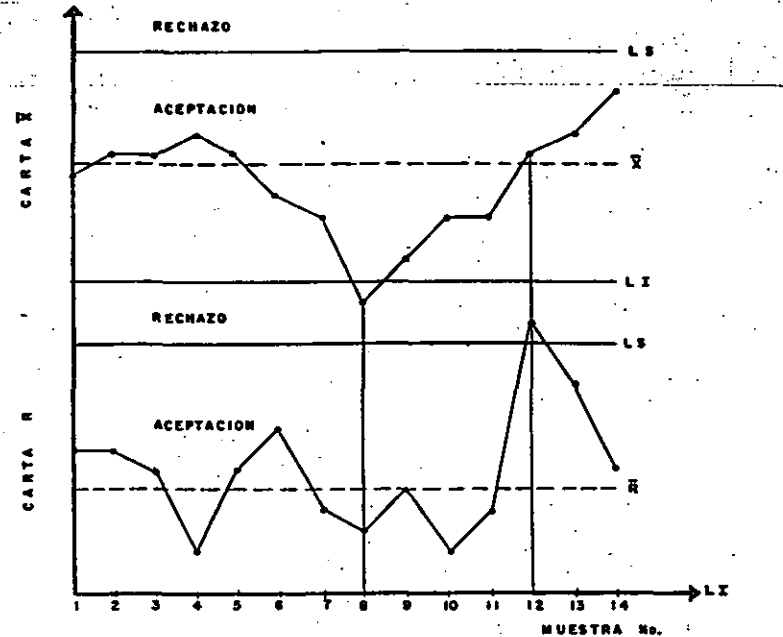


Fig. 3.8 Carta mixta

tos. En la realidad de la construcción no siempre es posible la obtención de muestras homogéneas en lo que a tamaño respecta, ya que el número de elementos muestreados suele estar en función de los volúmenes de obra que se construyen y que varían frecuentemente.

El problema de tener muestras de diferente tamaño en la aplicación de los criterios comentados se anula utilizando las "Medidas Móviles", que son los promedios de medidas de las últimas "n" muestras y que pueden expresarse de la siguiente manera:

$$\bar{X}_n = \frac{X_j - (n-1) + X_j - (n-2) + \dots + X_j - (n-n)}{n}$$

donde "j" es el número de la última muestra obtenida y "n" es el número de muestras con las que se integrará la medida móvil.

Las medidas móviles pueden emplearse para la obtención de \bar{X} con la ventaja de uniformar el tamaño "n". Es común trabajar con $n = 5$, es decir, que la medida móvil será el promedio de medidas de las últimas cinco muestras (ver fig 3.11 como ejemplo).

De la misma manera puede trabajarse con la desviación estándar móvil y con el rango móvil.

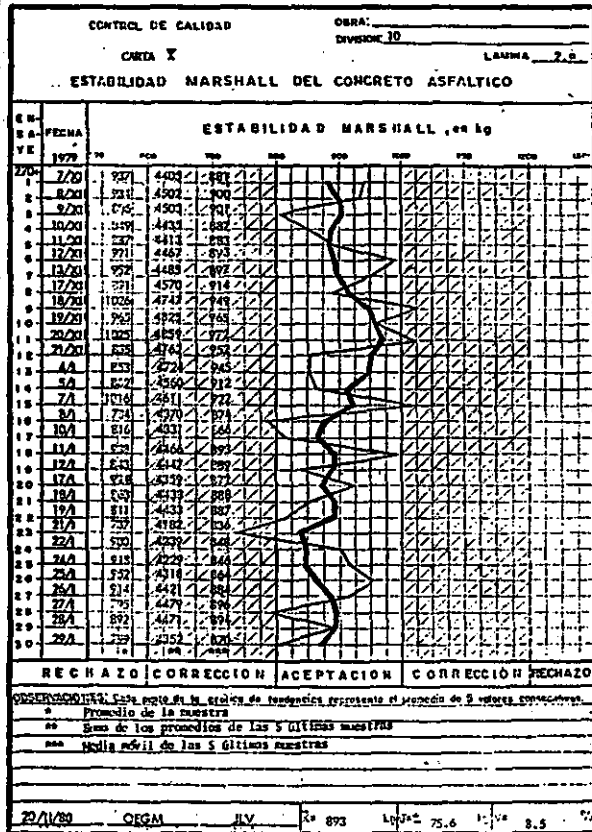


Fig 3.11 Carta de Medio Móvil

3.4 CONTROL DE CALIDAD EN AEROPUERTOS

Como se desprende de lo comentado anteriormente, el Control de Calidad no es una actividad policiaca para vigilar al contratista de obra, ni tampoco es el laboratorio de obra que realiza cientos de ensayos no analizados con un enfoque cien-

es más importante, análisis de la información obtenida, que permita crear la experiencia necesaria para corregir el proceso constructivo, a fin de lograr los resultados deseados a menor costo y mayor rapidez, tomándose en cuenta los siguientes principios fundamentales:

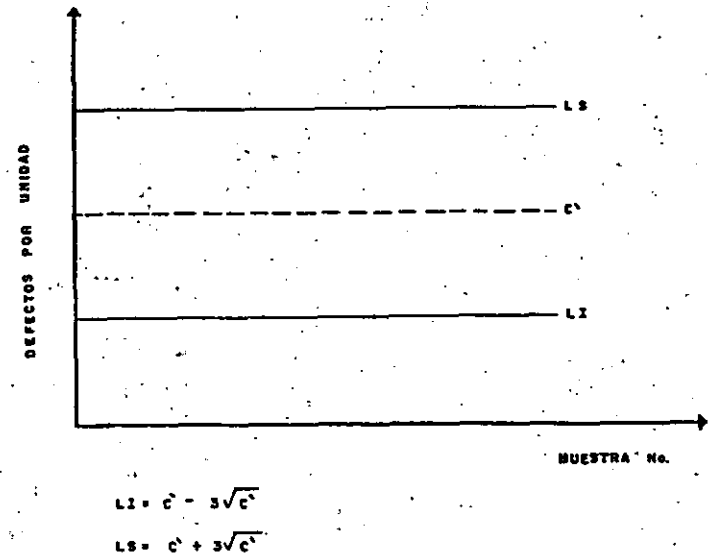


Fig 3.10 Carta C

tífico, pues no debe perderse de vista que, en el primer caso, la calidad de la obra es responsabilidad común tanto del supervisor como del constructor, y en el segundo, que la calidad es intrínseca al producto, pues depende de la materia prima y del proceso de producción y no de la realización de ensayos.

El Control de Calidad debe ser un sistema de inspección, muestreo, prueba y lo que

- a) Al efectuar una operación repetidamente, siempre existirá una variación en los resultados obtenidos.
- b) No debe establecerse un estado de control riguroso.
- c) Debe establecerse un estado de control a un nivel satisfactorio abajo de la máxima eficiencia que puede obtenerse en la producción.

- Bowker, A.H. y Lieberman, G.J., "Engineering Statistics", Prentice-Hall, 1961.

- Elizondo, A. M., "Cartas de Control",

Seminario sobre Control Estadístico de Calidad, Asociación Mexicana de Caminos, México, D.F., 1984.

d) La calidad es intrínseca al producto y no puede introducirse a él por medio de su Inspección.

e) Las técnicas de los costos de control son aplicables en cualquier etapa de la producción de una obra, indicando en todo momento si el proceso se mantiene Bajo Control y señalando el instante en que se ha de actuar sobre el proceso en estudio para ajustarlo, mejorarlo o cambiarlo.

f) Las cartas de control indican cuándo conviene revisar el proceso, pero no dicen dónde. Indican que algo anda mal pero no dicen qué.

El Control de Calidad en aeropuertos debe efectuarse en las siguientes tres etapas de acción:

ETAPA PREVENTIVA. Es el control de los materiales, naturales o producidos, que se emplearán en la construcción de algún concepto de obra, como puede ser de los ingredientes para la fabricación de un concreto hidráulico o de una mezcla asfáltica, ya que si se emplean materiales con las características fijadas por las especificaciones de construcción, mezclados en las proporciones correctas y con los procedimientos adecuados, se tendrá la seguridad de alcanzar los resultados deseados. En esta etapa, las medidas correctivas que llegaran a requerirse son generalmente sencillas y económicas.

ETAPA DE VERIFICACION.

Es el control de los conceptos de obra terminados para verificar que se hayan alcanzado los resultados deseados, como puede ser el grado de compactación de

una terracería, la resistencia del concreto hidráulico o la estabilidad de un concreto asfáltico. Si en esta etapa del Control de Calidad tuvieran que tomarse medidas correctivas, generalmente las correcciones serán antieconómicas y difíciles, pero la probabilidad de que se requieran medidas correctivas durante esta etapa, es muy pequeña si se efectúa un control de calidad preventivo adecuado.

ETAPA DE HISTORIA. Es en esta etapa del Control de Calidad donde se resumen los resultados de las etapas anteriores, permitiendo el conocimiento de las características de los materiales empleados en la construcción y de los conceptos de obra terminados. Si este conocimiento se difunde a nivel institucional, facilita el mantenimiento de la obra así como el seguimiento de su comportamiento y proporciona la experiencia necesaria para elaborar los proyectos de aeropuertos futuros.

3.5 BIBLIOGRAFIA

- Cramer, H., "Elementos de la Teoría de Probabilidades", Edit. Aguilar, 1960.
- Grant, E.L., "Control de Calidad Estadístico", Edit. Continental, 1974.
- Kreyszig, E., "Introducción a la Estadística Matemática", LIMUSA, 1973.
- Rico, A. y del Castillo, H., "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres", LIMUSA, 1978.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

**4. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION
EN EDIFICACIONES**

**ARQ. RAUL MAYA NAVA
OCTUBRE, 1986.**

5.2.2.2 Subestación eléctrica para ayudas visuales

Se construirá de acuerdo a la tensión que suministre CFE y a la capacidad de servicio que proporcionará.

Las subestaciones eléctricas son construidas esencialmente a base de gabinetes de lámina de acero fabricadas en secciones, atornilladas con flexibilidad para ampliaciones futuras y que constan de las siguientes secciones (fig 5.3):

a) Gabinete que tiene elementos para recibir la acometida eléctrica subterránea a través de conos de alivio que se conecten a las barras de cobre con dimensiones de acuerdo a la tensión suministrada por CFE y al amperaje requerido por esta subestación; en los conos de alivio se conectará la pantalla de cobre del conductor de la acometida subterránea a tierra por medio de un cable desnudo cal. No. 4 AWG a varilla Copperweld colocada en la trinchera. Si la medición del consumo eléctrico se va a efectuar en alta tensión, aquí mismo se ubicará el equipo que CFE proporciona para tal fin.

Se recomienda supervisar la separación de las barras de cobre que deben estar de acuerdo a la tensión utilizada; asimismo, estas barras deberán estar firmemente apoyadas en aisladores de resina epóxica instalados en las barras de los gabinetes.

b) Gabinete para alojar cuchillas tripolares de operación en corte y desconexión sin carga, debiéndose supervisar que estén de acuerdo al amperaje y tensión requeridos de proyecto.

c) Gabinete para alojar el seccionador de operación y desconexión con carga, con elementos fusibles en alta tensión, para lograr una eficiente protección contra cortocircuito; se debe tener cuidado de verificar que la capacidad de los fusibles sea la requerida para la protección del transformador de distribución, además de que se hayan instalado los apartarrayos autovalvulares en los que se deberá observar que sean

de la tensión requerida y que se conecten con conductor desnudo cal. No. 4 AWG directamente a la varilla donde se fijó la pantalla del cable del conductor de la acometida subterránea. Es importante señalar que los apartarrayos no se deben conectar a la barra de cobre que une a los gabinetes, ya que ésta está conectada a la red de tierra de la subestación.

d) Gabinete de transición entre la subestación y el transformador, conteniendo en su interior barras de cobre para la conexión a los bornes del transformador apoyados en los aisladores del tipo adecuado según el voltaje de operación.

e) Transformador eléctrico de distribución sumergido en aceite y de enfriamiento interior, con tensión en el primario de 13.2, 23 y 34.5 kV y en el secundario de 220/127 V, 3 fases, 60 Hz, de la capacidad en kVA que se requiera.

Es importante señalar aquí, que la carcasa del transformador deberá conectarse a la red de tierra de la subestación; asimismo, se deberá verificar que el transformador sea de las tensiones primarias y secundarias requeridas, y que los bornes tanto de baja como de alta estén en perfectas condiciones.

f) Gabinete conteniendo tablero de baja tensión en servicio normal y de emergencia que incluye equipos de medición, interruptor principal e interruptores termomagnéticos derivados; la función del gabinete es la de alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica.

En este punto, se debe tener cuidado de supervisar que los voltímetros y amperímetros sean de la escala requerida.

g) Gabinete conteniendo interruptor de transferencia para operar un sistema 220/127 V, con equipo de medición y protección a la planta de emergencia; en este gabinete se hace la transferencia de energía comercial a energía proporcionada por planta de combustión interna que tiene acoplado un generador.

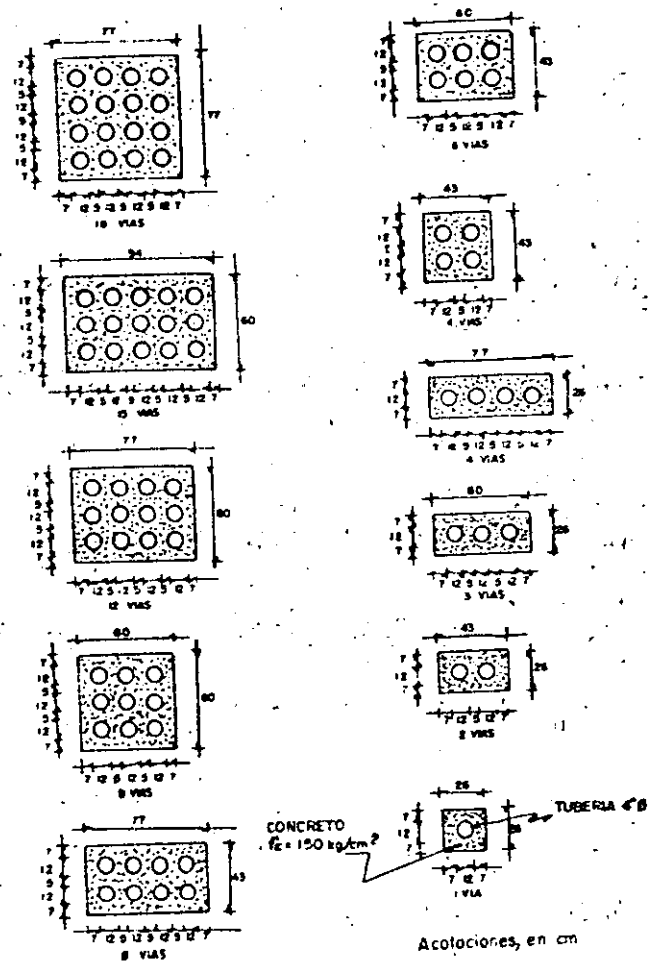


Fig 5.2 Bancos de ductos de diferentes números de vías

Estando debidamente instalados e inspeccionados los componentes de la subestación eléctrica y antes de conectarla a la red de suministro de alta tensión, deberá verificarse lo siguiente:

- La rigidez del aislamiento en todos los componentes efectuando esto con un dispositivo de medición de resistencia; aunque lo anterior ya se realizó en la fábrica podría suceder que en el transporte los equipos sufrieran algún golpe causando agrietamiento en los componentes de los aisladores.
- Se deberá verificar que todas las uniones y contactos de las cuchillas de prueba se encuentren bien apretadas, por lo que es conveniente revisar la tornillería.
- Revisar el funcionamiento del seccionador bajo carga, conectándolo y desconectándolo para comprobar que tanto las cuchillas principales como las de arqueo se acoplen con precisión y con contacto correcto.
- Con relación a los fusibles, se deberá asegurar que estén éstos bien colocados en su portafusibles para que en caso de posible cortocircuito en operación, la ruptura de los elementos fusibles dispare automáticamente el seccionador.
- Elementos con que toda subestación debe contar: Tarima de madera ensamblada sin utilizar clavos, con cubierta de hule antiderrapante y cubriendo la longitud total de la subestación, extinguidores de CO₂ con capacidad de 9 kg/cm²; guantes de hule para protegerse del voltaje utilizado; y pértigas desconectoras.

5.2.3 PLANTA DE EMERGENCIA

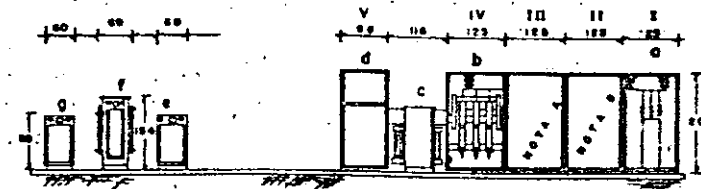
Teniendo en consideración la importancia que tiene el contar con servicio continuo de energía eléctrica en la subestación, de donde se alimentan los circuitos del señalamiento luminoso y ayudas visuales en un aeropuerto, se debe tener una planta de emergencia para dar la máxima confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.

La capacidad de la planta de emergencia deberá ser tal, que proporcione la misma cantidad de carga que tenga el tablero de baja tensión de la subestación eléctrica de ayudas visuales.

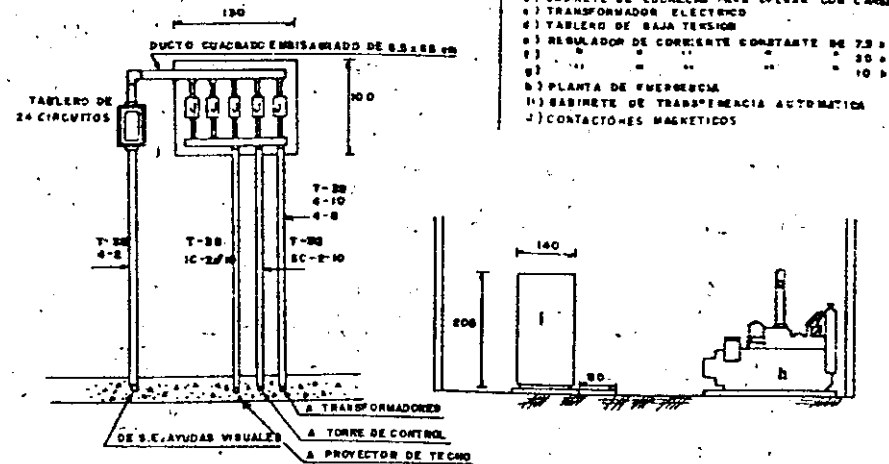
5.2.3.1 Características de la planta de emergencia

- La capacidad continua en kW será la que se seleccione (dos horas) en emergencia para 60 Hz, 3 fases, 4 hilos, 120/127 volts.
- Estará compuesta por generador impulsado por un motor diesel que será capaz de dar la potencia seleccionada durante 24 h en servicio continuo con un factor de potencia de 80 por ciento.
- La unidad diesel-eléctrica deberá operar a plena carga en un tiempo no mayor de cinco segundos a partir del momento en que falla la energía eléctrica comercial.
- El motor de combustión interna deberá contar con los siguientes accesorios: sistema de enfriamiento; sistema de lubricación; sistema de arranque eléctrico, procurando instalar un contacto monofásico para que se conecte al precalentador a fin de que la planta de emergencia se encuentre en condiciones óptimas para una operación inmediata; sistema de escape, procurando que éste se oriente al exterior sin tener el tubo de escape curvas o dobleces e instalando el escape de tal manera que esté dirigido conforme a la dirección de los vientos y no en contra de éstos; juego de baterías; y tanque de diario para almacenamiento de combustible con capacidad mínima de 500 litros.

- El generador será de las siguientes características: capacidad de 80 por ciento del factor de potencia, 220/127 V, 3 fases, 4 hilos; conexión estrella.
- Deberá contar con un tablero con los siguientes equipos de medición: amperímetro, voltímetro, frecuenciómetro e interruptor termomagnético de acuerdo a la capacidad del generador.



BOYA A DERIVACION A SUBESTACION DE AIRE ACONDICIONADO
BOYA B DERIVACION A SUBESTACION DE SERVIDOR



ALIMENTACION ELECTRICA Y CONTROL DE COMOS DE VIENTOS, REILS Y PROYECTOR DE TECHO

Anotaciones, en cm

Fig 5.3 Subestación eléctrica para ayudas visuales

se le dará al terreno un tratamiento químico a base de sulfato de magnesio, sulfato de cobre y sal de roca ordinaria.

5.3.11 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN LAS EDIFICACIONES

Con la finalidad de crear un ambiente confortable para los ocupantes del edificio terminal, por lo general se instalan unidades enfriadoras y manejadoras, por lo que se deberá prever la alimentación hidráulica y eléctrica requerida para la operación de estos equipos.

En los edificios de oficinas, CREI y Torre de Control se instalan unidades de refrigeración integral tipo paquete.

Dada la carga instalada de estos sistemas, se opta por alimentarse de una subestación eléctrica exclusiva, a una tensión de 440 V; es importante verificar la capacidad correcta de los conductores, así como de los dispositivos eléctricos de protección. Los ductos de aire acondicionado se harán del calibre y dimensiones que se indiquen en los proyectos, incluyendo colgantes de fierro estructural, uniones de transición y uniones de lona recubierta de plástico; asimismo, el aislamiento de los ductos deberá estar perfectamente bien adherido con lo cual se evitará el escurrimiento de agua por la condensación y pérdidas de enfriamiento.

Se instalarán extractores centrífugos en el área de sanitarios del edificio terminal y en el cuarto de baterías del edificio máquinas.

5.3.12 ACOMETIDA TELEFONICA

Para contar con el servicio de acometida telefónica en un aeropuerto, éste se tramita ante la empresa Telefonos de México, manifestando las necesidades; normalmente se requiere un total de 45 servicios, tomando en consideración privados y públicos.

Por su parte esta empresa solicita lo siguiente:

Un local de 4 x 4 x 2.50 m de altura ubicado generalmente en el edificio de ofi-

cinas donde instalará equipos; para tal efecto se le dotará de energía eléctrica normal-emergencia, así como de un sistema de tierra. De este local se ramificará hacia todos los edificios por medio de cableados en ductos de asbesto-cemento de dos vías de 10 cm de diámetro, construyéndose registros de tabique de 80 x 80 x 80 cm hasta llegar a cualquier edificación, donde se canalizará con tubería conduit hasta los registros tipo telefónico de lámina, ubicados en la pared interior de los edificios; de éstos se distribuyen ramificaciones con tubería conduit de 19 mm Ø hasta donde se requieren los servicios telefónicos.

5.3.13 SUMINISTRO Y DISTRIBUCION DE AGUA

El aprovisionamiento de agua se realiza por lo general de un pozo profundo y en algunos casos se obtiene de la red municipal; la conducción se efectuará por medio de una línea de tubería de asbesto-cemento o tubería de fierro galvanizado cédula 40 hasta la cisterna principal, desde donde se distribuirá, para satisfacer las diferentes necesidades que requiere el aeropuerto; por lo usual estas necesidades de agua son relativamente bajas y se encuentran en el intervalo aproximado de 5 a 15 l/s.

Almacenamiento y regularización. La razón por la que deberá construirse al final de la conducción un tanque de almacenamiento es para transformar el régimen de llegada al régimen variable de salidas o demandas, siendo ésta su función principal, aunque no la única ya que con frecuencia el almacenamiento de agua tiene como función proveerla en caso de emergencia.

La ubicación de la cisterna general la fija la configuración topográfica del terreno y se procura lo más próxima posible a los elementos del conjunto aeroportuario por abastecer (por lo general se ubica en la parte posterior del edificio máquinas y cercana al local donde se instalará el equipo hidroneumático).

Asimismo, la cisterna estará completamente enterrada para evitar variaciones de temperatura, con cubierta para evitar con-

c) Subestación eléctrica de aire acondicionado.

La demanda por abastecer es considerable, por lo que la capacidad de esta subestación es normalmente de 300 kVA. Abastece de energía a:

- Sistema de aire acondicionado del edificio terminal.

- Sistema de aire acondicionado del edificio CREI.

d) Subestación eléctrica de SENEAM. Esta subestación es por lo general de una capacidad de 112.5 kVA y se le demandará la siguiente carga:

- Alumbrado y contactos del edificio oficinas.

- Alumbrado y contactos de la Torre de Control.

- Aire acondicionado de la Torre de Control.

- Sistema de radio y equipos ubicados en la Torre de Control.

- Sistema de aire acondicionado del edificio oficinas.

Se instalará una planta de emergencia con una capacidad de 100 watts.

5.3.9 SISTEMA DE TIERRA DE SUBESTACIONES ELECTRICAS

Los sistemas de tierra tienen un papel importante en la instalación eléctrica, ya que su función principal es la de protección, tanto para personas como para equipos; uno de sus objetivos principales es limitar el potencial entre las partes no conductoras de corriente del equipo eléctrico y entre estas partes y tierra, a un valor de seguridad (un valor muy bajo o de ser posible nulo); otro de los objetivos es el de obtener una trayectoria de impedancia baja para las corrientes de falla a tierra, disminuyendo con esto el potencial de contacto, además de establecer una protección contra voltajes inducidos por diferentes factores. Para lo-

grar esto, se ha establecido que la resistencia de propagación a tierra no tenga un valor mayor a cinco ohms y las tensiones de contacto sean como máximo de 60 V; se emplean para las redes de tierra cables desnudos de cobre calibre No. 2/0 AWG, conjuntamente con varillas Copperweld en cantidad y número suficientes.

5.3.10 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Una de las principales fuentes de disturbios para las instalaciones eléctricas, es sin lugar a dudas la descarga atmosférica, conocida normalmente como rayo; éste tiene sus orígenes en las nubes y en el suelo, por las razones siguientes:

Experimentalmente se ha comprobado que por lo regular, las partes inferior y central de la nube contienen cargas eléctricas negativas y la parte superior cargas positivas; por lo tanto, la superficie inferior de la nube y la superficie del terreno con cargas positivas forman un condensador cuyo dieléctrico es el aire existente entre la nube y el terreno, creándose un campo eléctrico con una diferencia potencial que provoca la descarga directa.

El sistema de protección adoptado para proteger las instalaciones aeroportuarias, se basa en la comprobación experimental de que una barra metálica conectada a tierra y colocada verticalmente sobre el terreno, define una zona de protección contra la descarga directa, limitada a un cono, cuyo eje es la propia barra, con un radio igual a la altura de ésta sobre el terreno.

La altura de estos pararrayos es de 6 m y se conectan a tierra por medio de un cable de cobre desnudo del calibre No. 2 AWG instalado de tal manera que se eviten los cambios bruscos de dirección, con radio mínimo de 20 cm y ángulo mínimo de 90°; como electrodo de cargas se emplean varillas Copperweld de 3 m de largo como mínimo. En los casos en que se necesita disminuir la resistencia de propagación, se aumentará el número de electrodos y cuando la resistencia sea aún muy alta,

Las condiciones principales que deberá satisfacer la instalación, serán:

- Evacuar rápidamente las aguas, alejándolas de los muebles sanitarios.
- Impedir el paso del aire, olores y microbios.
- Las tuberías se instalarán de modo que los ligeros movimientos de la edificación, no den lugar a fugas.
- Se deberá prever el mínimo mantenimiento, por medio de los registros.

El sistema consta de las siguientes partes principales:

- Tuberías.** Deberán ser de material duradero, resistente a la acción corrosiva e impermeable al agua, gas y aire.
- Trampas.** La función básica, es la de impedir que los gases molestos procedentes de la red se introduzcan al interior de los edificios, y además deberán permitir al mismo tiempo un paso fácil de los líquidos con las materias en suspensión que llevan, sin que se detengan o se depositen obstruyendo el funcionamiento.
- Registros.** Los registros en el interior de los edificios serán de tabique con plantilla de concreto formando en

el centro de éste, una media caña y se cubrirán con tapas de concreto.

- Sistema de ventilación.** La rapidez de las descargas de agua da origen al golpe de ariete provocando presiones y depresiones dentro de la tubería, anulando el efecto de la trampa; para evitar lo anterior, se conectan tubos de ventilación, dando origen al sistema que deberá desempeñar las siguientes funciones:

- Equilibrar las presiones en ambos lados de las trampas.
- Evitar el peligro de depresiones o sobrepresiones, que pueden aspirar el agua de las trampas hacia las bajadas o bien expulsarlas del local.
- Al evitar la anulación de efecto de las trampas, impiden la entrada de los gases a la edificación.
- Impiden en cierto modo la corrosión de los elementos que integran la instalación, al introducir en forma permanente aire fresco que ayuda a diluir los gases formados.
- En el trayecto de la red exterior se construyen pozos de visita de tabique y plantilla de mampostería; asimismo, se colocan las fosas sépticas y finalmente el pozo de absorción.

taminaciones; contiene compartimientos para su aseo y para evitar al máximo las filtraciones debido a la presión.

Red de distribución. A la serie de tubos por los que circula el agua que parte de la cisterna de almacenamiento y regulación para la alimentación es a lo que se le llama red de distribución; ésta debe permitir que el agua llegue en suficiente cantidad y con la presión necesaria al sitio más elevado o más alejado de la cisterna, por lo que los materiales con que se construya deben ser de una calidad que no permita la contaminación, es decir, evitar mezclas con otros fluidos.

Sistema de abastecimiento de agua a los edificios. El abastecimiento de agua a los diversos muebles en el interior de los edificios se puede efectuar de maneras diferentes, tomando en consideración la presión, continuidad y gasto del agua requerida para el correcto funcionamiento de todas las válvulas contenidas en las instalaciones hidráulicas en los edificios.

Se optará por el sistema de abastecimiento por presión; a través de un sistema hidroneumático o sistema de bombeo programado.

El sistema hidroneumático es seleccionado cuando se tiene la necesidad de una presión determinada para el abastecimiento de agua a los diferentes muebles sanitarios de un edificio, y que no se pueda proporcionar por medio de un depósito elevado, debido a que la altura de dicho depósito está restringida y por lo consiguiente no se tiene la presión deseada para abastecer satisfactoriamente a los diversos muebles sanitarios. Este sistema consiste en un conjunto de aparatos mecánicos, los cuales elevan el agua a la presión requerida para el abastecimiento perfecto de agua a los diferentes grifos de un edificio, usando aire comprimido como agente de trabajo.

Se hace necesario el uso de cuatro elementos mecánicos para el abastecimiento de agua por este procedimiento:

- a) Un tanque de almacenamiento herméticamente cerrado.

b) Una bomba simple o duplex centrífuga.

c) Un compresor de aire.

d) Un control.

Por lo general, se instalan dos hidroneumáticos y dos bombas con motor eléctrico que trabajan en forma alternada o simultánea, proporcionando alimentación de agua a las edificaciones, red de riego y zona de hangares; asimismo, se tienen sistemas de bombeo programados para alimentación de agua a la cisterna, ubicada en el edificio CREI, así como también el abastecimiento de agua para la zona de almacenamiento y distribución de combustibles.

5.3.14 INSTALACION SANITARIA

El objeto principal es el de retirar las aguas utilizadas y materias de desecho, que al descomponerse ponen en peligro la salud de las personas; se efectúa por medio de tuberías y de acuerdo a lo dispuesto en los códigos y reglamentos sanitarios, lográndose la eficiencia, higiene y funcionalidad requerida en el sistema, el cual se divide en:

- a) Derivaciones o ramales.
- b) Columnas o bajadas.
- c) Colectores.

Derivaciones o ramales. Enlazan los muebles sanitarios con las columnas y pueden ser: derivación singular (cuando sirven a uno solo) y derivación en colector (cuando sirven a varios). En el primer caso, el diámetro depende del tipo de mueble; en el segundo caso, varía con la pendiente y cantidad.

Columnas o bajadas. Son tuberías verticales que se conectan en su parte inferior a los colectores y a la altura de cada piso; reciben las evacuaciones a través de los ramales.

Colectores. Recogen y transportan horizontalmente el agua de las columnas y a fin de facilitar su limpieza, estarán dotados de registros, los que se colocan a distancias no mayores de 15 metros.

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS,
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS, SCT.
DEL 2/SEPTIEMBRE AL 31/OCTUBRE 1986.

RENDIMIENTOS DE LAS AERONAVES

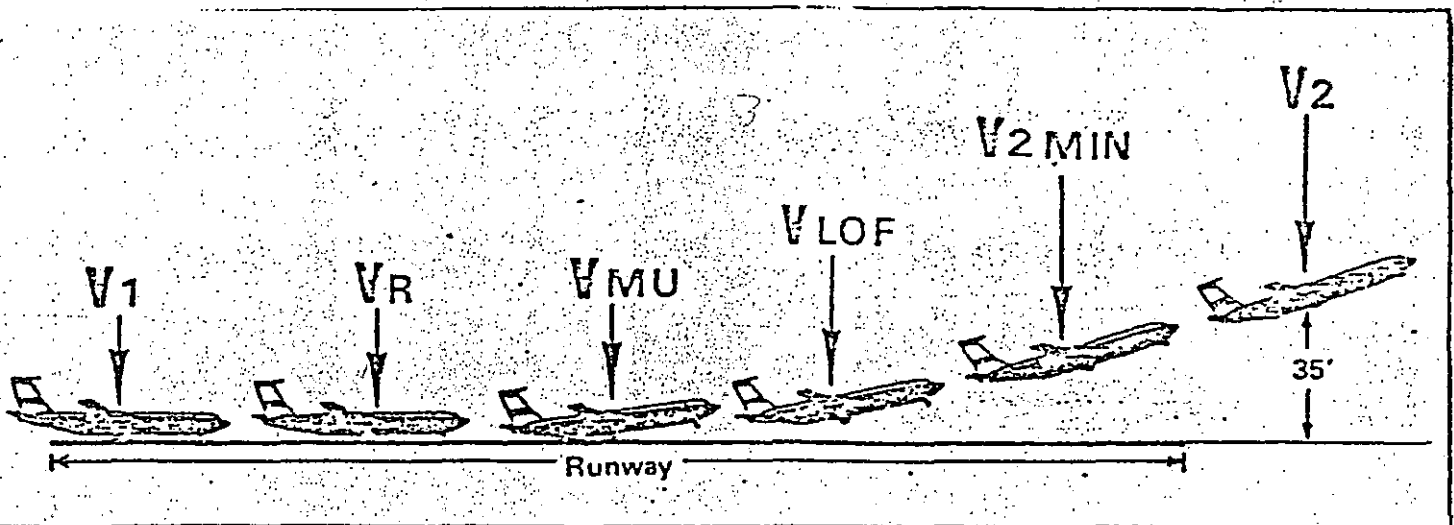
ING. RENE D. ALVARADO ROSAS.

OBJETIVO

PRESENTAR LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL CALCULO DE LAS LONGITUDES DE PISTA NECESARIA PARA EL DESPEGUE Y ATERRIZAJE DE AERONAVES TURBORREACTORAS, ASI COMO LAS NORMAS QUE DEBEN CUMPLIRSE.

Definiciones F.A.R.

- Velocidad de Decisión V_1
- Velocidad de Rotación V_R
- Velocidad de Seg. al Desp. V_2
- Long. Pista al Desp. con todos los Motores Operando y con un Motor Inoperativo
- Distancia Aceleración-Parada



V_1 VELOCIDAD DE DECISION AL DESPEGUE

V_1 NO DEBE SER MENOR DE V_{mcg}

V_1 NO DEBE SER MAYOR A V_R

VELOCIDAD DE DECISION (V_1)

LA VELOCIDAD V_1 ES LA VELOCIDAD QUE TOMA EL PILOTO COMO REFERENCIA PARA DECIDIR SI CONTINUA O ABORTA UN DESPEGUE EN EL CASO DE UNA FALLA DE MOTOR. ESTA VELOCIDAD NO PUEDE SER MENOR QUE LA VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN TIERRA (V_{MCG}).

LAS VELOCIDADES DADAS EN ESTE MANUAL SE HAN SELECCIONADO DE TAL FORMA QUE: (1) SI LA FALLA DE MOTOR SE RECONOCE A/O ARRIBA DE V_1 , EL AVION PUEDA CONTINUAR EL DESPEGUE HASTA ALCANZAR UNA ALTURA DE 35 PIES SOBRE EL TERRENO, CON UN MOTOR OPERATIVO O (2) SE LOGRE DETENER EN LA DISTANCIA DE ACELERACION-PARADA A LA VELOCIDAD V_1 , O MENOR, SIN UTILIZAR EL EMPUJE DE REVERSA DEL MOTOR DISPONIBLE, EN

(5)

PISTA SECA; Y SIN EXCEDER LA LONGITUD DE PISTA DISPONIBLE. ESTAS LONGITUDES MINIMAS DE DESPEGUE SE BASAN EN FALLA DE MOTOR RECONOCIDA DESPUES DE V_1 Y CONTINUAR EL DESPEGUE O DETENERSE ANTES DE ALCANZAR DICHA VELOCIDAD. PARA DETENER EL AVION SE CONSIDERA QUE LOS ACELERADORES SON REGRESADOS A LA POSICION DE DESACELERADOS EN EL MOMENTO DE RECONOCER LA FALLA DE MOTOR, AUN CUANDO EL RENDIMIENTO ESTA CALCULADO CON CIERTAS TOLERANCIAS DE DEMORA, EL FRENADO MAXIMO (DEFLEXION TOTAL DEL PEDAL), SE DEBE INICIAR AL RECONOCER LA FALLA DE MOTOR Y SIMULTANEAMENTE PASAR LOS ACELERADORES A LA POSICION DE DESACELERADO Y EXTENDER LOS SPOILERS INMEDIATAMENTE. EL RENDIMIENTO DE FRENADO SE BASA EN EL FRENADO MAXIMO EN UNA PISTA DURA Y SECA CON EL SISTEMA ANTIDERRAPANTE OPERATIVO (A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA SITUACION). NO SE INCLUYE LA UTILIZACION DE LAS REVERSAS.

V_R

VELOCIDAD DE ROTACION

V_R DEBE SER AL MENOS 5% MAYOR A V_{mc_d}

V_R DEBE SER TAL QUE V_2 SE ALCANCE A/O ABAJO DE 35 PIES CON TECNICA DE VUELO NORMAL.

(7)

VELOCIDAD DE ROTACION V_R

LA VELOCIDAD DE ROTACION ES AQUELLA A LA CUAL EL PILOTO EMPIEZA A PRESENTAR EL AVION HACIA LA ACTITUD PARA LEVANTARSE DE LA PISTA. EL RITMO DE ROTACION PUEDE VARIAR, PERO DEBE TOMAR NORMALMENTE 2.5 SEG. APROXIMADAMENTE.

EL RITMO PRACTICO MAXIMO DE ROTACION DARA POR RESULTADO UNA VELOCIDAD MINIMA PARA SEPARARSE DE LA PISTA. EL RITMO NORMAL DE ROTACION PROVOCARA QUE SE OBTENGAN LA VELOCIDAD V_2 , A/O ABAJO DE LOS 35 PIES SOBRE EL TERRENO CON UN MOTOR INOPERATIVO O CON UN EXCESO DE 10 NUDOS EN V_2 , APROXIMADAMENTE A LA MISMA ALTURA, CON AMBOS MOTORES OPERANDO. LOS CRITERIOS QUE SE UTILIZAN PARA ESTABLECER LA VELOCIDAD DE ROTACION SON LOS SIGUIENTES:

- A. UNA VELOCIDAD QUE NO PUEDE SER MENOR DE $1.05 V_{MCA}$ (VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN EL AIRE). ⑨
- B. UNA VELOCIDAD TAL QUE PERMITA ALCANZAR V_2 , ANTES DE LOS 35 PIES DE ALTURA.
- C. UNA VELOCIDAD QUE PROPORCIONE AL MENOS LA VELOCIDAD MINIMA REQUERIDA PARA SEPARARSE DE LA PISTA.
- D. UNA VELOCIDAD QUE NO PROVOQUE UN INCREMENTO EN LA DISTANCIA DE DESPEGUE SI LA ROTACION SE INICIA 5 NUDOS ANTES DE LA VELOCIDAD DE ROTACION V_r ESTABLECIDA, DURANTE LA ACELERACION CON UN MOTOR INOPERATIVO O 10 NUDOS ANTES DE V_r CON AMBOS MOTORES OPERANDO.

V_2

VELOCIDAD DE SEGURIDAD EN EL AIRE

V_2 DEBE SER AL MENOS EL 20% MAYOR DE V_S

V_2 DEBE SER AL MENOS 10% MAYOR DE V_{MCA}

V_2
VELOCIDAD DE SEGURIDAD AL DESPEGUE. ES LA VELOCIDAD EN EL PUNTO DONDE SE ALCANZAN LOS 35 PIES DE ALTURA CON UN MOTOR INOPERATIVO O LA VELOCIDAD A LA CUAL SE TIENE AL MENOS $1.2 V_s$, LA QUE SEA MAYOR. LA V_2 CORRECTA ES EL RESULTADO DE LOS PROCEDIMIENTOS APROPIADOS DE ROTACION Y SEPARARSE DEL SUELO (LIFTOFF), LO QUE PERMITE AL AVION MANTENER EL GRADIENTE ESPECIFICO EN LA PENDIENTE ASCENSIONAL. //

V_{LOF}
(LIFTOFF SPEED) ES LA VELOCIDAD A LA CUAL EL AVION EMPIEZA A IRSE AL AIRE. SI EL AVION ES ROTADO A LA MAXIMA RELACION PRACTICA LA V_{LOF} NO DEBE SER MENOR DEL 110% DE V_{MU} CON TODOS LOS MOTORES OPERANDO, NI TAMPOCO MENOR DEL 105% DE V_{MU} CON UN MOTOR INOPERATIVO. 12

V_{MU}
(MINIMUN UNSTICK SPEED) ES LA VELOCIDAD MINIMA A LA CUAL ES POSIBLE SEPARAR EL AVION DEL TERRENO Y MANTENER UN ANGULO DE ASCENSO POSITIVO DURANTE EL DESPEGUE.

ES UNA VELOCIDAD DE INTERES PARA EL DISEÑO Y PARA EL PILOTO NO TIENE MUCHO SIGNIFICADO YA QUE SE EMPLEA PARA LOS CALCULOS Y PRUEBAS NECESARIAS PARA DETERMINAR MARGENES DE SEGURIDAD RESPECTO DE ELLA EN EL MOMENTO EN QUE EL PILOTO INICIA LA ROTACION PARA DESPEGAR LAS RUEDAS DEL SUELO. 13

V_S

VELOCIDAD DE DESPLOME. ES LA VELOCIDAD MINIMA DE VUELO A LA QUE SE PUEDE TENER CONTROL SOBRE EL AVION CON: LA POSICION MAS DESFAVORABLE DEL CENTRO DE GRAVEDAD (CG), EMPUJE CERO Y EL AVION DESACELERANDO CON UN VALOR DETERMINADO (1 NUDO/SEG). NO DEBEN PRESENTARSE ENCABRITAMIENTOS DEL AVION, PUDIENDOSE RECOBRAR EL AVION DE LA PERDIDA MEDIANTE EL USO DE LOS CONTROLES DE VUELO.

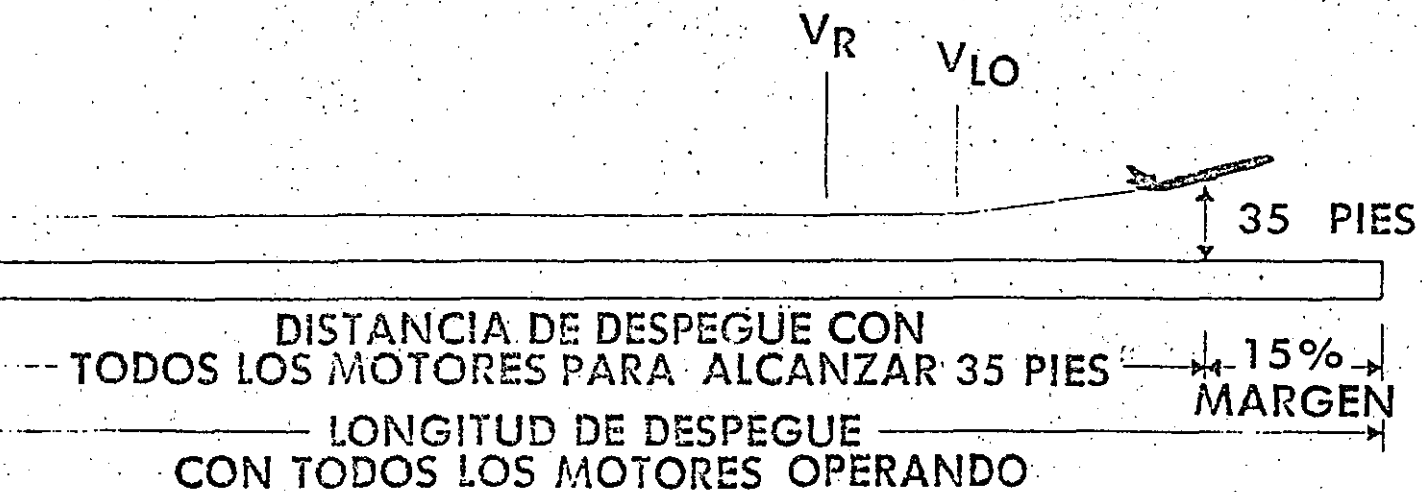
DISTANCIA DE DESPEGUE

LA DISTANCIA DE DESPEGUE ES LA MAYOR DE:

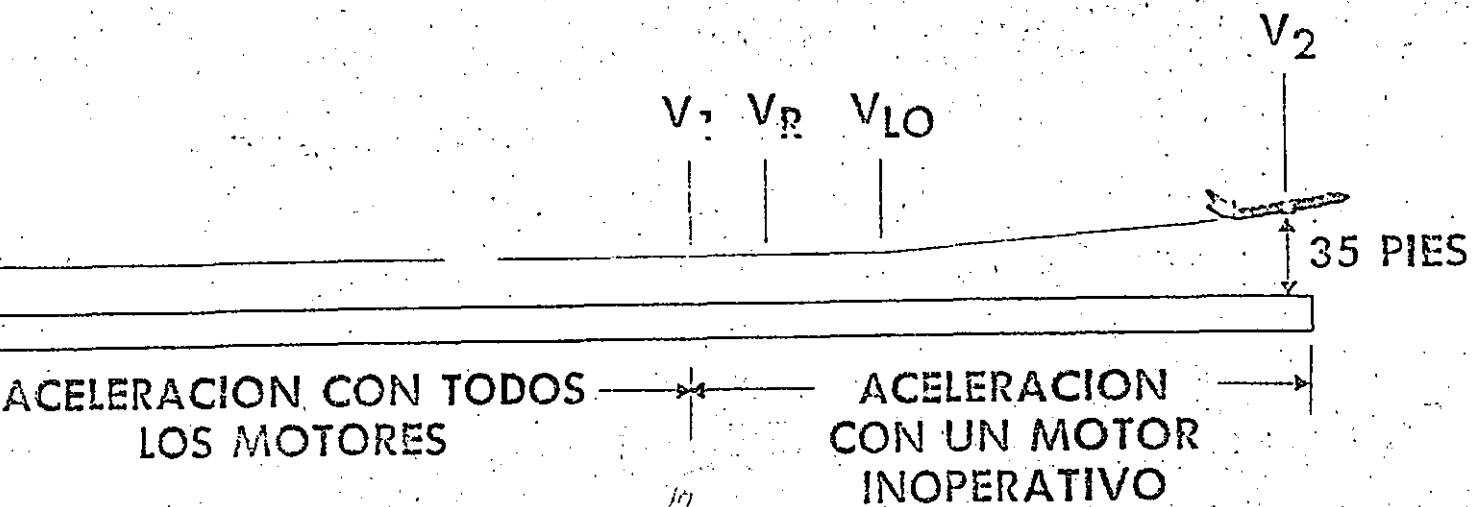
A. EL 115% DE LA DISTANCIA DONDE SE INICIA LA CARRERA DE DESPEGUE HASTA ALCANZAR UNA ALTURA DE 35 PIES SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE , CON AMBOS MOTORES OPERANDO.

B. LA DISTANCIA DONDE SE INICIA LA CARRERA DE DESPEGUE HASTA ALCANZAR 35 PIES SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE, CON FALLA DE MOTOR ALCANZAR V_1 .

LONGITUD DE DESPEGUE CON TODOS LOS MOTORES



LONGITUD DE DESPEGUE CON UN MOTOR INOPERATIVO

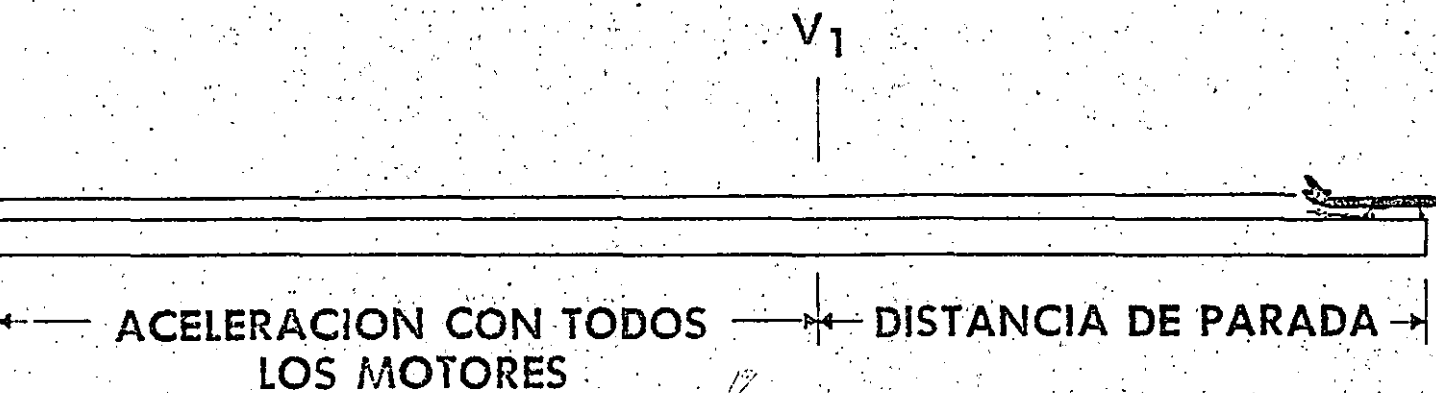


DISTANCIA DE ACELERACION PARADA. ESTA DISTANCIA ES LA SUMA DE LAS DISTANCIAS NECESARIAS PARA ACELERAR EL AVION DESDE QUE SE INICIA LA CARRERA DE DESPEGUE HASTA V_1 , Y CONSIDERANDO FALLA DE MOTOR CRITICO EN V_1 ; LA DISTANCIA RECORRIDA ENTRE LA FALLA Y EL RECONOCIMIENTO DE ESTA POR PARTE DEL PILOTO Y LA DISTANCIA NECESARIA PARA DETENER EL AVION POR COMPLETO.

PARA DETERMINAR ESTA DISTANCIA SE CONSIDERA LA UTILIZACION DE TODOS LOS MEDIOS NORMALES DE FRENADO, SIEMPRE QUE SE HAYA DEMOSTRADO QUE SON CONFIABLES Y NO REQUIERAN UNA DESTREZA EXCEPCIONAL PARA CONTROLAR EL AVION.

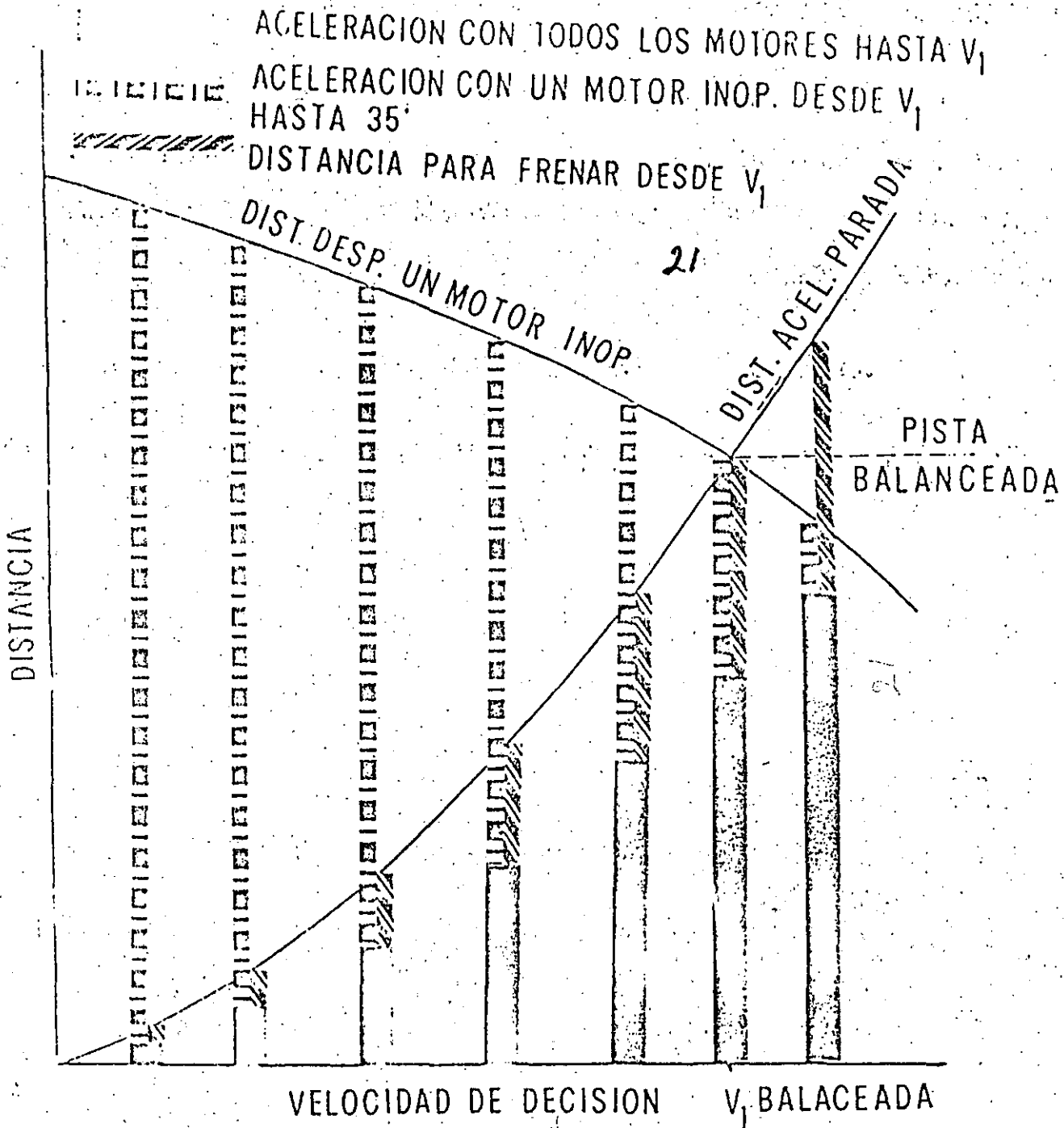
LAS REVERSAS NO SE CONSIDERAN COMO MEDIO DE FRENADO NORMAL.

¹⁸
DISTANCIA DE ACELERACION PARADA



CONCEPTO DE PISTA BALANCEADA. PISTA BALAN-

CEADA ES LA CONDICION EN QUE LA DISTANCIA DE DESPEGUE ES IGUAL A LA DISTANCIA DE ACELERACION PARADA. ESTA DISTANCIA NO DEBE EXCEDER LA LONGITUD DE LA PISTA.



LONGITUD DE PISTA MINIMA REQUERIDA PARA DESPEGUE

LOS REQUERIMIENTOS PARA LA LONGITUD MINIMA DE PISTA EN EL DESPEGUE VARIAN CON LA ELEVACION DEL AEROPUERTO, LA TEMPERATURA AMBIENTE, PESO, AJUSTE DE ALETAS, VIENTO, PENDIENTE DE LA PISTA Y PURGAS DE NEUMATICO DE LOS MOTORES. ADICIONAL A ESTOS FACTORES, LA LONGITUD DE PISTA PARA DESPEGUE TAMBIEN DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DECISION (V_1) SELECCIONADA. ADEMAS, AL OPERAR CON UN PESO BRUTO, MENOR QUE EL CORRESPONDIENTE A LAS CONDICIONES DE PISTA LA VARIACION DE (V_1) SE PUEDE USAR PARA OBTENER UNA MAYOR FLEXIBILIDAD EN LA UTILIZACION DE LAS DISTANCIAS DE ACELERACION-ASCENSO Y ACELERACION-PARADA.

22

DESPEGUE

EL PESO DE DESPEGUE SE VE LIMITADO POR:

- LA LONGITUD DE PISTA.
- TEMPERATURA.
- ELEVACION.
- PENDIENTE.
- VIENTO.
- LIMITE DE VELOCIDADES DE LLANTAS Y FRENOS.

23

REQUERIMIENTOS DE GRADIENTE

EL GRADIENTE DE ASCENSO USADO EN LOS CALCULOS DE RENDIMIENTO DURANTE LOS DIFERENTES SEGMENTOS DE LA TRAYECTORIA DE VUELO, ES BASICAMENTE UN PORCENTAJE DE LA DISTANCIA HORIZONTAL RECORRIDA, CON VIENTO CERO; EN OTRAS PALABRAS, SI EL GRADIENTE DE ASCENSO ES 2.4%, SE REQUIERE QUE POR CADA 1 000 PIES RECORRIDOS HORIZONTALMENTE, EL AVION DEBE ASCENDER 24 PIES.

2.4

LIBRAMIENTO DE OBSTACULOS

EL REQUERIMIENTO PARA LIBRAR OBSTACULOS ES UN TIPO DE EXTENSION, EL CUAL DEMANDA QUE LA TRAYECTORIA DE VUELO NETA LIBRE TODOS LOS OBSTACULOS CON UNA SEPARACION DE 35 PIES VERTICALMENTE, A MENOS QUE ESTOS SE ENCUENTREN A 200 PIES, HORIZONTALMENTE, DENTRO DE LOS LIMITES DEL AEROPUERTO O A 300 PIES, HORIZONTALMENTE, CUANDO SE ENCUENTREN FUERA DE LOS LIMITES DEL AEROPUERTO. PARA DETERMINAR LOS RENDIMIENTOS DE LA TRAYECTORIA DE VUELO, EL AVION NO DEBE INCLINARSE ANTES DE ALCANZAR LOS 50 PIES Y POSTERIORMENTE EL ANGULO MAXIMO DE INCLINACION ES DE 15°.

2.5

LA TRAYECTORIA DE VUELO NETA SE DETERMINA REDUCIENDO EL GRADIENTE DE ASCENSO CON VIENTO CERO, UN 0.8% Y DESPUES CORREGIR POR VIENTO. CON VIENTO CERO ESTO RESULTA EN UNA EXTENSION DEL LIBRAMIENTO IGUAL A 35 PIES MAS EL 0.8% DE LA DISTANCIA DESDE EL FINAL DE LA LONGITUD DE DESPEGUE REQUERIDA HASTA EL OBSTACULO.

LOS DIFERENTES SEGMENTOS DE LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE-VUELO SON APPLICABLES EN EL CASO DE UNA FALLA DE MOTOR EN V_{1} , DONDE LOS OBSTACULOS NECESITAN SER CONSIDERADOS EN LA TRAYECTORIA DE VUELO. PUESTO QUE EL PROBLEMA DE LIBRAR OBSTACULOS DEPENDE DE LA ALTURA DEL OBSTACULO Y SU DISTANCIA AL UMBRAL DE LA PISTA, CADA PISTA DEBE SER ANALIZADA PARA ESTAR SEGUROS QUE EL OBSTACULO SE LIBRA APROPIADAMENTE.

26

PRIMER SEGMENTO DE ASCENSO AL DESPEGUE

EN ESTE SEGMENTO LAS ALETAS Y EL TREN DE ATERRIZAJE ESTAN ABAJO. EL GRADIENTE, SIN EFECTO DE TIERRA, DEBE SER POSITIVO EN TODOS LOS PUNTOS.

SEGUNDO SEGMENTO DE ASCENSO AL DESPEGUE

ESTE SEGMENTO SE INICIA EN EL MOMENTO QUE EL TREN DE ATERRIZAJE ESTA TOTALMENTE RETRACTADO Y TERMINA HASTA QUE EL AVION ALCANZA UNA ALTURA DE POR LO MENOS 400 PIES SOBRE LA PISTA (122 MTS). SE VUELA A LA VELOCIDAD V_2 Y DEBE TENER UN GRADIENTE MINIMO DE 2.4%, CUANDO TREN ARRIBA.

27

LA TRAYECTORIA DE VUELO COMIENZA DONDE TERMINA LA DISTANCIA DE DESPEGUE, ES DECIR, A 35 PIES DE ALTURA SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE Y CONTINUA HASTA EL PUNTO DONDE SE ALCANZAN 1 500' SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE O EN EL PUNTO DONDE SE OBTIENEN LA VELOCIDAD DE ASCENSO EN EL SEGMENTO FINAL Y LA CONFIGURACION DE RUTA, LA QUE SEA MAYOR.

SEGMENTO DE TRANSICION

ESTE SEGMENTO COMIENZA A LOS 400 PIES (122 MTS). SOBRE LA PISTA VOLANDO A V_2 EN LA CONFIGURACION DE DESPEGUE (TREN COMPLETAMENTE RETRACTADO) Y CON EMPUJE DE DESPEGUE.

EL SEGMENTO FINALIZA EN EL PUNTO DONDE SE ALCANCEN MAS DE:

- A. 1500 PIES (457 MTS) SOBRE LA PISTA O:
- B. LA ALTURA SOBRE LA PISTA EN LA QUE SE ALCANCEN LA CONFIGURACION DE RUTA Y LA VELOCIDAD DE ASCENSO DEL SEGMENTO FINAL.

EL GRADIENTE DISPONIBLE DEBE SER CUANDO MENOS DE 1.2% EN TODO EL SEGMENTO.

EL PERFIL DE LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE DURANTE EL SEGMENTO DE TRANSICION VARIARA DEPENDIENDO DE LA LOCALIZACION DE LOS OBSTACULOS Y SU ALTURA. LA ALTURA QUE SE USARA PARA LA ACELERACION, DEBE SER DETERMINADA DURANTE EL ANALISIS PARA LIBRAMIENTO DE OBSTACULOS. ADEMAS, PARA ASEGURAR QUE EL GRADIENTE DE 1.2% ESTARA DISPONIBLE ANTES DE ALCANZAR LA CONFIGURACION DE AVION LIMPIO, LA ALTURA PARA LA ACELERACION SE DEBE SELECCIONAR DE TAL MANERA QUE LA RETRACCION DE ALETAS Y SLATS SE COMPLETE ANTES DE TERMINAR EL EMPUJE DE DESPEGUE PARA LAS POSICIONES DE 0° A 13°, Y QUE LA RETRACCION DE ALETAS EN LAS POSICIONES DE 15° A 24° SE EFECTUE TOTALMENTE ANTES DE HACER LA REDUCCION DE EMPUJE DE DESPEGUE. 30

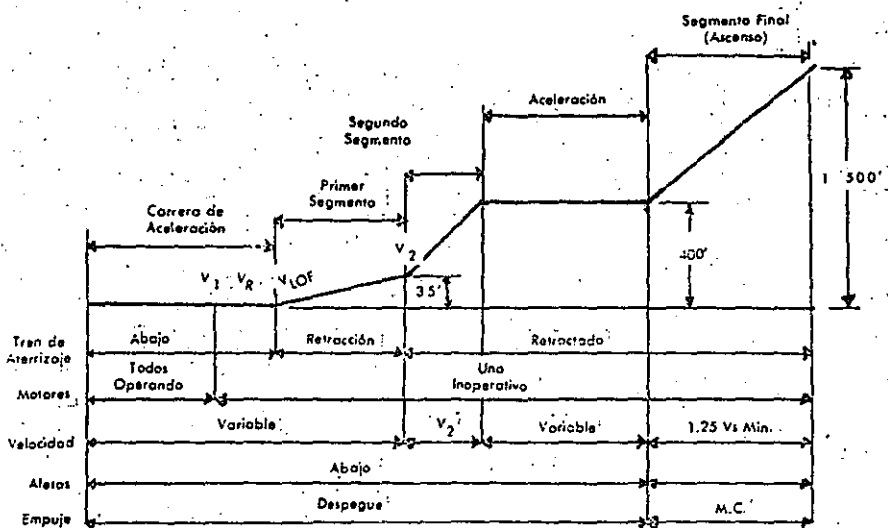
ADEMAS, PARA ALCANZAR EL GRADIENTE DE ASCENSO DE 1.2% EN LA CONFIGURACION DE AVION LIMPIO, ALGUNAS VECES SE REQUIEREN RESTRICCIONES AL PESO CUANDO EL EMPUJE SE REDUCE AL MAXIMO CONTINUO, AL FINALIZAR EL TIEMPO LIMITE DE 5 MINUTOS DE EMPUJE DE DESPEGUE. DE SER ASI, LAS RESTRICCIONES AL PESO, QUE SE APLICAN EN LAS LIMITACIONES DE PESO EN EL SEGUNDO SEGMENTO, SE PRESENTAN EN LA CARTA TITULADA LIMITES EN LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE.

LAS VELOCIDADES PARA LA RETRACCION DE ALETAS Y SLATS HAN SIDO SELECCIONADAS PARA PROPORCIONAR LOS MARGENES ADECUADOS ARRIBA DEL DESPLOME, SIEMPRE Y CUANDO SE RETRACTEN PRIMERO LAS ALETAS Y DESPUES LOS SLATS. 31

SEGMENTO FINAL DE ASCENSO AL DESPEGUE

CUANDO EL AVION ALCANZA EL PUNTO FINAL EN LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE A 1 500 PIES (457 MTS) SOBRE EL AEROPUERTO, O UNA ALTURA MAYOR, SI ES NECESARIO LIBRAR OBSTACULOS, EL GRADIENTE DISPONIBLE DEBE SERAL MENOS DE 1.2%, USANDO EMPUJE MAXIMO CON TREN ARRIBA, ALETAS ARRIBA Y SLATS RETRACTADOS Y LA VELOCIDAD QUE SE TENGA AL FINAL DEL SEGUNDO SEGMENTO. LAS LIMITACIONES DE PESO EN EL SEGUNTO FINAL SE DETERMINAN A UNA ALTURA DE 1 500 PIES SOBRE EL AEROPUERTO. 32

TRAYECTORIA DE DESPEGUE

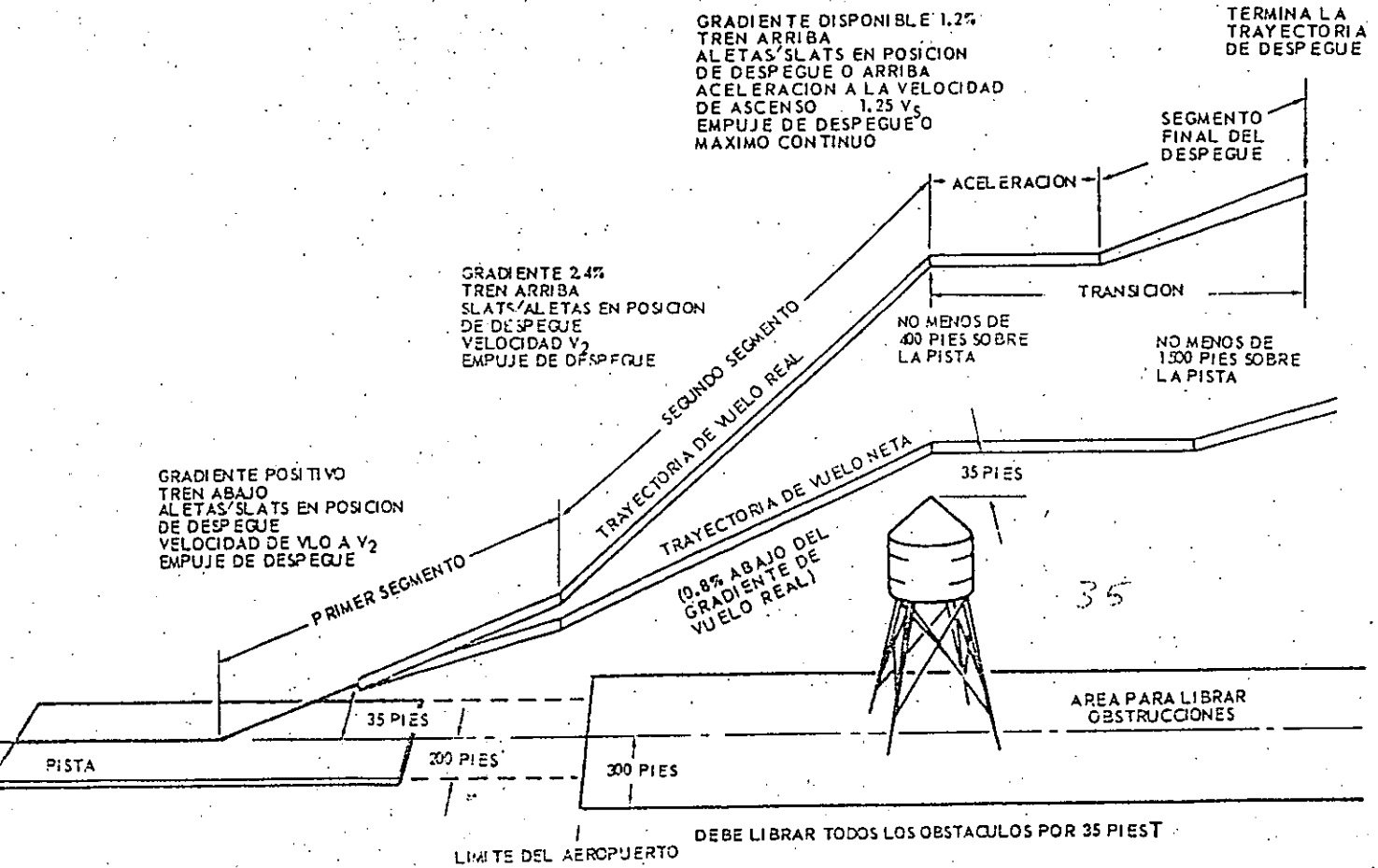


33

PARTE DEL AVION		PRIMER SEGMENTO	SEGUNDO SEGMENTO	TRANSICION (ACELERACION)	SEGMENTO FINAL
MOTORES	Dos	Positivo	2.4%	Positivo	1.2%
	Tres	0.03%	2.7%	Positivo	1.5%
	Cuatro	0.5%	3.0%	Positivo	1.7%
Aletas		Desp.	Desp.	Desp.	Arriba
Tren de ATS		Abajo	Arriba	Arriba	Arriba
Motores		Uno Inop.	Uno Inop.	Uno Inop.	Uno Inop.
Empuje		Desp.	Desp.	Desp.	M.C.
Velocidad Ind.		$V_{LOF} - 1/2$	V_2	$V_2 = 1.25 V_s \text{ Min.}$	$1.25 V_s \text{ Min.}$

34

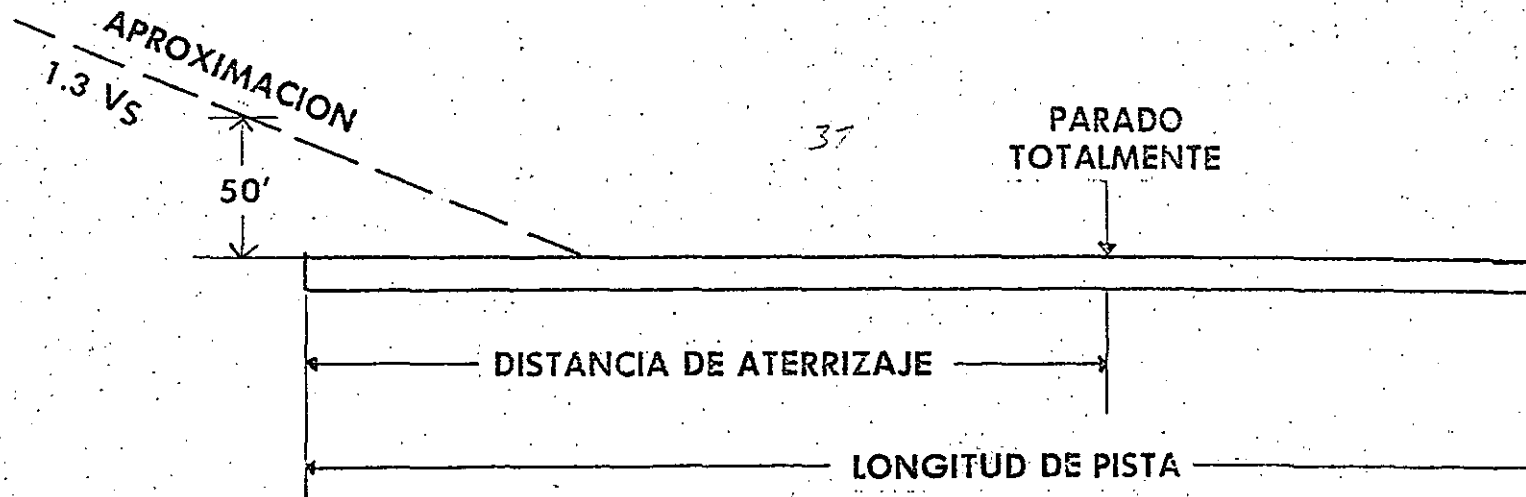
PERFIL DE LA TRAYECTORIA DE DESPEGUE



DISTANCIA DE ATERRIZAJE

ES LA DISTANCIA NECESARIA PARA HACER CONTACTO CON EL TERRENO Y LOGRAR DETENERSE TOTALMENTE DESDE UNA ALTURA DE 50 PIES, SOBRE EL UMBRAL DE LA PISTA Y A UNA VELOCIDAD DE 1.3 VSO. ESTA DISTANCIA NO DEBE SUPERAR AL 60% DE LA PISTA DISPONIBLE EN EL AEROPUERTO DE DESTINO, NI MAYOR AL 60% DE LA DEL AEROPUERTO ALTERNO.

DISTANCIA DE ATERRIZAJE



ASCENSO EN LA APROXIMACION

CON EL MOTOR CRITICO INOPERATIVO EL PESO DE ATERRIZAJE DEBE SER TAL QUE EN UNA CONFIGURACION DE APROXIMACION SEA POSIBLE REALIZAR UNA IDA AL AIRE O UNA APROXIMACION FALLIDA, CUMPLIENDO CON UN CIERTO GRADIENTE MINIMO DE ASCENSO.

STOPWAY

ZONA DE PARADA

LA ZONA DE PARADA ES UN AREA QUE SE EXTIENDE MAS ALLA DE LA PISTA, CUYA ANCHURA NO EXCEDE EL ANCHO DE PISTA, SE LOCALIZA EN LA EXTENSION DE LA LINEA CENTRAL DE LA PISTA, Y ESTA DESTINADA POR LAS AUTORIDADES DEL AEROPUERTO PARA USARSE EN EL FRENADO DEL AVION EN EL CASO DE UN DESPEGUE ABORTADO. PARA CONSIDERARSE COMO ZONA DE PARADA LA SUPERFICIE DEBE SER CAPAZ DE SOPORTAR AL AVION DURANTE UN DESPEGUE ABORTADO, SIN INDUCIR DAÑOS ESTRUCTURALES AL AVION. PARA EMPLEARSE LAS CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE PARADA NO DEBEN DIFERIR DE LA DE UNA SUPERFICIE DE PISTA DURA Y SIN PROTUBERANCIAS. 39

○ CLEARWAY

40

Para propósitos de evaluación de rendimientos de despegue, la zona libre de obstáculos y la zona de parada, según FAR25, se definen como:

- a. Zona libre de Obstáculos (Clearway).- La zona libre de obstáculos es un área más allá de la pista no menor de 500 pies de espesor, localizada en la extensión de la línea central de la pista, y bajo el control de las autoridades del Aeropuerto. Esta zona se expresa como un plano libre de obstrucciones, que se extiende desde el final de la pista con una pendiente hacia arriba que no excede el 1.25 por ciento; sobre dicho plano no existen objetos o salientes del terreno, a excepción de las luces de umbral, siempre y cuando la altura de ellas no sea mayor de 26 plg. y estén instaladas a cada lado de la pista.

NOTA: A fin de establecer la distancia y la carrera de despegue, el plano de la zona libre de obstáculos se considera como la superficie de despegue.

CARRERA DE DESPEGUE

LA CARRERA DE DESPEGUE (PISTA REQUERIDA) ES LA MAYOR DE:

- A. EL 115% DE LA DISTANCIA DONDE SE INICIA LA CARRERA DE DESPEGUE HASTA EL PUNTO MEDIO ENTRE EL INSTANTE EN QUE EL TREN PRINCIPAL PIERDE CONTACTO CON LA PISTA Y UNA ALTURA DE 35 PIES SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE*, CON AMBOS MOTORES OPERANDO.
- B. LA DISTANCIA DONDE SE INICIA LA CARRERA DE DESPEGUE AL PUNTO MEDIO ENTRE EL INSTANTE EN QUE EL TREN PRINCIPAL PIERDE CONTACTO CON LA PISTA Y UNA ALTURA DE 35 PIES SOBRE LA SUPERFICIE DE DESPEGUE*, CON FALLA DE MOTOR AL ALCANZAR V_1 . 41

NOTA: * A FIN DE ESTABLECER LA DISTANCIA Y LA CARRERA DE DESPEGUE, EL PLANO DE LA ZONA LIBRE DE OBSTACULOS, TAMBIEN SE CONSIDERA EN LA SUPERFICIE DE DESPEGUE.

LA LONGITUD DE PISTA DISPONIBLE MAS LA ZONA LIBRE DE OBSTACULOS DEBE SER IGUAL O MAYOR QUE LA DISTANCIA DE DESPEGUE. LA LONGITUD DE PISTA DISPONIBLE DEBE SER MAYOR O IGUAL QUE LA CARRERA DE DESPEGUE. LA LONGITUD DE PISTA DISPONIBLE MAS LA ZONA DE PARADA, DEBE SER MAYOR O IGUAL QUE LA DISTANCIA DE ACELERACION-PARADA. 42



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 OCT.
MEXICO, D.F.

DEPOSITO DE COMBUSTIBLES EN AEROPUERTOS

1986



DEPÓSITO DE COMBUSTÍVEIS EM
AEROPORTOS
Especificação

PROJETO
8:02.04-001
MAR/1985

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis de localização, dimensão e disposição das instalações para armazenamento e distribuição de combustíveis em aeroportos.

2 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, são adotadas as definições de 2.1 a 2.23.

2.1 Depósito de combustíveis

Conjunto de instalações fixas, compreendendo tanques, equipamentos e edifícios de administração e manutenção com a finalidade de receber, armazenar e distribuir combustíveis de aviação.

2.2 Hidrante

Conjunto constituído basicamente de caixa e válvula tipo autovedante instalado no pátio de estacionamento, destinado a suprir combustível.

2.3 Sistema de hidrantes

Conjunto constituído de tubulações e hidrante destinado a permitir o abastecimento de aeronaves com o combustível proveniente do depósito de combustíveis.

2.4 Carreta de hidrante

Equipamento móvel, constituído basicamente de carretéis de mangueira e sistemas de medição, filtragem e controle, destinado a abastecer a aeronave, mediante acoplamento ao hidrante.

2.5 Servidor

Veículo autopropulsado, constituído basicamente de carretéis de mangueira e sis

CB-8 - COMITÊ BRASILEIRO DE AERONÁUTICA E TRANSPORTE AEREO
CE-8:02.04 - COMIS. DE EST. DE ARMAZ. E DIST. DE COMB. E LUBRIFICANTES EM AEROPORTOS
Este Projeto foi baseado na norma NB-216 e Decreto 83399 de 03.05.79
1º Projeto de Norma

SISTEMA NACIONAL DE
METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO
E QUALIDADE INDUSTRIAL

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE NORMAS TÉCNICAS

Palavras-chave:

CDU:

Todos os direitos reservados

10 páginas



DEPÓSITO DE COMBUSTÍVEIS EM AEROPORTOS

Projeto
8:02.04-001

Especificação

MAR/1985

1º Projeto de Norma

APRESENTAÇÃO

I) Este Projeto de Norma:

- 1) foi elaborado pela CE-8:02.04 - Comissão de Estudo de Armazenamento e Distribuição de Combustíveis e Lubrificantes em Aeroportos, do Comitê Brasileiro de Aeronáutica e Transporte Aéreo;
- 2) foi baseado na norma NB-216 - Armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos - Procedimento e Decreto nº 83399 de 03.05.79 (DOU 04.05.79);
- 3) recebe sugestões de forma e objeções de mérito até a data estipulada na circular correspondente;
- 4) não tem valor normativo.

II) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

CECIA/DAC/AERONÁUTICA	- João G. Rosas
DIRETORIA DE ENGENHARIA DO M. Aer.	- Amadeu Martins da Silva - Francisco M. F. Mesquita
ESSO	- Antonio S. B. Sampaio
INFRAERO	- Adolfo T. Shiba - Mozart Mascarenhas Alemão
PETROBRÁS - DISTRIBUIDORA	- José Roberto H. Hall
SHELL	- Manoel Luiz Ferreira
TEXACO	- Henrique J. Kerbel

Henrique Arantes do Prado
Luz. Com

2.15 Bacia de contenção

Região limitada por depressão no terreno ou por diques, destinada a conter derrames de combustíveis.

2.16 Pátio de estacionamento de aeronaves

Área do aeroporto destinada ao estacionamento das aeronaves para as operações de embarque/desembarque, abastecimento, comissaria e demais serviços, exceto manutenção.

2.17 Área de cota nula

Área retangular que envolve a pista de pouso, de dimensões definidas, onde não são permitidos quaisquer obstáculos que ultrapassem os gabaritos estabelecidos.

2.18 Superfície de aproximação

Superfície imaginária, com declividade estabelecida, que, iniciando-se na área de cota nula, estende-se no sentido longitudinal da pista até a altura de 60 m acima da elevação do ponto de referência do aeródromo.

2.19 Superfície de transição

Superfície imaginária com declividade de 1:7 que, iniciando-se na área de cota nula, estende-se no sentido transversal da pista até a altura de 60 m acima da elevação do ponto de referência do aeródromo.

2.20 Área de aproximação

Área definida pela projeção horizontal, em planta, da superfície de aproximação, onde não são permitidos quaisquer obstáculos que ultrapassem a referida superfície.

2.21 Área de transição

Área definida pela projeção horizontal, em planta, da superfície de transição, onde não são permitidos quaisquer obstáculos que ultrapassem a referida superfície.

2.22 Pista de pouso

Área retangular definida em um aeródromo terrestre, preparada para o pouso e decolagem de aeronaves.

2.23 Pista de rolamento

Via pavimentada em um aeródromo terrestre destinada ao trânsito de aeronaves entre as pistas e os pátios de estacionamento de aeronaves.

temas de medição, filtragem e controle, destinado a abastecer a aeronave mediante acoplamento ao hidrante.

2.6 Carro abastecedor

Veículo autopropulsado, constituído basicamente de tanque, carretéis de mangueira e sistemas de bombeamento, filtragem, medição e controle, destinado a transportar o combustível do depósito de combustíveis até a aeronave e efetuar o seu abastecimento.

2.7 Gabinete de abastecimento

Conjunto fixo constituído basicamente de carretéis de mangueira e sistemas de medição e filtragem, situado à margem do pátio de estacionamento, destinado ao abastecimento de aeronaves.

2.8 Tanque

Reservatório metálico, cilíndrico, especialmente construído para o recebimento, armazenamento, distribuição e/ou operações auxiliares com os combustíveis de aviação.

2.9 Tanque vertical

Tanque cujo corpo cilíndrico se apoia sobre o solo e/ou estrutura de sustentação pela base.

2.10 Tanque horizontal

Tanque cujo corpo cilíndrico se apoia sobre o solo ou estrutura de sustentação pela superfície lateral.

2.11 Tanque elevado

Tanque instalado acima do solo e sustentado ou não por qualquer tipo de estrutura.

2.12 Tanque semi-enterrado

Tanque instalado parcialmente abaixo do nível do solo.

2.13 Tanque subterrâneo

Tanque instalado abaixo do nível do solo.

2.14 Dique

Estrutura de contenção construída em terra compactada, concreto ou outro material adequado circundando a área de tanques.

3.1.8 Nos locais onde houver possibilidade de derrame dos combustíveis de aviação, tais como plataforma de descarga e enchimento de carros-transportadores/abastecedores e bacia dos tanques, deve ser prevista a instalação de caixa separadora de água e óleo e canaletas de captação, interligadas à rede de drenagem do aeroporto.

4 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

4.1 Localização dos depósitos de combustíveis

Os depósitos de combustíveis devem, como norma geral, ser implantados o mais afastados possível das seguintes zonas do aeródromo:

- a) áreas de aproximação;
- b) áreas de cota nula da pista de pouso e área de proteção da pista dentro do terminal;
- c) áreas vizinhas ao pátio de estacionamento de aeronaves.

A implantação de um depósito nestas áreas ou suas vizinhanças deve atender às restrições contidas nesta Norma, particulares a cada caso.

4.1.1 Áreas de aproximação

Sua localização e dimensões são indicadas na Figura 2.

A implantação de um depósito nesta área será permitida, obedecidos os critérios abaixo:

- a) se localizados entre a distância P recomendada para a classe do aeródromo e 1400 m da cabeceira da pista, todos os tanques de armazenagem devem ser subterrâneos e as demais edificações devem estar dentro dos limites de altura estabelecidos para a área;
- b) se localizados além de 1400 m da cabeceira da pista, os tanques podem ser subterrâneos ou elevados, mas suas alturas e a das demais edificações devem respeitar os limites de altura estabelecidos para a área.

Qualquer que seja o afastamento da cabeceira da pista, a localização de depósitos nesta área deve ser feita evitando o alinhamento do eixo da pista.

As alturas das edificações, nesta área, devem ser inferiores às obtidas pela fórmula:

$$H = \frac{D - P + 50}{50}$$

Onde:

H = altura máxima permissível de construção, em metros.

D = distância entre a cabeceira mais próxima da pista e a projeção ortogonal da construção sobre o prolongamento do eixo da pista, em metros.

P = distância sobre o prolongamento do eixo da pista medida entre sua cabeceira mais próxima e o limite da área de cota nula, em metros.

h = diferença de cotas entre a cabeceira da pista e o terreno onde está situada a construção; "h" é positivo ou negativo, segundo a cota de terreno seja inferior ou superior à da cabeceira da pista, respectivamente.

A localização de depósitos nesta área deve ser feita considerando a possibilidade de ampliação da pista, levando em conta, para efeito de implantação, o futuro comprimento da pista.

4.1.2 Área de cota nula da pista de pouso

Sua localização e dimensões são as indicadas na Figura 2.

Não é permitida a localização de depósitos nesta área.

4.1.3 Área de transição

Sua localização e dimensões são as indicadas na Figura 2.

Podem ser implantados depósitos desde que os tanques e as demais edificações respeitem o limite de altura estabelecido para a área de transição.

As alturas das edificações, na área de transição, devem ser inferiores às obtidas pela fórmula:

$$H = \frac{C - L + 7a}{7}$$

Onde:

H = altura máxima permissível de construção, em metros.

C = distância da edificação em relação ao eixo da pista de pouso, em metros.

L = distância entre o eixo de pouso e o limite lateral da área de cota nula, em metros.

a = diferença de cotas entre o ponto mais próximo do eixo da pista e o terreno onde está situada a construção; "a" é positivo ou negativo, segundo a cota do terreno seja inferior ou superior à do eixo da pista, respectivamente.

interior das bacias por dois pontos, no mínimo.

4.3.1.4 Deve ser prevista a instalação de drenos pluviais nas bacias de contenção.

4.3.1.5 As bacias devem sempre possuir dreno com válvula de bloqueio, externa à bacia, dimensionado adequadamente, de modo a eliminar risco de transbordamento.

4.3.1.6 É permitida a instalação de uma fileira de tanques não adjacentes a uma via, desde que seja garantido fácil acesso para proteção a incêndio.

4.3.2 Espaçamento entre costados de tanques

4.3.2.1 Para os tanques verticais, o espaçamento deve ser, no mínimo, igual a 1/6 da soma de suas maiores dimensões (diâmetro ou altura), não podendo ser inferior a 2 m.

4.3.2.2 O espaçamento entre dois tanques horizontais, quaisquer que sejam os produtos armazenados, deve ser o seguinte:

- a) tanques até 70 m^3 , espaçamento de 1,0 m;
- b) tanques de 70 m^3 a 120 m^3 , espaçamento de 1,50 m.

4.3.2.3 Tanques horizontais de capacidade superior a 120 m^3 devem atender ao item 4.3.2.1.

4.3.2.4 O espaçamento entre um tanque horizontal e outro vertical deve ser, no mínimo, de 2 m.

4.3.3 Distância dos tanques aos limites do depósito de combustíveis

4.3.3.1 A distância mínima do costado de um tanque vertical ao limite do depósito deve ser igual a duas vezes a maior dimensão do tanque, respeitando-se um mínimo de 15 m, e não necessitando ultrapassar 45 m.

4.3.3.2 No caso da área adjacente ser outro depósito de combustíveis, os valores estabelecidos no item 4.3.3.1 podem ser reduzidos até a metade da maior dimensão do tanque, não podendo ser, entretanto, inferior a 7,50 m.

4.3.3.3 Para tanques horizontais, a distância deve ser, no mínimo, igual a 10 m, independente de suas dimensões.

4.3.3.4 No caso da área adjacente ser outro depósito de combustíveis, o valor estabelecido no item 4.3.3.3, pode ser reduzido a 5 m.

Nota: As distâncias a que se referem os itens 4.3.3.3 e 4.3.3.4 dizem respeito ao espaçamento entre o costado e os limites da área.

4.1.4 Área de proteção das pistas de rolamento

Área que se estende ao longo da pista de rolamento com eixo comum à mesma e largura de 120 m.

Não é permitida a localização de depósitos nesta área.

4.1.5 Áreas vizinhas ao pátio de estacionamento

Os depósitos localizados nesta área devem guardar uma distância mínima de 65 m dos limites da borda do pátio de estacionamento e respeitar os limites de altura estabelecidos em 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3.

Esta distância pode ser reduzida até o limite mínimo de 10 m da borda do pátio, nos casos de pequenas instalações, com capacidade de armazenagem de até 50000 L, com os tanques totalmente enterrados, destinados exclusivamente à gasolina de aviação.

4.2 Dimensões dos depósitos de combustíveis

Para fins de planejamento quanto à reserva de área destinada a cada depósito de combustíveis, recomenda-se adotar as dimensões dadas abaixo, em função do consumo mensal de combustíveis de aviação, estimado para o aeroporto :

- a) até 300 m^3 → 40 m x 40 m;
- b) de 300 m^3 a 1000 m^3 → 50 m x 50 m;
- c) acima de 1000 m^3 → estudar cada caso.

4.3 Requisitos para a disposição dos depósitos

4.3.1 Disposição dos tanques e volumes das bacias

4.3.1.1 Os tanques devem ser agrupados dentro de uma mesma bacia, desde que a soma das capacidades destes tanques não exceda 40000 m^3 .

Nesse grupo, cada tanque com capacidade igual ou superior a 1600 m^3 ou grupo de tanques cuja capacidade total não exceda 2400 m^3 deve ser separado dos demais tanques por um dique de 0,45 m de altura.

Dispensa-se a bacia para tanques subterrâneos.


4.3.1.2 A capacidade de uma bacia de contenção deve ser, no mínimo, igual à capacidade do maior tanque, mais 10% da soma das capacidades dos demais tanques encerrados nesta bacia.

4.3.1.3 A altura máxima para os diques, medida por dentro da bacia, deve ser de 3 m. Entretanto, para alturas internas superiores a 1,80 m deve haver acesso ao

4.3.4 Distância dos tanques às edificações e vias internas e às plataformas de carga e descarga de produto

4.3.4.1 Para tanques verticais, a distância deve ser, no mínimo, igual à meta de da maior dimensão do tanque, não podendo ser inferior a 5,0 m.

4.3.4.2 Para tanques horizontais, a distância deve ser, no mínimo, igual a 3,0 m.


Henrique Antonio de Paula
Coord. Dep. Cote



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO XIV CURSO DE INGENIERIA DE EROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 OCTUBRE
MEXICO D.F.

DESENVOLVIMIENTO DE EQUIPAMIENTOS
PARA UNA TRANSPORTE AEREO

1986

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS PARA O TRANSPORTE AÉREO - "AVIONICS"

AVIONICS = AVI ation + electr ONICS

- 1910-1925 Virtualmente não tínhamos indústria de transporte aéreo; também não tínhamos demanda.
- 1925-1935 As operações de transporte aéreo datam da metade deste período, após o que os equipamentos de giro superaram alguns problemas e alguns auxílios - rádio foram introduzidos. O rádio ainda era rudimentar.
- 1935-1945 Com a 2ª Grande Guerra Mundial houve um grande esforço técnico e começaram a aparecer uma série de equipamentos como os transceptores de VHF, Sistemas simples de piloto-automático, VOR, ILS, e outros.
- 1945-1955 Começaram as operações de transporte aéreo de curta e longa distância. As faixas (bandas) de VHF foram abertas para novos equipamentos. Radares de avião, simples, começaram a ser empregados na aviação civil.
- 1955-1965 Continuaram a ser desenvolvidos os equipamentos de auxílio à rádio navegação e sistemas mais avançados de vôo aumentaram o prazer de voar os primeiros jatos. Começaram a surgir as primeiras aplicações do computador, trazendo mais sofisticação ao vôo.
- 1965-1975 As tendências da década anterior foram consolidadas com o surgimento de sistemas de computadores básicos e o início da navegação inercial o que produziu profundos efeitos.
- 1975-1985 O computador foi sendo miniaturizado. Sensores de alta tecnologia como o OMEGA e o GIROSCÓPIO A.

LASER começaram a substituir alguns determinados produtos.

1985-1995 Os satélites começaram a servir as aeronaves; avançados sistemas de ligação de dados (data-link) alterarão radialmente as operações. Sistemas super-avançados já operam em aeronaves como os B-767, e A-310.

EQUIPAMENTOS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO E POUSO

1. INTRODUÇÃO AOS AUXÍLIOS RADIOELÉTRICOS À NAVEGAÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os sistemas eletrônicos usados no auxílio à navegação aérea dependem basicamente de:

- Transmissor e/ou receptor (na aeronave)
- Receptor e/ou transmissor (no solo)

O conjunto transmissor/receptor nos fornecem os parâmetros necessários para a obtenção da posição da aeronave.

1.2. TIPOS DE AUXÍLIO

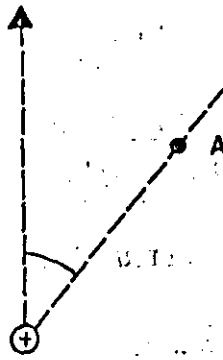
Define-se linha de posição como o lugar geométrico para os quais a informação de posição, em duas dimensões (no plano) é constante.

Os auxílios podem ser classificados, adotando-se como critério as linhas de posição geradas, assim, temos:

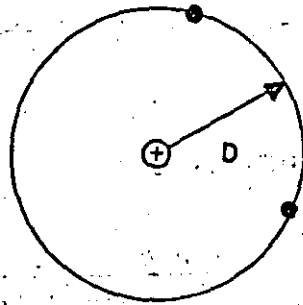
INFORMAÇÃO DADA	TIPO DE AUXÍLIO	EXEMPLO
DIREÇÃO	RADIAL	NDB/VOR
DISTÂNCIA	CIRCULAR	DME / <i>RADAR</i>
DIFERENÇA DE DISTÂNCIAS	HIPERBÓLICO	LORAN/ÔMEGA

RADIAL

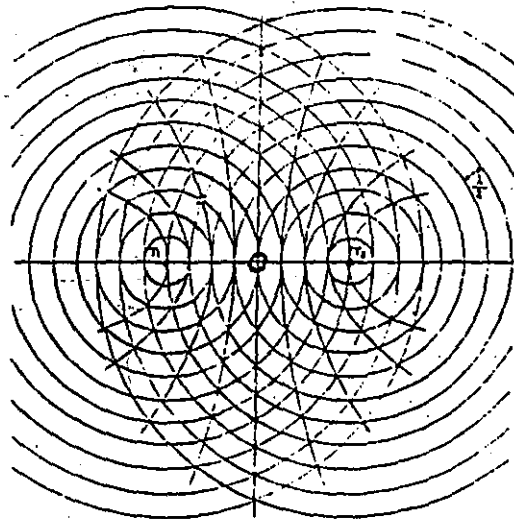
NM



CIRCULAR



HIPERBÓLICO



1.3. PRINCIPAIS AUXÍLIOS

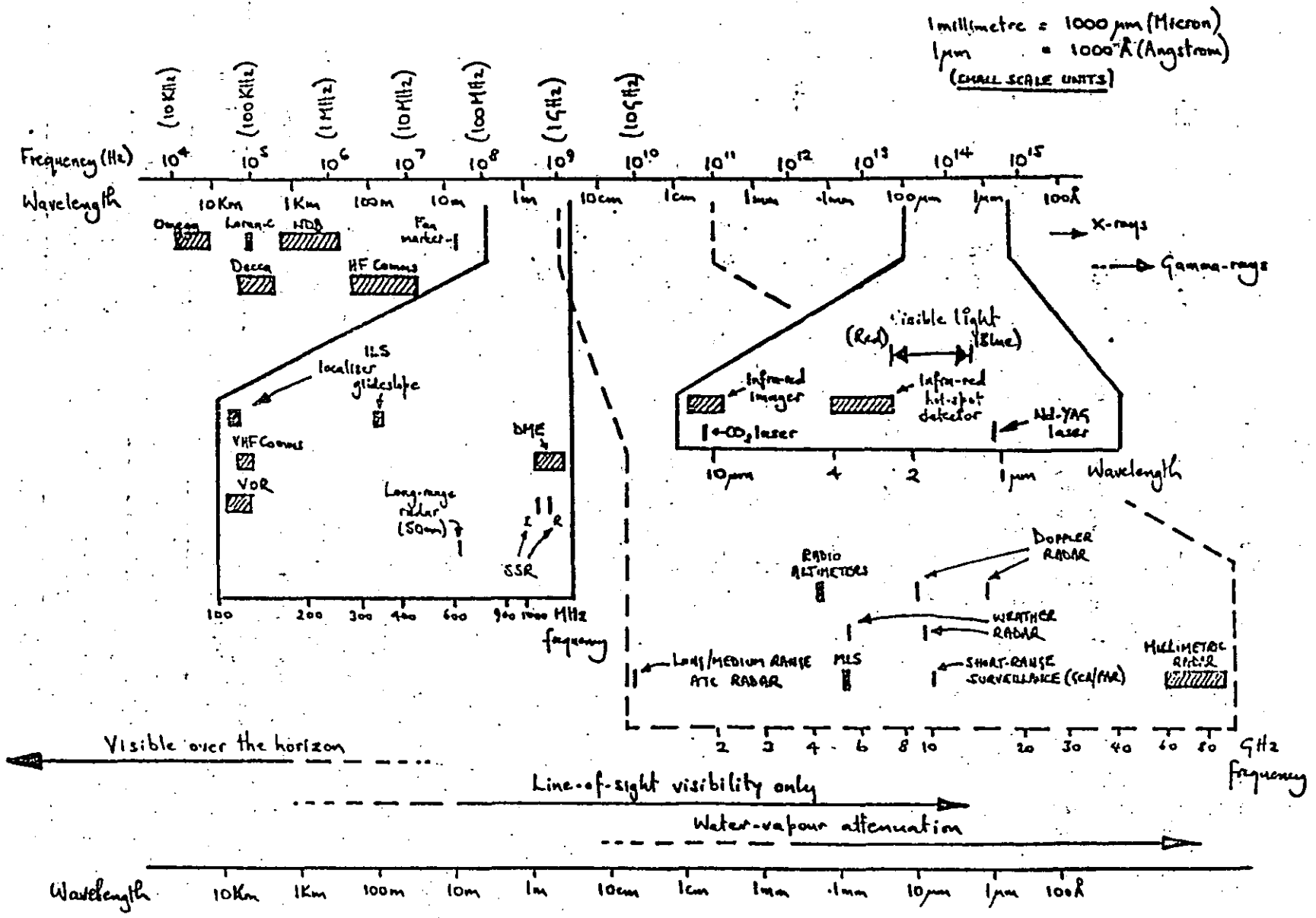
- a) NDB = Non Directional Beacon (Radiofarol) - Radial
- b) VOR = VHF Omni Range (Radiofarol Omnidirecional em VHF) - Radial
- c) DME = Distance Measuring Equipment - Circular
- d) RADAR = Radio Detection and Range - Radial/Circular
- e) LORAN = Long Range Navigation - Hiperbólico
- f) Auxílios de Aproximação de Precisão:
 - GCA/PAR = Ground Controlled Approach/Precision Approach Radar
 - ILS = Instrument Landing System
 - MLS = Microwave Landing System
- g) Auxílios Visuais
 - ALS = Approach Light System
 - VASIS = Visual Approach Slope Indicator System
 - PAPI = Precision Approach Path Indicator

1.4. ESPECTRO DE FREQUÊNCIA

Denomina-se espectro de frequência à ordenação das frequências próprias das ondas eletro-magnéticas

Frequência	Designação da Faixa
3 a 30 KHz	VLF (Freq Muito Baixa)
30 a 300 KHz	LF (Freq Baixa)
300 a 3 000 KHz (3 MHz)	MF (Freq Média)
3 a 30 MHz	HF (Freq Alta)
30 a 300 MHz	VHF (Freq Muito Alta)
300 a 3 000 MHz (3 GHz)	UHF (Freq Ultra-alta)
3 a 30 GHz	SHF (Freq Superalta)
30 a 300 GHz	EHF (Freq Extremamente Alta)

ELECTRO-MAGNETIC SPECTRUM



Abaixo da faixa de VLF temos a audiófrequência, a cima da faixa de EHF temos as faixas do infravermelho, luz visível, ultravioleta, raio X e gama.

O período de uma onda (T) e a frequência (f) guardam entre si a seguinte relação:

$$T = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{T}$$

1.5. PROPAGAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

a) Comprimento de Onda

A velocidade de propagação da luz, no espaço livre, é aproximadamente igual a 300.000km/s.

Luz => onda eletromagnética => velocidade da luz =>

As ondas eletromagnéticas se propagam a 300.000km/s.

Comprimento de onda, cujo simbolo é λ , é a distância percorrida por uma onda eletromagnética durante o tempo necessário para que a onda complete um ciclo, ou seja, durante o período T, logo:

Espaço = velocidade x tempo

$$\lambda = C \cdot T \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{C}{f}$$

Onde:

λ = comprimento de onda

c = velocidade da luz

T = período

f = frequência

O comprimento de onda é um valor importante no projeto e na seleção de antenas.

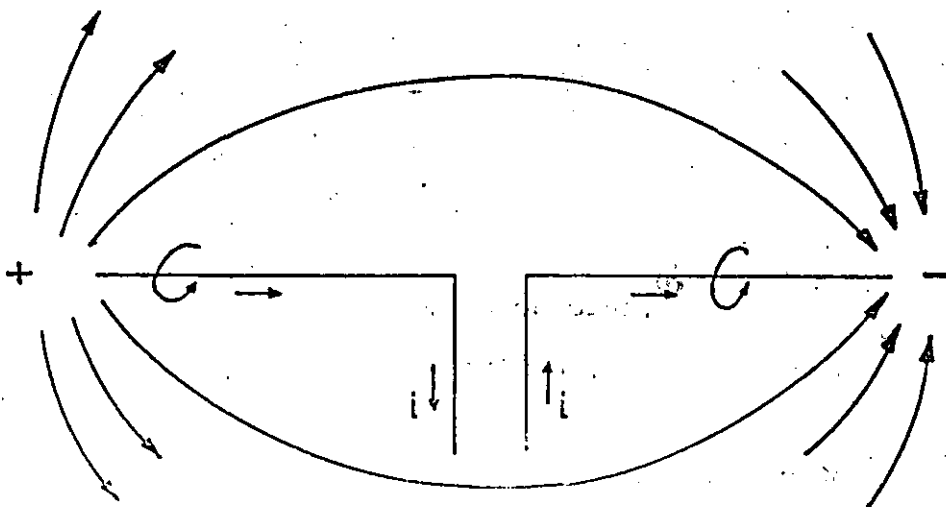
b) Tipos de Onda

- onda direta
- onda terrestre
- onda refletida
- onda ionosférica
- tropodifusão

1.6. ANTENA

É o elemento que irradia a energia eletromagnética gerada no transmissor. Dependendo do tipo de antena, a irradiação não se faz uniformemente em todas as direções, havendo direções preferenciais em que se concentram maiores porções de energia.

Os tipos mais utilizados nas telecomunicações, cada uma com suas características de ganho, diretividade, largura de feixe e outras, são: o monopolo ($l = \lambda/4$), o dipolo ($l = \lambda/2$), a rômbrica, a iagy, a log-periódica e a parabólica.



1.7. MODULAÇÃO

Uma pessoa que fala produz normalmente ondas sonoras em frequências que variam aproximadamente de 30Hz a 3.400Hz. Estas frequências podem ser transmitidas através de um fio (como no telefone), porém não podem ser irradiadas devido ao rendimento praticamente nulo.

Em radiocomunicação recorre-se à técnica da modulação, para se transmitir frequências baixas como as de áudio. Consiste em sobrepor as ondas de baixa frequência a uma frequência mais elevada, denominada portadora.

Os processos mais usados em modulação, para transmissão da voz humana são:

- modulação em amplitude (AM)
- modulação em frequência (FM)

1.7.1. Modulação em Amplitude (AM)

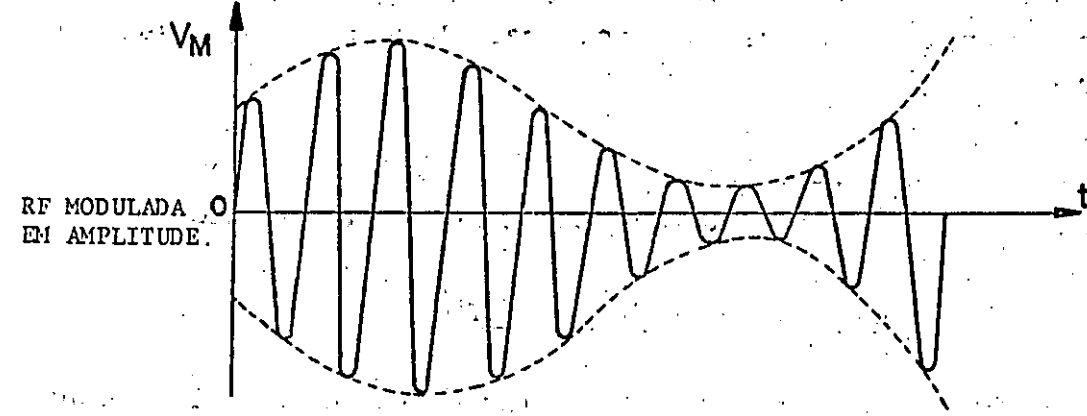
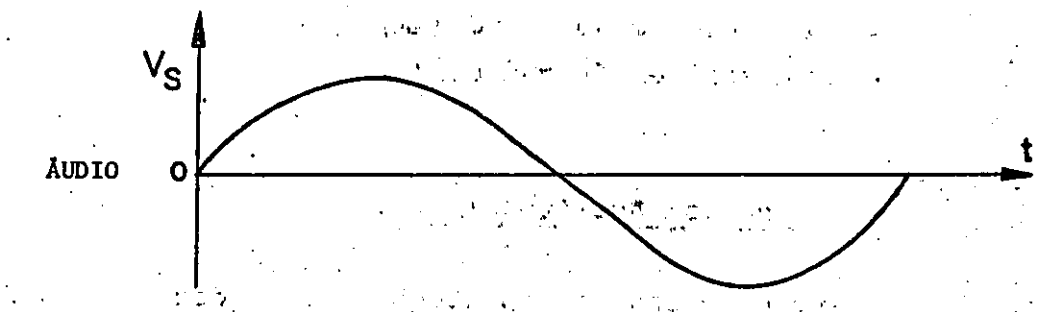
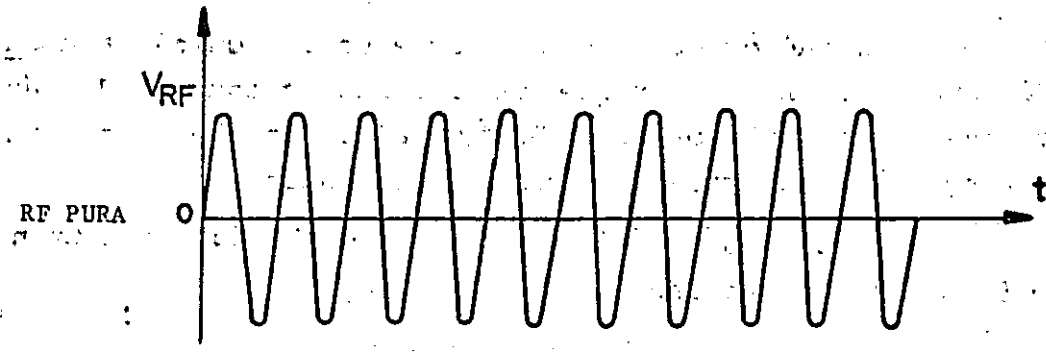
Neste processo, a amplitude da portadora varia com o sinal que contém a informação. É como se houvesse uma sobreposição.

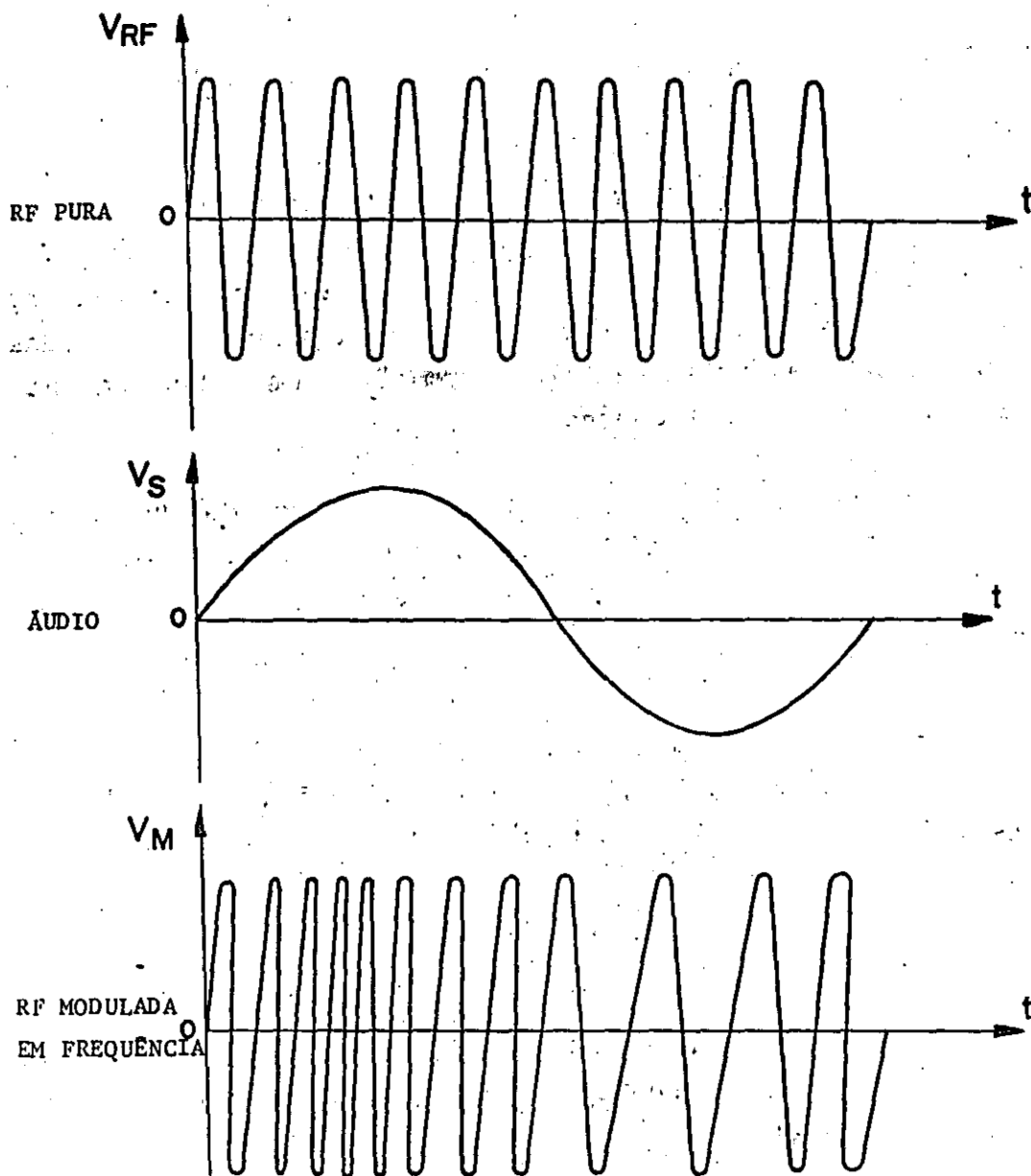
O sistema de modulação em amplitude é análogo à variação do brilho de uma fonte de luz monocromática.

1.7.2. Modulação em Frequência (FM)

Neste processo, a amplitude da portadora é constante e sua frequência varia ligeiramente em torno de uma frequência central.

Esta variação é causada pelo sinal que contém a informação e é coerente com ele. A principal vantagem do processo FM é a possibilidade de se eliminarem os efeitos dos ruídos elétricos externos (estática, descargas elétricas, centelamentos).





O sistema de modulação em frequência é análogo à variação da cor de uma fonte de luz.

1.8. COMUNICAÇÃO EM HF

A comunicação em HF utiliza uma gama de frequências que vai de 3 a 30MHz.

É muito utilizada em comunicações rádio, porque a radiação transmitida atinge camadas superiores da atmosfera, situadas entre 100 e 400km, que conduzem esta energia para locais distantes. Dependendo da hora do dia, as camadas atmosféricas variam sua altura, permitindo um funcionamento ótimo para uma dada frequência.

De um modo geral, com transmissores de 100W consegue-se alcances de até 9000km, usando-se o sistema SSB.

A frequência desejável varia em função: (a) do alcance; (b) da hora do dia, e (c) das atividades solares.

1.9. COMUNICAÇÃO EM VHF

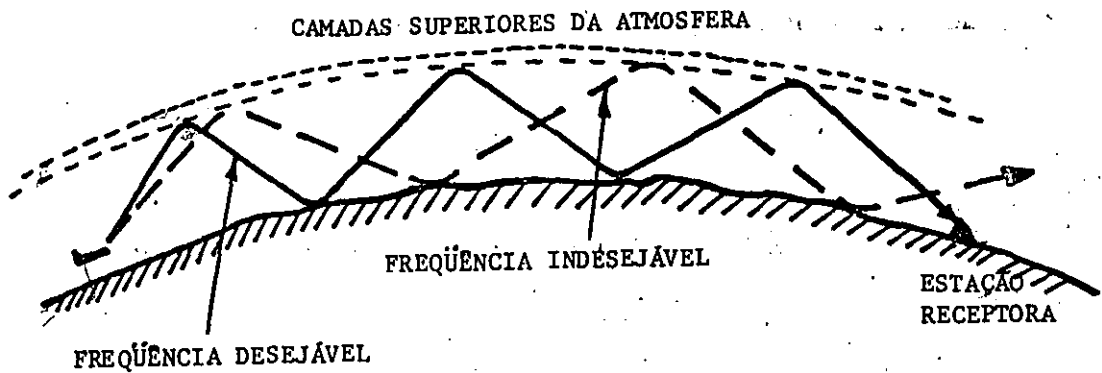
A comunicação em VHF utiliza uma gama de frequências que vai de 30 a 300MHz. Em se tratando de comunicações aeronáuticas utiliza-se a gama de 108 a 136MHz.

A aeronave e a estação de terra operam na mesma frequência, portanto, as comunicações ocorrem em série. Uma desvantagem ocorre no caso de duas aeronaves se comunicando com a estação de terra, onde uma delas está próxima à estação e a outra distante. Caso ocorra uma transmissão simultânea, somente será ouvida a estação mais próxima. Por isto existe uma frequência pré-determinada e reservada às opera-

ções de emergência, que é de 121.5MHz.

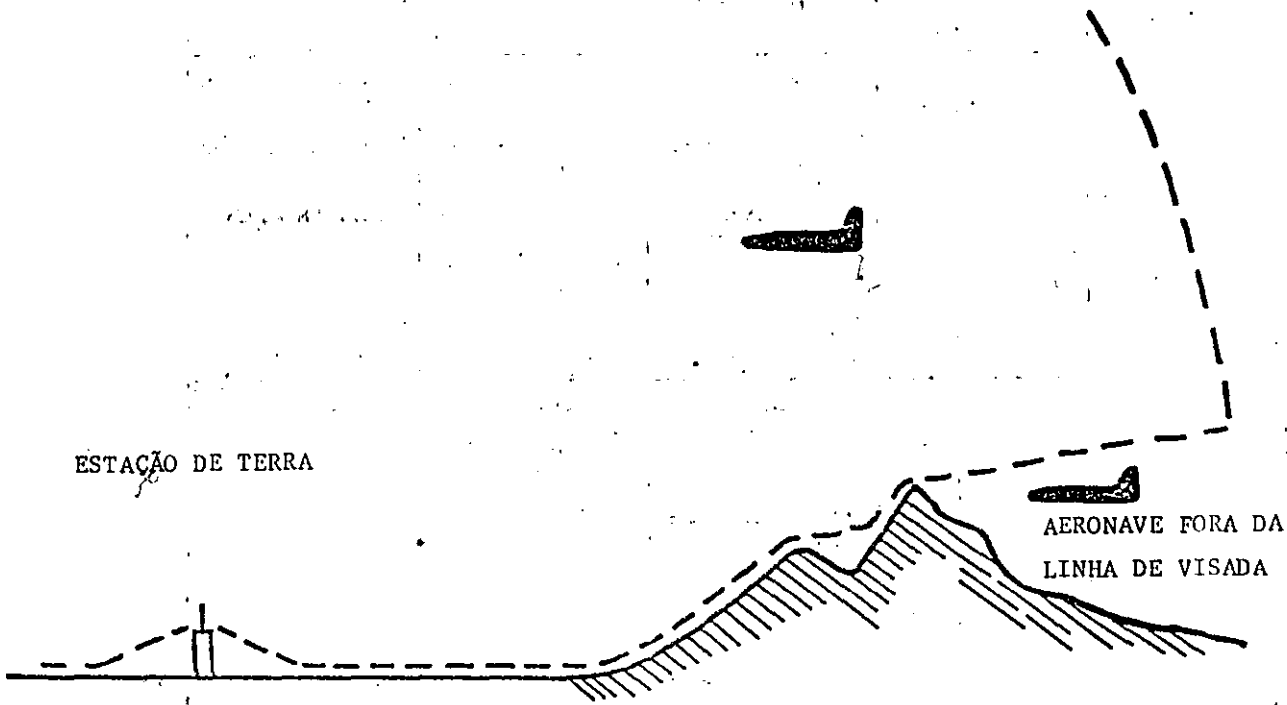
As comunicações na faixa de VHF se processam em linha de visada (line-of-sight).

Frequências	Faixa	Características	Limitações	Usos
0 a 300 KHz	VLF e LF	<ul style="list-style-type: none"> - Onda Terrestre pouco afetada pela ionosfera - Requer canal relativamente largo - Uma só frequência permite comunicações contínuas 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige grande potência - Requer instalações grandes e caras 	<ul style="list-style-type: none"> - Difusão de sinais cobrindo grandes áreas - Comunicações nas regiões polares - Auxílios à Navegação
300 a 30.000 KHz	MF e HF	<ul style="list-style-type: none"> - Onda ionosférica - Onda terrestre para curtas distâncias - Variações ionosféricas afetam as comunicações - Instalações simples e baratas 	<ul style="list-style-type: none"> - Sujetas a interferências - Muito solicitada, poucos canais disponíveis - Requer duas ou mais frequências para comunicações contínuas a longas distâncias - Propagação sujeita a variações ionosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicações a longa distância - Radiodifusão comercial - Auxílios à Navegação - Comunicações Militares fixas ou móveis
30 a 300 MHz	VHF	<ul style="list-style-type: none"> - Onda direta - Não influenciada pela ionosfera - Uma só frequência permite comunicações contínuas - Em condições especiais, pode ser difundida pela ionosfera e troposfera, permitindo comunicações a longa distância (Espalhamento ionosférico ou troposférico) 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitada a comunicações em linha de visada ou pelo processo espalhamento ou difusão 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicações a curta distância - Rádio-repetidoras a longa distância - Radiodifusão comercial - Televisão - Auxílios à Navegação - Redes Militares
300 MHz a 30 GHz	UHF e SHF	<ul style="list-style-type: none"> - Número muito grande de canais, difícil de interferir - Ondas facilmente dirigidas - Semelhantes à VHF quanto ao mais 	<ul style="list-style-type: none"> - Idênticas à faixa de VHF 	<ul style="list-style-type: none"> - Idênticas à faixa de VHF



HF

ALCANCE MÁXIMO EFETIVO DE 150 a 200 km



VHF

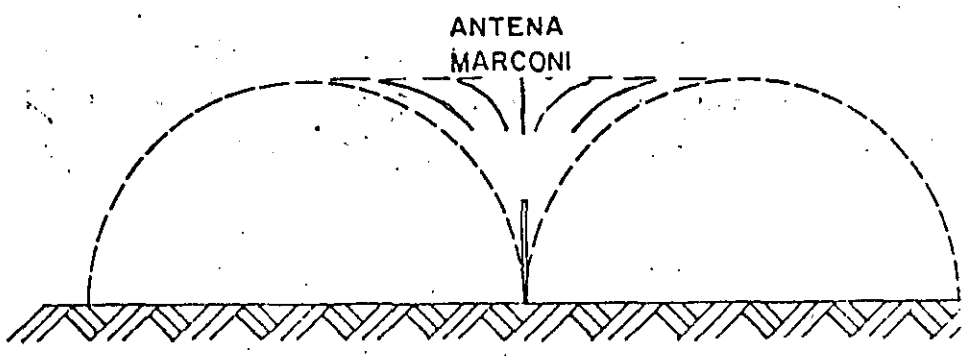
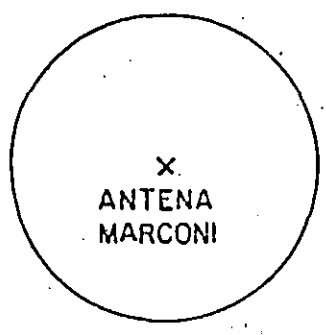
2. NDB (NON DIRECTIONAL BEACON)

É um dos equipamentos mais utilizados na navegação aérea. É utilizado para fins de marcação de posição, sendo também conhecido como RADIOFAROL. É um auxílio do tipo radial. É um auxílio usado para curtas distâncias, podendo ser afetado pelas condições meteorológicas, i.e. descargas atmosféricas produzem sinais semelhantes aos do NDB.

2.1. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

- 200KHz a 400KHz
- 1600KHz a 1800KHz

2.2. DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO



2.3. COMPRIMENTO DA ANTENA

Utilizando-se a fórmula dada no item 1.5 teremos:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Usando-se $f=300\text{kHz}$ (valor médio) teremos:

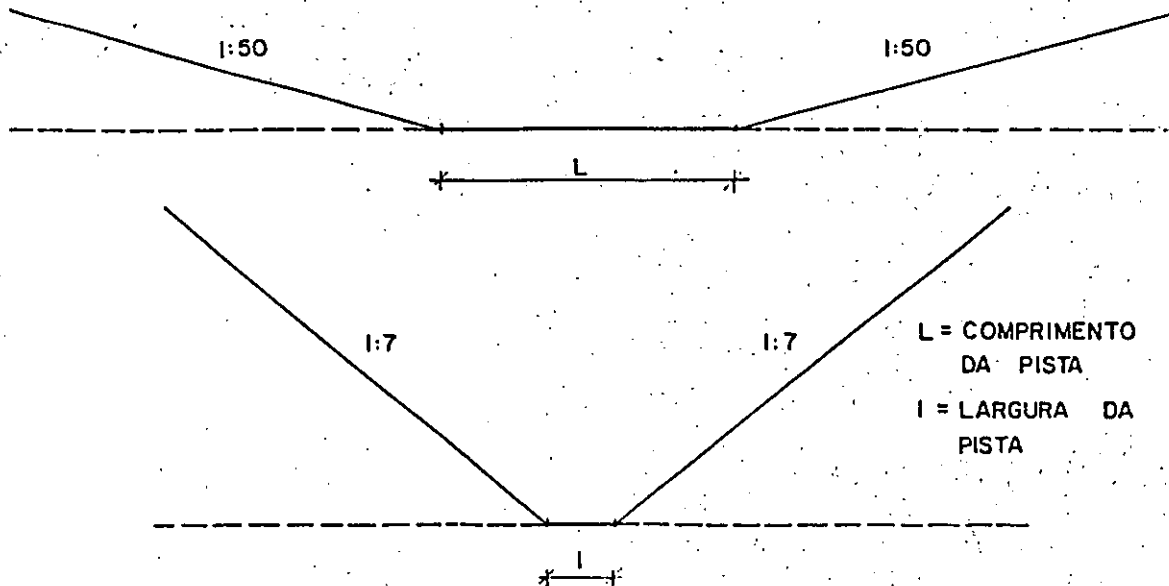
$$\lambda = \frac{300.000.000}{300.000} = 1.000\text{m}$$

O tipo de antena usado pelo NDB é o monopolo ou antena Marconi, cujo comprimento real é de $1/4\lambda$, logo, o comprimento da antena do NDB será de 250m.

Na prática usam-se artifícios para tornar este comprimento menor.

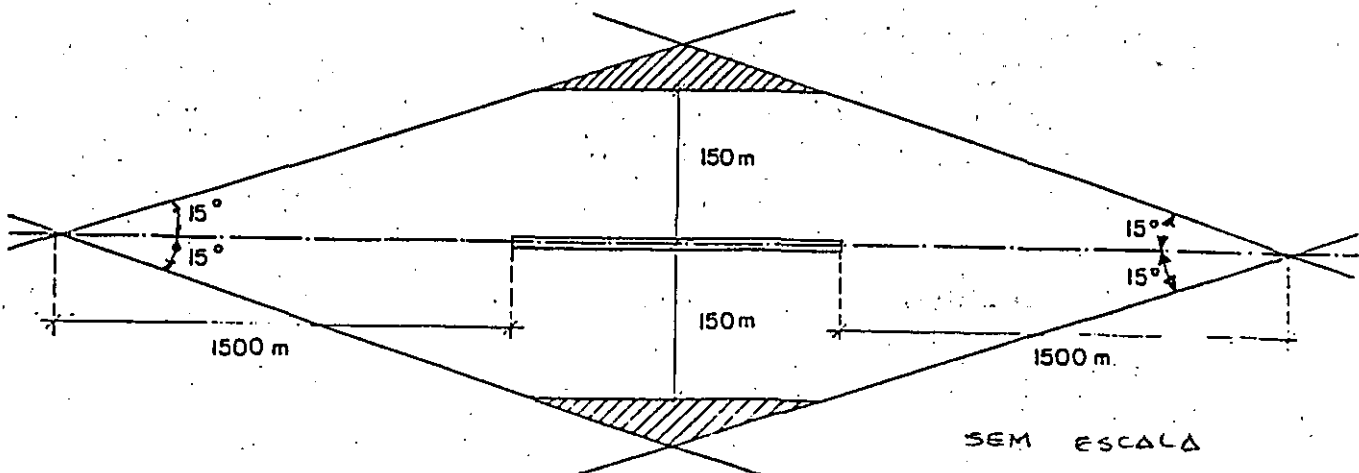
2.4. POSICIONAMENTO DA ANTENA DO NDB

Devido à grande altura dessas antenas, as mesmas têm algumas restrições com relação à sua localização a fim de não interferir na rampa de proteção.



Logo, estas antenas não devem ser localizadas no prolongamento das pistas, onde a rampa de proteção é mais rígida (1:50). É recomendável a instalação das mesmas do lado das pistas, obedecendo-se os seguintes critérios:

- a) A aeronave não deve ser obrigada a fazer curva superior a 15° ao passar do rumo da aproximação final para o da pista (a ICAO permite até 30°);
- b) a trajetória da aproximação final deve cruzar o prolongamento do eixo da pista a 1.500m de sua cabeceira;
- c) a antena deve estar dentro dos gabaritos recomendados (o nosso é semelhante ao da ICAO);
- d) a localização deve ser tal que satisfaça aos itens anteriores para a pista mais usada em condições meteorológicas por instrumentos, e, ainda, para o maior número possível das demais pistas.
- e) deve-se procurar harmonizar a localização dos transmissores do NDB com os demais utilizados nas radiocomunicações, evitando-se a duplicação de linhas, prédios, transformadores, manutenção, fonte de energia secundária, etc.



3. VOR (VERY HIGH FREQUENCY-OMNI-DIRECTIONAL RANGE)

É o mais importante dos auxílios à radionavegação. Ele é praticamente isento das interferências meteorológicas, operando em linha de visada, com alcance da ordem de 250-300 km. É um auxílio do tipo radial.

Este equipamento faz parte de um sistema de navegação denominado "RHO-THETA".

3.1. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

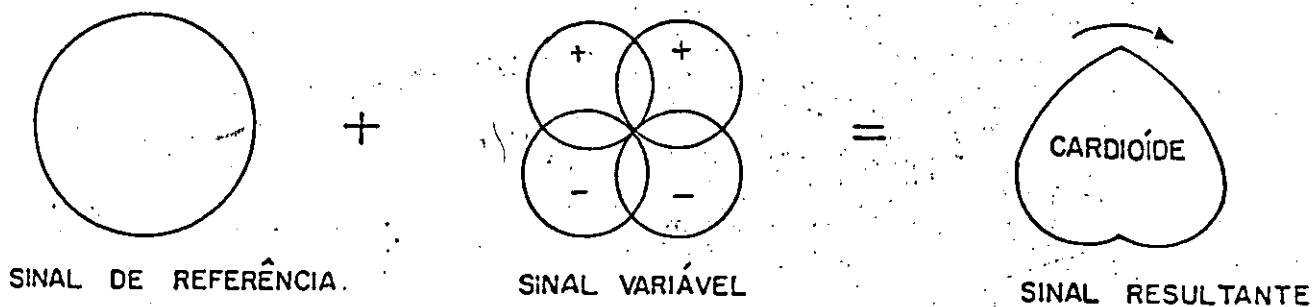
- 108 a 112KHz - VOR Terminal
- 112 a 118KHz - VOR Rota

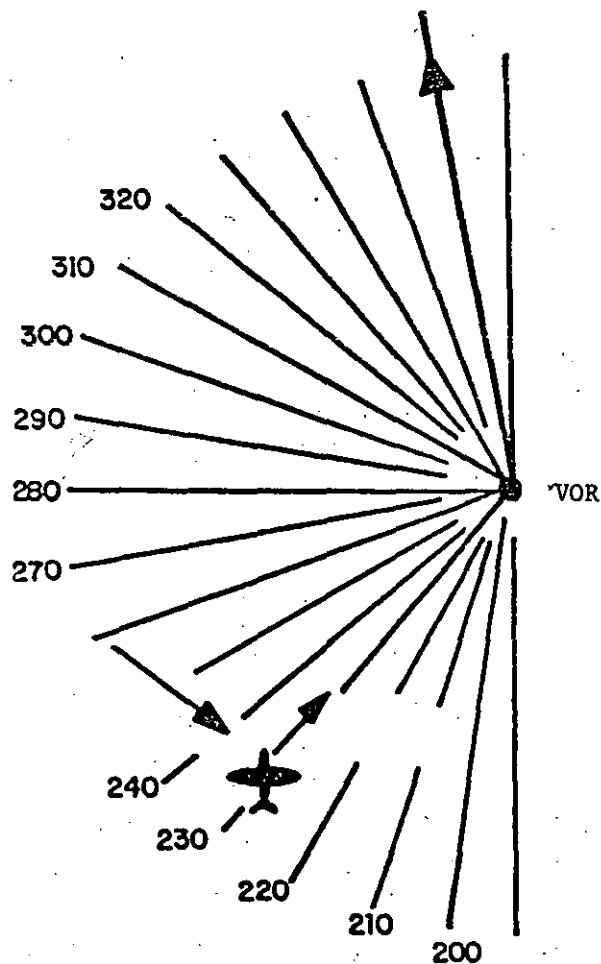
3.2. FUNCIONAMENTO

O sinal transmitido é relativamente complexo, compreendendo dois sinais modulantes de baixa frequência. O receptor da aeronave compara as duas modulações para determinar a diferença de fase, que é a radial.

O sinal de referência de 30Hz é modulado em FM, usando-se uma subportadora de 9960Hz. O sinal variável de 30Hz é modulado em AM.

3.3. DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO

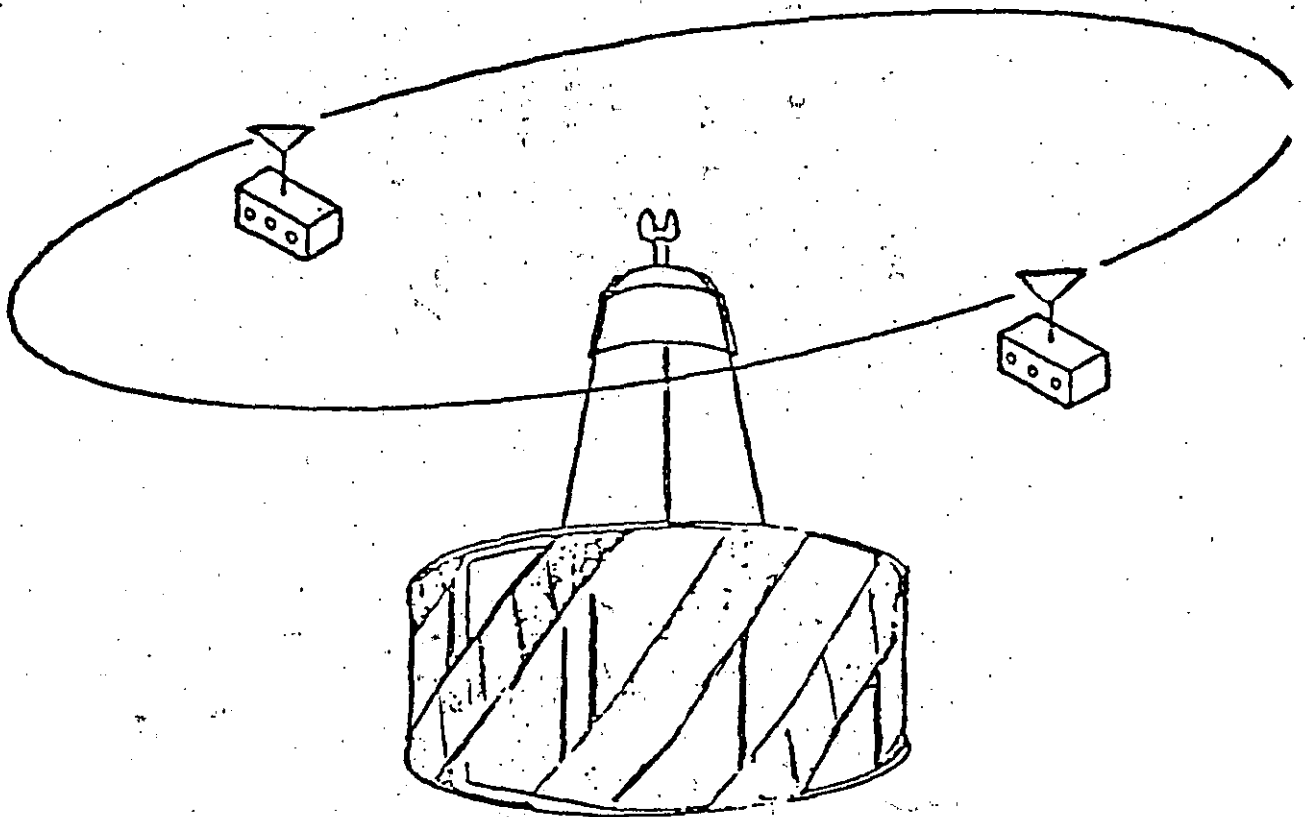




- Duplo sistema de modulação em VHF operando de 112 a 118MHz.
- Sinal de modulação de referência de 30Hz, com subportadora de 9960Hz.
- Sinal de modulação variável de 30Hz.
- Os dois sinais de modulação estão em fase no meridiano de referência (NM).
- A discriminação é suficiente para receber sinais em 360° com precisão de 1° - são as radiais.
- A indicação da radial independe da proa da aeronave.
- É o mais importante auxílio à radionavegação.

THE REFERENCE 30 Hz SIGNAL HAS CONTANT PHASE

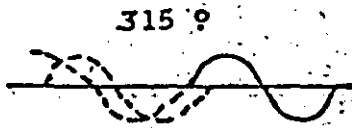
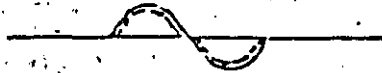
AT ANY POINT ON A CIRCLE AROUND
THE VOR STATION, THE DETECTED
REFERENCE WILL BE IN PHASE WITH
THE SAME SIGNAL DETECTED AT ANY
OTHER POINT ON THE CIRCLE.



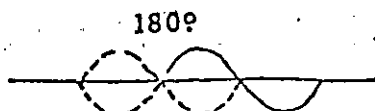
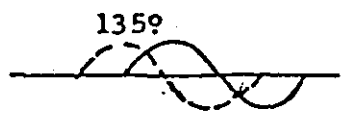
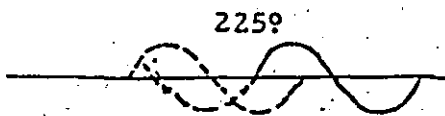
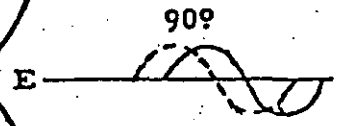
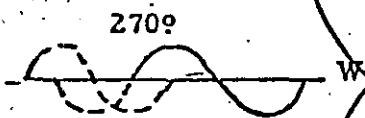
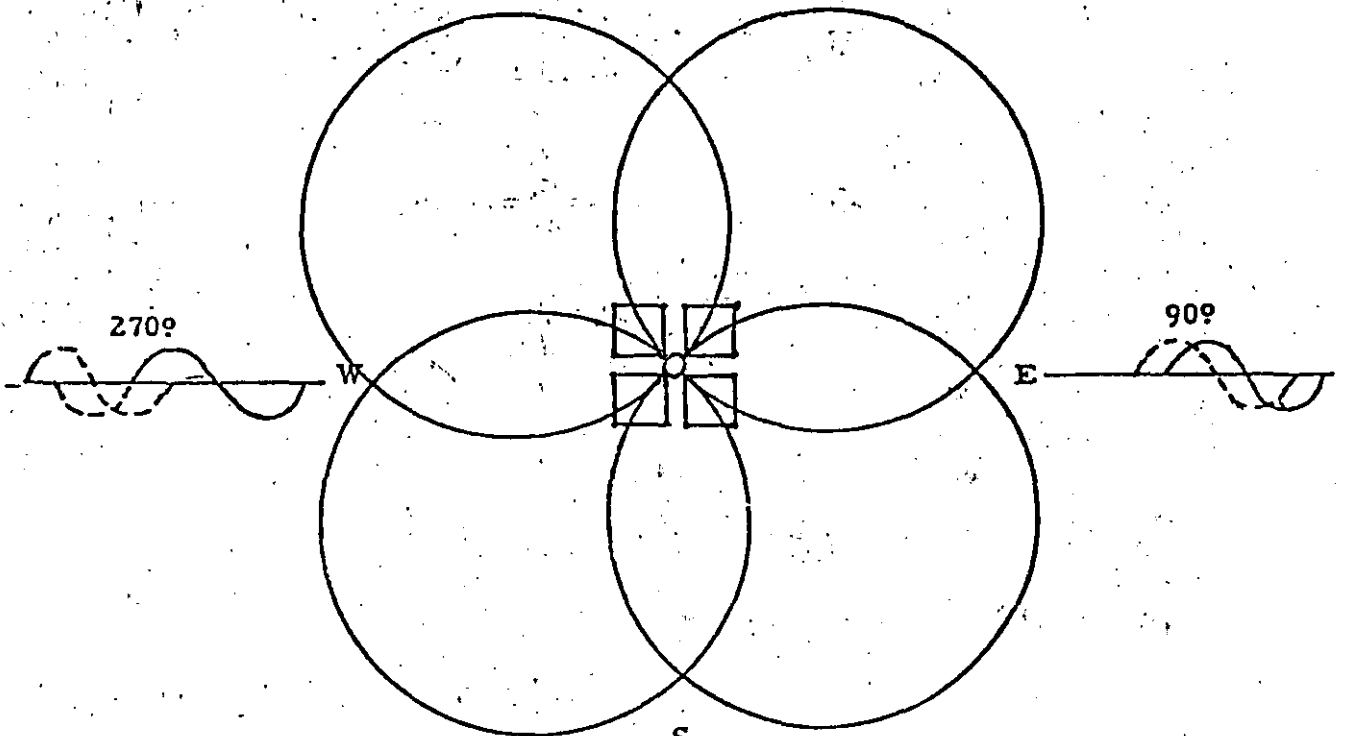
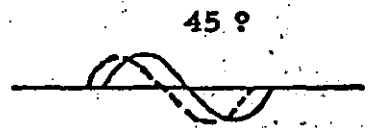
--- Referência 30 cps

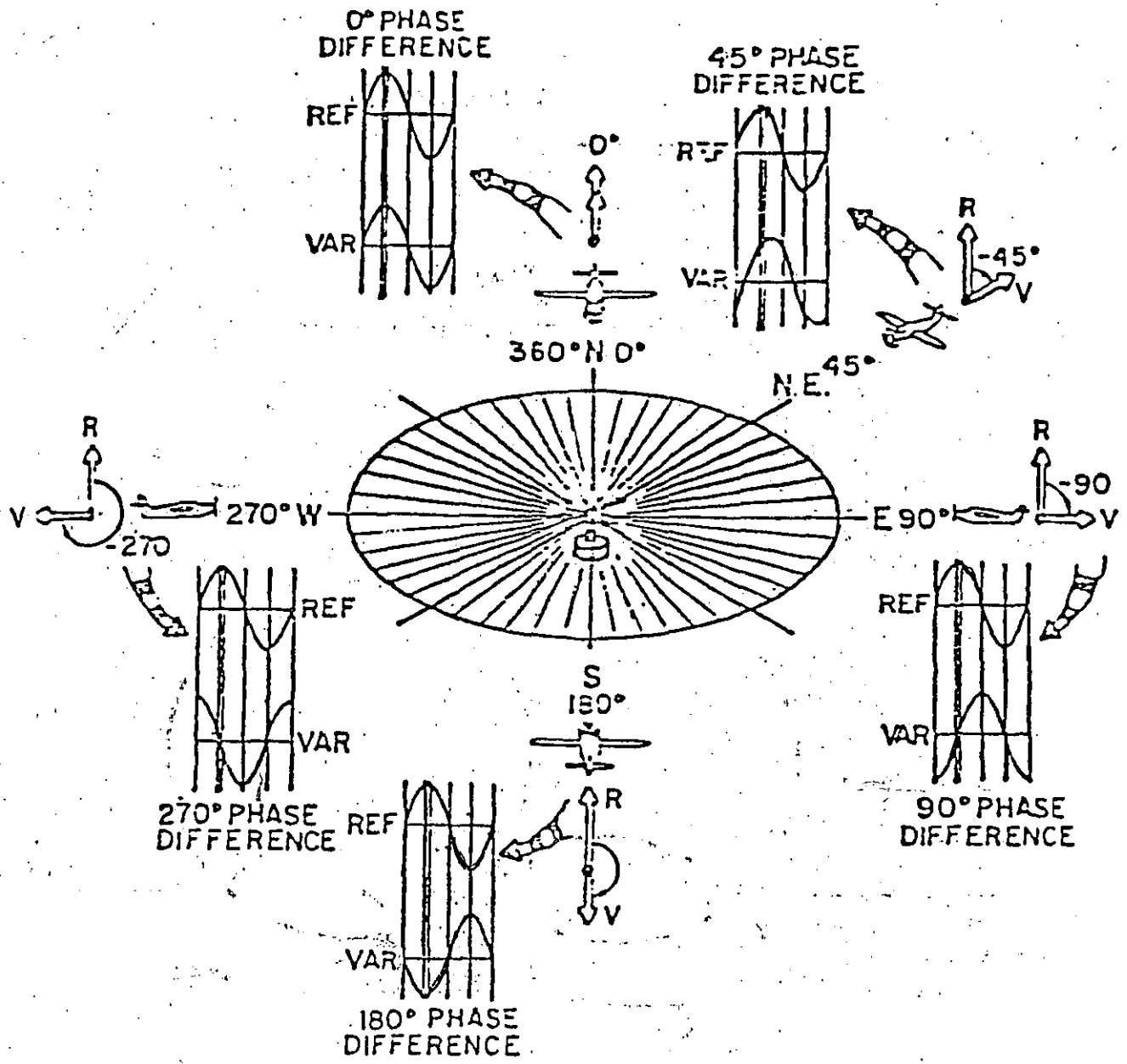
— Variável 30 cps

Em fase



N
↑



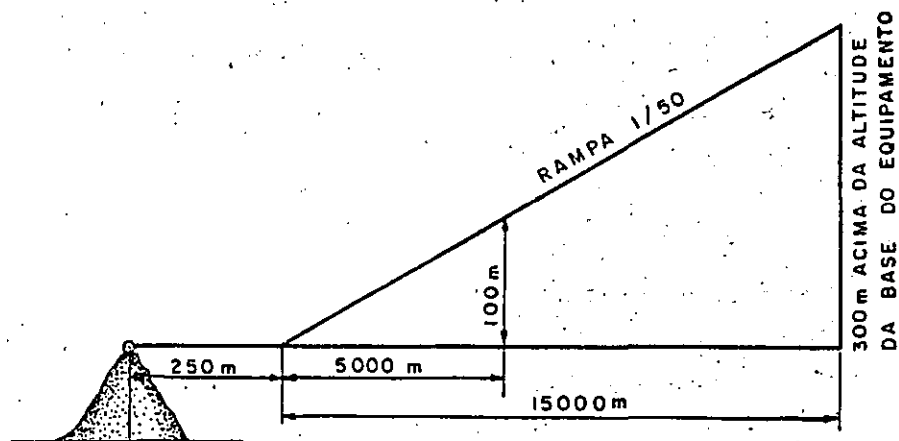
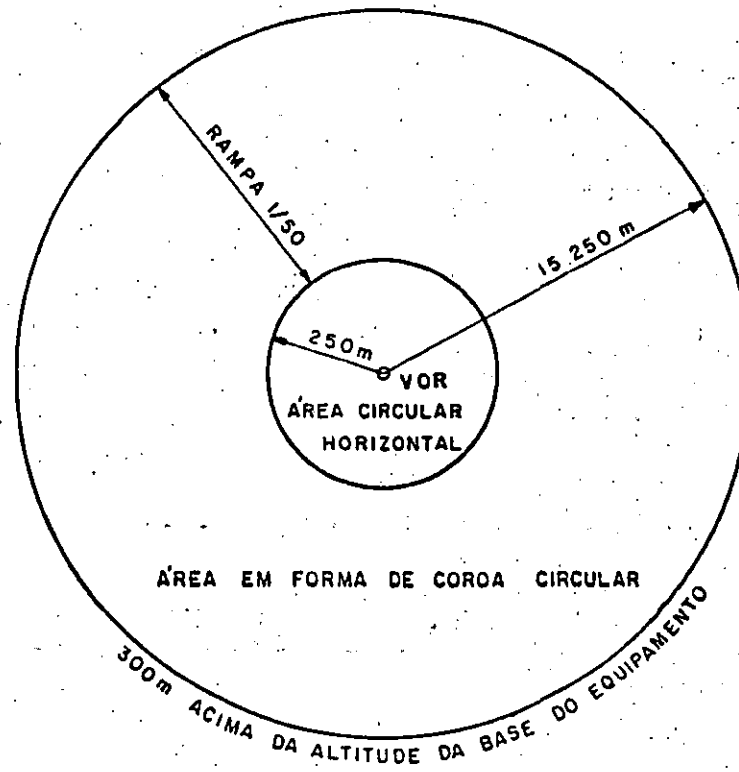


THE VOR RECEIVER

1. DETECTS THE TWO 30 Hz NAVIGATION SIGNALS
2. COMPARES THEIR PHASE DIFFERENCE (THE AMOUNT, THE VARIABLE LAGS, THE REFERENCE). AND
3. DISPLAYS THE DIFFERENCE IN DEGREES.

THIS READING INDICATES THE RADIAL LOCATION OF THE AIRCRAFT.

PLANO DE ZONA DE PROTEÇÃO DO SISTEMA VOR



OBS: NA ÁREA CIRCULAR (250 m DE RAI) NÃO SÃO PERMITIDAS IMPLANTAÇÕES QUE ULTRAPASSEM A ALTITUDE DA BASE DO EQUIPAMENTO

FIGURA 13

4. ILS

Instrument Landing and System

4.1. DEFINIÇÃO

É um conjunto de equipamentos usados para auxiliar o pouso de aeronaves.

VISIBILIDADE		CONDIÇÕES	AUXÍLIOS USADOS
BOA	HORIZONTAL $\geq 7,5$ km VERTICAL ≥ 300 m	VFR (VISUAL FLIGHT RULES)	ALS, VASIS PAPI
RUIM	HORIZONTAL < 5 km VERTICAL < 300 m	IFR (INSTRUMENT FLIGHT RULES)	ILS

4.2. CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO

Os critérios adotados pela CISCEA para implantação de um ILS são:

- a) Aeródromo onde operem LAI, usando aeronaves de médio e grande porte, número de aproximação IFR > 6.000 .
- b) Aeródromo onde operam LAR, usando aeronaves de médio e grande porte onde:
 - 1) Número de Aproximação IFR ≥ 5.000 com média de fechamento VFR (3 anos) ≥ 300
 - 2) Número de Aproximação IFR ≥ 8.000 com média de fechamento VFR (3 anos) ≥ 150

4.3. EQUIPAMENTOS QUE CONSTITUEM O SISTEMA

O sistema de pouso por instrumentos (ILS) compreende os seguintes equipamentos:

- o localizador (LOCALIZER)
- o de trajetória de planeio (GLIDE SLOPE)
- os marcadores (MARKER BEACONS)

A localização dos mesmos com relação à pista é mostrada na figura da página ~~34~~ 35.

4.4. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

As frequências utilizadas pelos diversos componentes do ILS são:

Localizador - 108,1 MHz a 111,9 MHz (VHF)

Glide Slope - 329,3 MHz a 335,0 MHz (UHF)

Marcadores - 75MHz (VHF)

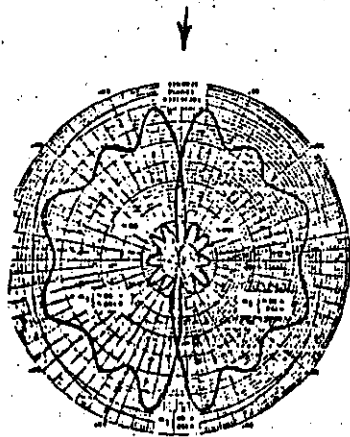
4.5. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

4.5.1. O Localizador

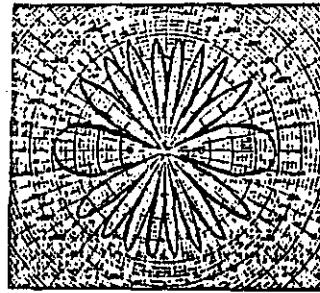
Este equipamento dá ao piloto, uma informação lateral, ou seja, sua posição em relação ao eixo da pista. O sinal resultante, emitido pelo conjunto de antenas, possui dois lóbulos sobrepostos. Cada lóbulo possui um sinal modulante de 150Hz ou 90Hz. A diferença na profundidade de modulação de cada componente de modulação dá a indicação da posição relativa da aeronave em relação à linha que passa pelo eixo da pista.

4.5.1.1. Diagrama de Irradiação

O diagrama de irradiação do localizador é bastante complexo, pois, em realidade, existem quatro pares de antenas (no mínimo) irradiando quatro sinais diferentes, a fim de fornecer ao piloto, a informação desejada.

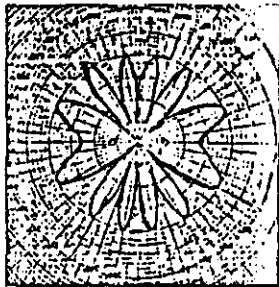


=

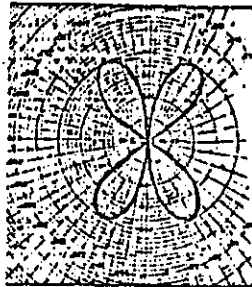


+

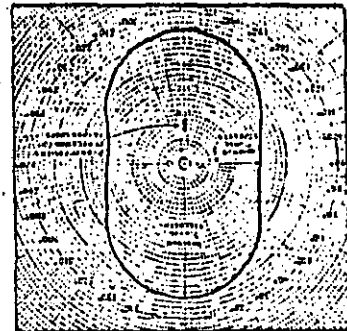
+

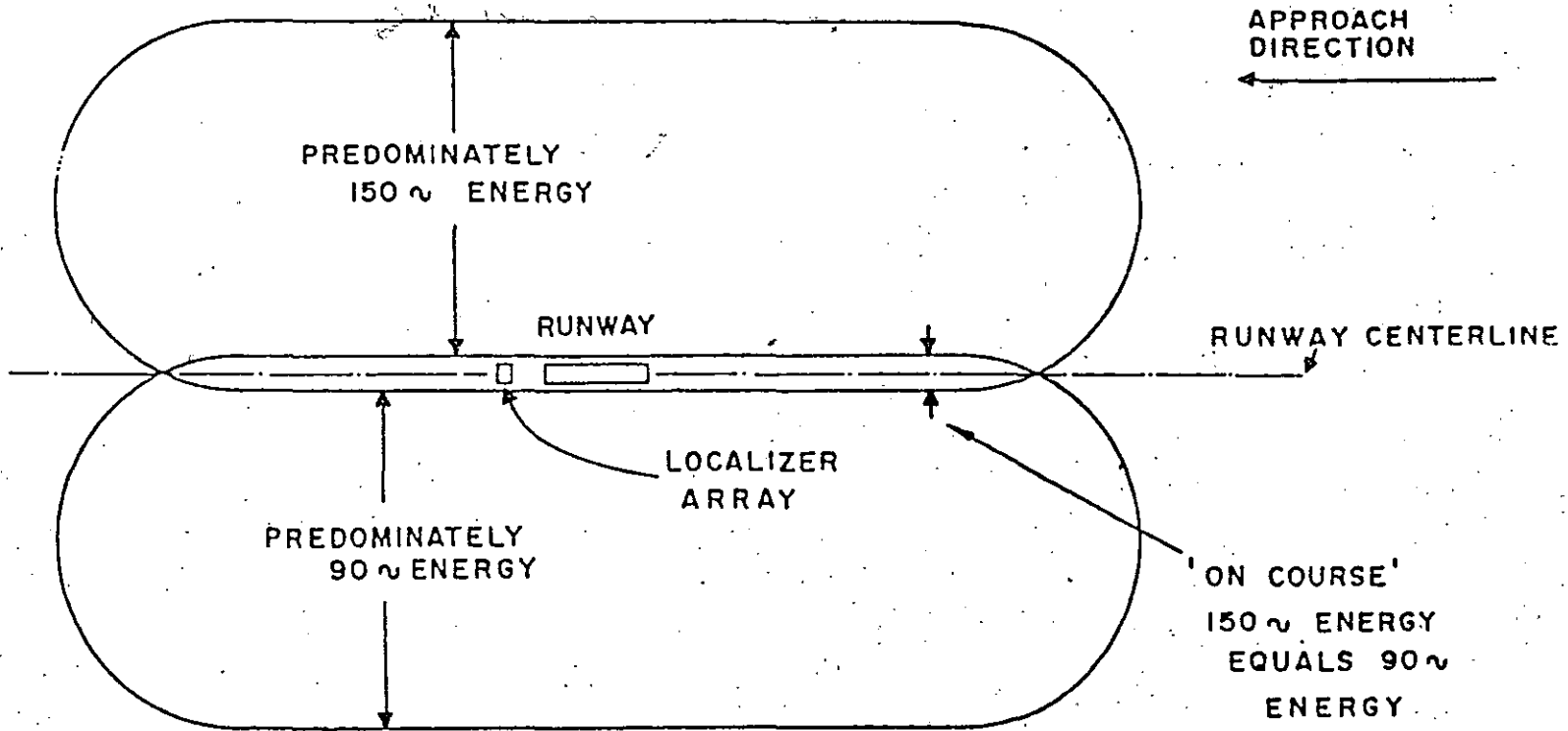


+



+





VHF RUNWAY LOCALIZER

108 to 112 mc. Horizontal polarization. Modulation frequencies 90 and 150 cycles. Modulation depth on course 25% for each frequency. Code identification (1620 cycles, 3%) and voice communication (modulated 25%) provided on same channel.

1500 ft typical. Transmitter antenna offset 300 ft from line of runway. Antenna is on course. A 300 ft offset is under 33/1 clearance.

650 ft from line of runway.

Between 750 & 1250 ft (about 12% of runway length).

Point of intersection runway and glide path extended

VHF GLIDE SLOPE TRANSMITTER

329.6 to 335.4 mc. Horizontal polarization, modulation frequencies are 90 & 150 cycles, each of which modulates the carrier at 2% on path. The glide slope is established at an angle between 1 1/4 and 2 degrees, depending on local terrain.

1/2 miles (typical)

MIDDLE MARKER

Modulation 1200 cycles
Keying: Alternate dot & dash
Amber light

D.S. approach charts should be consulted to obtain variations of individual systems.

OUTER MARKER

Modulation 600 cycles
Keying: Two dashes/second
Purple light

From 8 1/2" to 12" width full scale minus symmetrical about axis.

Outer marker located 4 to 7 miles from end of runway, where glide slope intersects the procedure turn (maximum holding) altitude, ±50 ft vertically.

All marker transmitters approximately 2 watts at 75 mc, modulated about 25%.

2 1/4" above horizontal (typical)

* Figures marked with asterisk are supplied for convenience only and are not necessarily standard.

RATE OF DESCENT CHART

(Feet per minute)

Speed (knots)	Angle		
	2 1/4°	2 1/2°	2°
50	355	400	475
100	435	485	585
150	515	575	695
200	595	665	795

Compass heading 100 to 415 Hz band are installed at outer and middle markers. A frequency-modulated carrier signal is injected with the first two letters of the code identification on the outer marker and the last two letters on the middle marker.

4.5.1.2. Localização do Conjunto de Antenas

O conjunto de antenas é colocado no lado oposto à cabeceira da pista principal, sendo que o prolongamento do eixo da pista corta o centro do conjunto de antenas.

A distância entre o conjunto de antenas e a cabeceira varia de 300 a 600m.

4.5.2. O Glide Slope

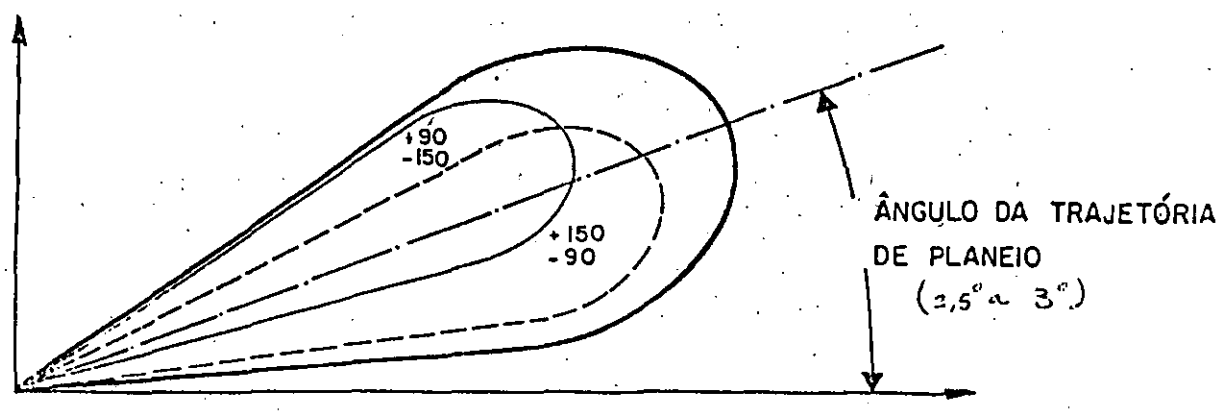
Este equipamento dá ao piloto uma informação de profundidade, ou seja, sua posição em relação à trajetória ideal de planeio. Seu princípio de funcionamento é semelhante ao do Localizador. O ângulo de planeio é de $2\frac{1}{2}$ a 3 graus, na maior parte dos aeroportos.

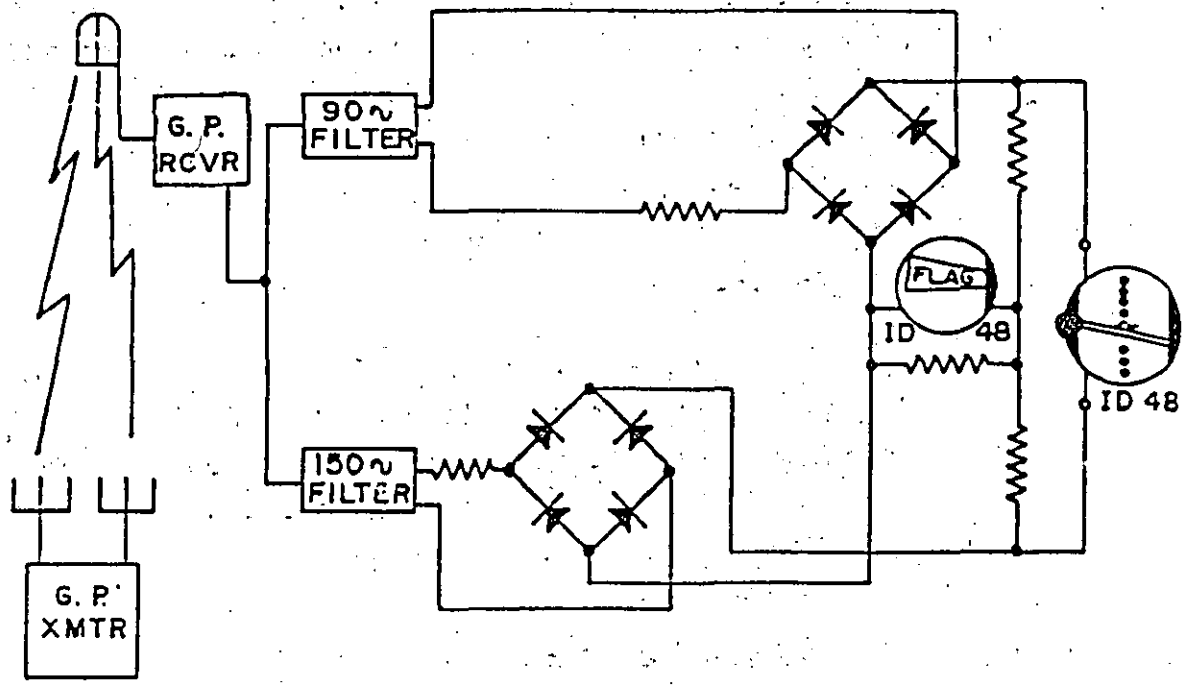
4.5.2.1. Diagrama de Irradiação

O diagrama de irradiação do Glide Slope, de modo análogo ao do localizador também é bastante complexo. Existem três conjuntos de antenas os quais irradiam:

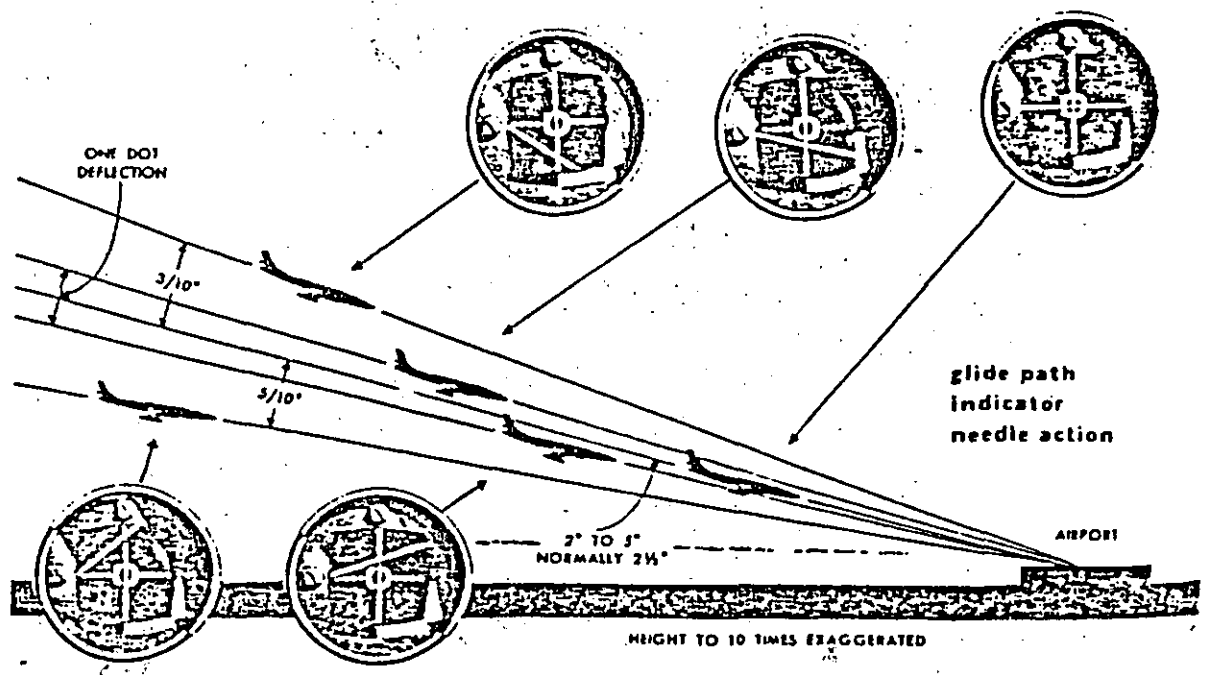
- portadora + faixas laterais com mesma intensidade;
- banda lateral superior; e
- banda lateral inferior.

O diagrama total irradiado é do tipo:





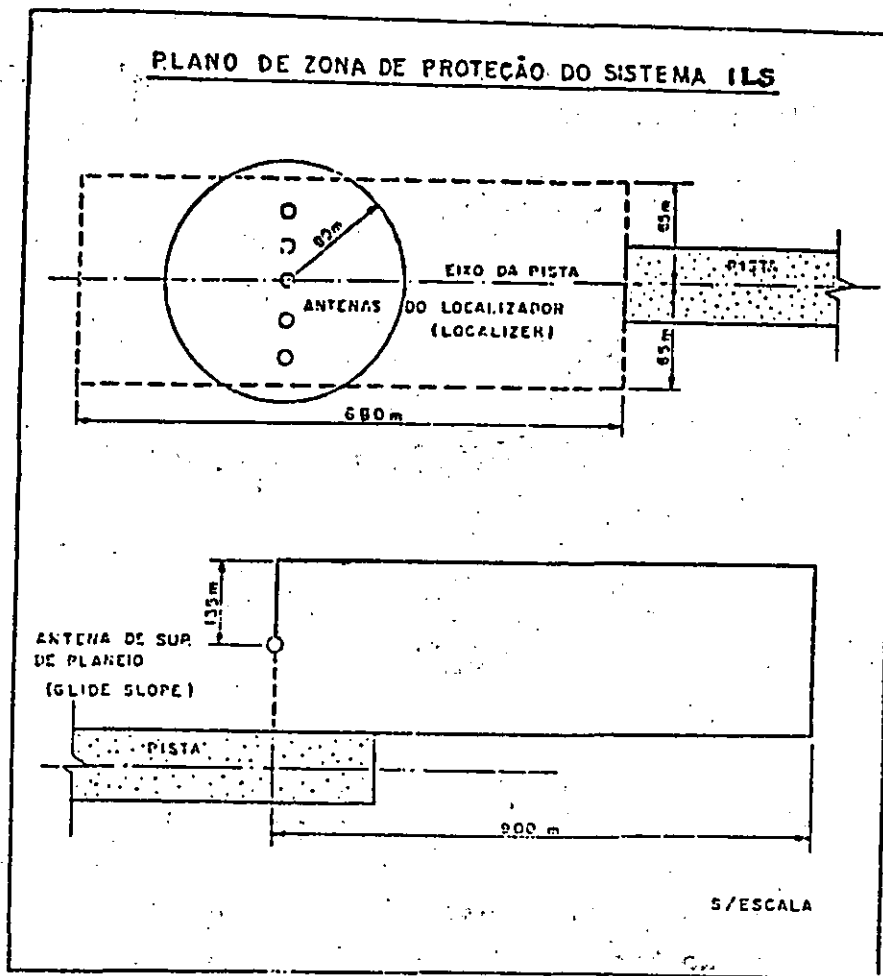
Simplified deflection diagram.



4.5.2.2. Localização do Conjunto de Antenas

De um modo geral, as antenas do Glide Slope, são instalados entre 225 e 375m antes da cabeceira da pista principal e ficam normalmente deslocadas de 120 a 180m do eixo de pista de pouso.

4.5.2.3. Plano de Zona de Proteção do ILS



4.5.3. Marcadores

Servem para dar ao piloto, através de informação visual e auditiva, a distância que o mesmo está em relação à cabeceira da pista, quando da aproximação final.

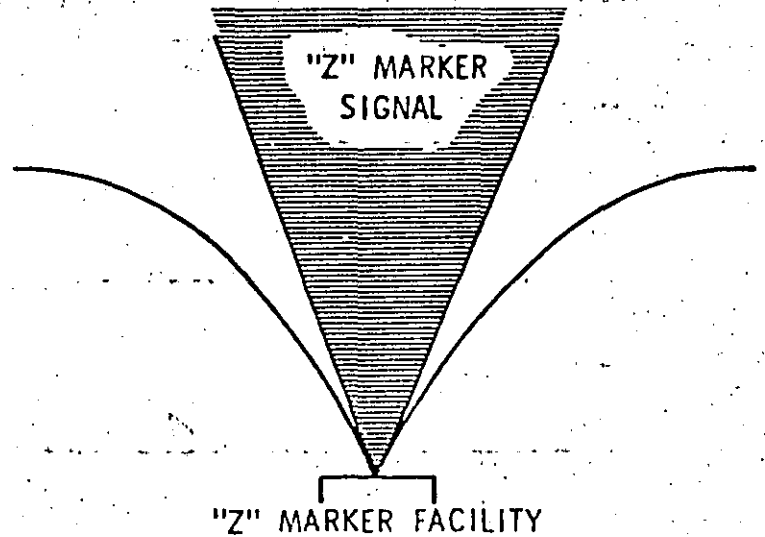
4.5.3.1. Tipos de Marcadores

Existem três tipos de marcadores, a saber:

- 1) Marcador Interno
- 2) Marcador Médio
- 3) Marcador Externo

Na prática são utilizados somente dois marcadores, o médio e o externo.

4.5.3.2. Diagrama de Irradiação



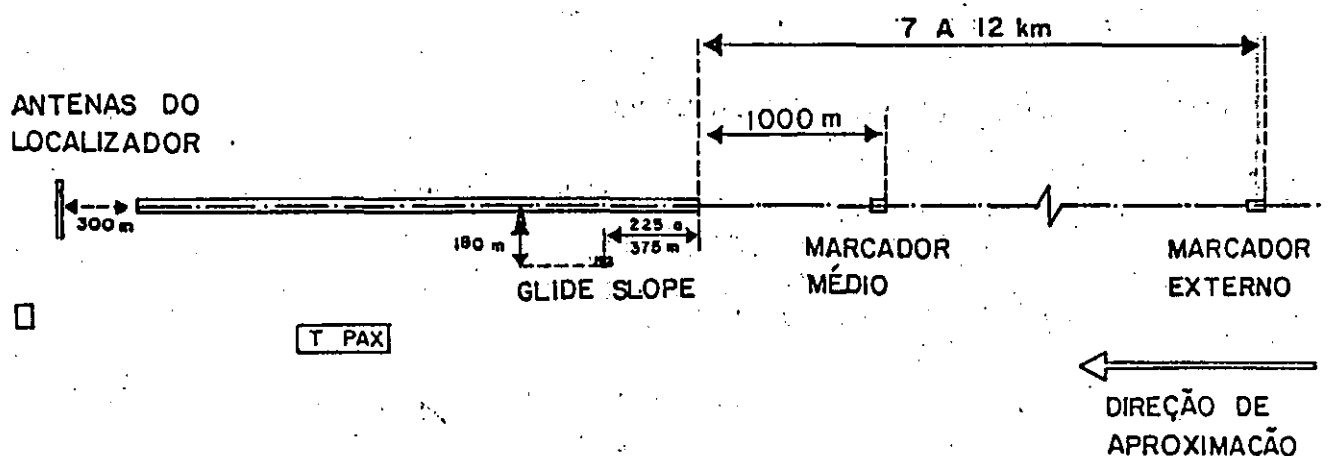
Um feixe de energia é irradiado para cima, através de uma antena Iagy.

4.5.3.3. Localização dos Marcadores

Externo - de 7 a 12km da cabeceira da pista de pouso e alinhado com o eixo da mesma. O marcador externo define o ponto onde a aeronave deve iniciar a trajetória de descida.

Médio - deve ser localizado a aproximadamente 1.000m da cabeceira da pista de pouso e alinhado com o eixo da mesma. O marcador médio define o ponto de decisão em que a aeronave deverá arremeter caso não aviste a pista. Neste ponto a trajetória de planeio deverá estar 60m acima do terreno.

4.6. INSTALAÇÃO TÍPICA DE UM ILS

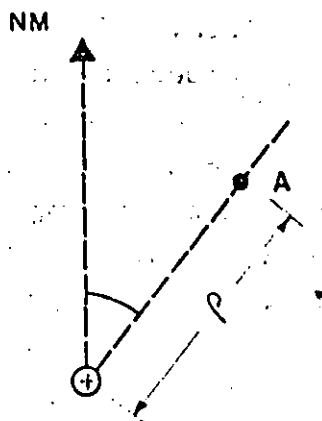


5. DME

Distance Measuring Equipment

5.1. DEFINIÇÃO

É um equipamento que faz parte do sistema "RHO-THETA". É um auxílio do tipo circular.



O sistema é constituído de um transmissor/receptor situado na aeronave (o interrogador) e um receptor/transmissor situado em terra (o transponder).

5.2. CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO

- a) Aeródromo ou local provido de VOR que não possua DME associado; e
- b) associado a sistema ILS.

OBS.: Caso b só é adotado quando não há possibilidade de se instalar os marcadores.

5.3. FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

Interrogador - 1.025 a 1.150MHz

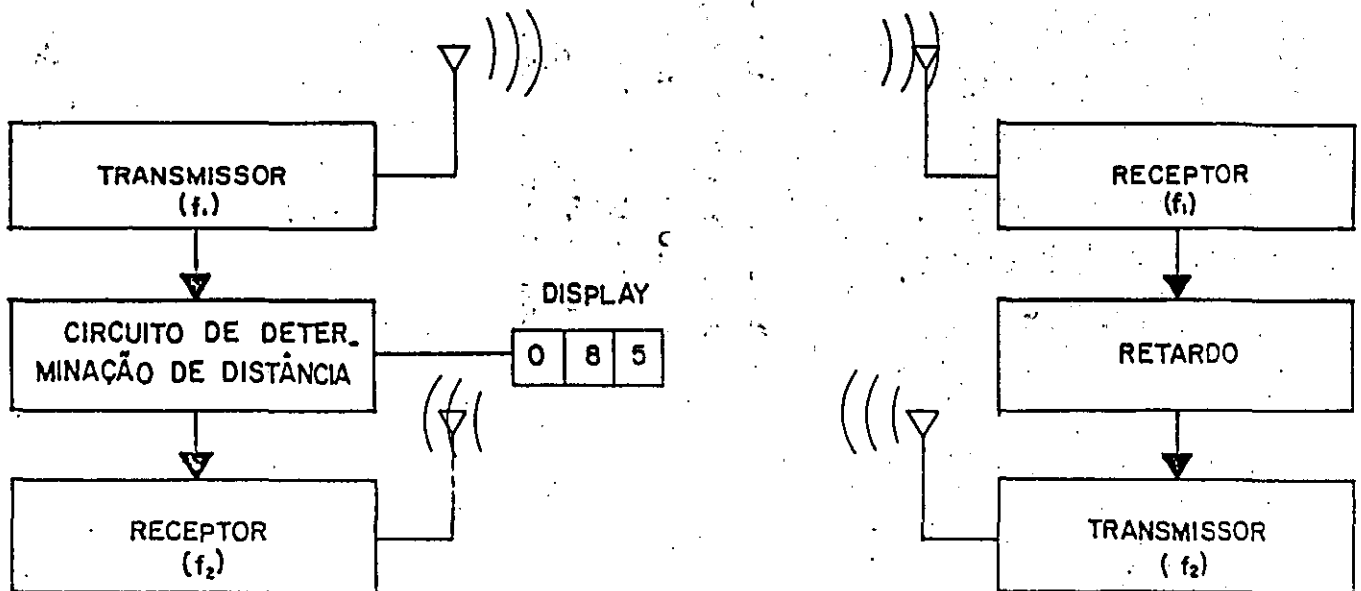
Transportador - 962 a 1.213 MHz

NOTA: Existe uma diferença entre as frequências dos transmissores/receptores de 63MHz, que corresponde à frequência intermediária do receptor.

5.4. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O interrogador transmite pulsos de RF periodicamente na frequência f_1 , os quais são recebidos pelo receptor do transponder, são tratados e vão comandar o transmissor após um retardo fixo, na frequência f_2 , sendo $f_1 \neq f_2$.

No avião, o receptor do interrogador recebe os pulsos do transponder e calcula o retardo de tempo entre sua interrogação e a resposta, o qual é transformado em medida de distância.

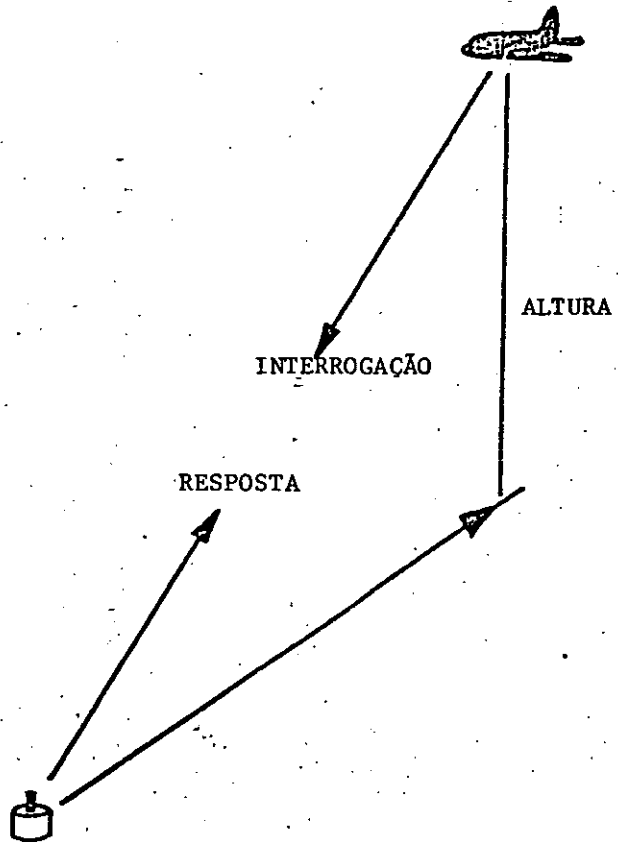


6. RADAR

Radio Detection And Ranging

6.1. DEFINIÇÃO

É um equipamento que utiliza a propriedade de reflexão das ondas eletromagnéticas. É um equipamento do tipo Radial/Circular.



- A aeronave transmite sinais de interrogação.
- A estação de terra responde à interrogação.
- A aeronave computa o tempo e calcula a distância
- Teoricamente o DME pode atender a 400 aeronaves simultaneamente. Na prática a saturação ocorre com aproximadamente 200 aeronaves

Além de detectar os objetivos refletoras, a maioria dos sistemas de radar permite obter a informação de azimute e distância. Transmite-se a energia eletromagnética na forma de pulsos curtos (da ordem de μs), a qual se propaga à velocidade da luz e será refletida por discontinuidades no meio de propagação. Medindo-se o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso temos a posição do objeto refletor.

$$d = \frac{c \cdot t}{2}$$

Onde:

$$c = 300.000 \text{ km/s}$$

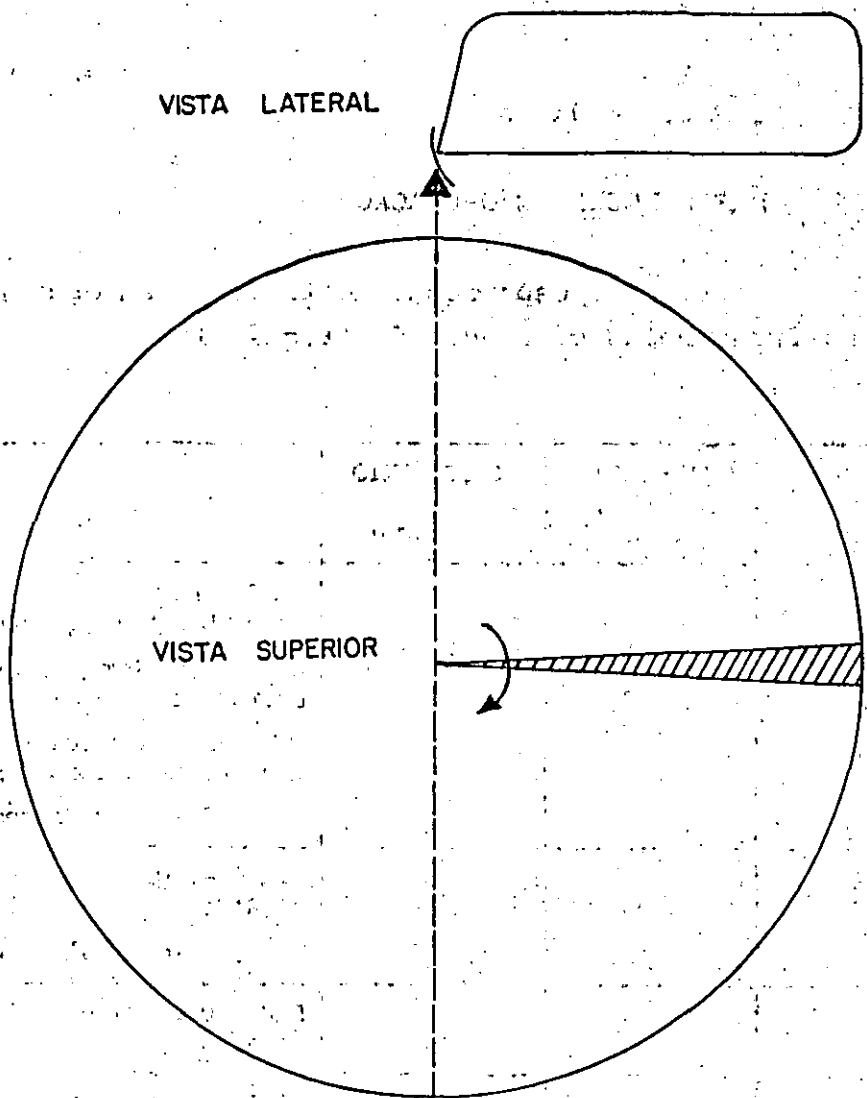
6.2. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

Os radares dependendo do tipo, podem operar em diversas frequências ou bandas de frequência.

BANDA DE FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA CENTRAL (MHz)	COMPRIMENTO DE ONDA (cm)	A P L I C A Ç Õ E S
L	1.000	30	ARSR - Air Route Surveillance Radar (longo Alcance) DME - Distance Measuring Equipment ATC RBS - Air Traffic Control Radar Beacon System L.P. 23 - Long Portée
S	3.000	10	ASR - Airport Surveillance Radar TA 10 - Terminal Airport
X	10.000	3	PAR - Precision Approach Radar
K	30.000	1	ASDE - Airport Surface Detection Equipment

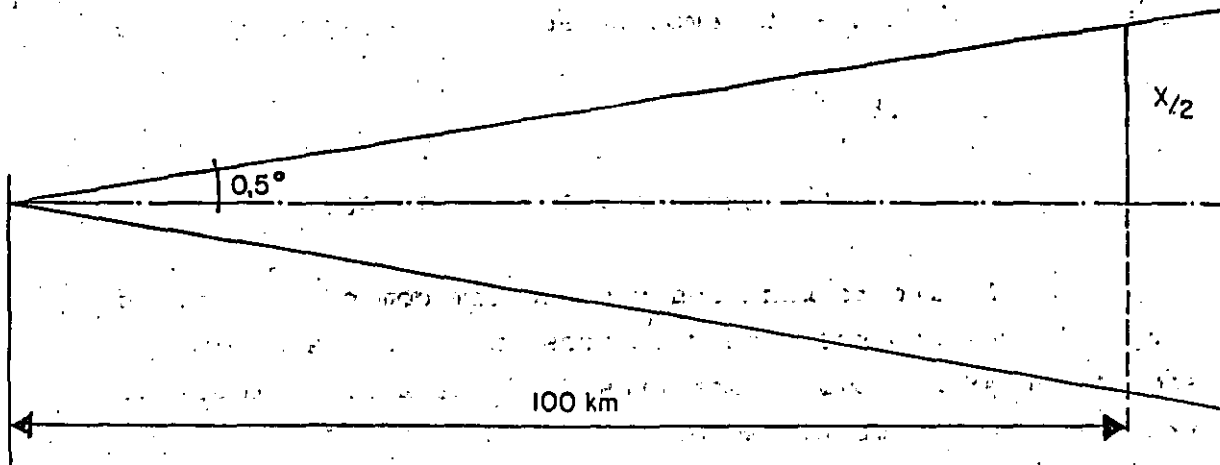
6.3. DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO

Para que possamos saber a posição do elemento refletor, denominado ECO, é utilizado um diagrama de irradiação do tipo leque, o qual gira ao redor de um ponto.



6.4. DETERMINAÇÃO DE AZIMUTE

A Determinação de Azimute é dado pela própria posição da antena. Tendo em vista a largura do feixe transmitido, podem ocorrer algumas indeterminações, devido à distância correspondente à abertura de 19, a p.ex, 60NM, não sendo diferenciados os alvos dentro deste limite.



$$\text{tg } 0,5^\circ = \frac{X/2}{100.000}$$

$$X = 2 \cdot \text{tg } 0,5^\circ \cdot 100.000$$

$$X = 1.745\text{m}$$

6.5. DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIA

A determinação de distância é baseada na medida do tempo entre a emissão de um pulso e a recepção do eco do mesmo.

$$2d = v.t$$

$$d = \frac{v.t}{2}$$

Tendo em vista a largura da impulsão transmitida, podem ocorrer algumas indeterminações, principalmente nos radares de longo alcance, que trabalham com impulsões cuja largura é de 4µs. Teremos então:

$$e = v.t$$

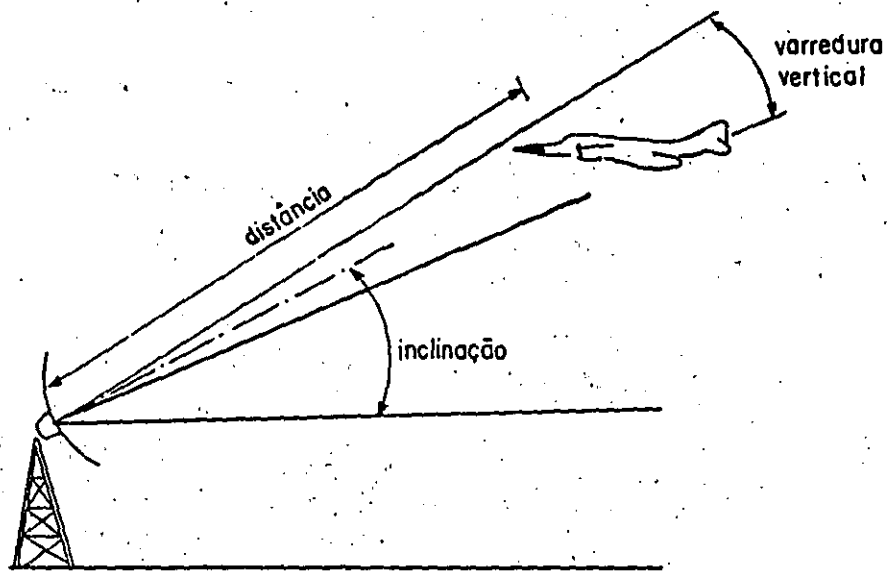
$$e = 300.000.000s \times 4 \times 10^{-6}s = 1.200m$$

As indeterminações que ocorrem com os radares longo alcance, são bastante reduzidos nos radares de precisão PAR ou ASDE, pois as larguras do feixe e da impulsão transmitidas são muito pequenas.

6.6. DETERMINAÇÃO DE ALTURA

A determinação de altura, normalmente é conjugada com um Radar de Vigilância ou Radar Primário, que determina o azimute e a distância; a antena emite um feixe estreito, tanto no plano horizontal como no vertical, podendo girar horizontalmente, por comando de um controlador, para o azimute desejado e efetuado, ao mesmo tempo e automaticamente, uma varredura vertical.

A altura do alvo pode ser determinada diretamente pela posição vertical da antena, da mesma maneira que a posição horizontal determina o azimute.



Hoje em dia já existem radares tridimensionais que utilizam tecnologia de ponta, os quais fornecem com grande precisão a distância e a altura das aeronaves.

6.7. RADAR SECUNDÁRIO

Um dos principais inconvenientes do radar primário é a ausência de identificação dos ecos, o que apresenta problemas de detecção para defesa aérea e de controle de tráfego aéreo em áreas congestionadas.

Já na II Guerra Mundial, foram introduzidos novos dispositivos de identificação, entre eles o IFF (Ident. Friend or For-Identificação Amigo ou Inimigo), mediante codificação de pulsos, os quais só respondiam os "aviões amigos".

Com base no IFF, foi desenvolvido o Radar Secundário, que opera conjugado com o Radar Primário, emitindo pulsos codificados e recebendo pulsos de respostas, também codificados, de um transmissor-receptor de bordo, o Transponder.

A apresentação na tela do radar, pode variar desde um ou dois traços em volta do eco primário, até figuras geométricas (triângulos, quadrados, retângulos) acompanhadas da identificação do avião e sua altitude. Os tipos mais modernos necessitam de computador para designação de códigos e transformação de dados para visualização, ao passo que as aeronaves necessitam, para a transmissão da altitude junto com o código, de altímetros especiais acoplados ao Transponder. Todos os Radares Secundários têm reservados códigos especiais para:

- Perda de Comunicação;
- Emergência; e
- Seqüestro (Intervenção Ilícita).

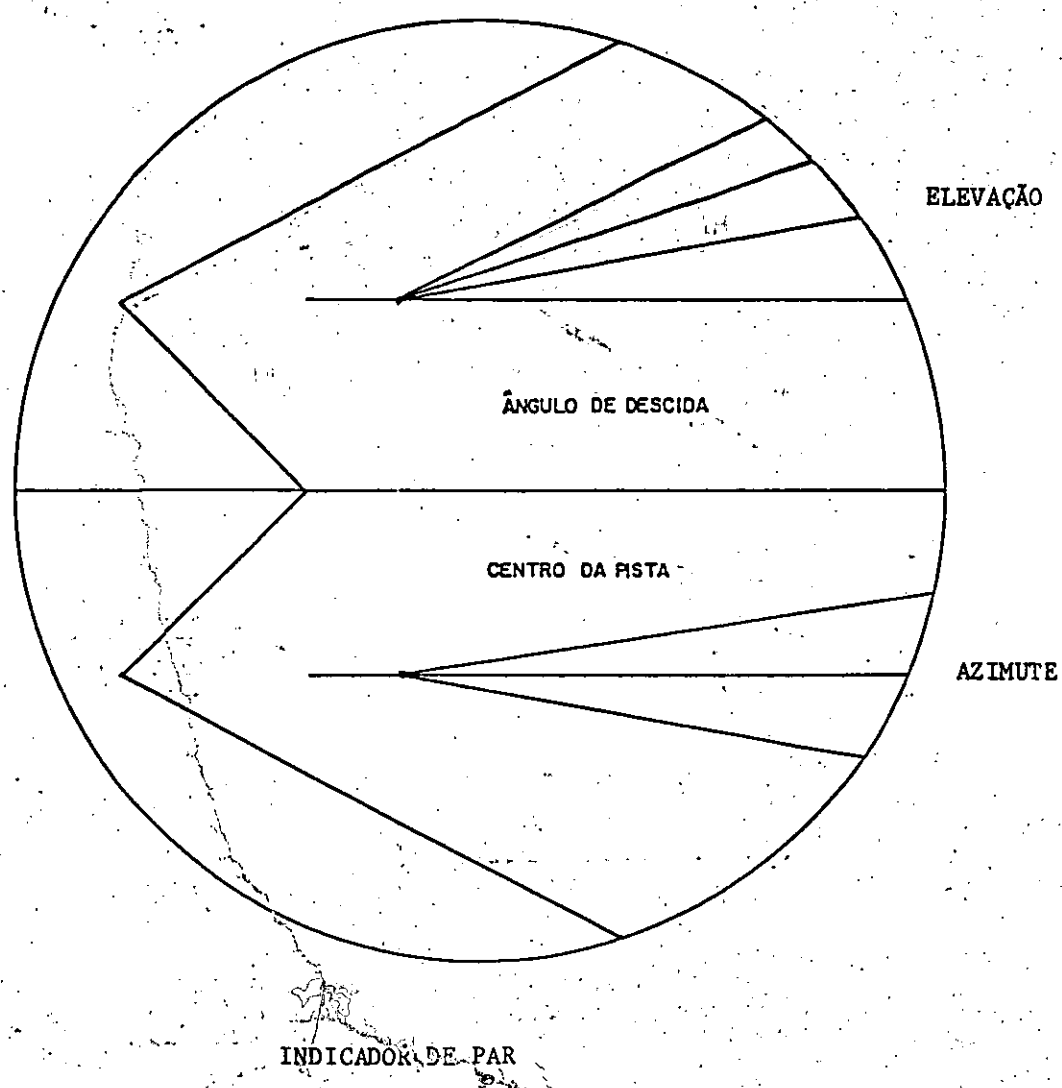
6.8. RADAR DE PRECISÃO (PAR)

A sigla significa "Precision Approach Radar", que juntamente com o Radar de Vigilância (Primário ou Primário/Secundário), forma o sistema GCA (Ground Controlled Approach);

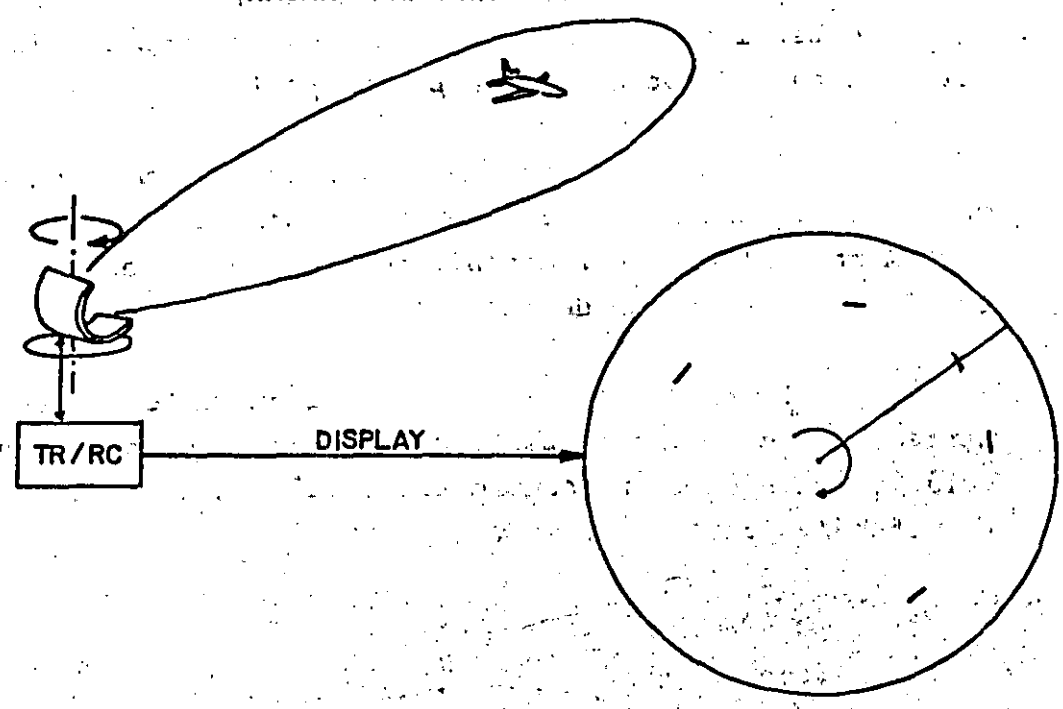
em alguns países a sigla GCA é usada para designar somente o PAR. O transmissor, receptor e antenas, são localizados próximo à cabeceira de uma pista de pouso, podendo a orientação ser realizada, também, para a pista oposta.

O sistema de antenas compreende um par conjugado, ou seja, uma antena com varredura horizontal e outra com varredura vertical, correspondendo, respectivamente, ao centro da pista e ângulo de descida.

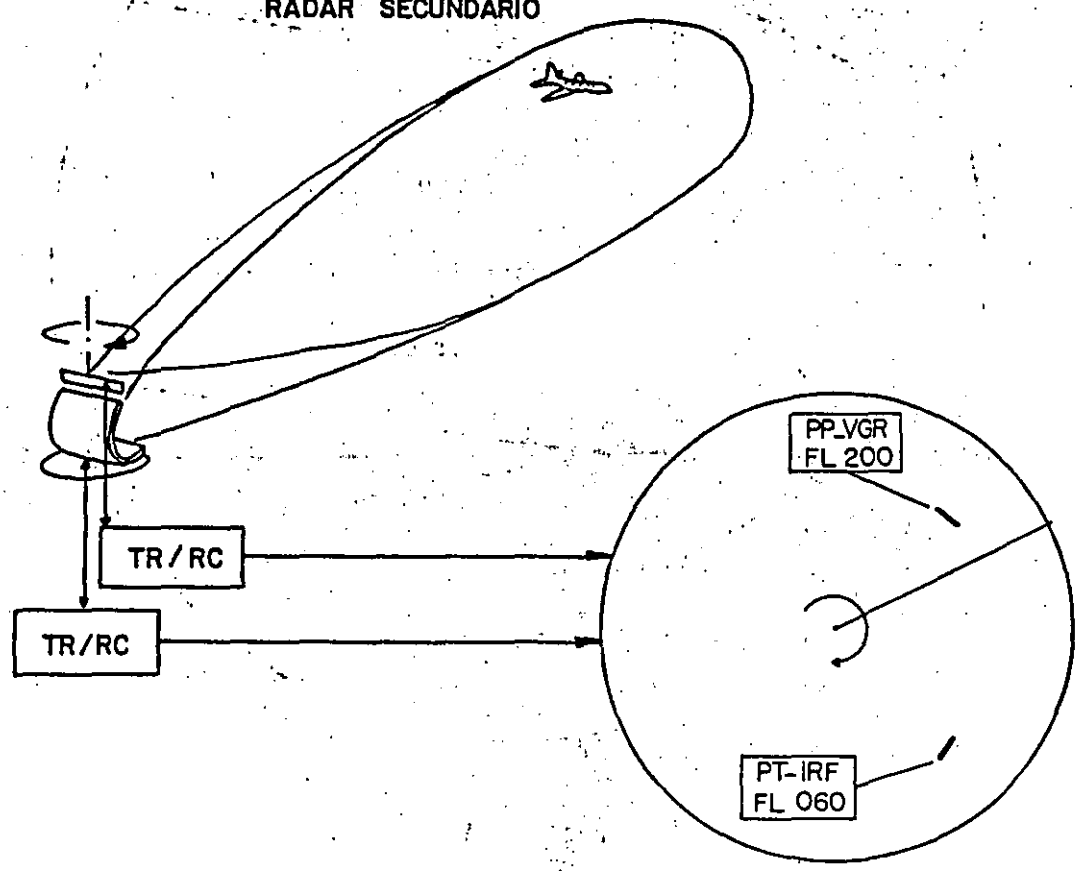
A apresentação é feita numa única tela, separadamente, para o centro da pista e o ângulo de descida, sendo o avião orientado por um controlador, até uma distância e altura estabelecida ou mesmo até o pouso.



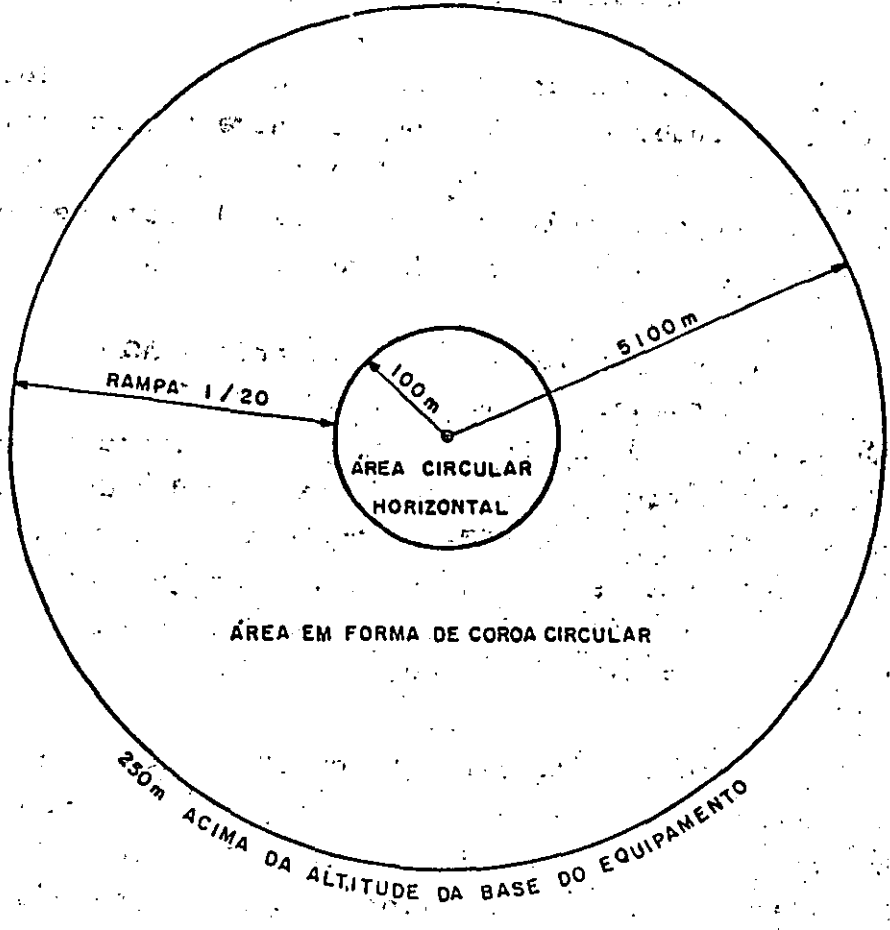
RADAR PRIMÁRIO



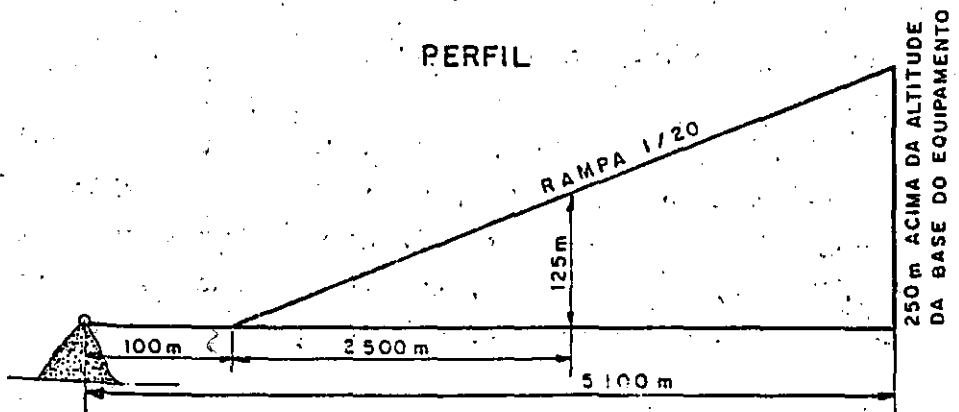
RADAR SECUNDÁRIO



PLANO DE ZONA DE PROTEÇÃO DO SISTEMA RADAR



PERFIL



OBS: NA ÁREA CIRCULAR (100m DE RAI0), NÃO SÃO PERMITIDAS IMPLANTAÇÕES QUE ULTRAPASSEM A ALTITUDE DA BASE DO EQUIPAMENTO.

FIGURA 14

7. MLS

MicroWave Landing System

7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O conceito do MLS se baseou na reconhecida necessidade de se superar as limitações inerentes ao Sistema de Aterrissagem por Instrumentos (ILS) atualmente em uso. O MLS está sendo desenvolvido a cerca de 20 anos, tendo sido examinados diversas técnicas durante estes anos.

O equipamento foi adotado pela ICAO em abril de 1978, em todo o mundo, tendo como base a técnica de referência do tempo do feixe explorador (Time Reference Scanning Beam). Trabalhando em uma referência ao redor de 5GHz, ao invés das frequência de VHF/UHF muito mais baixas do ILS, o MLS oferece várias vantagens, incluindo qualidade do sinal de categoria III para aterrissagem automática segura (visibilidade < 200m e teto zero).

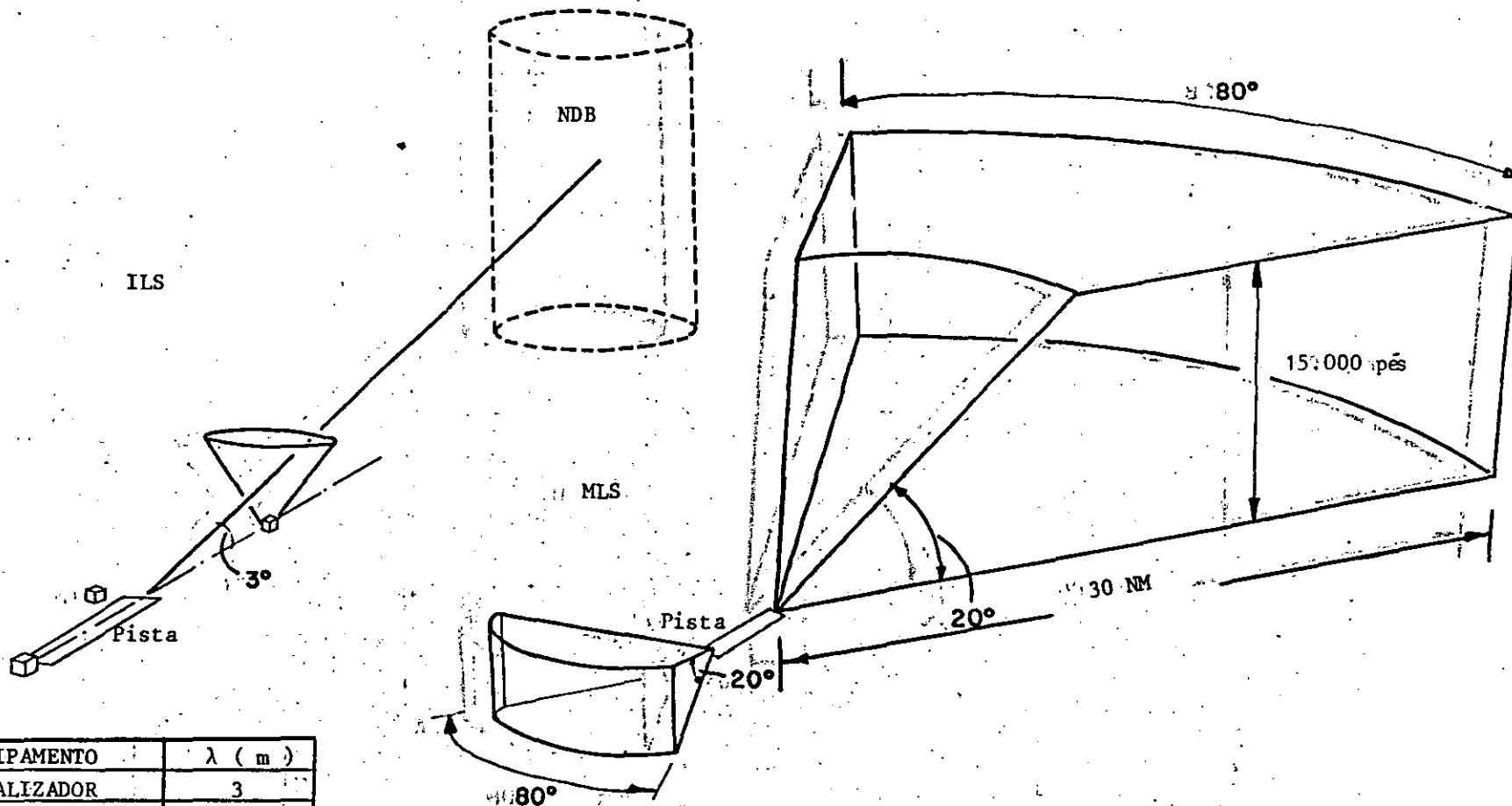
É sobre o terreno que o MLS exibe as maiores vantagens sobre o ILS. Os raios MLS são gerados independentemente do solo, o que significa que o MLS pode ser instalado em áreas montanhosas e é menos afetado pelo acúmulo de neve e terrenos irregulares.

7.2. O CONJUNTO DE ANTENAS

A antena AZIMUTE (AZ, equivalente ao localizador ILS) e a antena ELEVAÇÃO (EL, equivalente ao "glide slope"), podem ser colocadas para dar direção de pouso em pequenas instalações de aterrissagem, tais como como helipontos localizados sobre edifícios, bem como em plataformas marítimas.

7.3. CUSTO

O custo é um outro fator importante. Apesar de o custo do MLS ser equivalente ao ILS, o primeiro resulta mais econômico se consideramos os custos de instalação e



EQUIPAMENTO	λ (m)
LOCALIZADOR	3
GLIDESLOPE	1
MLS	0,06

MLS

Os equipamentos de auxílio à navegação e pouso em aeroportos vem sendo desenvolvidos a vários anos. Um desses auxílios é o MLS (Microware Landing System), o qual dá múltiplas trajetórias para o pouso, portanto, muito diferente do ILS (Instrument Landing System), que dá somente uma trajetória.

Existem diversas vantagens para o MIS. Algumas destas são:

- a) Trajetórias curvas de aproximação, que podem reduzir sensivelmente o ruído aeronáutico sobre determinadas áreas.
- b) O equipamento é menos sensível a interferências do terreno e objetos.
- c) Os sinais vão muito além dos produzidos pelo ILS, dando orientação precisa por um período de tempo maior.
- d) As facilidades das trajetórias múltiplas aumentam a capacidade de pouso das pistas.

CARACTERÍSTICAS DO ILS

O ILS fornece basicamente, uma linha reta no espaço tridimensional, a qual termina na pista.

São três as informações que o piloto obtém sobre a posição de sua aeronave em relação à trajetória ideal:

- 1) Posição da aeronave em relação ao alinhamento da pista, ou seja, se a aeronave está à esquerda ou à direita da linha central da pista.

2) Posição da aeronave em relação à altura acima da pista (trajetória ideal), ou seja, se a aeronave está acima ou abaixo da trajetória ideal de planeio.

3) Distância da aeronave em relação à pista. Esta informação é dada pelos marcadores, que são localizados de modo a estarem alinhados com a pista.

CARACTERÍSTICAS DO MLS

O MLS dá a trajetória de planeio até 15° de elevação e informações de posicionamento lateral de 130° . Em lugar dos marcadores existentes no ILS, o MLS dá uma informação contínua de distância através de um DME incorporado ao equipamento.

O MLS dá a informação da posição da aeronave, referenciada à pista, em um espaço tridimensional. A área de cobertura é uma quase—pirâmide tendo o "touch-down" como vértice.

A informação tridimensional é contínua e possibilita diferentes trajetórias para as aeronaves no espaço coberto pelo MLS. Para que o MLS funcione perfeitamente, foram feitas as seguintes hipóteses:

- 1) A aeronave necessita voar ao longo do prolongamento da linha central da pista, antes do pouso.
- 2) Existem algumas restrições em relação às trajetórias curvas, devido ao raio mínimo de curva das aeronaves.
- 3) Existem restrições para o máximo ângulo de descida.
- 4) Devem existir saídas rápidas e suficientes para que as aeronaves ocupem o menor tempo possível da pista.

CAPACIDADE DA PISTA DE POUSO

O número máximo de pousos em uma pista dependem de várias condições, a saber:

1. Separação mínima entre aeronaves (DEPV).
2. MIX de aeronaves.

3. Posicionamento e número de saídas de pista.

4. Geometria das trajetórias de planeio associadas com a pista (OBS: múltiplas trajetórias são disponíveis no MLS).

A capacidade de pouso de uma pista é a capacidade de um sistema consistindo de uma pista e o espaço adjacente à pista, sendo esta o ponto de convergência de todas as aeronaves. Conseqüentemente a capacidade da pista de pouso pode também ser definida como o número de operações na unidade de tempo, medidas em um ponto onde todas as aeronaves obrigatoriamente têm que passar.

Para encontrar a capacidade é então necessário de terminar t_{ij} onde:

t_{ij} = intervalo de tempo entre duas aeronaves.

Porém, t_{ij} é definido como:

$t_{ij} = \min(a^{t_{ij}}, r^{t_{ij}})$ onde

$a^{t_{ij}}$ = é o intervalo de tempo mínimo entre aeronaves, imposto pelo Controle de Tráfego Aéreo (ATC);

$r^{t_{ij}}$ = é o intervalo de tempo mínimo entre aeronaves, medido quando a mesma abandona a pista: Somente uma aeronave pode ocupar a pista durante qualquer intervalo de tempo.

Por definição, capacidade de pista (λ) é definida como:

$\lambda = \frac{1}{\bar{t}}$ onde

\bar{t} = é o intervalo de tempo real medido entre duas aeronaves ao abandonar a pista.

Portanto, a capacidade da pista só pode ser aumentada se conseguirmos diminuir \bar{t} , o que na prática é conseguido através do MLS.

manutenção. A capacidade de um aeroporto pode também ser melhorada com MLS, o qual prevê múltiplas trajetórias de planeio para melhor atendimento de aeronaves STOL e VSTOL; a ampla guia azimutal pode permitir melhor uso de partes da pista principal sem afetar as operações primárias.

7.4. OUTRAS INFORMAÇÕES

Nos Estados Unidos, não considerando o FAA que segue um plano de implementação do MLS, os operadores dos aeroportos pequenos não federais, têm mostrado um interesse muito grande pelo novo sistema.

Tendo em vista a grande aceitação do MLS, a ICAO resolveu proteger o ILS até o ano de 1995.

Atualmente, novos procedimentos estão sendo desenvolvidos, e, quando os pilotos começarem a se familiarizar com as aproximações MLS, nunca mais desejarão voltar a usar o sistema ILS.

8. AUXÍLIOS VISUAIS

8.1. ALS

Approach Lighting System

8.1.1. Definição

É um auxílio que dá numa informação visual do alinhamento e distância da aeronave em relação à pista.

É usado em complementação à auxílios eletrônicos de aproximação (ILS e PAR), sendo muito útil em casos de mau tempo e baixa visibilidade.

Junto com o ALS pode também existir o FLASHER, que é uma indicação luminosa sequencial, acompanhando o eixo central do equipamento ALS.

Normalmente o ALS tem um comprimento de 900m quando complementa um ILS ou PAR. Nos demais casos o comprimento é de 420m.

8.1.2. Configuração

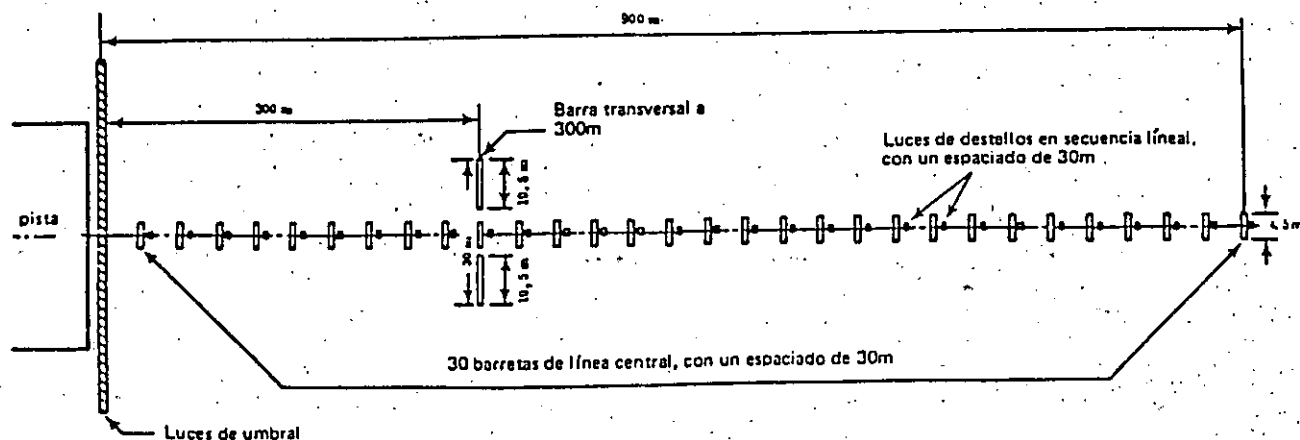
Os principais tipos de ALS são o ALSF-1 e o ALSF-2.

O ALSF-1 (categoria 1), consiste de uma barra de cinco luzes brancas a cada 30m de intervalo, começando a 60m da cabeceira e indo até 900m da mesma (num total de 28 barras de cinco luzes). As barras de cinco luzes são instaladas perpendicularmente à pista, apontando para a área de aproximação final. A 300m da cabeceira há uma barra maior, chamada BARRA TRANSVERSAL, contendo 21 lâmpadas numa largura 30m.

Uma última barra, na cor verde, é colocada na cabeceira da pista, ultrapassando-a em 13,5m para cada lado.

O Flasher é instalado nas barras do ALS, acendendo-se sequencialmente, em direção à pista, numa razão de 2 vezes por segundo.

Todo o sistema, exceto o flasher, tem controle de intensidade de luzes em cinco níveis: 100%, 20%, 4%, 0,8% e 0,16%.



8.2. VASIS

Visual Approach Slope Indicator System

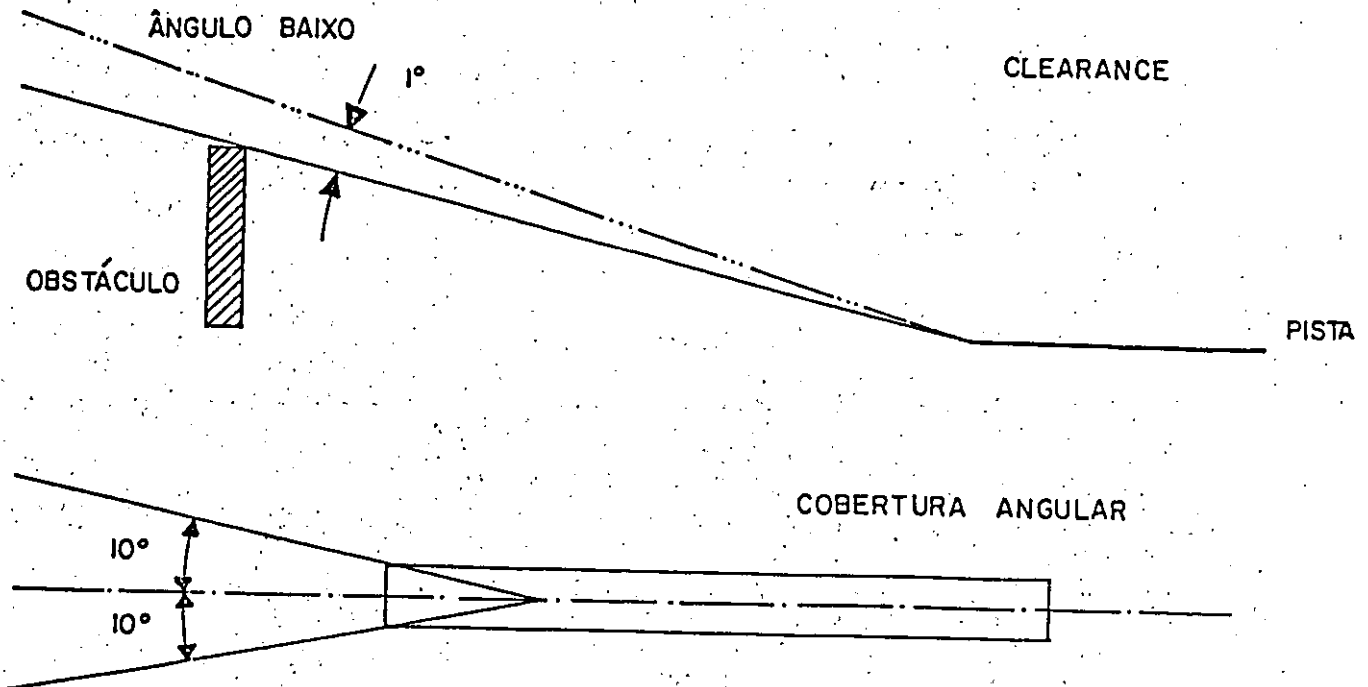
8.2.1. Definição

É um auxílio que usa luzes em cor vermelha e branca (transparente) para definir uma rampa de aproximação final para uma determinada pista.

Uma rampa de VASIS deve cruzar a cabeceira da pista onde o equipamento está instalado, entre 7,5m e 18,0m de altura, exceto onde operam aeronaves cuja distância entre a roda do trem de pouso e a cabine do piloto é maior que 3,0m (Jumbo, DC.10, etc). Neste caso, ao mínimo de 7,5m é acrescido o que ultrapassar de 3,0m da medida acima.

8.2.2. Área de Cobertura

É em geral de 10° para cada lado da pista, numa distância de 6NM, oferecendo segurança total com indicações 1° acima do mais alto obstáculo nesta área.

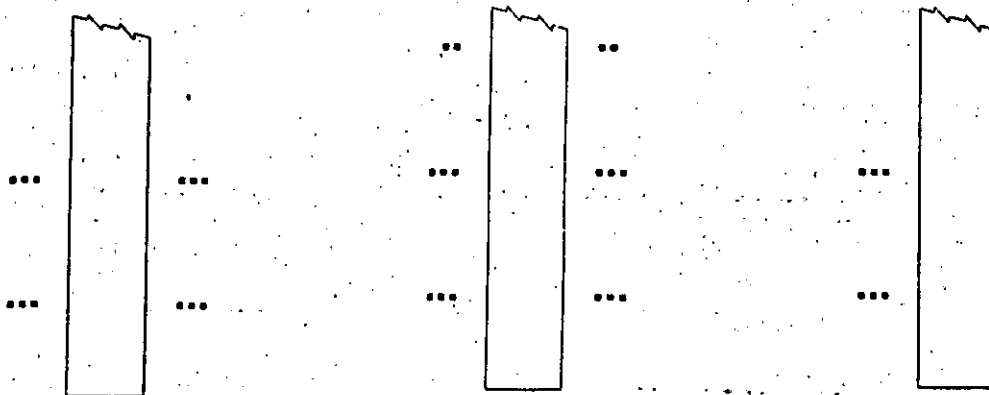


8.2.3. Configurações

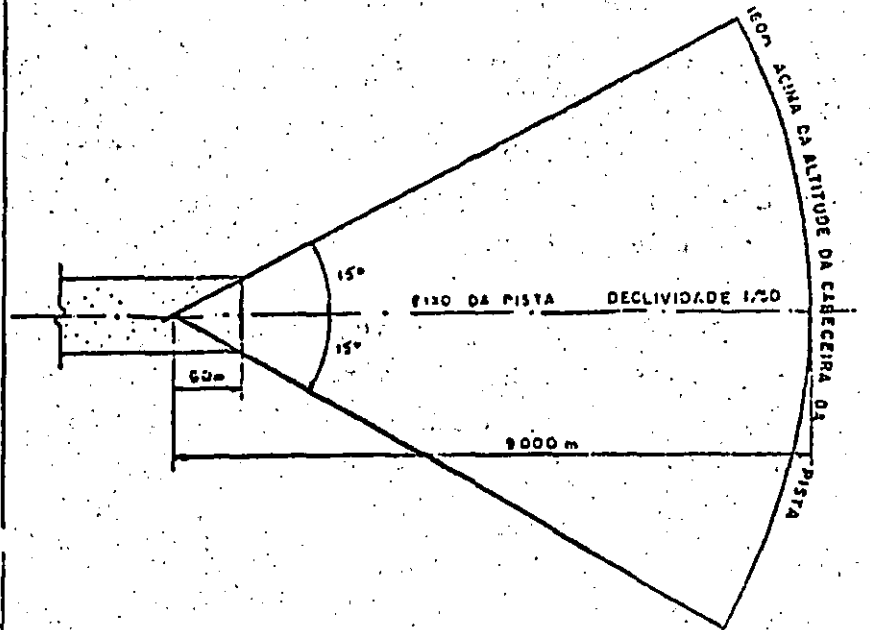
O VASIS pode ter 2 ou 3 "barras de luzes" perpendiculares à pista. Cada "barra" possui 1, 2, ou 3 caixas alinhadas, que, dependendo do VASIS, ficam de ambos os lados ou somente do lado esquerdo da pista. Cada caixa contém 3 lâmpadas de alta intensidade, com filtros horizontalmente divididos em partes vermelhas e brancas.

Usando o sistema, o piloto "trabalha" vendo tudo vermelho quando abaixo da rampa e tudo branco quando acima da rampa. A barra número 1 (a primeira no sentido do pouso) branca e a número 2 vermelha, indicam a posição correta na rampa, ou seja, o ângulo de aproximação normal.

Os equipamentos atualmente instalados pela CISCEA são: VASIS, 2B-12C (2 barras e 12 lâmpadas) o VASIS 3B-16C (3 barras e 16 lâmpadas) e o VASIS 2B-6C (2 barras e 6 lâmpadas).



PLANO DE ZONA DE PROTEÇÃO DO SISTEMA VASIS



PERFIL

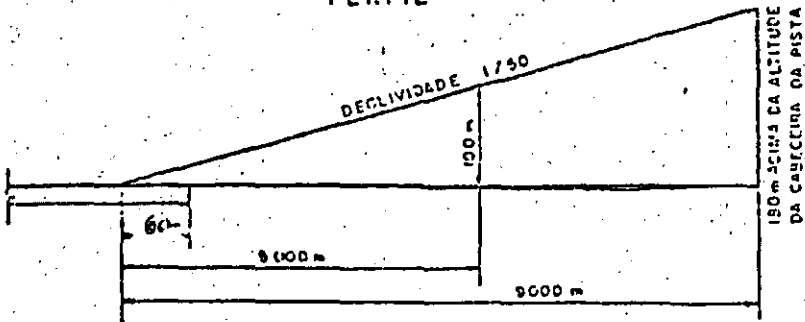


FIGURA 9

5/ESCALA

8.2.4. Coincidência com o ILS e o PAR

Quando o VASIS está instalado, em uma pista que tenha ILS ou PAR, o seu ângulo normal de rampa deve coincidir com o do Glide Slope. A tolerância permitida é de $\pm 0,29$.

8.3. PAPI

Precision Approach Path Indicator

8.3.1. Definição

É um auxílio que usa luzes em cor vermelha branca (transparente) para definir uma rampa de aproximação final para uma determinada pista.

8.3.2. Princípio de Funcionamento

O PAPI utiliza o mesmo princípio de sinais visuais vermelho e branco do VASIS como referência da rampa de aproximação final.

As diferenças principais entre os dois equipamentos são:

- a) O número e disposição dos elementos;
- b) O modo de interpretar as indicações; e
- c) a definição da transição das cores.

Enquanto os elementos do VASIS mudam a informação de branco para vermelho através de uma transição rosa da de aproximadamente 15', os elementos do PAPI têm numa transição muito mais abrupta da ordem de 2' a 4'.

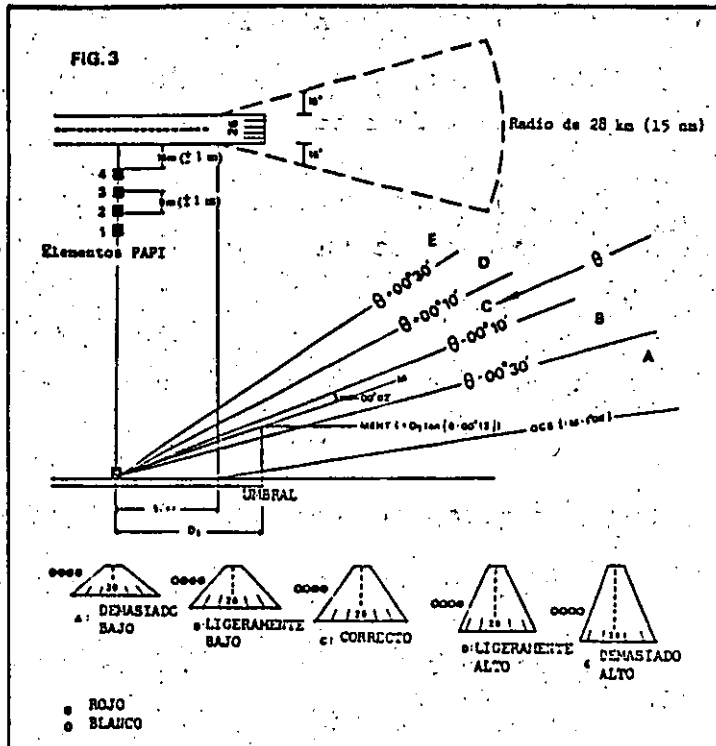
Se a aeronave estiver na trajetória de planeio ideal, serão vistas duas luzes vermelhas e duas brancas. Se

a mesma estiver acima ou abaixo da trajetória ideal se ve
rão mais luzes brancas ou vermelhas respectivamente.

De modo semelhante ao que aconteceu ao ILS, devi
do ao surgimento do MLS, o VASIS está protegido pela ICAO
até o ano de 1995.

8.3.3. Instalação

Em princípio, o PAPI, deve ser instalado ao la
do esquerdo da pista, a menos que seja impossível tal fato.



Em casos excepcionais, poderá ser instalada uma outra barra do lado direito da pista, de acordo com o item 5.3.6.49 do Anexo 14.

9. EQUIPAMENTOS METEOROLÓGICOS

9.1. INTRODUÇÃO

Entre os fatos considerados nos trabalhos relativos à segurança aeronáutica, a observação e informação dos fenômenos meteorológicos ocupa uma posição predominante entre as tarefas desenvolvidas pelos órgãos responsáveis pelo tráfego aéreo em todo o mundo.

9.2. INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS PARA O TRÁFEGO AÉREO

O fornecimento de informações meteorológicas para os usuários do espaço aéreo é uma operação de tal complexidade que, os governos de cada país mantêm agência especializada empenhada nesta tarefa, usando inclusive serviços de companhias particulares, e permitindo informações com agências de outros países.

As informações meteorológicas de interesse para a segurança de voo são em geral de dois tipos:

- condições meteorológicas gerais do espaço aéreo a ser utilizado, incluindo previsões; e
- condições do tempo existente em um aeródromo a ser utilizado em particular.

É fácil observar que a medição e informação constante dos fenômenos meteorológicos é tarefa importante, mesmo nos aeroportos de operações restritas.

9.3. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SUPERFÍCIE - EMS

É o órgão de atividade Meteorológica Aeronáutica responsável pela coleta, processamento, exposição e difusão automática ou não de informações aeronáuticas de rotina ou

especiais no aeródromo onde estiver instalada.

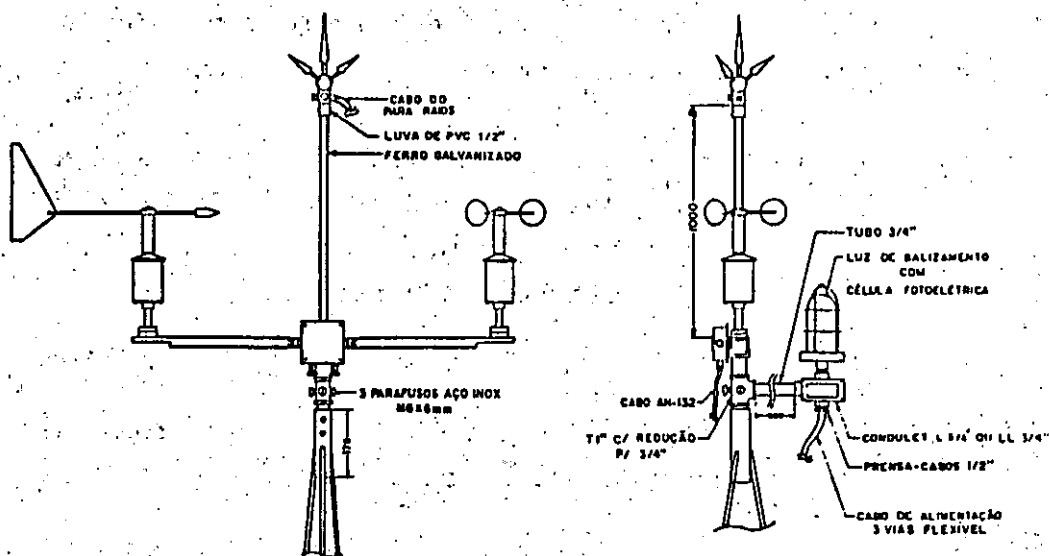
Existem quatro tipos de EMS a saber:

- . EMS-1
- . EMS-2A
- . EMS-2B
- . EMS-3

A mais completa das EMS é a de classe I, a qual deve fornecer as seguintes informações:

VENTO (direção e velocidade)

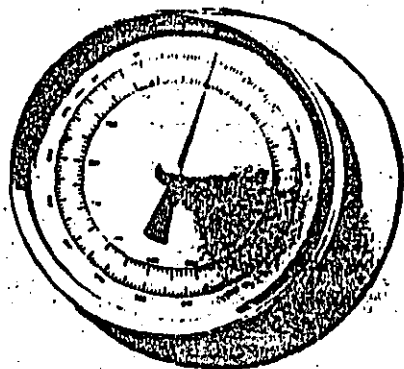
É fácil perceber que em aviação os parâmetros mais importantes a serem conhecidos são os de vento. Por razões óbvias é quase impossível operação do aeródromo sem a medição constante do vetor vento.



MEDIDAS EM MM, SALVO INDICAÇÃO

PRESSÃO (ajuste de altímetro)

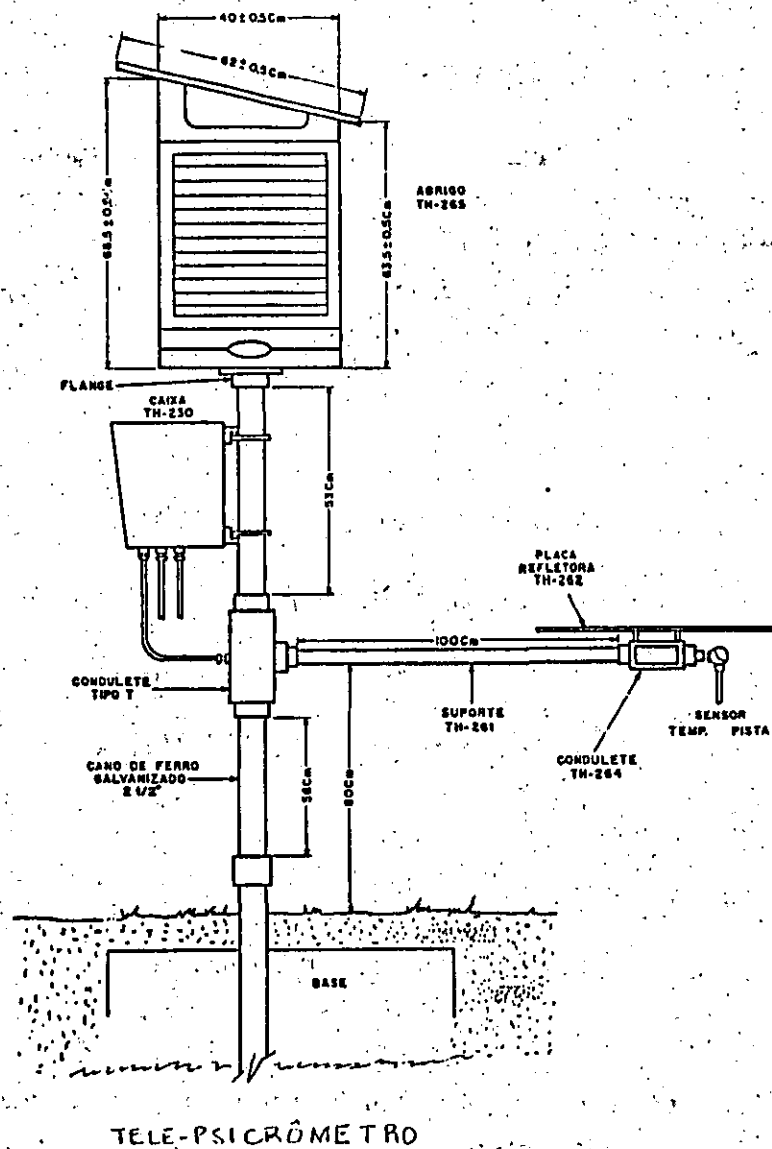
Entre os instrumentos indispensáveis à bordo de qualquer avião, o altímetro ocupa talvez o primeiro lugar nos aviões mais simples, a relação entre a pressão e a altitude explica plenamente a necessidade de medição deste parâmetro tanto a bordo como em terra.



BARÔMETRO.

TEMPERATURAS (ar livre e ponto de orvalho)

Sabe-se hoje em dia que existe uma estreita relação entre os valores de temperatura e o combustível necessário para deslocar uma aeronave em uma pista principalmente aquelas que usam motores a reação. O conhecimento destes parâmetros permitem aos responsáveis pela aeronave compatibilizar a operação destas com economia e segurança para operação do avião quanto ao aeroporto.



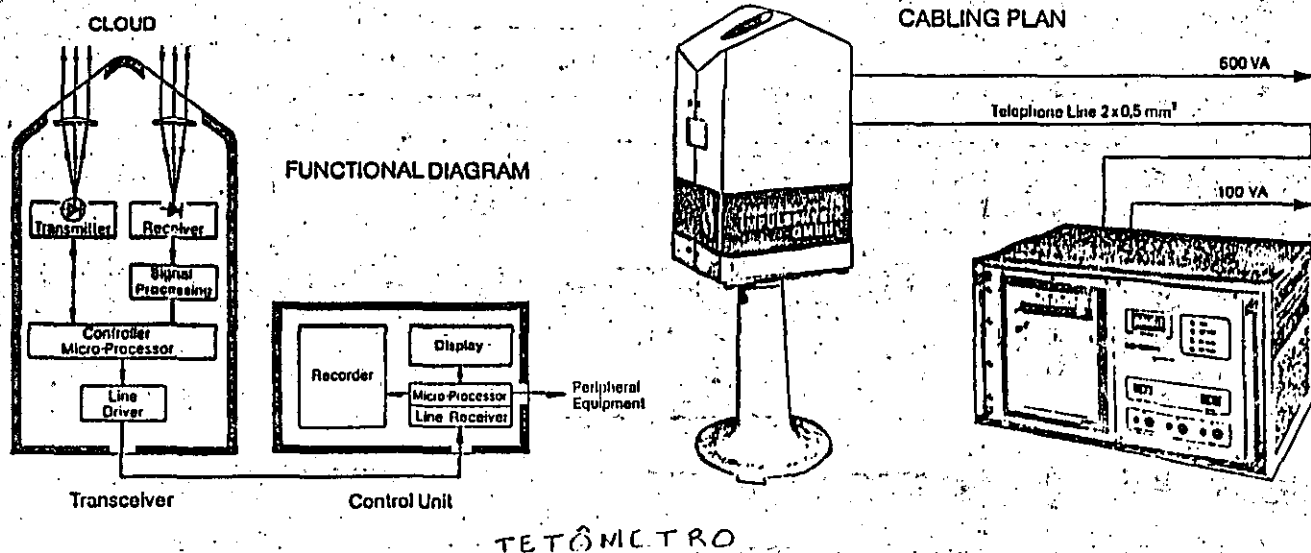
ALTURA BASE DAS NUVENS

Da mesma forma, como no caso da visibilidade, este parâmetro pode ser avaliado visualmente, comparando - se com pontos conhecidos, mas com muito mais dificuldades e menor precisão. Existem duas alternativas, a saber:

- Medir o tempo de elevação de um balão de borra-cha. Este processo não é prático para observações freqüentes, pois consome grande espaço de tempo e apresenta erros devido a existência de correntes de ar ascendente e descendente .
- Utilização de instrumento apropriado para esta

aplicação, sendo recomendado um farol de teto ou tetômetro automático, conforme as condições operacionais.

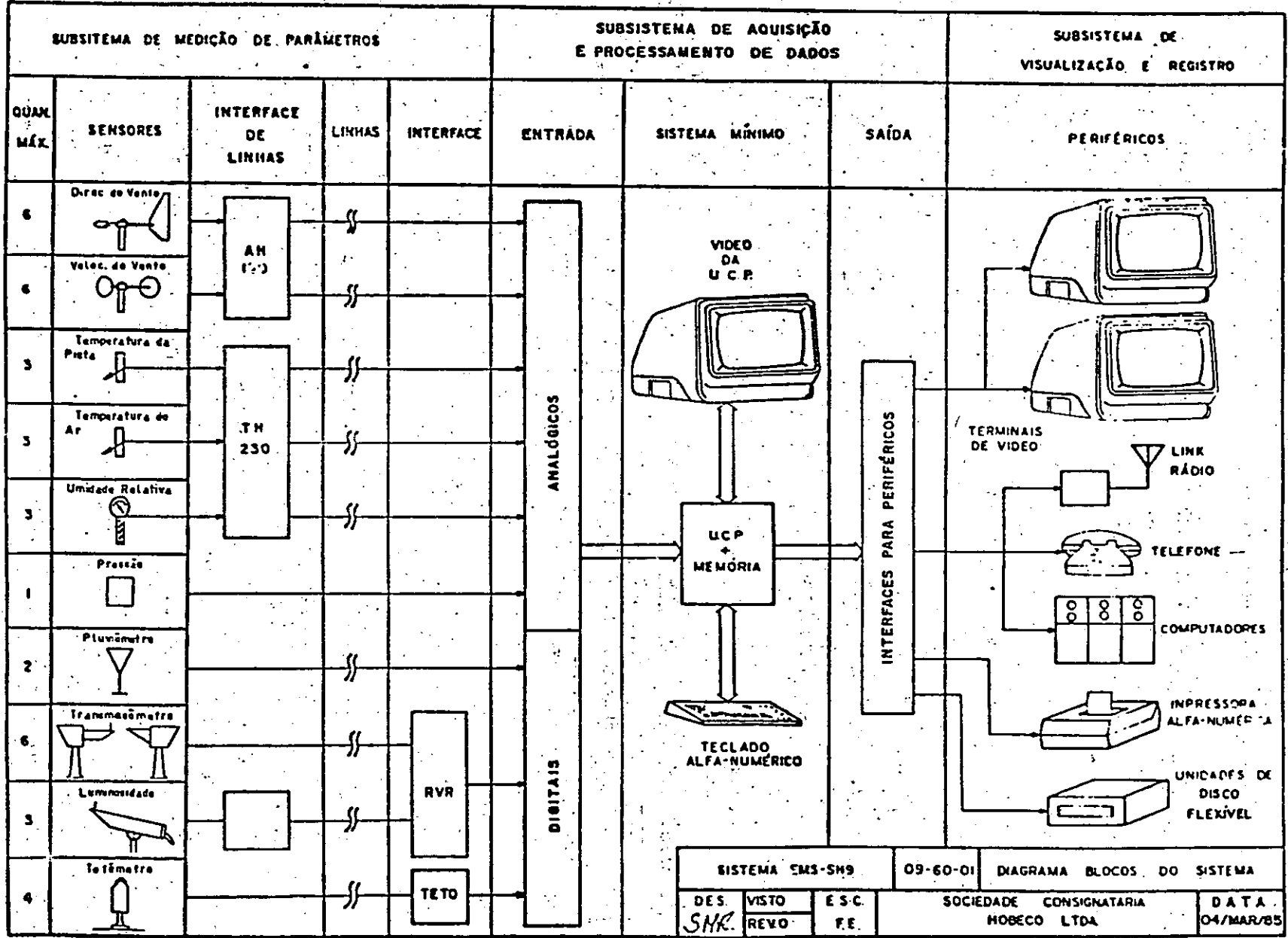
As normas da ICAO determinam que num voo VFR, a altura mínima da base das nuvens para pouso e decolagem ou entrar na área de tráfego do aeródromo, é de 450m.

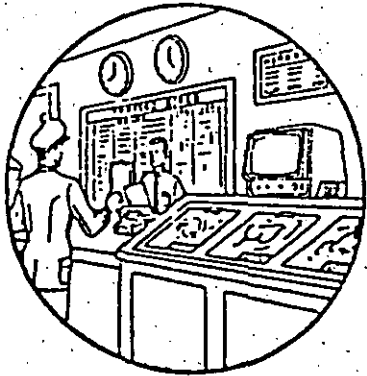


TETÔMETRO

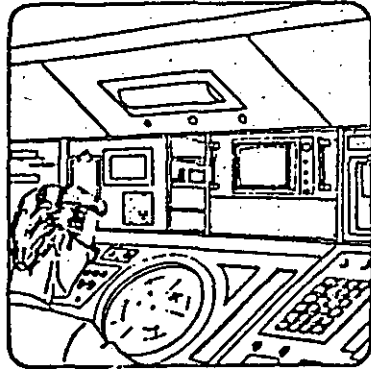
VISIBILIDADE (RVR)

Este parâmetro de fundamental importância, dependendo das características operacionais e das condições climáticas da região em que está localizado o aeródromo, podem ser obtido com auxílio da carta de visibilidade do local, ou com a utilização de equipamentos, caso as condições operacionais justifiquem. De acordo com as normas da OACI, se um aeródromo está classificado somente para voos VFR (Visual Flight Rules), não deve ser permitido tráfego aéreo durante o dia se a visibilidade for inferior a 8 ou a 5km, conforme decisão das autoridades competentes. À noite os voos VFR não são permitidos.

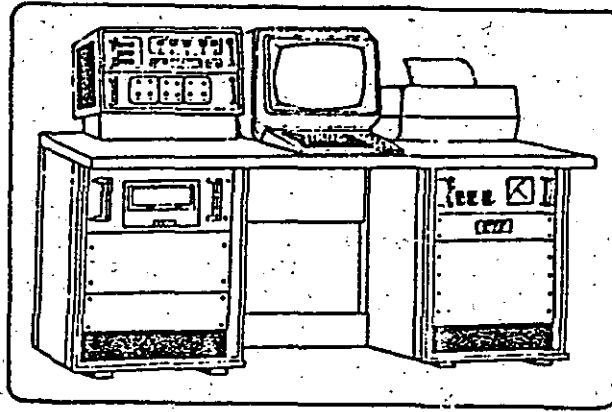




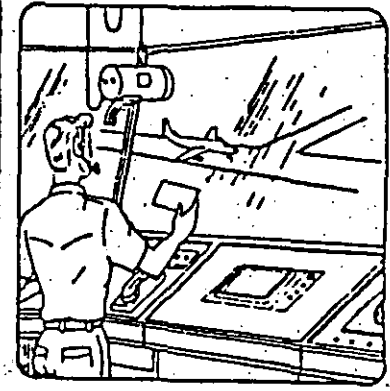
Sala de Tráfego



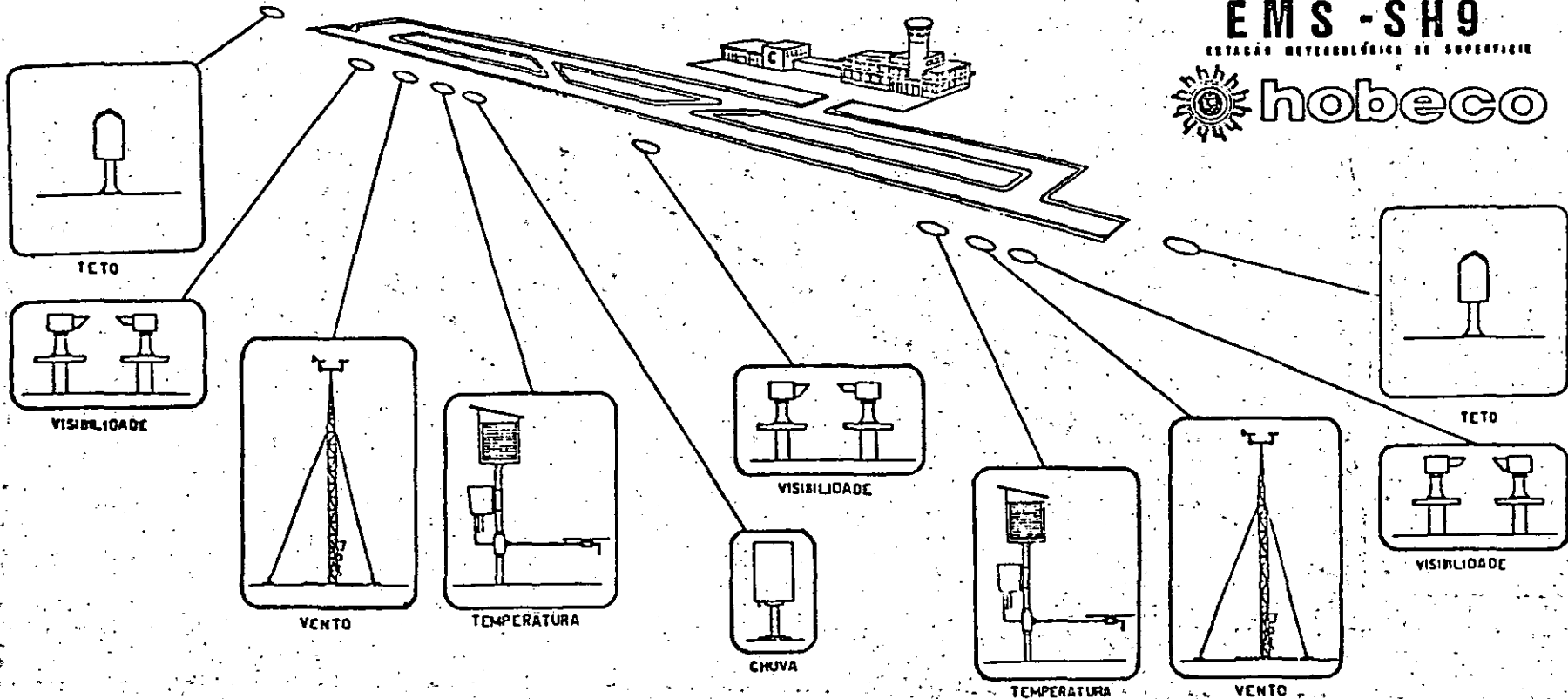
Controle de aproximação



Estação Meteorológica



Torre de controle

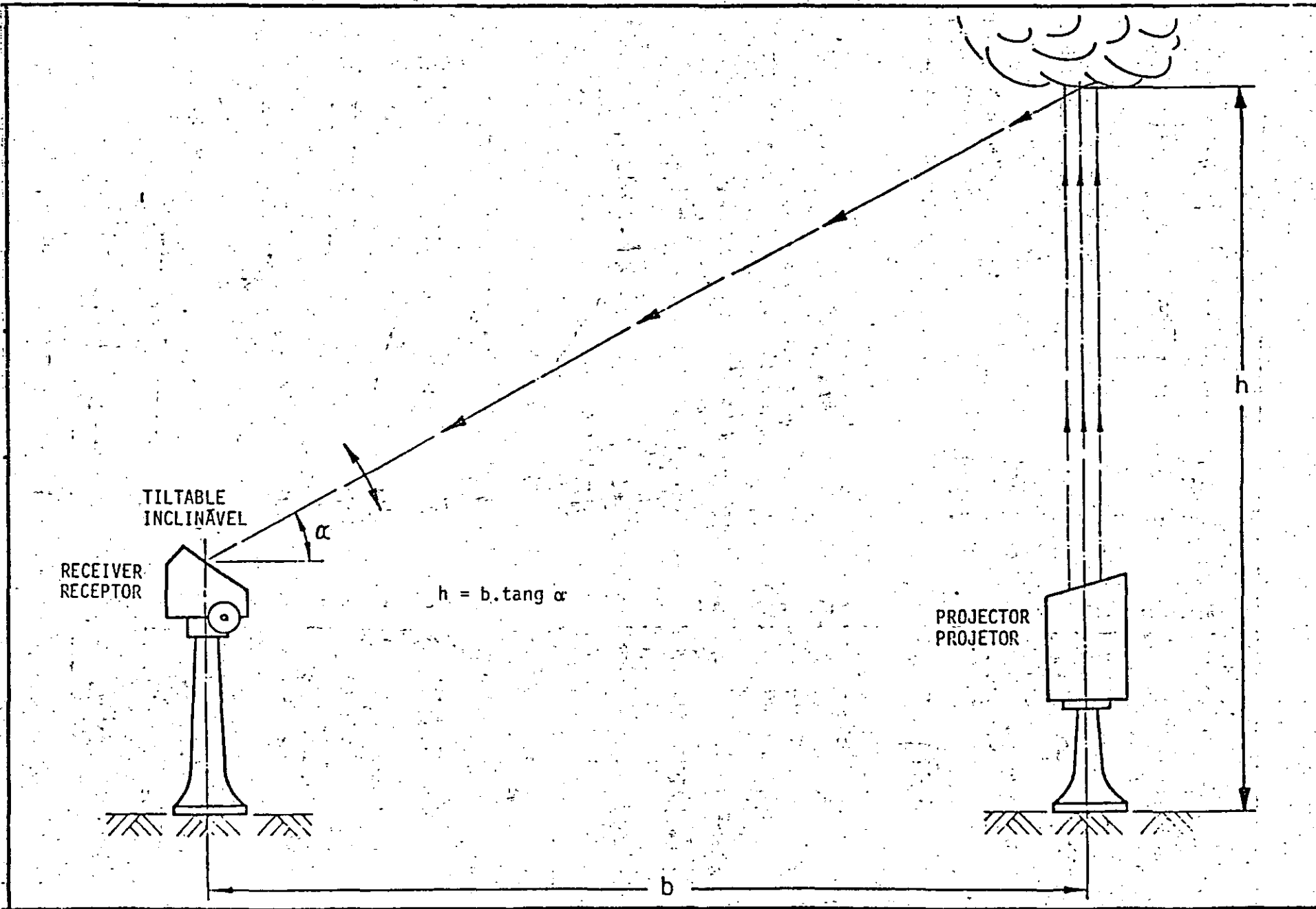


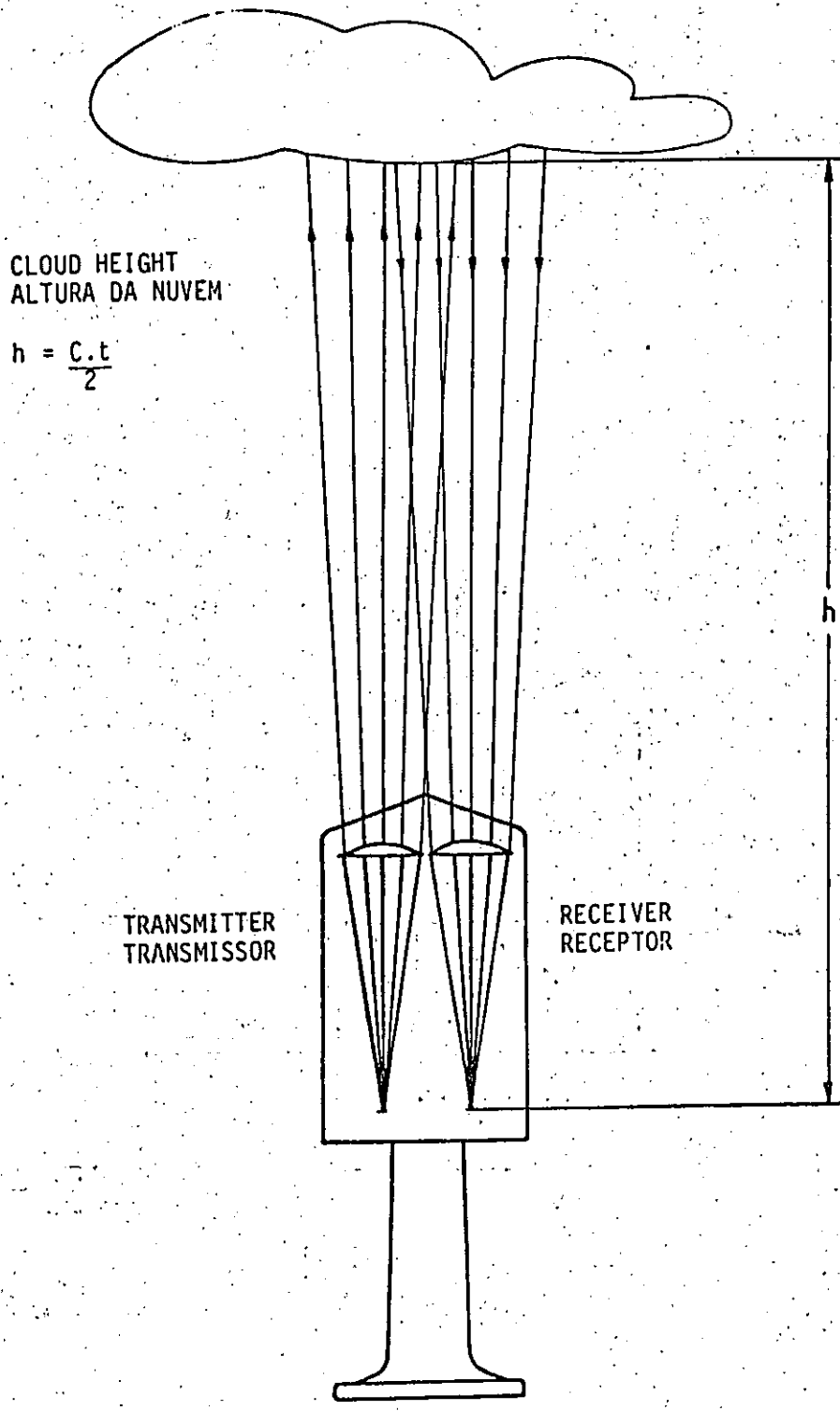
EMS-SH9

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SUPERFÍCIE



hobeco





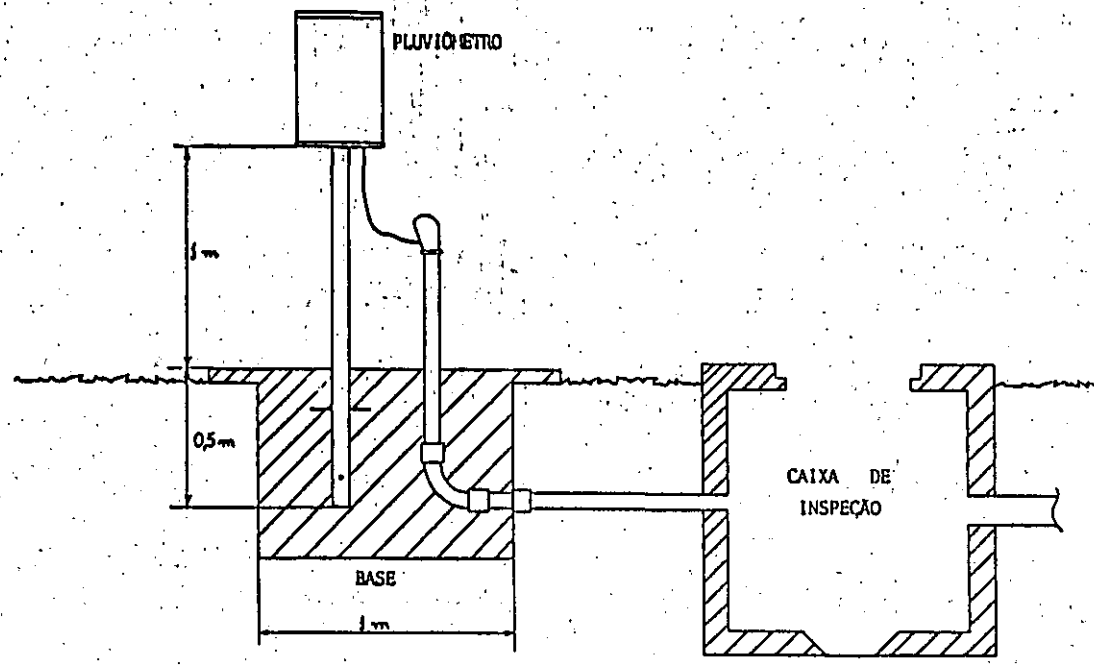
CLOUD HEIGHT
ALTURA DA NUVEM

$$h = \frac{c \cdot t}{2}$$

TRANSMITTER
TRANSMISSOR

RECEIVER
RECEPTOR

TETÔMETRO

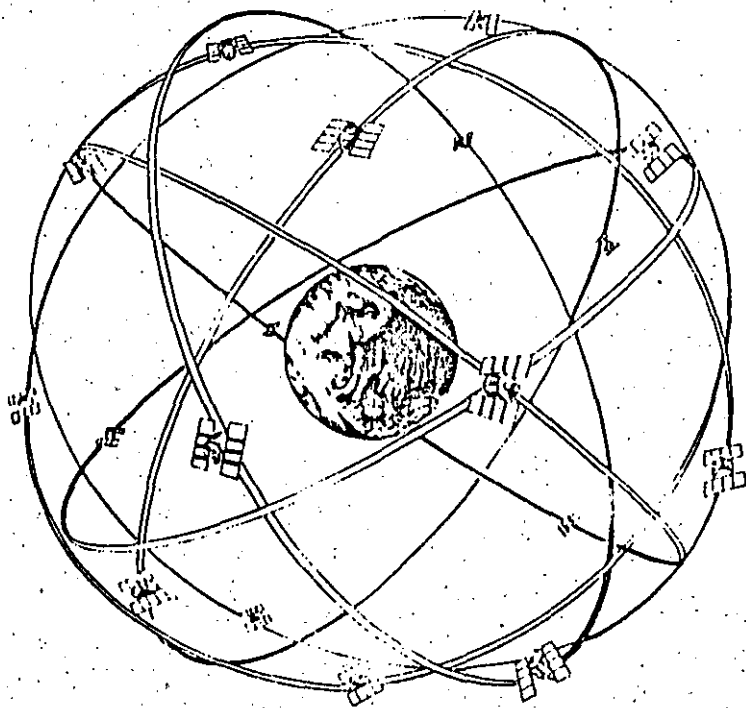


Este sistema deverá estar disponível para o uso civil até fins da década de 80. Os satélites NAVSTARS transmitirão dados de navegação e internos do sistema, incluindo deslocamento do satélite, correção atmosférica e desvio do relógio do satélite. A determinação precisa da posição em três dimensões estará disponível 24 horas por dia.

Os GPS compreenderá 18 satélites. Existirá seis planos orbitais, com três NAVSTARS em cada órbita. Os veículos espaciais serão colocados em órbitas circulares de aproximadamente 20.200km de altitude. A separação entre satélites garantirá que pelo menos quatro deles estejam sempre a vista de qualquer usuário do sistema.

Utilizando-se este sistema de navegação por satélite será possível operações de aproximação e precisão com mínimos de até 60m e 800m (atualmente CAT I).

Supõe-se que o GPS não será adequado para os serviços completos de aproximação e aterrissagem de precisão (CAT II e CAT III), que serão proporcionados pelo sistema de aterrissagem por micro-ondas (MLS).





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
MEXICO D..F

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION
EN AEROPUERTOS

ING. LUIS MARTIN CHAVEZ
1986.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE AEROPUERTOSI N T R O D U C C I O N

En los cursos precedentes han sido planteadas las bases de la existencia de un Aeropuerto.

Durante su Planeación, ha quedado justificada la necesidad de su construcción. La información recabada aportó los parámetros necesarios para identificar el tipo de aeronave que convendrá operar inicialmente y, como consecuencia de ello, se contará con los datos para el diseño de los cuatro elementos fundamentales del Aeropuerto: Areas de Maniobra Aeronáutica, Edificios, Almacenamiento para Combustibles y Ayudas Visuales.

En las primeras fases del Proyecto, se estudiaron las características geométricas básicas del conjunto de Areas Aeronáuticas y se revisaron alternativas de localización, proponiendo la más viable. Se iniciaron los estudios meteorológicos, topográficos, hidrológicos, geológicos y se analizaron las posibilidades de orientación de la pista en función de las condiciones orográficas del sitio estudiado. El conjunto de espacios aéreos de norma fue cuidadosamente analizado.

Con posterioridad y con apoyo en los estudios realizados, se definió la mejor orientación para la pista y se la proyectó con sus características geométricas tanto en la planimetría como en altimetría. El diseño de pavimentos fue realizado y se introdujo en los planos. Las calles de rodaje, plataformas, camino de acceso y vialidades, así como las áreas para el conjunto terminal, y la zona de almacenamiento de combustibles, ocuparon su lugar en los dibujos. Quedaron fijados los bancos de préstamo para la construcción de terracerías y pavimentos; los edificios, las instalaciones para combustible y las ayudas visuales generaron también un voluminoso paquete de planos.

Toda la información: esos planos producto de largas jornadas de trabajo en campo y gabinete; constituyen los elementos con los que el Aeropuerto se construya.

De la construcción se ocupará el curso que se inicia. La secuela del mismo, en cierta forma, se apega al proceso normal de toda obra aeroportuaria. Así, la primera parte se ocupará de la obra de tipo terrestre: en ella, serán tratados los procedimientos comunes que se siguen en pistas, calles de rodaje, plataformas, caminos de acceso y, en general, de todas las áreas que recibirán pavimentos para ser transitadas por aeronaves o vehículos terrestres o en aquellas otras que requieren la construcción de plataformas de terracerías para servir de asiento a otros elementos, como los edificios del Area Terminal, la Zona para Hangares o la de Almacenamiento de Combustibles.

Las etapas que son normalmente seguidas, se describirán, detallando los asuntos cuya ejecución resulta distinta entre el aeropuerto y el camino.

Como es en la obra terrestre en la que tiene su máxima aplicación la tecnología de control de calidad, ameritará conocerla con detalle, dedicando algún tiempo a su presentación. Dentro de ella, se hará referencia a asuntos del resto de los trabajos.

Los aeropuertos tienen problemas de conservación muy particulares. Salvo que se cuente con más de una pista, todo trabajo de reparación, modificación o reconstrucción de las áreas de operación aeronáutica plantea severas condiciones de restricción de horarios, lo que provoca situaciones de obra que deben ser atendidas con ingenio y grandes dosis de improvisación.

El hecho de que los 54 aeropuertos con que ya cuenta el sistema nacional, prácticamente cubren las necesidades de infraestructura para el-

transporte aéreo troncal, destaca la importancia de su adecuado mantenimiento: el impacto económico que el cierre de una terminal aérea, - por reparación, puede tenerse, justifica plenamente el esfuerzo que - se haga para evitar la suspensión de operaciones.

De ahí que dentro del programa de este Curso se destine tiempo a tratar acerca de estos interesantes asuntos.

El conjunto de edificios que constituyen el Area Terminal representa, para el usuario del Aeropuerto, la imagen del mismo. La construcción, relativamente sencilla de los que albergan oficinas técnicas, equipos y al Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) plantea, de -- cualquier manera, algunos retos de improvisación, sobre todo cuando - el puerto aéreo entra en operación sin contar con el edificio diseñado para la atención de los pasajeros. La distintiva torre de control, por sus características estructurales, requiere de la implementación de varios tipos distintos de procedimiento constructivo, que se realizan en una muy reducida superficie; la agravante de completar sus -- elementos a alturas que por lo común rebasan los 25 m debe ser atendida.

El Edificio Terminal es el que da, a final de cuentas, su identidad - al Aeropuerto. Su arquitectura, individual para cada caso, lo asociará con la ciudad o región en que se enclava. Obra interesante por - sus dimensiones; entraña generalmente problemas constructivos por sus características estructurales y la amplia gama de instalaciones que - debe contener. El logro de buenos acabados está íntimamente ligado - con el cuidado con el que la obra negra se haya realizado y presenta amplias perspectivas de lucimiento al constructor cuidadoso, capaz de combinar materiales económicos para lograr bellos efectos.

Los edificios representan un claro ejemplo de la diversidad de disci-

plinas técnicas que se hayan presentes en el aeropuerto: en la formación de los rellenos controlados, la construcción de las estructuras, los estacionamientos particulares y las vialidades que a ellos convergen, estará representada la ingeniería civil; en los aspectos cuidadosos del detalle, la arquitectura; en las instalaciones de sub-estaciones eléctricas, equipos de control de ambiente y de suministro de agua bajo presión; en los sistemas de alumbrado y de comunicaciones, la ingeniería electromecánica; en la alimentación de agua, su tratamiento y en la disposición de aguas residuales, la ingeniería sanitaria, etc.

Resultará, pues, interesante la parte del curso en que se tratarán estos aspectos, pues conviene que el no enterado conozca sus interrelaciones.

Las instalaciones eléctricas para operaciones nocturnas del aeropuerto, las requeridas como ayudas visuales para el aterrizaje de aeronaves, las que servirán de apoyo e infraestructura a las radioayudas a la aeronavegación y, por último, las de almacenamiento y distribución de combustibles, todas ellas dentro de la especialidad electromecánica fundamentalmente, son poco conocidas. De hecho, resultan especializadas.

Por ello, las horas del curso que se dedicarán a tan importantes aspectos aportarán novedades de conocimiento.

Se pretende, dentro de los asuntos señalados, plantear a los asistentes problemas prácticos que se han presentado en poco más de 20 años de construir aeropuertos. Con la participación de los asistentes, -- analizar soluciones y comentar la que, en su momento, se ejecutó. El objetivo de esto, es conocer el grado de interés que se ha obtenido y, desde luego, aceptar las ideas novedosas que resulten de la discusión. Dentro de la disponibilidad de tiempo, se habrán de desarrollar asuntos bajo el criterio de "mesas redondas" con la participación, tam --

bién de la concurrencia.

El adecuado control de una obra, en sus aspectos de avance físico y financiero, es un problema común. La diversidad de criterios es, --- prácticamente, tan amplia como el número de supervisores y constructores.

Con el afán de resumir las experiencias en esta materia, obtenidas a través de más de 30 obras, se propondrán métodos que permiten englobar, en una forma clara y elocuente, todos los datos que interesa --- controlar.

Así, se podrán obtener gráficas sencillas que, en su caso, aporten datos sobre los grados de avance, tanto de tipo general como por concepto. Efectividad y rendimiento de los equipos o grupos humanos. Ejercicio de los recursos económicos y sus saldos. Datos, todos, de sumo interés para los responsables de las obras.

No podría tratarse el tema de construcción sin considerar los aspectos legales que las envuelven. Aunque el marco de referencia sea el de las leyes nacionales, su generalidad es aplicable a cualesquier -- país. De aquí que se considere importante destinar un espacio del curso por iniciar a tan trascendental aspecto.

Al promover estos cursos, la Dirección General de Aeropuertos de la - Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con la basta y excelente colaboración de la División de Educación Continua de la Facultad de - Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma de México, se ha planteado como propósito fundamental comunicar a quien lo desee, su experiencia .

La necesidad de formar técnicos en aeropuertos más capaces, tanto en México como en países hermanos de Centro y Sudamérica es un problema de valor indudable, pues constantemente se hace patente la convenien-

cia de usar el transporte aéreo para el transporte de bienes y personas.

Si esta comunicación de experiencias contribuye a que dentro de los asistentes al presente curso, haya quienes se contagien del amor a la obra aeroportuaria que distingue a los expositores y den continuidad a tan apasionante especialidad, el objetivo se habrá logrado.

G L O S A R I O

- ACOTAMIENTOS:** Zonas con pavimento ligero que extienden el ancho de la pista, las calles de rodaje y las plataformas para: alejar de la pista las terracerías, por razones de protección del pavimento; extender la zona libre de hierbas y tierra para que los motores de turbina montados bajo el ala no absorban materias extrañas; permitir el tránsito de vehículos de inspección o emergencia y alojar las lámparas del señalamiento luminoso.
- ARIDOS:** Genéricamente, agregados (grava y arena) para un concreto hidráulico o asfáltico; por extensión, se denomina así a los materiales para bases o sub-bases hidráulicas cuando se emplean para capas mejoradas o estabilizadas.
- CALLE DE RODAJE:** (Calle o Pista de Carreteo).- Superficie sobre la que rueda un avión para desalojar la pista y dirigirse a la zona de estacionamiento.
- CALLE DE RETORNO:** Superficie con radios amplios de giro para permitir el viraje de las aeronaves a su punto de arranque en la carretera de despegue. Difiere de las ampliaciones en que no hay (en su caso) pavimento entre la calle y la pista.
- GOTA O AMPLIACION PARA RETORNO:** Zona de ampliación a cada extremo de la pista con ancho suficiente para permitir el libre giro de las aeronaves a su punto de arranque en la carretera de despegue.
- GUIONES DE EJE:** Marcas de pintura interrumpidas con ancho y longitud suficiente para su adecuada visualización desde el aire. Indican el centro de la pista.
- MARCAS DE UMBRAL:** Barras de pintura con ancho y longitud suficientes para su fácil visualización desde el aire, que indican el extremo utilizable de la pista.
- MARCAS DE TOMA DE CONTACTO:** Rectángulos de gran tamaño pintados sobre la pista, indicadores del punto ideal para que el avión haga contacto con la pista bajo patrones de aproximación guiada por ayudas visuales o electrónicas.
- MARCAS DE TOMA DE DISTANCIA:** Barras de pintura aplicadas sobre la pista, en número desde una hasta tres, a cada lado del

eje, que permiten al piloto apreciar la longitud de pista disponible.

NUMEROS DESIGNADORES: Marcas con pintura, en cada extremo de la pista, indicadores del azimut magnético de la pista desde ese punto.

ORIENTACION DE LA PISTA: Indica, para cada cabecera, el azimut magnético, aproximado a la decena de grados y dividido entre 10 (por ejemplo, una pista con azimut de 267° se convertirá en una orientación 27; otra con 263° corresponderá a una 26).

PISTA: Superficie nivelada, libre de obstáculos y resistente, sobre la cual se llevan a cabo las operaciones de aterrizaje y despegue, con ancho y longitud adecuadas.

PLATAFORMA: Superficie amplia, nivelada y resistente sobre la que se estacionan las aeronaves.

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO: Es el valor máximo que puede alcanzar por acomodo de partículas, un material determinado. Se logra en laboratorio, en un recipiente de dimensiones especificadas, sometiendo el material, previamente desecado, a un proceso de vibración.

Este parámetro sirve como base de comparación para la determinación de la compactación alcanzada por los mismos materiales.

PORCENTAJE DE COMPACTACION: Es la diferencia, expresada en por ciento (%) entre el peso volumétrico seco alcanzado por determinado material y su máximo.

RASANTE: Nivel final de las capas de una vía terrestre, sea camino, pista, calle de rodaje, etc.

Está constituido por ejes longitudinales y transversales que, conforme al proyecto determinarán las cotas de la superficie acabada.

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL: Marcas con pintura sobre la pista, calles y plataformas. Puede tener características reflejantes o no, según se requiera.

SEÑALAMIENTO VERTICAL: Tableros indicadores de la denominación de las zonas de tránsito de las aeronaves. Se utilizan también, para indicar la dirección del tránsito.

- SUBRASANTE:** Nivel de la última capa de terraplén, sobre la que se desplanta el pavimento. Por adición de dicha capa, generalmente de terracerías mejoradas, se le denomina "Capa subrasante".
- UMBRAL:** Extremo operable de la pista.
- VALOR RELATIVO DE SOPORTE (V.R.S.):** Valor de la resistencia de una capa de suelo, terracerías o pavimento, manifestada -- por su resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones especificadas en el laboratorio. Se expresa como un porcentaje inverso de la penetración (si es nula, el V.R.S. es del 100%).

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN AREAS DE MANIOBRA

Las grandes obras aeroportuarias requieren la presencia de constructores capaces y conocedores; las pequeñas, pueden ser llevadas a cabo con medios más modestos; a menudo aeropistas para aviones de tamaño reducido, con características geométricas y naturales sencillas, pueden ser realizadas con equipos de construcción muy comunes.

De cualquier forma, la construcción de un Aeropuerto debe ser supervisada por especialistas en la materia. Se insiste: una pista no es una carretera y, debe ser construida con normas específicas.

Al concluirse la etapa de proyectos, de inmediato el Ingeniero que se encargará de la supervisión debe instalarse en la localidad en que se ejecutará la obra; contando con los planos del proyecto de áreas de pavimento, habrá de llevar a cabo una revisión exhaustiva del mismo, verificando que la información de campo coincida con la que está dibujada. Reconocimientos cuidadosos, a pie, le permitirán identificar todos los elementos del trazo realizado por las brigadas de localización: líneas de ejes, bancos de nivel, monumentos indicadores de intersecciones, linderos, etc. Habrá de revisar, también, las características geológicas de la zona de construcción y los bancos de préstamo de materiales. El camino de acceso deberá ser, también, cuidadosamente revisado, particularmente por lo que se refiere a ejes, bancos y localización de obras de drenaje.

Una vez que se haya asignado al contratista que ejecutará los trabajos (mediante un Concurso o por designación directa), repetirá los recorridos con el representante de la empresa, que vaya a estar al frente de las obras, a fin de que, mientras va llegando al sitio el equipo de construcción que se utilizará, ambos Ingenieros estén cabalmente enterados del proyecto y las condiciones del lugar.

1.- TRABAJOS PRELIMINARES

No es regla general que el camino de acceso al Aeropuerto sea la vía más corta para llegar a él desde la carretera o avenida con la que entroncará. Puesto que, será tendencia del proyecto acercar ese entronque a la población a que se sirve, puede ocurrir que el desarrollo de tal camino sea considerable, por tanto, durante los reconocimientos a que antes se hizo mención, deberá elegirse una ruta corta para que sirva de comunicación al sitio de obra durante su construcción.

A la llegada del equipo, deberá ante todo, construirse ese acceso. Sus características, aunque modestas por razones económicas, deberán garantizar la posibilidad de tránsito del equipo pesado -

(o sus vehículos de transporte), así como otras unidades de trabajo: camiones, camionetas, automóviles, etc.

Tanto la empresa constructora como la supervisión habrán de construir instalaciones provisionales, fácilmente desmontables al término de su utilidad, para alojar oficinas de campo, laboratorio de control de calidad, talleres, etc.

Naturalmente, mientras estas labores se desarrollan, deben iniciarse los trabajos de construcción propiamente dichos, una vez que los equipos necesarios estén en el sitio de obra.

- **Desmante.**- Será necesario llevarlo a cabo en todas las zonas de construcción y en aquellas afectadas por los trapecios de aproximación a las cabeceras de la pista. La superficie de Transición deberá, también, quedar libre de vegetación que la intersekte.

Con la sola limitación de la necesaria visibilidad desde la Torre de Control a la totalidad de las áreas de maniobra que pueda requerir desmontes adicionales, por razones ecológicas conviene mantener las condiciones originales en el resto del terreno destinado al Aeropuerto.

Como "Desmante" deberá entenderse la acción de tala, derribo o corte de especies vegetales existentes.

Podrá consistir en el corte con sierras motrices o manuales de árboles aprovechables, su derribo mediante acción de empuje de tractores o, en el caso de especies menores, su corte con equipos motorizados para poda.

Las condiciones del sitio deberán dictar el procedimiento a seguir.

Cuando el lugar de construcción está poblado de árboles aprovechables, habrá de requerirse un proceso acelerado de derribo de los especímenes, su eliminación de rama y el transporte de los troncos al aserradero. Los troncos y raíces deberán extraerse empleando tractores (equipados con arado, de requerirse). El producto deberá juntarse con el desecho no aprovechable y quemarlo, de preferencia afuera de las zonas que llevarán pavimento. Si las especies no son aprovechables, se tumbarán con tractor y se procederá a su quema. También en este caso, habrá que efectuar el desenraice.

Finalmente, terrenos de pradera, cubiertos de pastizal o especies menores, podrán desmontarse con podadoras, aunque puede, en su caso, evitar esta maniobra y juntarla con el Corte de Despalme, como más adelante se indica.

Es importante destacar, puesto que redunda en economía, que só-

lo es necesario desenraizar adecuadamente las zonas que se destinarán a pavimentos; las que serán ocupadas por las franjas de seguridad, salvo que el proyecto indique que habrán de compactarse, no requieren de esa operación.

- **Despalme.**- Se entenderá con esta denominación la operación de corte, extracción y acarreo a otro sitio de la capa de suelo vegetal existente en la superficie.

Es indispensable eliminar, de las zonas por pavimentar o terraplenes compactados, la presencia de componentes orgánicos que alteren las características del terreno impidiendo un adecuado procedimiento de consolidación.

Su profundidad la dictará el estudio geológico preliminar y deberá ser suficiente para descubrir la capa sana sobre la que se cimentará la estructura de los pavimentos.

Razones de economía han conducido, en la actualidad, a buscar el óptimo aprovechamiento de los movimientos de tierra. Por ello, el producto del corte en despalme no se desperdicia (a no ser que el proyecto considere otras condiciones), se procura aprovecharlo en las fajas de seguridad o en otros rellenos.

- **Cortes Someros.**- La presencia de capas arcillosas delgadas, de alta compresibilidad, bajo los pavimentos, pueden provocar deformaciones; en su caso y, cuando el espesor no sea excesivo, será conveniente eliminarlas. Puesto que todo corte deberá, de así estar considerado, rellenarse con materiales de mejor calidad, el análisis económico durante la etapa de planeación y proyecto habrá definido esta eventualidad.

El producto de estos cortes, será también utilizado en rellenos convenientes, tratando de evitar desperdicios de materiales.

Observación:

Aunque se ha repetido la conveniencia de sacar provecho de los materiales, no debe de tomarse esta recomendación a título general, habrá proyectos que, por sus características, obliguen el desperdicio de volúmenes importantes del producto de Despalme y/o Cortes.

Puede apuntarse que lo mencionado será particularmente válido para obras que se realicen en terrenos francamente planos o en las que sea importante abatir los acarreos desde bancos de préstamo para terracerías que se localicen lejos del sitio de construcción.

- **Algunos Problemas.**- Cuando los desmontes se producen en zonas selváticas, es común que las raíces de los árboles se profunden

cen mucho. Esto también ocurre en zonas de tipo semidesértico o francamente desértico. En tales casos resulta muy importante extraer, con la mayor abundancia posible, las raíces.

Podrá hacerse necesaria una obra de mano muy cuidadosa para tratar de eliminarlas, pues la materia orgánica que quede con el tiempo se descompondrá y de ser abundante puede modificar las características del suelo provocando, en su caso, deformaciones en los pavimentos.

En otras ocasiones, cuando el terreno de construcción es rocoso, aunque el desmonte mayor pueda ser ejecutado, el desenraice puede verse impedido. La misma característica del suelo impide, también, el corte del despalme. Habrá entonces una presencia de especies vegetales menores que resultará complicado eliminar.

En estos casos, el desenraice profundo puede perder importancia puesto que la roca dará el soporte necesario a los pavimentos; las especies menores y la hierba pueden ser eliminadas, de así convenir, utilizando herbicidas que la maten quemando, después, la hojarasca y tallos secos.

Los despalmes, sobre todo cuando se hacen en terrenos de pastizal, comúnmente se recomiendan de pequeño espesor: 10 a 15 cm, que resultan imprácticos para el equipo de construcción pesado. En tales casos, aunque en forma aparentemente anti-económica, los cortes deberán realizarse con máquinas motoniveladoras. Algunos contratistas prefieren, en pro de mejores rendimientos, cortar espesores del orden de 20 cm, que ya pueden realizar con equipo mayor, aunque el costo repercute en su contra.

Por conveniencia se recurre, también, a efectuar simultáneamente en esta operación, la de desmonte, particularmente cuando se trata de pastos livianos y de poca altura.

Los cortes someros, por su parte, en ocasiones aparecen solamente en algunas zonas del área de construcción, motivados por "lentes" o manchones arcillosos. Entonces, la extracción de esos materiales provoca abatimientos de rendimiento en las máquinas que pueden, a su vez, ocasionar atraso en otros aspectos del trabajo.

Por último, las operaciones de desmonte y despalme pueden llegar a ser muy complicadas ante la presencia de terrenos con baja capacidad de carga, que no soporten el peso de máquinas de gran tamaño, exigiendo el uso de equipo ligero o especialmente acondicionado para aplicar baja presión al terreno.

2.- TERRACERIAS

Una vez que se ha limpiado la zona de trabajo, comienza de hecho, la construcción propiamente dicha.

El proyecto incluirá el estudio de Curva-Masa para el aprovechamiento de los materiales, compensando las zonas de corte y terraplén que sean posibles, apuntando los rellenos necesarios desde un banco de préstamo o desperdiciando las excedencias.

Para efectos de estos apuntes se considerará un proyecto atípico: compensado, con préstamos y con desperdicio de materiales juzgados inaceptables por su baja calidad.

a) **Cortes.**- En el proyecto compensado, habrán de llevarse a cabo simultáneamente con la formación de terraplenes; sin embargo, serán comentados como si se ejecutaran primero.

El proyecto habrá definido con claridad las zonas de corte, la profundidad de ellos y la sección que deberá obtenerse.

Los cortes en tierra podrán ejecutarse empleando escrepas de arrastre (ya en desuso), motoescrepas comunes, motoescrepas -- autocargables o combinaciones de tractor, cargador y equipo de acarreo.

El tipo de material y su grado de consolidación darán la pauta respecto a la elección del equipo a utilizar: materiales poco cohesivos como arena o limo, pueden ser cortados fácilmente y acarreados con motoescrepas normales empujadas por tractor, o con las del tipo autocargable.

Materiales más consolidados podrán requerir aflojar primero la capa con tractores y luego utilizar las escrepas para la extracción.

Por regla general, las escrepas, en todas sus versiones, podrán emplearse para el corte o acarreo de materiales pulverizables: arena, limo, arcilla o sus combinaciones. Dejan de ser útiles en materiales demasiado consolidados donde la operación de ruptura hecha con tractor produzca grandes terrones que no caben por la compuerta de carga de la máquina, o bien, cuando se trata de depósitos de aluvión con piedras empacadas que pueden dañar la cuchilla de corte o, en su caso, la cadena de autocarga.

En tales casos, será requerida la combinación de tractores (para aflojar el suelo), cargadores, generalmente de tipo frontal (para llenar los transportes) y vehículos de acarreo. Estos equipos, dependiendo de los volúmenes por mover, serán tan grandes como se justifique.

Los cortes en roca serán tratados en función de su dureza. --

Así, rocas de tipo metamórfico o sedimentario intemperizadas, pueden ser fracturadas utilizando arados de tractor; rocas duras o de tipo volcánico compacto, requerirán el empleo de explosivos.

Dependiendo de la capacidad de los cargadores y los transportes para acarreo, la fragmentación por arado o explosión, será al tamaño conveniente.

La nivelación de la superficie, para lograr la sección de proyecto, cuando los cortes son en tierra, se podrá obtener con bastante precisión; no es así en el caso de roca. Dependiendo de lo que las normas de construcción indiquen, deberá producirse un sobrecorte de espesor especificado, comúnmente de 30 cm. El nivel de proyecto se logrará con un relleno compactado.

- b) **Compactación del Terreno Natural.**— Tanto las áreas de terraplenes como las de sección descubierta mediante corte (en el caso de tierra), deben ser objeto de un procedimiento de compactación, que servirá para restituir al suelo sus características de consolidación natural, afectada durante los procesos de desenraice, despalle y/o corte, propiamente dicho.

El proyecto indicará el espesor de terreno por compactar, así como el valor del grado por alcanzar. Casi siempre, si hay un espesor considerable (1.0 m. ó más) de terraplén sobre el terreno natural, la compactación será del 90% del peso volumétrico seco máximo (p.v.s.m.); si hay espesores someros, será del 95%.

Dado que se trata de una restitución de condiciones anteriores, lo obvio es que se lleve a cabo en cuanto se termina el despalme, a fin de conservar las condiciones de humedad natural. El espesor, por lo común, será de los 15 cm., superficialles; sin embargo, el supervisor de los trabajos habrá de calificar si no hay aflojamiento del terreno bajo esa profundidad; ordenando, en su caso, ampliar el espesor por compactar.

Observaciones:

Debe recordarse que el proceso de compactación persigue la obtención de una consolidación en breve tiempo. Se logra aplicando peso o energía cinética a las partículas del suelo adecuadamente lubricadas con una cierta cantidad de agua. De ahí que sea importante proceder a la compactación del terreno natural de inmediato, antes de que la humedad original se pierda. Adicionar agua durante el proceso; superficialmente, permitirá conservarla.

Los terrenos con baja capacidad de carga, por lo común, combinan elevados contenidos de humedad (casi siempre corresponden a zonas con alto nivel freático); en ellos, tratar de obtener

un determinado porcentaje de compactación respecto al p.v.s.m. produce un incremento en el contenido de agua del suelo, desestabilizándolo en lugar de consolidarlo. En estos casos, deberá descartarse el procedimiento: estos suelos requieren trabajarse en otra forma.

- c) **Formación de Terraplenes.**— Mediante el empleo de materiales — producto de cortes o de bancos de préstamo, habrá que formar — terraplenes para conseguir una continuidad en la figura longitudinal y transversal de lo que serán los pavimentos.

En esta etapa se comienzan a destacar las diferencias respecto a la construcción de un camión, sobre todo en la pista, donde habrá que trabajar con anchos muy grandes. Según las características geológicas del sitio, los terraplenes podrán estar — formados por roca, roca mezclada con finos o tierra. En cada caso, habrá que tomar providencias comunes a todo trabajo de terracerías..

- Los pedraplenes habrán de ser bandeados por tractores pesados para asegurar su acomodo. El uso de máquinas con peso superior a 25 toneladas será muy conveniente. De ser posible, convendrá colocar materiales finos que llenen los huecos.

- Las mezclas de roca y tierra, requerirán el uso de tractores para el tendido y el acomodo; si el tamaño de los materiales lo permite, deberán utilizarse otros equipos de compactación.

En caso de poderse lograr, convendrá que las piedras tengan tamaño máximo de 30 cm.; tamaños mayores pueden provocar la presencia de huecos que los finos no llenen y que, a la larga, produzcan asentamientos.

- Los terraplenes a base de tierra se trabajarán conforme a — procedimientos normales: tendido, humedecimiento y compactación. El tendido se hará con motoniveladoras; el humedecimiento con autotanques provistos de barras de riego y la compactación con el equipo adecuado al tipo de suelo: para materiales poco cohesivos, máquinas de tipo vibratorio; para los de alta cohesividad, máquinas de amasamiento energético (pata de cabra) y rodillos neumáticos o metálicos.

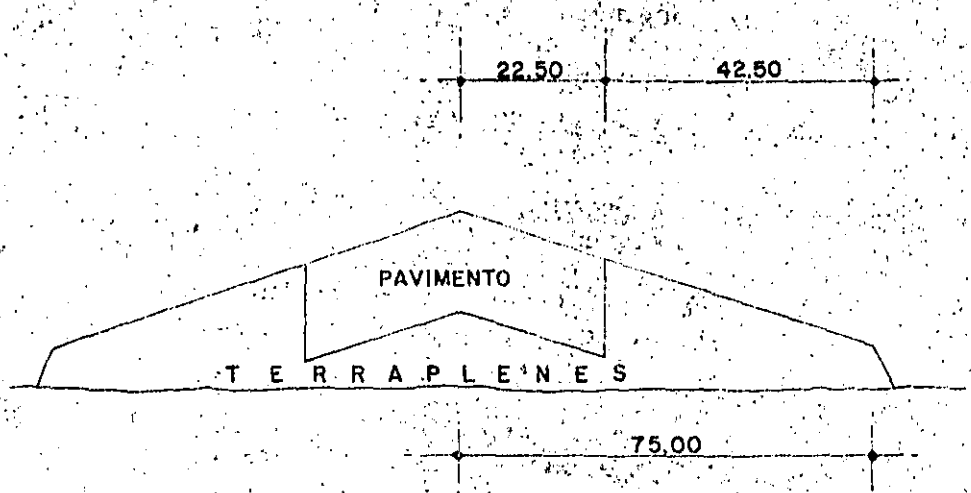
- La forma tradicional de trabajo en el Aeropuerto y, particularmente en la pista, obligará a formar franjas paralelas de longitud y espesor adecuado al equipo empleado; las juntas — entre ellas, sobre todo en el sentido longitudinal, deben — ser objeto de especial cuidado, buscando siempre que la compactación en esa zona crítica sea la misma que en el resto — de las franjas.

Las franjas de borde habrán de quedar excedidas, en ancho, —

respecto al que tendrán al final, a fin de que, cuando se afine la zona de pavimentos y se requiera cortar las orillas, éstas tengan la adecuada compactación.

Durante el proceso se irán formando las pendientes longitudinal y transversal; las zonas de ampliación para retorno en las cabeceras (gotas o calles de retorno) se construirán también, en terracerías, desde la etapa inicial. Si fuera lógico (que no lo es), al término de la etapa inicial de cortes y terraplenes, se tendría, vista desde el aire, la planta general del Aeropuerto construida en tierra. Por lo contrario, la construcción debe llevarse a cabo escalonadamente.

Si la sección media de una pista fuera la ilustrada en el siguiente croquis, la práctica constructiva normal consistirá en realizar, primero, los trabajos en la zona de pavimentos, extendiendo los terraplenes hacia afuera con una pendiente que vaya tendiendo a ser la de la capa última, a fin de garantizar el drenaje de la sección durante las etapas.



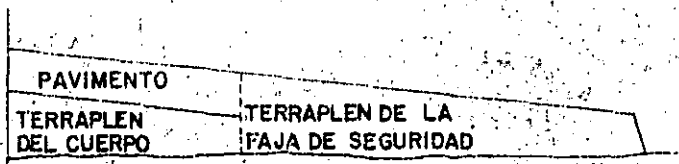
Así, el progreso de la construcción podría ser el mostrado en los croquis, de manera esquematizada.

COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL TERRENO DESMONTADO

II



III



Lo conveniente será, conforme a los métodos tradicionales, construir escalonadamente: las capas de terraplén se irán su cediendo en sentido longitudinal hasta comenzar a ser cubiertas, también en forma escalonada, por las terracerías mejoradas de la sub-rasante y las capas de pavimento.

- En los croquis puede observarse que, en una pista los volúmenes mayores de terraplén los requieren las franjas de seguridad. Por lógica económica y, salvo que el proyecto indique otra cosa, resultará conveniente construir estas franjas con terraplenes tendidos sin compactar; consideración muy importante cuando los espesores (y los volúmenes), son grandes.

Sin embargo, aunque interesante, la posibilidad indicada no puede aplicarse a título general; en materiales inertes o poco cohesivos, que por ello resultan muy erosionables, dejar terraplenes sin compactar conducirá a su rápido deterioro. - Por lo contrario, en materiales cohesivos resulta muy adecuada: con el tiempo y por la acción del propio peso de las capas, estos terraplenes adquieren adecuada consolidación.

- La formación de los terraplenes compactados obedecerá a una lógica razón técnica: no deberá aplicarse sobre el terreno natural una carga superior a la que sea capaz de soportar. - Así, a partir de la información geotécnica de la etapa de estudios previos, se sabrá el grado de consolidación del terreno, representado por su porcentaje de compactación (respecto a su p.v.s.m.) y su capacidad de carga, tanto en Kg/cm² como en su representación como valor relativo de soporte (V.R.S.)

Si el terreno tiene una compactación natural entre 85 - 90%,

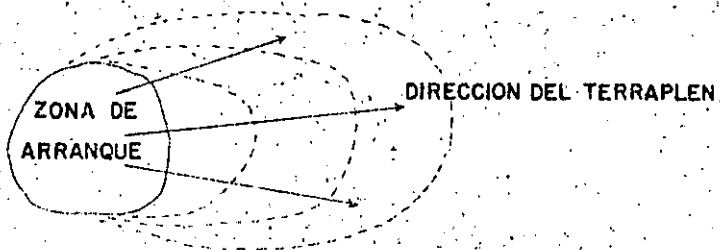
del p.v.s.m., aceptará sobre él capas iniciales de terracerías al 90%, éstas, a su vez, soportarán capas al 95%, que serán seguidas por otras al 100% (grado máximo alcanzable de compactación).

Una revisión muy cuidadosa, permitirá observar que en la zona de frontera entre capas de diferente compactación, hay una transición gradual del grado de consolidación: del 85 al 90%, del 90 al 95% y de éste al 100%.

d) Problemas típicos de la construcción de terraplenes.

- En los terrenos con pobre capacidad de carga, los equipos de construcción normales se hunden; no siendo común contar con equipos especiales de gran área de apoyo (llantas y orugas), se requerirá arrancar la formación de las terracerías a partir de un solo punto. En él se formará una plataforma, a manera de plantilla de trabajo, sobre la que se vayan acomodando los materiales del producto de cortes o de préstamo de bancos, que se irán empujando hacia adelante utilizando tractores. El sistema, denominado de "relleno a fondo perdido" o de "punta de flecha" puede ser utilizado, también, para trabajos dentro de zonas pantanosas o inundadas.

A medida que el relleno progrese, podrá irse extendiendo en sentido longitudinal y/o transversal.



Establecida la plantilla de trabajo, los terraplenes se elevarán normalmente con capas de compactación progresivamente elevada.

Actualmente se está difundiendo el uso de telas geotextiles, a base de tramos de fibras sintéticas que permiten, en su caso, disminuir el espesor de la capa de plantilla al darle un soporte artificial (en condiciones normales, se presenta una incrustación de los materiales de la plantilla en el terreno natural, que será tan grande como la falta de soporte de éste lo requiera, hasta que la acción del peso de la capa llega a producir su consolidación en grado adecuado).

Bien sea que la plantilla se coloque libremente o apoyada en un manto geotextil, se producirá un asentamiento que la supervisión debe controlar, para efectos de pago. La colocación de capas "testigo" de materiales claramente identificables al efectuar sondeos para determinación del espesor, contribuirá a ese control. La aplicación de capas de espesor reducido de cal o yeso sobre el piso natural, por ejemplo, identificarán con toda claridad su nivel. Obviamente al existir un geotextil en la zona de frontera, no se requerirá la colocación de "testigos"

- El trabajo con materiales arcillosos es siempre conflictivo y, cuando existe la posibilidad, se procurará no utilizarlos.

Si su uso es obligado, siempre la incorporación del agua para compactación constituirá el conflicto mayor: el material procedente de corte o bancos de préstamo muestra grandes terrones que es necesario pulverizar para que el agua se mezcle con las partículas.

El empleo de maquinaria agrícola, sobre todo las rastras de discos, resulta útil para ese propósito, ya que rompen con efectividad los terrones.

De no conseguirse una homogénea incorporación del agua de compactación, el terraplén resultante arrojará deficiencias en las zonas secas.

- Por su parte, las terracerías constituidas por materiales inertes, de tipo limoso o arenoso, requiere un cuidadoso manejo de las cantidades de agua para la compactación. En exceso, impedirá el cierre de huecos entre partículas; en defecto, faltará la lubricación necesaria para conseguir el adecuado acomodo.

Estos materiales, además requerirán de la aplicación de riegos de agua superficiales para impedir su desecación y, por ende, el alojamiento de la capa superior. Estos riegos "de mantenimiento" habrán de sostenerse hasta que las terracerías sean cubiertas con las capas superiores.

- La aparición de un estratigráfica laminar en los bancos de préstamo, o en los cortes para compensación, suele constituir un dolor de cabeza tanto para el constructor como para la supervisión.

Los terrenos de aluvión, formados por una sucesión de depósitos de diferente naturaleza, traerán como consecuencia que al cortarlos exista una mezcla, a menudo heterogénea, de diferentes materiales. Así puede ocurrir que, un solo vehículo de acarreo, transporte dos o más tipos de material: por ejemplo, limo arenoso, arena limosa y arena fina. La aparición de "lentes" arcillosos de pequeño espesor complicará en forma grave el problema.

Aunque se opte por efectuar una mezcla de los materiales para formar una capa, no es difícil que ocurra que el producto resulte diferente al de la capa vecina.

En estas condiciones, el procedimiento de compactación resulta engorroso, pues no siempre el proceso y combinación de máquinas útil para un tramo, resulta adecuado para su vecino; ello obliga a continua experimentación, con la obvia pérdida de tiempo.

Cuando esto ocurre, como se verá más adelante, será necesario cambiar el criterio de trabajo y del de control de calidad.

e) Equipo comúnmente empleado para la formación de terraplenes.

A título meramente informativo, puesto que ya se ha mencionado su participación en los procesos, baste resumir las máquinas más comúnmente utilizadas, con algunas de sus variantes.

e.1.- Para cortes en roca:

- Compresores de aire
- Pistolas neumáticas y barras perforadoras
- Carros y vagones perforados
- Tractores de orugas con cuchilla de movimiento angular (angle-dozers) y arados rompedores (rippers)

e.2.- Para cortes en tierra:

- Tractores de oruga
- Escrepas (de arrastre, para empujar, autocargables, etc.)

e.3.- Para carga de los materiales:

- Cargadores frontales sobre orugas o neumáticos
- Palas mecánicas
- Escrepas

e.4.- Para acarreo de los materiales:

- Camiones (de capacidad adecuada a los volúmenes por mover, desde 7 - 8 m³. hasta 20 ó más; tanto para movimiento sobre carretera como fuera de ella)
- Escrepas
- Vagonetas

e.5.- Para tendido de los materiales en el terraplén:

- Escrepas
- Tractores sobre llantas u orugas, con cuchilla de movimiento sobre carretera como fuera de ella)
- Motoniveladoras (motoconformadoras)

a.6.- Para incorporación de humedad:

- Autotanques con barra de riego.
- Autotanques con bomba y manguera aspersora

a.7.- Para mezcla y afinación de la superficie:

- Motoniveladoras
- Compactadores autopropulsados con cuchilla de empuje

a.8.- Para compactación de materiales cohesivos:

- Rodillos "pata de cabra", de arrastre o autopropulsados, de rodamiento fijo o vibratorio.
- Rodillos neumáticos, cajones lastrados de arrastre, neumáticos autopropulsados; compactadores combinados de rodillo neumático y liso (duo-pactors)

a.9.- Para compactación de materiales poco cohesivos o inertes:

- Rodillos lisos vibratorios o de rodamiento fijo
- Rodillos neumáticos

De los equipos mencionados existe gran variedad en el mercado; cada máquina reúne características que la hacen óptima para determinados trabajos, por lo que su selección quedará a juicio de los constructores. Además, dentro de las variedades a disposición hay también diversas características de peso y rendimiento que deben tomarse en consideración.

f) Control de Calidad de la Compactación

Las primeras normas que existieron al respecto fueron consideradas por la Asociación Americana de Normas para Caminos (AASHO); el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos ha publicado, también, interesantes normas de utilidad para mejorar las calidades de la construcción.

Sin embargo, esas normas no son siempre aplicables a título general, por lo que la experimentación propia en cada país puede dar origen a versiones modificadas más congruentes a las condiciones imperantes. Así, por ejemplo, en México, primero la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), editó libros de normas que aunque se apoyaban en las Norteamericanas ya incluían alteraciones propias. Paulatina y, como consecuencia de experiencia propia, fueron editándose normas que cambiaban de nombre en función de la política cambiaria de la entidad federativa a cargo de las obras públicas: Normas SOP (Secretaría de Obras Públicas), Normas SAHOP (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas), hasta llegar a las ediciones actuales, de la S.C.T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes).

De cualquier forma, las normas siguen denominándose con el nombre del descubridor de la prueba o con el del organismo editor original.

Así, para el control de la calidad de los materiales a emplear, se llevan a cabo las determinaciones de:

- Granulometría
- Peso Volumétrico Seco Máximo
- Límites de Atterberg (límite líquido, índice de plasticidad, contracción lineal, etc.)
- Equivalente de arena
- Contenido de materia orgánica
- Valor Relativo de Soporte

Para la determinación de las compactaciones en tierra se utilizan las pruebas:

- Proctor
- ASSHO

Para las de materiales inertes, las:

- AASHO modificadas
- Porter

Las pruebas están descritas en las normas AASHO y/o en manuales de procedimiento de laboratorio.

Cuando los materiales no son uniformes las pruebas normales no resultan confiables. Para estos casos, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Americano ha ideado un sistema de pruebas que, combinando los contenidos de humedad con los pesos volumétricos expresa la capacidad máxima de carga que puede recibir un determinado terraplén en función del acomodo de las partículas y no del grado de compactación. Este método, aunque concebido para diseño de pavimentos, es de suma utilidad en casos como los citados.

En todos los casos, existirá una condición de humedad óptima de los materiales, para lograr su mejor acomodo o su mayor compactación (al 100% del p.v.s.m.).

Hecha la determinación en laboratorio de dichos parámetros, en campo se tratará de aplicar el contenido de humedad al óptimo requerido y, mediante la aplicación de determinado tiempo máquina, su mejor acomodo en función de los grados de compactación o capacidad de carga que se deseen obtener.

El laboratorio de campo obtendrá muestras de las capas compactadas y por determinación de pesos húmedo y seco indicará los valores alcanzados.

Nunca deberá colocarse una nueva capa si la anterior no ha cumplido con los requisitos especificados.

g) Bancos de Préstamo para Terracerías

Durante los estudios geológicos preliminares, se obtendrán las características de los bancos de préstamo, buscando siempre que su calidad sea adecuada para las capas por construir. Podrá darse el caso de que se requieran bancos diferentes para cada capa, en función de que, a medida que crece el terraplén, acercándose al pavimento, la calidad de los materiales debe ir mejorando para brindar características de resistencia más adecuadas.

En general, el procedimiento de ataque de los bancos es similar al de los cortes, con una salvedad importante: puesto que generalmente son excavaciones por debajo del nivel del terreno, habrá necesidad de prever su drenaje para impedir que sean inundadas por lluvias. De no existir posibilidad de desalojo de las aguas, habrá que programar ataques escalonados a fin de contar siempre con zonas de extracción aunque el fondo del banco se inunde.

La extracción de terracerías en bancos secos por lo común no encierra complicaciones, estos bancos casi siempre tienen alto grado de consolidación y bajos contenidos de humedad. Su ataque puede requerir el uso de tractores con arado para aflojar las capas y facilitar la extracción de los materiales.

Bancos húmedos, por regla general pueden atacarse con motoescrepas autocargables que hacen factibles altos rendimientos.

Por último, la presencia de manto freático elevado trae aparejada baja capacidad de carga que hace difícil el empleo de tractores, motoescrepas, cargadores y camiones. En estos casos, podrá requerirse la extracción de los materiales saturados mediante dragas de arrastre para formar grandes montones donde el contenido de humedad desciende por escurrimiento; cuando se tienen condiciones adecuadas, los montones son cargados con motoescrepa o combinación de cargadores o camiones.

La presencia de bancos con estratigrafía laminar heterogénea puede complicar el ataque de los bancos: la combinación de capas de diferente dureza provocará, a su vez, la combinación de métodos de corte, abatiendo rendimientos.

h) Erosiones y su Tratamiento

La construcción de un Aeropuerto está, como toda obra, expuesta a la acción erosiva de las lluvias y el viento.

Fuertes temporadas de precipitación pluvial obligan a tomar medidas de defensa para evitar que las capas construidas se deterioren.

la formación de capas limpias, sin presencia de materiales amontonados o en camellón, con pendientes longitudinal y transversal adecuadas desde las primeras etapas, facilita

rán el drenaje, impidiendo la penetración del agua (que provocará la aparición de zonas inestables - baches - por saturación). En los taludes, la colocación de un sobre-espesor que posteriormente se elimine, será recomendable para preservar las capas del cuerpo del terraplén.

Será indispensable prever la construcción de conducciones de drenaje, provisionales o definitivas, con toda oportunidad - para evitar encharcamientos que lleguen a saturar las capas inferiores.

Por su parte, la combinación de vientos fuertes y materiales poco cohesivos, da lugar a importantes erosiones. En tales casos, el mantenimiento de la humedad superficial será muy importante.

En los taludes, además de la consideración de un sobre-espesor, será conveniente provocar la rápida aparición de especies vegetales cuyas raíces permitan la estabilización de la capa superficial y cuyos tallos y hojas mitiguen la acción del viento. Así, la siembra directa o la implantación de "tepes" o capas de pastos trasplantados puede resultar muy positiva.

Sin embargo, en zonas desérticas o semidesérticas esta práctica no resulta efectiva; entonces podrá hacerse necesario estabilizar los taludes mediante riegos de asfalto o chapeos con piedra.

Una solución económica que puede dar buen resultado, cuando se cuenta con el material, consiste en tender una capa de protección sobre los taludes con material producto de los despalmes, que por ser una mezcla de tierra y raíces, forma una trama que no se ve afectada por la acción del viento.

Finalmente, la aplicación de mantos de tela geotextil de fibra abierta, combinada con siembra de especies vegetales -- puede ser también una buena solución, obviamente más económica que la de proteger con chapeos de piedra o concreto.

VI.3.- LA CAPA SUB-RASANTE

Constituye la última capa de los terraplenes y, de hecho, forma parte del pavimento.

En los cálculos del espesor del pavimento, entrará siempre el espesor de una capa de terracerías mejoradas, con especificaciones de VRS adecuado para absorber las cargas aplicadas a la superficie y transmitir al terraplén de asiento sólo el esfuerzo que este pueda aceptar sin deformarse.

Las normas de construcción definen las características de calidad de esta capa en forma clara por lo que se refiere a granulometría, límites de Atterberg y VRS. Así, no se aceptarán materiales que contengan fragmentos de roca con tamaño superior a 7.5 cm (3"), contracciones lineales superiores a un 5% y elevados índices líquido y plástico; el VRS será superior al 15%.

Dependiendo del cálculo del pavimento, esta capa tendrá espesores definidos entre 30 y 50 cm., para áreas de maniobra aeronáutica y entre 20 y 30 cm., para vialidades vehiculares.

Su compactación, por lo común es especificada al 100% del p.v.s.m., para las primeras y 95% para las segundas.

Dada la importancia de esta capa, su construcción debe llevarse a cabo con todo cuidado; su espesor obliga a fabricarla en varias sub-capas, acordes con la capacidad de los equipos de compactación. Tanto las sub-capas como la capa total deben estar perfectamente compactadas, por lo que, independientemente de que se vigile cada semi-espesor, deberá comprobarse que el todo cumpla con las dimensiones y compactación especificadas. De aquí que el proceso escalonado debe estar correctamente programado, impidiendo que se pierda la humedad superficial y comprobando que existe liga perfecta entre la sub-capas.

En este orden de ideas, la supervisión deberá impedir que se construya primero toda una sub-capas y luego se proceda a la que sigue: al aceptarse un tramo, deberá ser cubierto de inmediato con el material de la capa superior, para evitar la pérdida de humedad.

Al concluirse la construcción de la sub-rasante, se revisará que su superficie cumpla con las normas de niveles y alineamiento exigidas (por ejemplo, desniveles máximos de + 2.5 cm., y deficiencias de alineamiento longitudinal de + 10 cm.).

Esta superficie ya reflejará la geometría, tanto en planta como en elevación, de lo que serán los pavimentos.

Si ya se ha mencionado que en los terraplenes se tratará de evitar, dentro de lo posible, el uso de materiales arcillosos con alto índice de plasticidad, las normas para la sub-rasante los rechazan. Cuando no hay otro recurso, su empleo se hará a base de adición de otros materiales, como arena o limo, que abatan la plasticidad y eleven el VRS; en casos extremos, se hará uso de cal para mejorar sus características.

Los materiales inertes, por lo contrario, arrojan valores de calidad adecuados y VRS elevado, por regla general; por tanto, son mejores para esta capa, siempre y cuando se tomen las providencias necesarias para el manejo de los contenidos de humedad y, su conservación al terminarse el espesor (en algunos casos y, so

bre todo cuando la construcción de la capa de sub-base prevea de moras, puede resultar conveniente terminar la sub-rásante con la aplicación de un riego de asfalto rebajado de fraguado medio que sirva como impermeabilizante, impidiendo que pierda la humedad o que reciba - por lluvia - más de la necesaria; sin embargo, esto no es posible, si la textura de la superficie es tan cerrada que impida la penetración del asfalto).

Por otro lado, la utilización de materiales de banco o corte de estratigráficas laminares, en esta capa provoca problemas que no están presentes en las inferiores. Así, mientras se usan en capas compactadas al 90% ó al 95% de p.v.s.m., se observará que -- existe una severa dispersión en los grados de compactación de un tramo cualesquiera; en el primer caso, donde la compactación mínima es del 90%, la heterogeneidad de los materiales provocará -- puntos con valores del 90 al 95% ó mayores. Si la compactación mínima debe ser del 95%, resultarán puntos con 100% ó más (producto, éstos últimos, de la adopción de un p.v.s.m., no representativo, puesto que en el campo existen pesos mayores al de compactación). Pero cuando la compactación mínima debe ser del 100%, se observa una imposibilidad práctica de lograrla, pues aparecerán valores entre el 96 ó 97% hasta 100% ó más.

Si se lleva a cabo una prueba en un tramo experimental, controlando el número de pasadas del equipo de compactación, que los valores ascienden hasta tener puntos aislados al 100%, con presencia de abundantes zonas con 96 al 98%. Si se incrementa el tiempo - máquina, los puntos bajos suben hasta llegar a tener -- 98 - 100% de compactación, pero los que ya habían logrado el valor máximo se desploman al 96 ó 97%, al excederse su capacidad de recepción de energía, produciéndose el fenómeno denominado -- "ruptura de la estructura" (en el laboratorio es fácil observar el fenómeno en una prueba Proctor, AASHO o Porter: la curva de compactación asciende hasta un punto máximo con determinado contenido óptimo de humedad; llegado a él, si se incrementa el número de golpes del pisón de prueba, la compactación desciende rápidamente).

En estas condiciones, será imposible llegar a obtener un grado homogéneo de compactación en el tramo. Ya se hizo mención de -- que, ni siquiera la revoltura en seco de las materiales arrojará resultados satisfactorios: un camellón revuelto será diferente -- al que le sigue o quede a su lado.

Será necesario, entonces, llevar a cabo pruebas prácticas sobre un tramo determinado, a fin de definir el porcentaje de humedad -- más conveniente para los materiales que contiene la capa; se hará pasar el equipo de compactación, una sola máquina o combinación de dos o más, llevando un cuidadoso conteo de las pasadas -- que se realizan y la forma en que las huellas de los rodillos se traslapan en cada pasada (sin traslape o montando 1/4, 1/3 ó 1/2 de huella). A partir de la tercera pasada, convendrá revisar -- los porcentajes de compactación que se van obteniendo, hasta de-

terminar el momento en que se logra la máxima compactación de un tipo de los materiales. Tomando nota del procedimiento hasta esa etapa, conviene continuar la prueba, a sabiendas que el máximo valor descenderá, tratando de buscar una uniformidad en la compactación del tramo.

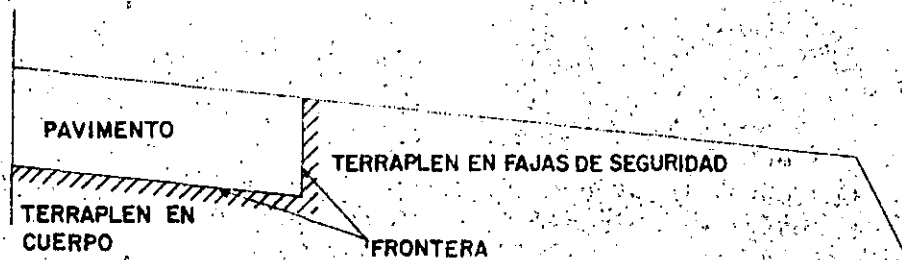
Si se logra uniformidad, resultará conveniente verificar el VRS que dá la sub-rasante en esas condiciones; si resulta igual o mejor que el de proyecto, la prueba habrá fijado el método a seguir y el porcentaje de compactación máximo homogéneo que se podrá lograr, casi siempre abajo del 100% que pudiera estar especificado.

Por lo contrario, si la uniformidad no se logra y, los porcentajes de compactación siguen resultando en un rango que puede ser de 3 a 4 puntos (96 ó 97% a 100%, por ejemplo), se requerirá verificar el VRS de las zonas en que aparece la menor compactación. Suele suceder que esas zonas sean de materiales con características arenosas o inertes y que, aún a menor compactación aporten VRS dentro de lo especificado, por lo que el trabajo podrá realizarse considerando el procedimiento de la prueba, vigilando sólo que el porcentaje de compactación mínimo no descienda del que se sirvió para la verificación del VRS.

Si las pruebas realizadas llevan a la conclusión de que no es posible obtener el VRS especificado en la sub-rasante, deberá concluirse que hay un error de proyecto y será necesario revisarlo a fin de optar entre una modificación del espesor de las capas del pavimento, un cambio de banco de los materiales de sub-rasante o un procedimiento de cementación de esta capa. Todas las posibilidades anunciadas traerán como consecuencia un encarecimiento de la obra, producto, evidentemente, de una pobreza de los estudios previos al proyecto.

VI.4.- SUB-DRENAJE

Por regla general, habrá en la estructura de las áreas de manobra una clara frontera entre calidades de material, tanto en sentido vertical como en el horizontal.



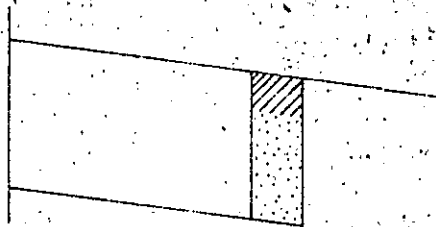
Puesto que las normas de calidad aceptan el empleo de materiales con características plásticas en los terraplenes tanto del cuerpo de la zona de pavimentos como en las franjas o fajas de seguridad, estos materiales tienden a impermeabilizarse una vez que alcanzan su límite líquido.

En el caso de que, durante la construcción o terminada ésta, por grietas en el pavimento, penetre agua, el líquido se verá atrapado en la frontera entre el pavimento y las terracerías, provocando fallas por saturación de los materiales que se reflejan en deformaciones de las carpetas o aparición de baches que pueden requerir de costosos métodos de reparación y, en su caso, (el más grave), el cierre a operaciones de una pista.

Como una vez que se ha instaurado el servicio aéreo a una región o ciudad, suspenderlo acarrea costosos trastornos; debe evitarse, por todos los medios, que eso ocurra.

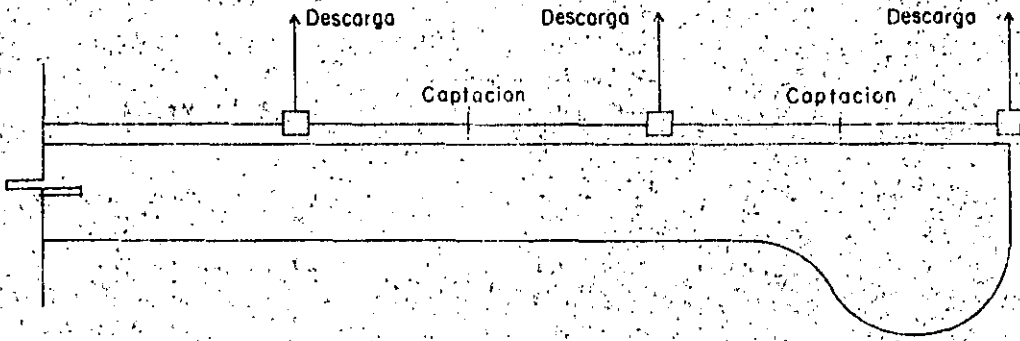
Aunque quedará el recurso de recurrir a trabajos de bacheo nocturno, fuera de los horarios de vuelos, los mismos son siempre complicados por la estrechez del tiempo disponible y los resultados no son siempre satisfactorios.

Así pues, convendrá, desde el proceso constructivo, asegurar que no se presente agua atrapada dentro del pavimento, colocando subdrenes en la zona conflictiva de frontera entre aquél y las terracerías.



El sub-drenaje puede consistir en zanjás con fondo nivelado, rellenas con materiales graduados carentes de partículas finas, que sirvan como filtro y hagan caer al agua al fondo de la zanja.

Mediante pendientes adecuadas, se conduce el líquido hasta registros de captación desde los cuales se lo conduce a los canales de drenaje de superficie, bien por nuevas zanjás rellenas de grava sin finos, o a través de tuberías.



Otra práctica será la de colocar en el fondo de la zanja tuberías perforadas por la parte inferior que reciban agua captada por el material filtrante y lo conduzcan a los registros de descarga.

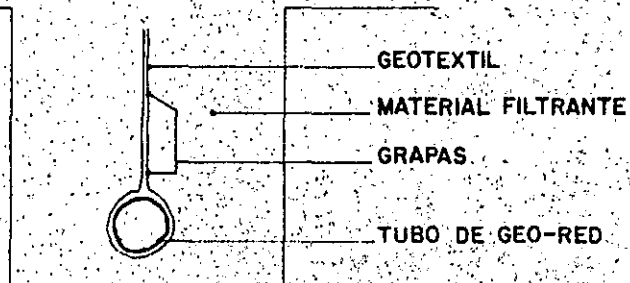
En cualesquiera de las dos formas, se tratará de evitar la presencia de agua atrapada y los problemas que ella provoque. El costo de estas instalaciones quedará plenamente justificado por la reducción de los cargos por reparaciones.

- **Sub-drenaje con empleo de fibras artificiales.** - El extendido universo de la petroquímica ha producido telas y mallas de tipo plástico cuyo empleo se experimenta y difunde continuamente en la construcción.

Existen mallas de trama abierta y cerrada (geo-redes) y telas más o menos porosas y/o resistentes (geo-textiles) que permiten una amplia perspectiva de utilización.

Entre los usos posibles está su aplicación en el subdrenaje. - El sistema se experimenta ahora y, dependiendo de los resultados, podrá difundirse.

Consiste en utilizar una combinación de geo-red y geo-textil en la forma que indica la figura, formando una tubería con la primera y una "bolsa" continua con el geo-textil. La tela -- capta y conduce el líquido al fondo, donde el tubo formado -- con la malla permite contar con el medio de transporte que en otra forma hace: el tubo de cemento.



El sistema tiene varias ventajas:

- La mano de obra es muy reducida; dado que todo el armado del tubo y la "bolsa" se hace mediante grapas o amarres muy sencillos.
- Dado que la zanja se hace generalmente a máquina, el avance que se logra puede ser importante en cada jornada.

La colocación del conjunto captador-conductor puede ir a la misma velocidad.

- El relleno de la zanja debe hacerse con un material cuya permeabilidad sea mayor que la del terraplén vecino, no necesariamente un filtro de material con cierta granulometría como en el caso del sub-drenaje convencional. Así, puede utilizarse grava fina, arena gruesa, etc., que ofrezca posibilidades de permitir el paso del agua hasta la te-
la receptora.

obviamente, la colocación, con un leve apisonado, puede ser muy rápida.

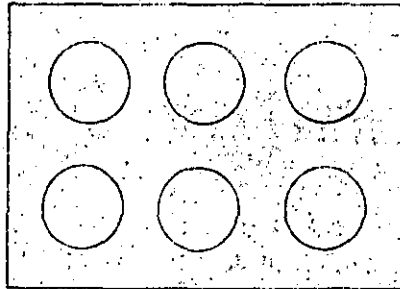
Solamente se deberá procurar que la parte superior de la "bolsa" conserve cierta verticalidad durante el proceso de relleno, lo que fácilmente se logra atándola a puentes de madera colocados sobre la zanja.

- La etapa final del relleno, en la parte superior de la zanja, se concluye con la capa de pavimento del acotamiento, en la misma forma que el proceso tradicional.
- Los peines de desalojo del agua captada, pueden ser de tubería de cemento o del propio material propuesto, según convenga. La zona de unión de los tramos longitudinales y transversales puede ser solucionada mediante cajas-registro de construcción sencilla.

VI.5.- DUCTOS DE CRUCE

Tanto si el aeropuerto prevé la instalación de sistemas de iluminación y ayudas visuales (luces de borde, VASIS, AVASIS o PAPIS) desde su primera etapa, como si se las considera para otra, posterior, será conveniente construir, durante la etapa de formación de la sub-rasante, las conducciones o ductos por los que los cableados de alimentación eléctrica o control electrónico deberán cruzar las zonas de pavimento. Obviamente, su construcción posterior, además de costosa, acarreará conflictos operacionales al aeropuerto.

Esos ductos de cruce, originalmente simples tuberías para permitir el paso de los cables, han ido evolucionando al paso del tiempo, hasta llegar en la actualidad a tener características normadas por condiciones específicas:



- Normas eléctricas rigen el diámetro de los tubos en función del calibre y número de los cables que pasarán por su interior.
- La textura interior de los tubos debe ser lo suficientemente lisa para no erosionar, por abrasión durante el arrastre, el recubrimiento de los cables.
- La separación entre tubos debe ser tal que los campos magnéticos de los conductores no se acumulen provocando corrientes estáticas parásitas que afecten a los cables de control electrónico.
- Para evitar la ruptura de los tubos por la concentración de carga sobre ellos, conviene ahogarlos en concreto hidráulico. Esto contribuye a poder colocar los ductos a profundidades en el orden de 70 cm., bajo la rasante del pavimento; de no existir la protección del concreto, deberán estar a profundidades mayores.

En la práctica y, por la segunda de las normas indicadas, ha resultado conveniente el empleo de tuberías de asbesto-cemento de baja presión o del tipo "conduit" para formar los ductos de cruce. Aunque se ha experimentado con tubos plásticos de PVC, su empleo ha sido descartado debido a que, de ocurrir un flumazo eléctrico en su interior, el material se funde, impidiendo retirar el cable dañado e introducir otro nuevo.

El diámetro conveniente de las tuberías ha resultado ser el de 10 cm., (4") ya que permite la colocación de hasta 5 conductores de calibre No. 8 (el más comúnmente empleado en instalaciones de iluminación y ayudas visuales), sin complicaciones.

El diámetro de 7.5 cm. (3") puede utilizarse si se prevé que nunca habrá más de dos cables en su interior.

El número de tubos en un ducto de cruce será dictado por el proyecto, así como la localización de los cruces en pista, rodajes, calles de unión entre plataformas, etc.

Así, será común, que haya ductos de 4 - 6 vías en pista, de 6 - 10 vías en rodajes y de 8 - 16 vías entre plataformas.

Puesto que será conflictivo construir nuevos cruces una vez que el aeropuerto esté en operación y, es frecuente la aparición de nuevos equipos por instalar en él, será sano prever tuberías adicionales a las que el proyecto marque. La adición de, por lo menos dos tubos más en cada banco, no incrementa en demasía los costos y sí puede resolver un problema futuro.

Los ductos de cruce se construirán, en los sitios que el proyecto marque, con el número de tubos conveniente, durante la etapa de formación de la sub-rasante. Deben tener longitud suficiente para llegar hasta afuera de los acotamientos, a la distancia que irán los cableados (casi siempre entre 1 y 5 m. de la orilla del acotamiento). Como remate a ellos, se construirán registros adecuados.

Observación:

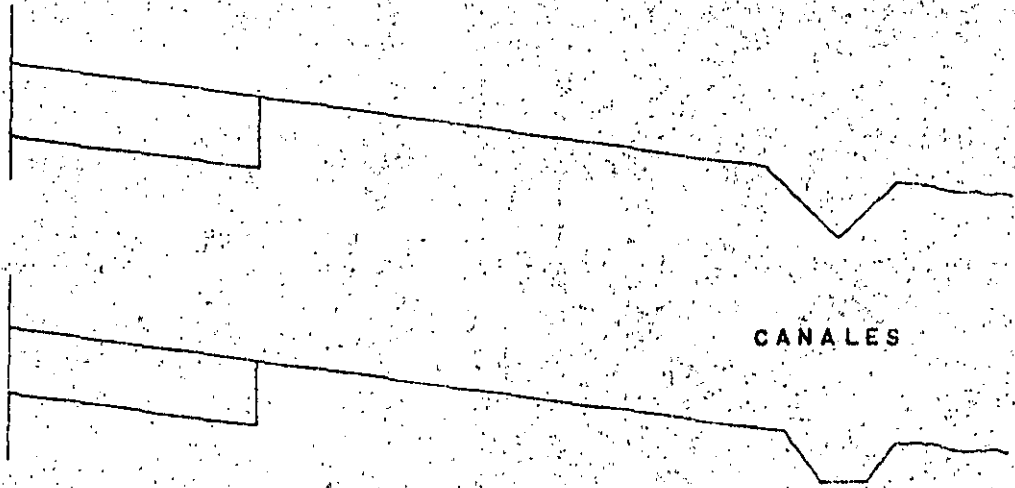
Aunque por razones de economía no son comunes, algunos proyectos contemplan que la totalidad de los cableados sean conducidos por sistemas de ductos. En tal caso, habrán de construirse con el número de tubos especificado, durante la formación de las terracerías de las franjas de seguridad, a la profundidad que indique el proyecto.

Se ha normalizado el uso de ductos, tanto para alimentación eléctrica como para control electrónico, en instalaciones de radioayudas (VOR, DME, ILS, RADAR), con tuberías separadas para cada tipo de cable, adicionales a los indicados para iluminación y ayudas visuales.

VI.6.- DRENAJES DE SUPERFICIE

Las superficies pavimentadas y los terraplenes compactados impiden (y así debe ser) que las aguas de precipitaciones pluviales se infiltren en el terreno natural: por tanto, habrá una cantidad de líquido que es necesario conducir hacia zonas de descarga alejadas.

La pendiente transversal de las áreas de maniobra plantea, lógicamente, la conveniencia de construir canalizaciones, cubiertas o a cielo abierto, en las orillas de las fajas de seguridad, con capacidad suficiente para conducir, sin desbordarse, las mayores precipitaciones que el estudio climatológico previo haya establecido. Por razones de economía, se preferirán las canalizaciones a cielo abierto, generalmente con sección triangular o trapezoidal, como muestran los croquis.



El eje de estas conducciones se ubicará a 15 m. del hombro de las fajas de seguridad y, en general, correrán a favor de la pendiente del terreno natural, paralelamente al eje de la pista, que siempre será considerada la zona más importante por drenar.

La descarga de estas canalizaciones podrá ser una zona baja donde la inundación que provoquen las aguas no represente problema a la operación del aeropuerto; a otras canalizaciones existentes, o bien a las excavaciones (por lo común enormes) que dejan los bancos de préstamo.

El paralelismo de las canalizaciones con el eje de la pista provoca la necesidad de construir alcantarillas en los cruces con las calles de rodaje u otras vialidades. Pueden ser resueltas con sistemas tradicionales en los que se deberá tener en cuenta el peso de la carga rodante que pase sobre las conducciones. Son comunes las alcantarillas a base de:

- Muros de mampostería y losa de concreto hidráulico reforzado.
- Cajones de concreto hidráulico reforzado.
- Tuberías de acero circular, lisas o acanaladas.

- Tuberías de acero de tipo abovedado, construidas con láminas-acanaladas.
- Tuberías de concreto hidráulico armado.

Sus dimensiones estarán acordes con el volumen de agua que deban conducir; deberán estar provistas de cajones desarenadores a la entrada, para evitar su azolvamiento rápido; de ser demasiado -- largas, habrán de incluir registros afuera de los pavimentos para permitir el acceso de personal para mantenimiento; tanto a la entrada como a la salida deberán tener obras de encausamiento y protección de la plantilla, a fin de evitar erosiones.

Cuando las canalizaciones quedan construidas en terrenos cohesivos, por lo común mantienen su geometría por largo tiempo, requiriendo poco mantenimiento. Por lo contrario, terrenos poco cohesivos se erosionan rápidamente, alterando la sección original y provocando azolvamientos que dañan el correcto funcionamiento -- del drenaje. En estos casos, tanto por razones operativas, como por economía en el mantenimiento, será conveniente revestir los canales.

Dependiendo de la disponibilidad de materiales y de los costos -- de ejecución, el revestimiento podrá hacerse mediante chapeos de piedra o capas de concreto hidráulico o asfáltico. Obviamente, las características de flujo hidráulico para cada tipo de material deberán ser también consideradas.

VI.7.- OBRAS DE DRENAJE ESPECIALES

Cuando la única posibilidad de localización de un aeropuerto se tiene en terrenos escarpados, los estudios topohidráulicos generalmente detectan la presencia de corrientes de tipo permanente o efímero cuyos cauces deberán respetarse o conducirse. En estos casos, obviamente, la información hidrológica que debe obtenerse cobra un importante valor, ya que, bien sea que se opte -- por hacer pasar los escurrimientos bajo las áreas de pavimento o se las desvíe, la capacidad de las conducciones debe ser la adecuada para impedir desbordamientos e inundaciones que afecten a la operación del aeropuerto.

Puede ocurrir, desde luego, que las características de una obra de cruce revista gran importancia, no sólo porque su trabajo hidráulico exija importantes dimensiones, sino también porque sus requerimientos estructurales al quedar, por ejemplo, bajo la pista, provoque la aparición de elementos robustos y pesados de -- construcción complicada, agravada por una longitud que puede ser del orden de 150 m., a 300 m., si pasa perpendicular al eje o -- crecer de manera importante si lo hace diagonalmente a ella. De

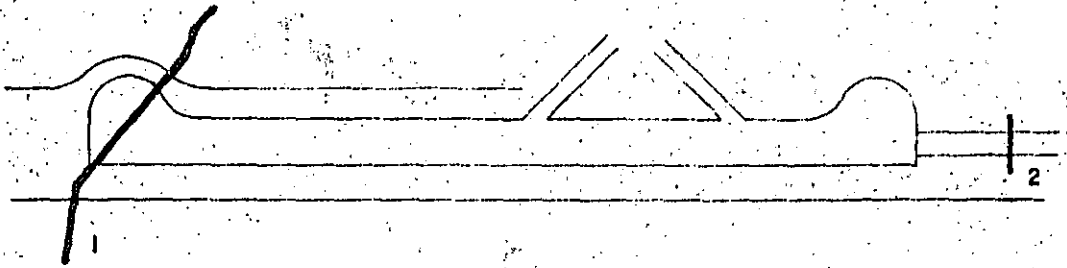
igual manera, la profundidad del cauce respecto al eje afectará al diseño: la estructura no será la misma si es corta que si lo es grande.

En estas condiciones, el manejo de este tipo de conducciones podrá ser resuelto mediante grandes tuberías de lámina acanalada o de concreto hidráulico, que se arman en el sitio o, si son de tamaño mayor, mediante importantes estructuras de concreto hidráulico. Ambas resultan costosas y presentan problemas particulares, tanto durante la construcción de los conductos como de sus rellenos en fondos, áreas laterales y sobre ellas que no es posible abordar con detalle en estas notas. En general, el arreglo de la superficie de apoyo de las estructuras obliga comúnmente a desviar las corrientes (si son permanentes) para limpiar el suelo de materiales sueltos, formando a continuación una superficie de dimensiones adecuadas a base de terracerías compactadas o plantillas de concreto hidráulico pobre (para estructuras de concreto) o bien con materiales arenosos (para tuberías). Después de construida la obra, el relleno entre ella y las laderas del cauce debe vigilarse con especial atención para que exista estrecho contacto entre el relleno, la conducción y las paredes del terreno natural, obteniendo el grado de compactación especificado (a mano o con máquinas) y atendiendo a que la formación de capas conserve simetría a ambos lados de la estructura, a fin de no provocar su deformación.

En vías de optimizar los procedimientos, permitiendo obtener estructuras de concreto hidráulico más esbeltas, se han desarrollado interesantes métodos de diseño que combinan el trabajo de la estructura con el del relleno que la envuelve, aplicando criterios de la mecánica de suelos. Como resultado se logran conducciones menos robustas, aunque el trabajo de formación de los rellenos resulta complicado.

Para mejor comprensión de lo señalado, se comenta un caso real:

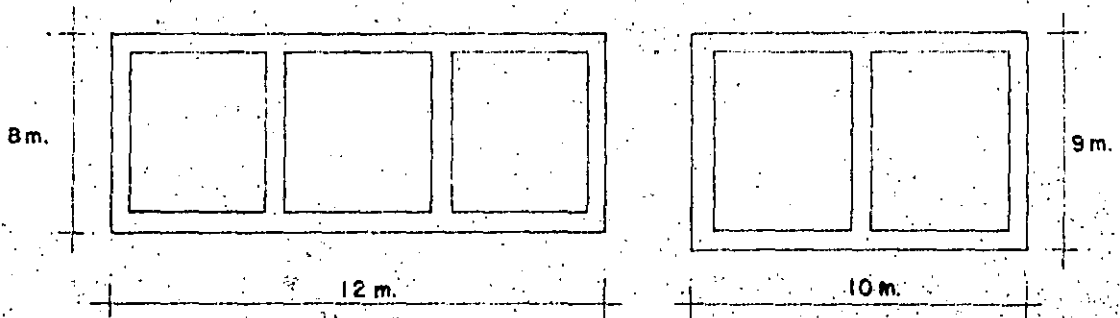
La construcción de un aeropuerto en Colima, México, fijó su localización en un área cruzada por dos arroyos cuyo gasto, en tiempo de lluvias llegaba a valores elevados. El cauce de ambos se presenta en el fondo de cañadas con profundidad en el orden de 35 m., respecto al terreno circundante y 37 m., al nivel de la rasante de la pista. En una de ellas, queda localizada la cabecera de la pista, provocando una conducción con longitud total de 437 m., en la otra, se localiza el terraplén para el sistema de luces de aproximación (en el extremo contrario al anterior), lo que provoca una conducción de 70 m., de longitud. En el primer caso, el trazo de la conducción es sinuoso y diagonal al eje de la pista; el segundo, recto y perpendicular al eje.



Al ser revisado el diseño de las conducciones, la primera solución planteaba el acomodo de baterías de tubos de 3.10 m., de diámetro en número de 7 para la "1" y de 5 para la "2". Las dimensiones y configuración de las cañadas forzaba a un acomodo del tipo que muestran los croquis, muy complicado de manejar y con serios problemas de construcción en los rellenos y las obras de encauzamiento a la entrada y la salida.



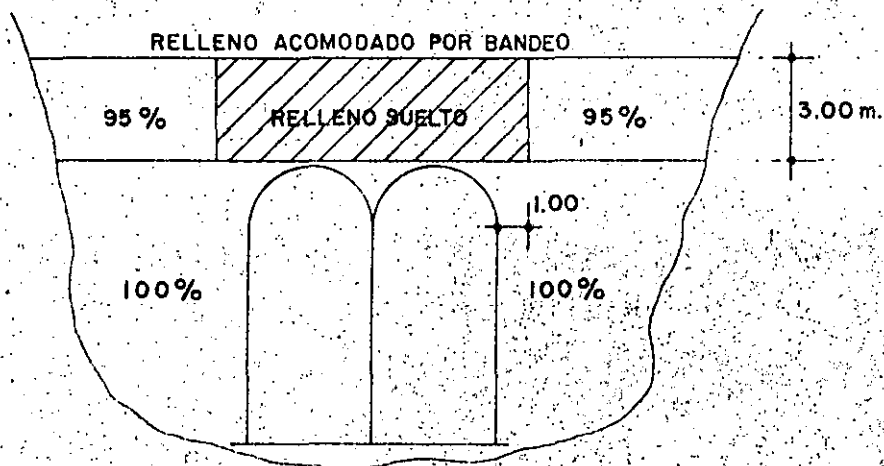
A continuación se analizó el diseño de estructuras de concreto hidráulico que condujeron a elementos de tipo "cajón" con forma y dimensiones como las que señala el croquis, pero con espesores de paredes, fondo y tapa de 0.90, 1.10 y 0.90 m., respectivamente, fuertemente armados. El costo de estas estructuras resultó impactante: la suma de ambas, con sus rellenos fácilmente igualaba al de la propia pista.



Al aplicarse el criterio señalado párrafos atrás, se obtuvieron estructuras de cajón rematado en bóveda, con espesores de fondo y muros de 0.60 m., y de techo de 0.40 m. El sistema de armado se simplificó. Comparativamente, el costo en la etapa de diseño, de estas estructuras era del 65% de las de tipo "cajón"; en la práctica, por ajustes en los costos de construcción resultó del 75% de éstas.



Para propiciar al trabajo de los suelos, el proyecto marcó una zonificación de los rellenos que está indicada en el croquis. Para evitar daños a las estructuras de concreto hidráulico, se estipuló que en un espesor de 0.50 m., a los lados de ellas no se aproximaran las máquinas, debiendo compactarse con equipo manual.



Para equilibrar el trabajo de la estructura durante el relleno, hasta terminar la capa de 95% a 3.0 m., sobre ella, no debía existir un desnivel, a ambos lados de la misma, superior a 1.0 m.

Estas normas impusieron un cuidadoso control del procedimiento constructivo, programando escalonamientos tanto en el sentido transversal como en el longitudinal, de suerte que, relleno desde la parte central hacia las orillas, siempre se tuvieron "escalones" de 1.0 m., simétricos, creciendo en altura y longitud, aprovechando que las estructuras tenían juntas de construcción a aproximadamente cada 10 m.

En la estructura doble, "1", se trabajó el relleno superior, acomodado por bandeado, hasta un nivel 1.0 m., por abajo del de la sub-rasante; desde éste, se compactó una capa de 0.30 a 90%, otra de 0.30 a 95% y la final, como sub-rasante al 100%, de 0.40 m.

Las estructuras fueron dotadas de instrumentos de medición para revisar su comportamiento tanto durante la construcción como en condiciones de operación. A la fecha de escribir estas notas, llevan un año las observaciones, detectándose deformaciones insignificantes, dentro de los límites esperados. El estudio se prolongará hasta completar cinco años.

VI.8.- BANCOS DE PRESTAMO PARA PAVIMENTOS

A partir de la sub-rasante, que como queda dicho es una capa de terracerías mejoradas, la sucesión de las que constituyen el pavimento (sub-base hidráulica, base hidráulica, base estabilizada - en su caso - y carpeta - tanto de concreto hidráulico como asfáltico -), requieren del empleo de materiales granulares.

Las principales fuentes de suministro de estos materiales las constituyen:

- Ríos y/o arroyos.
- Depósitos de aluvión (conglomerados sin cementante arcilloso).
- Mantos rocosos.

Los dos primeros generalmente proporcionan materiales redondeados muy duros que no siempre pueden utilizarse tal como están: la redondez de las partículas puede alterar su acomodo y resistencia. Sin embargo, con algún tratamiento, bien sea de cementación o de trituración parcial resultan adecuados.

Respecto a los bancos de roca, se tratará de trabajar con mantos sanos de adecuada dureza. Los materiales muy intemperizados o producto de formaciones sedimentarias o metamórficas jóvenes o incompletas, pueden resultar muy blandos y deben desecharse.

La explotación de estos bancos dependerá de sus características.

Depósitos de aluvión o playones de ríos y/o arroyos, podrán explotarse utilizando tractores, cargadores frontales y camiones.

Los mantos rocosos requerirán del uso de explosivos.

Si los materiales deben triturarse habrá siempre la limitante -- del tamaño máximo que acepte el equipo, lo que puede provocar, -- en el caso de los depósitos o playones, una selección previa a -- la carga. En el de los mantos rocosos, una adecuada planeación -- de la separación de los barrenos.

En función de las granulometrías que se requiera obtener para -- las diferentes capas del pavimento, los equipos de trituración -- podrán consistir de una máquina primaria que reduzca el tamaño -- de las piedras a 10 ó 12.5 cm., (4 ó 5"), una secundaria que las -- fragmente a 6.4 ó 5.1 cm., (2 ó 1.5") y una terciaria que las -- lleve hasta los tamaños menores necesarios, ordinariamente 1.9 ó 1.3 cm., (0.75 ó 0.5).

Las quebradoras primarias podrán ser de muelas o quijadas o del tipo de impacto.

Las secundarias y terciarias, de rodillos, cónicas o de impacto.

Su capacidad de producción estará en función de los volúmenes -- por obtener y el tiempo en que éstos se requieran.

Por regla prácticamente general, los procesos de trituración se -- inician casi al mismo tiempo que las primeras etapas de construc -- ción del Aeropuerto, formando almacenamientos con volumen excedi -- do para prevenir mayores requerimientos. Suele ocurrir que, pa -- ra cuando se está entrando a la formación de las carpetas, la -- trituración está apenas terminándose.

Desde el punto de vista de homogeneidad en la calidad de los ma -- teriales, no siempre se logra que el banco la aporte. En los -- de aluvión, al ir profundizando la extracción, las característi -- cas pueden cambiar empeorando o mejorando; en los mantos roco -- sos, por lo común a medida que se profundiza mejora la calidad -- al encontrar mantos menos intemperizados; sin embargo, ello no -- constituye una regla, pues se da el caso de que el manto sea de -- pequeño espesor y el banco deba desecharse (esta posibilidad -- siempre es consecuencia de un estudio geológico incompleto y de -- be evitarse que ocurra).

Los mantos de rocas de tipo sedimentario, comúnmente presentan -- características diferentes conforme a la profundidad, aunque en -- algunos casos de formaciones volcánicas o metamórficas también -- ocurre. Así, puede suceder que aunque el producto de la tritura

ción de una capa específica no resulte del todo conveniente, la mezcla de dos o más sea satisfactoria.

En mantos calizos de casi todo tipo, se presentan formaciones lajeadas que a su vez producen abundancia de partículas de forma plana o alargada que no resultan adecuadas para algunas capas del pavimento.

Por otra parte, la presencia de tierra empacando tanto a los depósitos de aluvión como a las formaciones rocosas debe ser analizada, en particular si se trata de arcilla. Su presencia debe estudiarse con detenimiento y, mediante pruebas de laboratorio - revisar si influye negativamente en el producto, ya que las especificaciones admiten un determinado porcentaje de contracción lineal para los materiales de sub-base (3%), base (2%) y mezclas asfálticas (2%).

De ser necesario, un proceso de eliminación de polvo deberá ser incluido durante la trituración o antes de la utilización de los materiales, bien sea por cribado o lavado.

VI.9. - CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES PARA PAVIMENTACION

Conforme a lo que indiquen las normas de calidad, tanto durante la trituración como antes del tendido de los materiales en la capa (debe recordarse que cuando hay estratigrafía diferente en los bancos las características cambian según se determinen antes y después de mezclarlos), deberán de hacerse muestreos para determinar:

- Granulometría
- Grado de dureza
- Límites de Atterberg
- Valor Relativo de Soporte
- Valor Cementante
- Contenido de materia orgánica
- Equivalente de Arena
- Porcentaje de partículas planas o alargadas
- Peso Volumétrico Seco Máximo

Los procedimientos están explicados en los manuales para el efecto.

Adicionalmente y, en preparación para los procesos de verificación de las compactaciones en las capas de sub-base, habrán de obtenerse los contenidos óptimos de humedad, generalmente por los métodos de Porter.

VI.10.- CAPAS DE SUB-BASE Y BASE HIDRAULICA

Basándose el cálculo de los espesores de pavimento en los Valores Relativos de Soporte de las capas que lo componen, ha resultado conveniente no utilizar, en las áreas de maniobra aeronáutica de los aeropuertos, capas de sub-base, ya que su norma de aceptación por VRS del 50%, aumenta los espesores necesarios.

La capa de base única, con VRS mínimo especificado del 100%, mejora las características del pavimento y reduce el espesor (comparado al de la suma de una capa de sub-base y otra de base).

Sin embargo, en las vialidades para vehículos terrestres su empleo sí es recomendado por razones de economía, ya que el ahorro en espesor para la única capa de base no resulta trascendente.

La construcción de la capa de base hidráulica, en función de su espesor generalmente se realiza, dependiendo de equipo empleado, en dos o tres sub-capas, manejadas con las mismas precauciones recomendadas para las sub-rasantes inertes.

El procedimiento normal consistirá de las siguientes operaciones, a partir de la llegada de los camiones cargados desde el almacén en los patios de trituración.

- El material es descargado acomodando los montones a la distancia que convenga en función del espesor de la capa.
- Empleando motoniveladoras se lleva a cabo revoltura en seco del material, formando un camellón.
- El laboratorio muestrea el camellón y, en su caso, lo acepta.
- Con motoniveladoras se tiende el material seco y sobre él se hacen pasar los autotanques que lo riegan con el agua necesaria para la compactación ordinariamente en volumen suficiente para obtener la humedad óptima o un poco por encima de ella.
- Se mezcla el material hasta conseguir un grado uniforme de humedad en todo el camellón. Puede ser conveniente, de requerirse, que el laboratorio revise el grado de humedad y su uniformidad.
- Se realiza el tendido de la sub-capa en espesores no mayores de 10 cm., que se someten al paso del equipo de compactación apenas lo suficiente para un acomo inicial. Una vez tendido todo el material, se extenderá el proceso de compactación durante el tiempo que sea necesario hasta obtener el porcentaje especificado, que por lo común es del 100%.

- Al llegar a la sub-capa final, antes de conseguir la compactación total, por métodos topográficos se fijarán elementos al piso que sirvan de guía a los operadores de las motoniveladoras para obtener una superficie dentro de tolerancia de niveles (que para este caso, por lo común, es de ± 1.0 cm.).
- El alineamiento longitudinal, con tolerancia de $+ 3$ cm., será comprobado y en su caso corregido, recargando donde se requiera o cortando los excesos. Siempre será preferible construir las capas con exceso de ancho y luego cortar, recuperando el material.
- Resulta conveniente, pues se gana tiempo y calidad, tender la última sub-capa empleando una máquina extendora - terminadora similar a las que se emplean para carpetas asfálticas. Con ella, el control de niveles se simplifica.

En este caso, el material se prepara en una plataforma de mezclado, humedeciéndola en el grado adecuado, ya mojado, se transporta hasta la máquina que la tenderá. De contarse con un equipo de mezclado, su uso acelerará el proceso.

- Concluido el trabajo en cada sub-capa, se revisará que el grado de compactación haya sido alcanzado; al término, se revisarán también las tolerancias en nivel y alineamiento; para ello, se realiza una nivelación topográfica de precisión con cuadrícula a cada 5 m., se utilizan reglas metálicas para verificar que entre puntos no existen protuberancias o depresiones fuera de norma.

Las líneas de unión entre capas a todo lo ancho del pavimento son objeto de una verificación cuidadosa, tanto de compactación como de niveles.

VI.11.- EQUIPO COMUNMENTE EMPLEADO

a.- Para la mezcla seca, húmeda tendido y afinamiento:

- Motoniveladoras
- Autotanques con barra de riego
- Equipo de mezclado (estabilizadora)
- Extendoras - terminadoras

b.- Para la compactación inicial

- Aplanadora tandem o triciclo con peso entre 8 y 14 toneladas
- Rodillos lisos vibratorios de arrastre o autopropulsados

c.- Para la compactación final

- Rodillos lisos vibratorios
- Rodillos neumáticos autopropulsados con peso entre 20 y 30 toneladas, de preferencia con variación de presión en llantas
- Aplanadoras tandem con peso entre 8 y 14 toneladas

No siempre el procedimiento resulta sencillo. A veces, aunque los materiales no entrañen problemas, una inadecuada combinación de equipo produce comportamientos anómalos en la capa. Por ejemplo, cuando los materiales tengan abundancia de partículas finas, la aplicación de los rodillos neumáticos antes de tiempo puede provocar que, por efecto del amasamiento, los finos sean empujados hacia arriba produciendo una costra dura que impide el paso de los riegos de agua para mantenimiento en la humedad de compactación. Este fenómeno, denominado de "encarpetamiento" impedirá lograr la compactación especificada. Por lo contrario, usar por tiempo excesivo los equipos vibratorios, puede producir un rompimiento de la estructura del material (en este caso real y no figurado, como en las terracerías, pues puede producirse la fragmentación de las partículas mayores, alterando la granulometría).

Así pues, el empleo de cada máquina deberá racionalizarse, a fin de obtener, como resultado, capas con la compactación y nivelación requerida y con adecuada distribución de partículas finas en todo el espesor.

La heterogeneidad de los bancos puede ser causa de problemas de difícil solución, que sólo a base de experimentación en tramos de prueba puede obtenerse.

Por ejemplo y, es un caso real, la presencia en un mismo banco de materiales duros, de densidad media y porosos, aún adecuadamente mezclados en seco provoca problemas, particularmente a causa de la diferente cantidad de agua que cada tipo de material requiere: los duros poca, y los porosos mucha. Así, el grado óptimo de humedad se coloca en un rango muy estrecho: si se excede, las partículas resbalan y no se acomodan firmemente; si no es suficiente, falta lubricación; en ambos casos la compactación no se logra: en el primero, se producen fenómenos de "rebote" al paso del equipo; en el segundo, simplemente no se llega al grado deseado.

La textura de la superficie de la base hidráulica debe ser lo suficientemente abierta para permitir el paso del agua de mantenimiento de la humedad; una superficie demasiado cerrada y lisa no siempre es deseable, ya que, como queda dicho, adquiere condiciones de dureza indeseable. Por su parte, la textura demasiado abierta y carente de finos, resultará permeable en exceso, amén de provocar problemas en la aceptación de la capa por niveles.

VI.12.- RIEGO DE IMPRIMACION O IMPREGNACION

Para proteger la base hidráulica mientras se construyen las capas de base estabilizada o carpeta que la cubrirán, es conveniente proteger su superficie mediante la aplicación de un riego de asfalto rebajado de fraguado medio, por lo común en proporción de 1.0 a 1.5 lt/m² (dependiendo de la textura).

Si la textura superficial es adecuada, el asfalto penetrará hasta una profundidad en el orden de 10 mm., formando de hecho una ligera carpeta que impermeabilizará la capa y le permitirá resistir efectos de erosión por lluvia o viento, o de abrasión por tránsito de vehículos o equipo de construcción.

El producto asfáltico empleado, bien sea rebajado con solventes o emulsionado, debe corresponder a normas de fraguado medio, con el propósito de que haya adecuada penetración y la base asfáltica que permanezca al perderse los solventes o el agua sea suficiente para garantizar la impermeabilización de la capa. Si se usan productos de tipo lento, habrá mayor cantidad de solventes o agua, que aunque permitirán mayor penetración, dejarán menos residuo asfáltico, obligando a incrementar el litraje por metro cuadrado o a repetir el riego para conseguir el efecto de impermeabilización buscado. Al usarse asfaltos de tipo rápido, la situación se invierte: no se logra penetración suficiente y la capa no tiene durabilidad.

Previo al riego del producto asfáltico la superficie deberá prepararse: la existencia de polvo suelto, o de una capa "encarpeta da" de material fino, impedirá obtener resultados satisfactorios. En efecto, el polvo suelto formará grumos con el asfalto si tiene afinidad con él, afectando a la libre penetración; si no la tiene, provocará la formación de lunares secos en donde tampoco habrá penetración. Por su parte, una capa dura de finos impedirá la penetración, produciendo encharcamientos de asfalto o "natas" del mismo que posteriormente serán zonas problemáticas.

- Riegos "Matapolvo".- Si la base hidráulica está constituida por materiales poco cementados, aunque cumpla con normas, la superficie quedará cubierta de materiales finos relativamente sueltos que, si se tratan de eliminar para que no haya polvo, por barrido, se provocará la exposición de las partículas gruesas, dejando una textura áspera.

En estos casos resulta más conveniente "sellar" la superficie mediante la aplicación de un riego ligero de agua que se deja secar hasta una profundidad del orden de 1.0 cm., y luego tirar el riego de asfalto; las características de textura abierta de este tipo de bases, garantizan la penetración.

Por la acción que representan, estos riegos se denominan como queda titulado.

- **Barrido.**- Es el procedimiento más común. Se lleva a cabo a mano utilizando cepillos de cerdas de dureza media, de tipo vegetal o de plástico, o bien utilizando rodillos barredores (con cerda vegetal o plástica), tanto arrastrados como autopulsados.

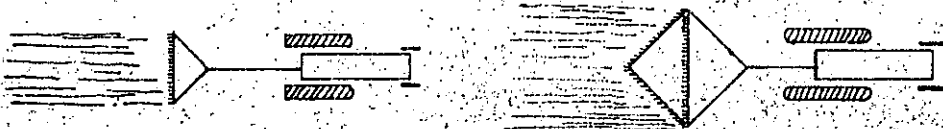
El empleo de cerda plástica está indicado para superficies duras en donde interesa abrir la textura; las de tipo vegetal, para las de grado intermedio.

En todo caso, se tratará de desalojar del área por impregnar con asfalto, el polvo suelto.

- **Rastrillado.**- La presencia de costras de polvo duras y encarpetadas es del todo inconveniente, pues impedirán la penetración del asfalto.

Si el barrido enérgico con rodillos de cerda plástica no logra abrir la textura, se hará necesaria una acción más agresiva que rompa la capa; para ello, resulta conveniente "rastrillarla" para soltar el polvo y poderlo barrer.

Por experiencia, puede construirse un implemento sencillo, de bajo costo, que da resultados satisfactorios: con tablones de madera de sección cuadrada de 10 x 10 cm (4 x 4") se construye una armazón de planta triangular o cuadrada, en la que dos elementos sirven para conexión de arrastre a un tractor de tipo agrícola; los restantes constituyen los elementos abrasivos, mediante la fijación a ellos de cepillos de alambre duro, tablas con puntas de clavos expuestas o una serie de vueltas de alambre espinoso (de púas).



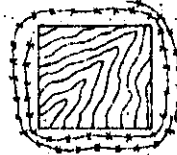
En el mismo orden indicado, cada una de las soluciones es más áspera que su antecedente: la más ligera es la de cepillos; la sigue la de clavos (en donde el diámetro puede variarse a antojo) y finalmente, la más agresiva es la de alambre de púas.



CEPILLO



TABLA CON CLAVOS



ALAMBRE DE PUAS

Estos "marcos abrasivos" resultan más efectivos si se les coloca peso encima, a fin de que su penetración sea mayor.

Una vez que la capa dura de polvo se desintegra por la acción abrasiva indicada, el material fino puede removerse mediante barrido normal.

- **Superficie mal preparada.** - Siempre será la que tenga polvo suelto, con el que el asfalto se aglutina sin penetrar o bien hace "lunares" provocados por la tensión superficial del líquido ante la superficie suelta.

De cualquier forma, la penetración será dispareja: mayor en donde haya poco polvo y menor (o nula) en donde haya mucho.

- **Efectos de la salinidad.** - Cuando el aeropuerto se construye en zonas próximas al mar, en terrenos seguramente de tipo sedimentario, es común que tanto los materiales de las terracerías, como los triturados para pavimentación tengan sales en incorporación.

Aunque se tome la precaución de utilizar agua dulce durante los procesos de compactación, las partículas salinas tienden a ascender y, es común, se muestran claramente como grandes manchas blanquecinas sobre la superficie de las capas.

Quando se llega a la base hidráulica, la impregnación con asfalto puede tornarse un problema, pues frecuentemente la reacción química del asfalto con las sales provoca, primero, la aparición de ámpulas de pequeño tamaño que van creciendo formando "lentes" de mezcla de polvo con asfalto, totalmente suelto. A medida que crece la reacción, se va perdiendo el

efecto de la impregnación hasta desaparecer totalmente, en un proceso que se inicia tras la pérdida de solvente o agua (en las emulsiones) y que dura entre 5 y 10 días, dependiendo de la concentración de sales. Al final, resulta una capa negra, totalmente suelta, que si es barrida dejará los materiales gruesos superficiales expuestos.

A mayor abundancia de finos superficiales, más violenta la reacción, de aquí que en zonas costeras sea más importante vigilar el correcto barrido de las bases por impregnar.

En el caso de que no se tomen las adecuadas precauciones, y sobre todo en un proceso acelerado de obra, se corre el riesgo de que la reacción química se produzca cuando se ha tendido la capa subsecuente (base asfáltica o carpeta), agravándose el problema por la falta de liga entre capas que la pulverización provocará. Por ello, resulta sumamente importante garantizar que este tipo de complicación se minimice o anule.

El barrido enérgico, eliminando totalmente el polvo superficial será, pues, muy conveniente, aunque puede redundar en incremento de costos y pérdida de tiempo.

"Combatir el fuego con el fuego" siempre ha dado resultado. Aunque en los procesos constructivos de las obras de tipo terrestre fundamentalmente se trabaja con conceptos físicos, en ocasiones la química es importante, como en el caso que nos ocupa.

Los materiales asfálticos, originalmente son productos de base ácida.

Es fácil, al hablar de terrenos "salinos", cometer el error de generalizarlos hacia sales alcalinas del tipo del cloruro de sodio (sal común). en este orden de ideas, se antojará lógico neutralizar la acción de las sales aplicando a la superficie de trabajo un riego ácido, que produzca un PH neutro.

Sin embargo, en ocasiones las sales presentes son de tipo ácido, por lo cual, agregarles más ácido agrava la reacción.

(En el caso de hiper-acidez, el asfalto reacciona con los silicatos o calés de los suelos provocando, también, pulverización).

En consecuencia conviene conocer si el PH del suelo es ácido o alcalino, a fin de tratarlo en consecuencia. Esto se logra fácilmente utilizando papel reactivo para PH, que se expende en rollos o tiras y que trae, en el paquete, una clave de las coloraciones que puede adquirir el papel según el PH de la sustancia en prueba.

Una pequeña muestra de los finos superficiales, mezclada con agua destilada y sometida a prueba, dará el valor PH del suelo por impregnar. Si resulta alcalino, deberá neutralizarse con ácidos; si ácido, requerirá la aplicación de productos básicos. Bastará, entonces, encontrar en el laboratorio el grado de concentración de la sustancia correctiva por utilizar, buscando, siempre, emplear productos muy económicos; por ejemplo, los ácidos, sosas o potasas utilizadas para limpieza sanitaria doméstica pueden resultar adecuados.

Las concentraciones variarán entre 1 y 10 partes por millar - (un litro de ácido o de mezcla cáustica por metro cúbico de agua, y 10, respectivamente) generalmente, este comentario no debe tomarse como regla, debiendo, siempre, revisarse en laboratorio.

Un autotanque de riego, con la solución necesaria en su depósito, y tirando el producto a la velocidad necesaria para obtener una concentración adecuada por metro cuadrado, será, finalmente, la respuesta al problema originado por la salinidad.

Observación:

El riego correctivo químico debe realizarse después del barrido, dejándolo secar antes de proceder a la impregnación del producto asfáltico.

VI.13.- BASES MEJORADAS

No siempre los bancos de préstamo de los que se extraen los materiales para bases resultan del todo adecuados, pero cuando no hay otro remedio que usar los que se tengan a mano (simplemente porque no hay otros o la alternativa de "importación" desde otro sitio resulta antieconómica), se tendrá que recurrir a la opción de mejorar los productos.

Con frecuencia ocurren estas posibilidades: producto con VRS y valor cementante bajos, por falta de partículas finas o por características inertes de ellas, o bien, VRS bajo pero alto valor cementante por presencia de partículas finas activas de tipo arcilloso. En los dos primeros casos, la contracción lineal es nula o despreciable; en el segundo, puede rebasar el límite permitido por las especificaciones. En los dos primeros casos, la carencia de valor cementante dificultará el proceso de compactación; en el último, el material puede no aceptarse.

Para mejorar bases con alto VRS pero bajo contenido de finos y pobre valor cementante, la adición de un limo, puro o mezclado con arena y aún algo de arcilla, mejorará sus características, aumentando la trabajabilidad, sin decremento de su buena resistencia.

En bases con VRS alto y bajo valor cementante pero que sí tienen finos, inertes, se mejorará la cementación adicionando pequeñas cantidades de arcilla seca pulverizada. El empleo de tobas o cenizas volcánicas será también indicado en estos casos, por sus características cementantes.

Por lo contrario, bases con contenidos de materiales arcillosos altos pueden mejorarse mezclándolas con arena limpia, limo puro o arenoso y/o tobas o cenizas volcánicas. En todos los casos, el material de adición deberá tener contracción lineal inapreciable o nula, a fin de mejorar las características de la mezcla.

Pese a las alternativas enunciadas, podrá darse el caso de que los materiales resultantes no sean del todo adecuados y sea requerido mejorarlos aún más mediante la adición de productos aglutinantes para formar las denominadas "bases estabilizadas", sobre las que se comentará a continuación.

Observación:

Las bases inertes con alto VRS no son, de ninguna manera, inadecuadas; son difíciles de trabajar en condiciones normales por su baja o nula cementación, pero si se las confina para evitar que las partículas se desplacen, son excelentes; toda vez que en ellas hay un trabajo mecánico real entre partículas, sin transmisión por la acción cementante de otras.

Bases carentes de finos, con granulometría discontinua en la que abundan partículas mayores y algunas intermedias pero hay casi total ausencia de pequeñas, son muy resistentes, siempre y cuando se logre obtener su óptimo acomodo, bajo condiciones de confinamiento.

VI.14.- BASES ESTABILIZADAS

Quando se desean mejorar las características de un material de base, tanto por necesidad como por conveniencia (mientras mayor VRS, menor espesor necesario), se recurre a adicionarle cementantes tanto hidráulicos (cemento portland, cal) como asfálticos (asfalto rebajado o emulsión asfáltica).

Si la capa cementada permanece sobre las terracerías o la sub-base, simplemente como una base de características mejores que las naturales (aún corregidas), a la base se la denominará "estabilizada".

Si la capa se coloca sobre una base hidráulica normal, será denominada "base cementada" (para los casos de adición de cemento o cal hidráulicas) o bien "Base negra o asfáltica" (cuando se le adicionan productos asfálticos).

- **Bases cementadas.**- Serán diseñadas según la resistencia a la compresión que se desea obtener: en el laboratorio podrán hacerse equivalencias entre la resistencia a la compresión y el VRS de un material natural. Podrán buscarse valores entre 9- y 15 Kg/cm² de resistencia en especímenes cúbicos de 5 cm. de lado, para los cuales se especifican adiciones (en volumen) de cal o cemento entre el 3 y el 6% (por ejemplo, no como regla).

Para lograr una adecuada mezcla, será requisito que los materiales estén secos; los bultos de cal o cemento se rompen sobre los camellones de base mezclada previamente, distribuyéndolos uniformemente a todo lo largo de ellos. Luego, con las motoniveladoras (o bien, empleando equipos de tipo agrícola - adecuados para un mezclado óptimo) se realiza la incorporación del aglutinante al árido. El agua deberá aplicarse con rapidez, revolviendo y tendiendo la capa oportunamente para que su compactación se realice dentro de los tiempos de fraguado (aproximadamente entre 1 y 1.5 horas). Obviamente, las dimensiones de los tramos (longitud, ancho y espesor) estarán en función del tiempo disponible para el trabajo y la capacidad de los equipos empleados.

- **Bases Negras o Asfálticas.**- Su resistencia se medirá en función de la "Estabilidad Marshall" obtenida. Se valorará en relación con el contenido de cemento asfáltico base, la granulometría de los áridos y el grado de compactación obtenido.

La resistencia requerida será lograda, según pruebas de laboratorio, mediante un determinado porcentaje del cemento asfáltico, que se traduce en un litraje por metro cúbico de un asfalto rebajado de fraguado rápido, o una emulsión de rompimiento rápido; así, para estabilizaciones podrá hablarse, por ejemplo, de contenidos de asfalto base del 2 al 4%, para litrajes (en función del volumen de solventes o agua) de 50 a 80 lt/m³.

Sobre una "cama" de los áridos secos, con un autotanke dotado de barra de riego bajo presión de bombeo, se tiende el asfalto rebajado calentado hasta la temperatura indicada, o la emulsión (aniónica o catiónica) asfáltica, en la proporción recomendada, por el estudio de laboratorio.

Revolviendo con motoniveladora hasta lograr uniformidad en la mezcla, se consumirá parte del tiempo necesario para que los solventes se volatilicen o la emulsión "rompa". Casi siempre será aún necesario esperar por períodos que varían desde 1 a 6 horas a que la evaporación se complete antes de proceder a la compactación de la base estabilizada, proceso poco diferente al común.

- Tanto en las bases cementadas como en las asfálticas, una vez concluido el proceso de compactación, deberá completarse el de fraguado de las aglutinantes antes de considerar terminado el trabajo.
- Si las capas de base cementada van a emplearse como elemento de refuerzo en la estructura del pavimento (para reducir su espesor total) entre la base hidráulica y la carpeta, resulta muy conveniente, por cuanto mejora la calidad y se acelera el proceso, preparar las mezclas en plantas estacionarias: -- las hidráulicas, cementadas con cal o cemento, en plantas para concreto hidráulico; las asfálticas, en las que se utilizan para concreto asfáltico. En tal caso, la dosificación de áridos y cementantes se lleva a cabo rápidamente y con precisión; el tendido, hasta de espesores en el orden de 15 - 18 cm., se puede ejecutar con extendedoras para carpeta, logrando mejorar la textura superficial, los niveles y el alineamiento lo que, con motoniveladora, no resulta sencillo. Obviamente, el proceso se acelera.
- Equipo empleado para Bases Estabilizadas (Proceso en Campo).
 - a.- Para cal o cemento hidráulicos:
 - Motoniveladoras
 - Camión distribuidor de bultos del cementante
 - Pulverizadora - mezcladora de tipo agrícola (Pulvi-Mixer)
 - Autotanque para agua, con barra de riego
 - Compactador liso vibratorio
 - Compactador neumático
 - Aplanadora
 - b.- Para asfalto rebajado o emulsión (de fraguado rápido)
 - Motoniveladoras
 - Autotanque petrolizador con barra de riego a presión por bombeo y elementos calefactores
 - Compactador liso vibratorio
 - Compactador neumático

- Aplanadora
- Equipo empleado para Bases Cementadas o Estabilizadas (Proceso Mixto: Planta estacionaria y campo)
 - a.- Para cal o cemento hidráulico:
 - Planta dosificadora - mezcladora para concreto hidráulico
 - Camiones de transporte de la mezcla
 - Extendadora autopropulsada sobre orugas o neumáticos, con amplitud de tiro variable y espesor controlado
 - Compactador liso vibratorio
 - Compactador neumático
 - Aplanadora
 - b.- Para asfalto rebajado, emulsión o cemento asfáltico

Observación:

Si se cuenta con planta para producción en caliente de mezclas asfálticas, resultará más conveniente (por economía y reducción del tiempo de trabajo, ya que se ahorrarán las demoras por evaporación de solventes) dosificar las que ahora se requieren, con cemento asfáltico directamente, en lugar de emplear emulsiones o asfaltos rebajados. Así, los equipos necesarios serán:

- Autotanque petrolizador
- Planta productora de concreto asfáltico en caliente
- Camiones transportadores
- Extendadora autopropulsada con control de ancho y espesor
- Compactador neumático
- Aplanadora

Deber recalcarse que, entre cada capa de pavimento debe existir una adecuada liga (en el caso de los asfálticos, pero no en los rígidos); por lo tanto, la existencia de polvo sobre la capa subyacente, provocará anomalías de comportamiento.

Así, se hace conveniente, a partir de la base hidráulica, llevar a cabo barridos de la superficie antes de iniciar una nueva etapa de construcción, sobre todo, previos a la aplicación de riegos de liga, o antes de iniciar el colado de losas de pavimento.

Por lo que hace al control de calidad, las pruebas preliminares para dosificación darán las normas de comparación para las verificaciones posteriores; los materiales se revisarán previamente, a fin de comprobar que se cumplen las especificaciones de granulometría, peso volumétrico, límites de Atterberg, VRS, valor cementante, equivalente de arena y contenido de materia orgánica.

Además, resultarán importantes pruebas adicionales: para la cal o cemento, reacción al contenido de álcalis de los áridos; para los asfaltos, afinidad de ellos con los agregados.

Durante el proceso, se obtendrán muestras antes y después de agregar el aglutinante, para determinar el volumen real de éste. Se fabricarán especímenes adecuados para determinar la resistencia (o la estabilidad en el caso de mezclas asfálticas), en el tiempo y tras el proceso de fraguado que indiquen los métodos de laboratorio. Finalmente, se determinará, mediante muestreos en el lugar, el grado de compactación alcanzado por la capa, para lo que se utilizará cualquier método importante de la

Las bases estabilizadas, de cualesquier tipo, conservarán sus características de flexibilidad, aún en el caso de empleo de cal o cemento, dado el pobre volumen que se incorpora. Sin embargo, las bases cementadas, con mayores porcentajes de aglutinante, sí ven alterada su flexibilidad: las que contienen cal o cemento se rigidizan, las que reciben asfalto, continúan siendo flexibles. Por tanto, una base negra será compatible con pavimentos rígido o flexible pero una base - cal, o base - cemento, sólo lo será con un pavimento rígido, pues en el caso del flexible, no podrá tomar deformaciones.

VI.15.- RIEGO DE LIGA

probansica -

En los pavimentos flexibles, es necesario que, para lograr un --

comportamiento homogéneo de la estructura, las capas que lo componen estén ligadas entre sí: la base hidráulica se unirá con la base negra o cementada (si la hay), y ésta, a su vez con la carpeta.

Se hará necesario, por tanto, aplicar un producto que, actuando como cementante, establezca la liga entre las capas. Lo más común resulta ser, aplicar un asfalto rebajado de fraguado rápido.

Si los materiales asfálticos que se vienen empleando en un proceso son emulsiones, la liga deberá también hacerse con el mismo producto, utilizando las de tipo rápido.

Previamente a la aplicación de un riego de liga, la superficie deberá estar seca y limpia, libre de basura y/o polvo. El barrido, a mano o con escoba mecánica será obligado.

- **Densidad del riego.**- Dependerá de varios factores. Si se aplica sobre una impregnación vieja y oxidada, amén de servir como capa de liga, deberá utilizarse como revitalizador del riego anterior. En estas condiciones, riegos con proporción de 1.5 a 1.8 lt/m² no resultan extraños.

Si se aplican, la capa subsecuente sólo se podrá trabajar hasta que el riego haya perdido solventes y el asfalto base, que de libre.

Sobre impregnaciones vivas o recientes, el riego deberá ser suficiente para cubrir, al ser aplicado a presión, toda la superficie impregnada con una película delgada y uniforme. Así, se encontrarán proporciones variables entre 0.7 y 1.0 lt/m² dependiendo de la textura de la superficie: una lisa requerirá menos asfalto que otra, áspera.

Finalmente, cuando hay sucesión constructiva de las capas, el riego se reduce a una mínima expresión, simplemente para reemplazar la película superficial que se haya oxidado en plazos superiores a 24 horas (en plazos menores puede no requerirse liga). Entonces, se tendrán riegos que apenas dibujan líneas sobre la zona: 0.2 a 0.3 lt/m². Resultan tan tenues que deben ser extendidos utilizando escobas o las llantas de un compactador neumático.

VI.16.- CARPETAS ASFALTICAS

No se pondrá en tela de juicio que una carpeta asfáltica fabricada con los viejos procedimientos, en el sitio y con asfalto rebajado de fraguado rápido (o la emulsión equivalente), hecha con todo cuidado y bajo control muy preciso, tanto de la calidad, co

mo de los sistemas de tendido y compactación, pueda ser excelente y durar mucho tiempo.

Sin embargo, tiene tantas condicionantes para lograr el éxito, - que su empleo en aeropuertos queda reservado para pistas de segundo orden, con longitudes inferiores a 1,200 m., y anchos por debajo de los 30 m., es decir, en aquéllas en que no habrá operación de turborreactores.

En pistas de primer orden, con especificaciones más rígidas por respetar, las carpetas asfálticas habrán de ser fabricadas en caliente, en planta estacionaria, y tendidas con equipos terminados adecuados.

Puesto que el sistema tradicional de preparación de mezcla en sitio es bastante conocido, y en general, su proceso se apega a lo descrito en el inciso VI.14.- Bases Estabilizadas, se harán a continuación algunos comentarios sobre las mezclas de concreto asfáltico elaboradas en caliente.

a.- **Materiales áridos (agregados).**- Deben cumplir con las Normas que se estén utilizando, por lo que se refiere a granulometría, densidad y peso volumétrico, dureza y límites de Atterberg.

Los tamaños máximos a utilizar jugarán un importante papel en el resultado final: tamaño máximo de 19 mm., (3/4") dará por resultado una textura adecuadamente áspera, con buen coeficiente de fricción; la mezcla demandará contenidos de asfalto razonables (6 - 7% para áridos comunes), pero exigirá espesores de carpeta con tamaño mínimo de 4 cm., y normales de 7 cm., en los cuales llega a haber problemas para lograr niveles finos dentro de normas. Tamaño máximo de 13 mm., (1/2") mejora la calidad de la nivelación, permite espesores de carpeta mínimos de 3 cm., con consumos de asfalto entre 7 y 8.5%, pero da por resultado superficies más lisas con bajo coeficiente de fricción, que pueden obligar a tomar acciones posteriores para mejorarlo. Finalmente, mezclas con tamaño máximo de 6.4 mm., (1/4") producen, con carpetas de espesor mínimo de 2 cm., texturas muy finas y cerradas con alta calidad topográfica. Resultan adecuadas para pistas secundarias, como sellos de bases hidráulicas o asfálticas; por su pequeño espesor pueden tenderse muy rápidamente con un alto grado de precisión. Requieren concentraciones de asfalto elevadas (9 - 12%).

Como consecuencia de lo anterior, resulta que el mejor tamaño para pistas importantes es el de 19 mm., (3/4"), si se toman las precauciones necesarias para lograr un acabado adecuadamente nivelado: resulta más barato (proporciones -

guardadas en razón del espesor mínimo de la capa), por lo que hace a trituración y gasto de asfalto, produciendo, además, un grado de aspereza en la superficie adecuado para las necesidades de frenado de las aeronaves.

Los dos tamaños restantes, tienen sus pros y contras, según el destino que se desee darles.

Dependiendo del tipo de planta que se vaya a emplear para fabricar el concreto asfáltico, los materiales se separarán por tamaños, por ejemplo, de 19 a 13 mm., (3/4" a 1/2"), de 13 a 9.5 mm., (1/2" a 3/8"), de 9.5 a 6.4 mm., (3/8" a 1/4") y 6.4 mm., a polvo, si la planta tiene cuatro tolvas; o bien, de 19 a 9.5 mm., (3/4" a 3/8"), 9.5 a 6.4 mm., (3/8" a 1/4") y 6.4 mm., a polvo, si sólo se cuenta con tres. Esta separación facilitará, mediante la adecuada dosificación, obtener en la máquina la curva granulométrica más adecuada.

- b.- Cemento asfáltico.-** Es, en general, un residuo de la destilación de crudos de petróleo. Mediante una adecuada combinación de adicionantes, se pueden lograr productos con características específicas en cuanto a elasticidad, grado de dureza, temperatura de fusión (son rígidos a la temperatura ambiente) y tiempo de fraguado. Con numeraciones entre el No. 1 y el No. 12, se identificarán por sus características físicas y, sobre todo, por su tiempo de fraguado. Así, los cementos del No. 2 al 4 son de tipo lento, trabajan a temperaturas de fusión bajas y con muy elásticos. Los del No. 5 al 8 son de tipo medio, en todas sus características; son los más comúnmente empleados. Por último, los del No. 9 al 12 son de fraguado rápido, alta temperatura de trabajo y alta dureza.

En los aeropuertos mexicanos se especifican cementos asfálticos del No. 6, aunque se toleran los del No. 5 y 7; éstos, se trabaja con cementos de tipo medio, con dureza y elasticidad medianas, temperatura de fusión entre 85 y 90°C, temperatura adecuada para mezcla entre 110 y 125°C y tiempo de fraguado (a temperatura ambiente de 21 - 24°C) en el orden de 1.5 a 2 h.

- c.- Preparación de la mezcla.-** Hay dos tipos fundamentales de plantas para preparación de mezclas asfálticas: las llamadas "de bachas", con capacidad entre 0.23 y 2.8 ton/h (para las de tipo "normal": de 2,000 lb/h = 0.91 ton/h) muy buenas en su tiempo, han resultado muy lentas al compararlas con las modernas, llamadas "de producción continua", que producen entre 90 y 350 ton/h o más.

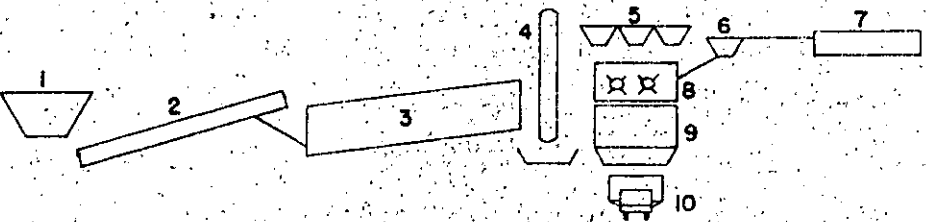
En las plantas de bachas, los agregados, separados por tamaños, pasan, a través de tolvas dosificadoras, a un cilindro giratorio donde son sometidos a una temperatura de 115 - 150°C, a fin de ser secados de la humedad que contengan dentro del secador, antes de llegar a la zona caliente de él, en donde arde un quemador de alta intensidad, los materiales pasan por un extractor de polvo que, por succión, los despoja de las partículas sueltas que contengan. Pasan luego, a través de un sistema de cribas, a unas tolvas pesadoras que van acumulando los pesos de los tamaños separados, para formar la granulometría. De requerirse adición de un material fino inerte, para compensar el que extrae el equipo de succión, mediante un gusano alimentador que llega a la tolva correspondiente, se añade en frío,.

Completa la pesada de áridos, el cemento asfáltico; caliente a entre 115 y 135°C se pesa por separado.

Los agregados calientes, y el material fino adicional, caen al tambor revolvente, donde se mezclan en seco y luego reciben el asfalto, para incorporarse a él.

Aunque el proceso se haya automatizado y exista cierta continuidad, aún resulta lento, pues se depende, siempre, de la capacidad del tambor revolvente y del tiempo que éste tarde en desocuparse.

El esquema siguiente, muestra el proceso antes descrito:



- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1.- Tolva receptora | 6.- Tanque pesador de asfalto |
| 2.- Banda transportadora | 7.- Tanque térmico de asfalto |
| 3.- Secador | 8.- Mezclador |
| 4.- Elevador de "calientes" | 9.- Tolva de mezcla |
| 5.- Tolvas pesadoras | 10.- Transporte |

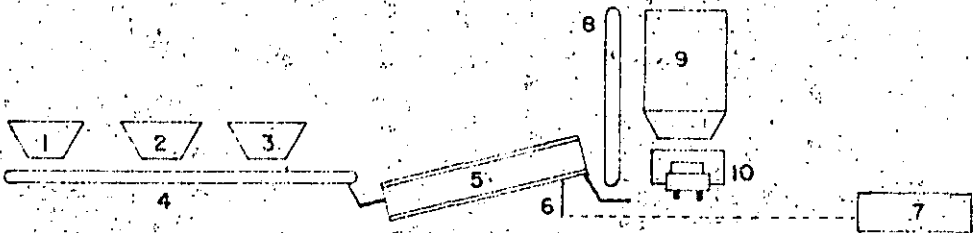
Las plantas de producción continua, por su parte, sólo están limitadas por el tamaño de sus elementos, ya que trabajan a base de gastos de fluidos: uno de áridos y otro de asfalto. Si los dispositivos para calentar los materiales, mezclarlos y almacenarlos mientras se dispone de ellos son suficientemente grandes, la producción puede ser muy importante.

Las plantas mayores, económicamente operables, están en el rango de producción de 300 a 350 ton/h.

Sofisticados mecanismos computarizados, se encargan de controlar el flujo de los materiales de aportación; las temperaturas de los áridos, el asfalto y del volumen de mezcla almacenada o descargada, llevando gráficas de control de todos los aspectos importantes de la producción.

En estos equipos, como se ve en el esquema, los áridos son entregados en flujo continuo, a razón de litros (o kilogramos) por segundo, a una banda transportadora. Cada tolva tiene una compuerta que se abrirá tanto como lo requiera la curva granulométrica adecuada.

La banda arroja los materiales sumados (de fino a grueso) al tambor secador; en él, un potente succionador elimina el polvo en suspensión. Los áridos son secados y calentados en este tambor y, al salir, son rociados mediante una tobera a presión, con el volumen de asfalto requerido, también caliente. Los agregados, "pintados" con el asfalto, caen en una tolva, de donde son tomados por un elevador que, en parte, contribuye a revolver y uniformizar la mezcla con los cangilones de que está dotado. La mezcla asciende y cae a depositarse en un sitio de almacenamiento, desde el que llegará a los vehículos de transporte.



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1.- Tolva de finos | 6.- Aspersor de asfalto |
| 2.- Tolva de medianos | 7.- Tanque térmico de asfalto |
| 3.- Tolva de gruesos | 8.- Elevador de mezcla |
| 4.- Banda transportadora | 9.- Silo de almacenamiento |
| 5.- Secador - revolvedor | 10.- Transporte |

Aunque bien controladas, las plantas continuas funcionan de manera impresionante, bastan pequeñas fallas o descuidos para que una gran cantidad de mezcla asfáltica se heche a perder. Por ejemplo, si los áridos o el cemento asfáltico no están a la temperatura adecuada, la bomba del aspersor de asfalto funciona irregularmente, o el propio aspersor resulta obstruido, la mezcla obtenida resultará heterogénea, con partes secas, sin asfalto, porque no se adhirió a los áridos el aglutinante.

La gran velocidad de producción, obligará a la empresa, y a la supervisión, a estar sumamente atentas a fin de detectar cualquier anomalía oportunamente.

- d.- **Tendido y compactación.**- El tendido se simplifica con el empleo de máquinas terminadoras (finisher); con su auxilio, se tienden franjas sólo limitadas por el tamaño de la máquina, en espesores que pueden variar, en el caso de carpetas, entre 2 cm., para materiales finos (6.4 mm. = 1/4") y 4 a 12 cm., para los normales (19 mm. = 3/4"). En efecto, hay terminadoras que permiten tirar anchos de 12 m. (40 ft.), aunque las comunes permiten franjas del orden de 4.5 m. (15 ft.) con el máximo de sus extensiones. Máquinas modernas permiten, con elementos hidráulicos, variar al antojo del operador, el ancho de la franja entre su mínimo y su máximo simplemente pulsando botones.

La máquina recibe, al frente, la mezcla enviada desde la planta; mediante un transportador de cadena lo remite a la parte posterior en donde un gusano sin fin lo distribuye a todo lo ancho; una placa que se mantiene calentada mediante quemadores de aceite diésel, lo engrasa y, mediante vibración, lo acomoda uniformemente produciendo, además, una primera compactación superficial. Al pasar la máquina, de requerirse, un grupo de personas entrenadas para el efecto, utilizando rastrillos metálicos afina la capa, reduciendo espesores o recargando zonas bajas.

La placa engrasadora es controlada mediante tornillos que permiten afinar los espesores a los lados y al centro de la máquina, permitiendo ajustarlos a medida que el tendido avanza.

Una vez que la temperatura ha descendido a niveles adecuados (90 - 105°C para el cemento No. 6), se procede a la compactación inicial, empleando aplanadora con rodillos en tandem (dos rodillos metálicos lisos alineados). Si la temperatura es aún elevada, se observará que se forma un bordo adelante del rodillo frontal (la carpeta "se corre"); si es

baja, la huella de los rodillos resulta apenas visible. -- Siendo correcta la temperatura, no hay presencia de bordo y la huella dejada por las orillas de los rodillos se borra -- al pasar nuevamente el compactador.

La aplanadora se moverá siempre de una orilla de la franja hacia la otra. Si se trata de segunda franja, la primera pasada montará la mitad del rodillo sobre la franja anterior y la otra sobre la nueva, a fin de garantizar que la zona de unión quede adecuadamente compactada. La aplanadora, una vez que ha terminado de cubrir la franja reiniciará el proceso, para, al menos dar dos pasadas " a media huella": o sea, montando el centro de los rodillos sobre la línea del borde de la pasada anterior.

Terminada la compactación inicial, se hace entrar un compactador neumático autopropulsado, con llantas lisas, que, bajando también " a media huella ", pasará sobre la franja tantas veces como se requiera para lograr la compactación especificada (ordinariamente el 95% del peso volumétrico máximo determinado en la prueba Marshall).

En la actualidad, se cuenta con máquinas que tienen rodillos metálicos en tandem que pueden trabajar rodando simplemente o bien produciendo vibración en uno o en los dos rodillos; este equipo permite acelerar notablemente el proceso de compactación de la carpeta asfáltica.

El procedimiento consistirá en dar dos pasadas " a media huella " con los rodillos sin vibrar y, a continuación dar de dos a cuatro vibrando en frecuencia baja o media. Obviamente las pruebas preliminares ajustarán el método.

En este caso, el uso del rodillo neumático seguirá siendo recomendable para asegurar el " cierre " de la estructura de la capa.

Posteriormente, y para asegurar, sobre todo, que la zona de unión entre franjas ha quedado adecuadamente cerrada, se deberá proceder a añadir compactación en sentido transversal a todo el ancho de la zona por pavimentar. Este proceso, preferentemente, debe realizarse al día siguiente de que se completa el ancho total de la carpeta, a horas del mediodía, para aprovechar el calentamiento provocado por el sol.

Esta circunstancia destaca la conveniencia de reducir la longitud de las franjas tendidas, sobre todo en pistas, en beneficio de lograr el ancho total en corto tiempo.

Al término de cada jornada, el extremo longitudinal de las franjas deberá procurarse no quede alineado, a fin de evitar la coincidencia de la línea de unión.

Aunque incongruente con el comentario arriba asentado, convendrá que las zonas centrales, sobre las cuales se mueven ordinariamente las aeronaves, tengan el menor número posible de juntas constructivas. Así, lo más conveniente, si se tienen los medios, es utilizar dos terminadoras: una trabajando en la zona central (de por lo menos 8 m., a cada lado del eje) y la otra en las franjas laterales.

e.- Control de calidad de los materiales, de la mezcla y de la capa.

El laboratorio juega un papel muy importante en todas las etapas de fabricación de una buena carpeta asfáltica.

Desde la etapa de explotación del banco de préstamo, debe indicar (si lo tiene detectado), cuál es el estrato mejor para las mezclas asfálticas, buscando, siempre, los materiales de tipo más compacto, menos fisurado y sano (carente de contaminación polvosa empacada). Durante la trituración estará atento a las granulometrías que se obtengan, bien sea que se vaya a producir base asfáltica (con tamaño máximo de 25 mm.) o carpeta (con tamaño máximo de 19 ó 13 mm.), recomendado, en su caso, las separaciones, por tamaños, que resultarán más convenientes para lograr que la planta de fabricación del concreto asfáltico produzca la mejor granulometría.

Probará la afinidad de los materiales de base hidráulica, base asfáltica y carpeta, con los productos asfálticos especificando, de así requerirse, los aditivos para mejorarla.

A partir de una granulometría ideal obtenida en el laboratorio, llevará a cabo las pruebas de Marshall para conocer los resultados óptimos de:

- Estabilidad de la mezcla: Resistencia a compresión anular en muestras cilíndricas de dimensiones y fabricación especificadas. Para aeropistas deberá ser de 700 Kg/cm² como mínimo.
- Contenido óptimo de cemento asfáltico (variable)
- Por ciento de vacíos de la muestra óptima (normado entre 2 y 4%).
- Flujo de la mezcla.- Es la deformación de la muestra --

cilíndrica bajo compresión anular al momento de la falla por ruptura (se norma entre 3 y 8 %).

Posteriormente, vigilará que en la planta de asfaltos, el producto asfáltico sea el especificado, que los materiales estén separados por tamaños conforme a sus recomendaciones y que se tenga previsto el aditivo para mejorar la afinidad del material pétreo con el cementante, si es requerido.

Participará en las pruebas de calibración de la planta tratando de lograr que la curva granulométrica se apege a la ideal obtenida en el laboratorio. Constatará que el asfalto y el aditivo se dosifiquen en las cantidades especificadas y ya sobre mezcla producida, hará ajustes al estudio Marshall para hacerlo congruente con lo que la planta puede fabricar, realmente.

Durante el proceso normal de fabricación y tendido, obtendrá muestras de la producción en forma constante, pero aleatoria, tanto para controlar granulometría y contenido de asfalto, como para fabricar especímenes para las pruebas de Marshall. La temperatura con que la mezcla sale de la planta deberá registrarse sistemáticamente.

Al llegar a la zona de tendido, se tomará la temperatura de la mezcla sobre el camión, aceptándose si oscila entre 105- y 125°C y rechazándose si es inferior a 100° o superior a 125°C (en el primer caso resultará fría para el tendido: al llegar el momento de compactación ya estará en proceso de fraguado y no podrá compactarse; en el segundo, la alta temperatura indica sobrecalentamiento de los materiales pétreos, con riesgo de que se hayan calcinado, alterando sus características físicas).

Al ser colocada la mezcla en la capa, el personal de control de calidad vigilará que la distribución del material sea uniforme, que no existan bordos o depresiones en los niveles y que la zona de liga entre franjas esté adecuadamente trabajada.

Plantando termómetros de tipo metálico en la franja tendida, indicará a los operadores de los equipos de compactación el momento y la zona en donde puedan trabajar, una vez que la temperatura haya alcanzado el rango deseable, constataando que no existe corrimiento de la mezcla (alta temperatura) o ausencia de huella del rodillo (baja temperatura).

Una vez terminada la compactación y fría la mezcla, se revisará la permeabilidad de la capa (que no debe exceder del

10%), prestando especial atención a las zonas de unión entre franjas. Utilizando una broca cilíndrica abierta, obtendrá especímenes que permitirán, fundamentalmente, revisar el grado de compactación alcanzando, por comparación -- con el máximo del procedimiento Marshall. Adicionalmente, servirán para observar la forma en que quedó acomodada la mezcla, comprobando que no haya habido clasificación de las partículas. De ser necesario, aunque no se considera totalmente representativa, la muestra servirá, también, para verificar la estabilidad:

f.- **Problemas de calidad.**- en general son de dos tipos:

1.- Originados por la calidad deficiente de los materiales, tanto pétreos como asfálticos. Las causas más comunes son comentadas con sus alternativas de solución:

- **Curva granulométrica defectuosa.**- Por carencia de tamaños, debe corregirse la trituración o la separación por cribado.

Por falta de finos, debe corregirse adicionando finos inertes: arena, limo, ceniza o toba volcánica, etc.

- **Por ruptura de las partículas gruesas durante la compactación.** Consecuencia de materiales suaves, generalmente en el límite de aceptación de la prueba de desgaste. Si no es posible cambiar de banco, no hay solución. Será necesario recubrir la carpeta terminada con un sello protector.

- **Desprendimiento de finos superficiales.**- Son evidencia de falta de afinidad entre pétreos y asfalto; debe ser revisada la calidad y cantidad de los aditivos. Es común en materiales duros, de origen volcánico o de aluvión la inadecuada afinidad con el asfalto, motivada por falta de porosidad o por incompatibilidad de carga estática de electricidad. Los aditivos rompen la tensión superficial de los fragmentos pétreos permitiendo que el asfalto se adhiera a ellos.

- **Fraguado precipitado de la mezcla:** Puede ser producido por bajas temperaturas ambientales (no se recomienda tender mezclas asfálticas cuando la temperatura sea inferior a los 18°C, pero también ser índice de un cemento asfáltico de tipo rápido (Número del 8 al 12). Siempre y cuando se tenga tiempo para compactar las capas, no resulta ser problema mayor.

- **Fraguado lento de la mezcla:** lo originan altas temperaturas ambientales, en cuyo caso siempre se logrará la temperatura para compactación (90 - 95°C), no importando tener que esperar el fraguado hasta que la mezcla se haya enfriado por abajo de los 70°C.

Puede ser, también, producido por asfalto de baja denominación (No. 1 al 4), en cuyo caso sí puede ser un inconveniente al combinarse con altas temperaturas ambientales, pues la utilización del pavimento puede demorarse. De ser así, la carpeta debe rechazarse.

2.- Originados por fallas durante el proceso de fabricación y tendido.

- **Carpeta porosa:** falta de control de la granulometría, seguramente por falla de una compuerta en la planta.

Por lo común, no pasa normas y es rechazada.

- **Carpeta "cerrada":** indicadora de exceso de finos -- por fallas de control en granulometría. Puede cumplir con normas, pero la superficie lisa resultante deberá ser corregida para mejorar sus condiciones de fricción.

- **Mezcla "pinta":** indicadora de falta de tiempo de mezclado en las plantas de "bachas", de baja temperatura de los materiales tanto en las de bachas como en las de producción continua, y de fallas en la alimentación de asfalto caliente en las de tipo continuo.

- **Mezcla excesivamente brillante:** indicadora de exceso de asfalto, producido por fallas en el control de la dosificación.

- **Defectos de nivelación (bordes, depresiones, "escalones" entre capas, etc.):** Producto de falta de cuidado durante el tendido, o de fallas en el equipo extendedor.

- **Carpeta "abierta":** indicadora de falta de compactación completa. Si no es producida por fallas de granulometría, recompactando con equipo neumático pesado, a horas del mediodía y tanto en sentido longitudinal como en el transversal, se logra corregir.

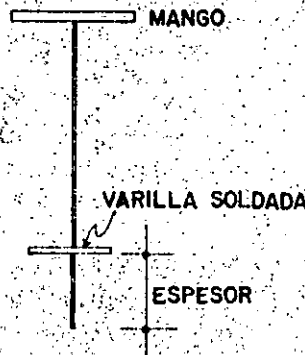
g.- Métodos mecánicos y electrónicos de control del nivel de tendido

1.- Algo sobre los mecánicos

Ya se ha mencionado que, en las máquinas extendedoras-terminadoras de mezcla asfáltica, una placa vibratoria caliente, en la parte posterior de la máquina, controlada mediante mecanismos a tornillo permite controlar los niveles de la capa que se tiende. Por tanto, los operadores de esos mecanismos (denominados, por su función, "tornilleros") son responsables de dar el espesor requerido y, por ende, el nivel necesario que, según las normas, sólo acepta variaciones en ± 5 mm como máximo.

Puesto que las bases aceptan tolerancias de hasta ± 10 mm., resulta una labor complicada el absorber las "deficiencias" (dentro de normas) de esa capa para convertirlas a las que se tendrán que respetar en la rasante del pavimento.

Así pues, los "tornilleros" deben ser verdaderos expertos en su labor cuando el tiro se hace dependiendo de ellos. Para auxiliarse, comunmente emplean una varilla acotada mediante una cruceta de metal soldada, que se ubica exactamente en la longitud que equivale al espesor por tender, corregido por abundamiento de la capa, tal como sale de la extendedora, menos 5 mm.



Así, si el espesor final de la capa será de 70 mm y la mezcla tiene un abudamiento, después del vibrado superficial; de 1.18, la capa resultante deberá tener -- $70 \times 1.180 - 5 = 83 - 5 = 78$ mm., siendo este valor el que deberá medirse de la punta de la varilla a la base de la cruceta.

Al avanzar la máquina, el "tornillero" irá introduciendo este medidor, denominado "escantillón" en la capatendida, vigilando que la cruceta apenas roce en la superficie y asegurándose de que la punta de la varilla se apoye en la capa inferior.

Obviamente, la labor precisa depende de la apreciación de los "tornilleros" (uno por cada tornillo de control que tenga la máquina), su habilidad para detectar espesores diferentes y su rapidez de reacción para corregirlos.

Cuando la base está trabajada con cuidado, y se ha recibido con estricto apego a las tolerancias, la carpeta tendida con este procedimiento resulta de buena calidad.

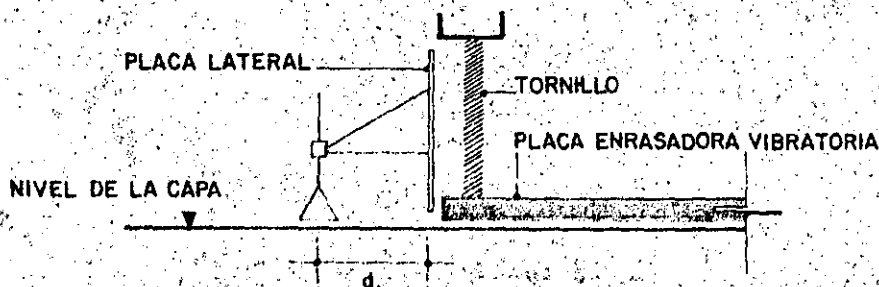
Sin embargo, no siempre se cuenta con "tornilleros" expertos y entonces se presentan molestos problemas de control de espesores y nivel de terminación.

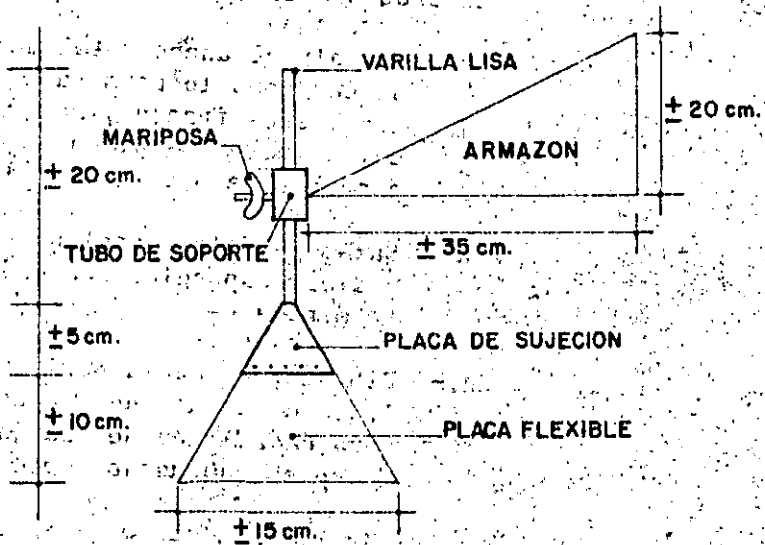
Las empresas constructoras desarrollan, para auxiliar al tendido, una serie de ideas, más o menos complejas, para dar apoyo exterior al tendido, por ejemplo, algunos colocan tabletas acotadas a determinada distancia -- según el recorrido de la extendedora, para verificar, utilizando largos niveles de burbuja (similares a los empleados en labores de albañilería o carpintería), que en esos sitios se cumple el espesor y el nivel buscados. Otros, utilizan equipo topográfico y mediante comprobaciones frecuentes con estadales o reglas graduadas, hacen la misma verificación.

Dentro de esas ideas hay una que resulta particularmente adecuada y se apoya en un hecho innegable: en toda obra hay un buen topógrafo y por lo común al llegar a la etapa de carpeta su volumen de trabajo ha descendido bastante. Con su auxilio, y mediante una labor sencilla aunque laboriosa, el tendido queda simplificado, y, aún con "tornilleros" inexpertos, se logran resultados de buenos a excelentes.

El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

- a.- Dividir el ancho total del pavimento en tantas -- partes como lo permita el de la extendidora: mien- tras menos franjas, mejores resultados; (por lo- común, para una pista de 45 m. de ancho resultan- 5 anchos de 4.5 m., a cada lado del eje).
- b.- Sacar perfiles longitudinales precisos, de la lí- nea correspondiente a cada ancho, sobre la base - terminada.
- c.- Dibujar, a escala horizontal reducida y vertical- 1:1, la rasante de proyecto y el perfil obtenido- para cada línea de franja, considerando la capa - a espesor abudado después de vibrar.
- d.- Medir físicamente en el dibujo, los espesores por tender, al milímetro, vaciándolos en una tabla de datos para su uso en el campo.
- e.- Para el tendido, se requerirá adaptar a los costa- dos de la extendidora un sencillo aparato que pue- de construirse con materiales de desperdicio, en- la forma que describen los croquis siguientes:





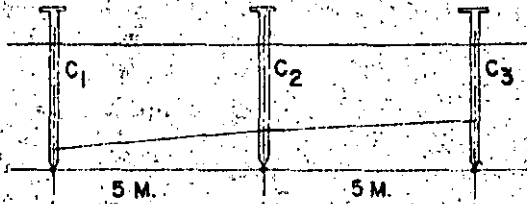
Todas las dimensiones son sólo para dar una idea, puesto que parte del éxito del método que se describe es que se utilizan materiales de desecho. En cada caso, se podrá improvisar con los elementos con que se cuente.

Fundamentalmente hay sólo dos reglas a respetar:

- El armazón debe ser lo suficientemente rígido para que no vibre. La varilla lisa debe estar vertical.
- En los croquis anteriores se ha deformado intencionalmente la parte "guía" del mecanismo porque es la más importante: la placa flexible debe ser de material lo suficientemente pesado para que se conserve vertical, pero ser lo suficientemente flexible para permitir que se doble. Por ello, se recomienda emplear trozos de neopreno o de banda transportadora con espesor entre 3 y 5 mm., que se atornillarán a la placa sujetora para poderlos remplazar.

f.- Previo al tendido, se coloca una línea de varillas o clavos grandes, con apoyo topográfico, a una distancia tal de la orilla de la franja que equivalga a la que existe entre el borde de la placa lateral de la extendidora y la varilla vertical (d, en el siguiente croquis); en los soportes clavados en la base, a cada 5m., se marca, con regla acotada al milímetro (flexómetro u otro elemento similar),

el espesor que la tabla obtenida en gabinete indique para la franja en cuestión, en la orilla correspondiente.



g.- Con un hilo nylon con grosor en el orden de 1.2 a 1.5 mm., fuertemente tensado, se formará una línea coincidente con las marcas de cada sujetor, que representa, desplazado a la distancia "d", la rasante del borde de la capa, corregida por abundamiento tras el vibrado.

h.- Antes de iniciar el tendido, el operador hará -- descender la placa enrasadora; los tornillos se bajan hasta que la placa se apoye en un piso uniforme.

En el aparato adaptado, se aflojará el tornillo -- "mariposa" bajando o subiendo la varilla lisa hasta que la placa de hule o neopreno toque, sin doblarse, el mismo piso.

i.- Con la máquina en posición para comenzar a trabajar, se giran los tornillos de la placa enrasadora hasta que la placa de hule del aparato exterior -- quede en contacto, sin doblarse, con el hilo nylon.

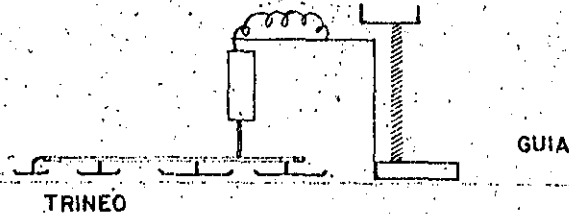
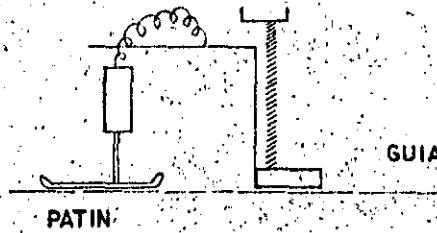
En este momento puede recibirse la mezcla y la extendedora comenzar a moverse.

j.- Conforme progresa el tendido, los tornilleros sólo tendrán que vigilar que la placa de hule vaya en -- contacto con el hilo guía; si el hilo descende -- (por requerirse menor espesor), la placa proyecta sombra sobre el hilo, claramente visible. Si el -- hilo asciende (donde aumente el espesor), la placa de hule se doblará. En ambos casos, será sencillo corregir el avance de los tornillos de la extendedora.

k.- Con el tiempo y con el rozamiento, la placa de hule se marcará perdiendo precisión. Deberá remplazarse por otra en buen estado.

2.- Métodos Electrónicos

El procedimiento mecánico antes detallado, tiene un equivalente electrónico. En efecto, algunas extendidas pueden recibir un aditamento, a manera de "patín" o "pata de trineo" que apoyado sobre un riel de guía, consistente en una tira de aluminio o solera de acero delgada, adecuadamente nivelado, reacciona electrónicamente en forma equivalente a la lectura que registre el "palpador". Enviando señales eléctricas a motores en los tornillos niveladores, al bajar el mecanismo, su señal hará bajar la placa terminadora, y viceversa.



Aunque útil, este mecanismo requiere de una preparación meticulosa de la barra guía, pues resulta muy sensible a sus irregularidades. Además, si el operador de la extendidora, por alguna distracción o error desvía la máquina de la línea trazada, el "patín" o el "trineo" se salen de la guía provocando el brusco descenso del elemento sensor y la obvia reacción del tornillo.

Se ha tenido la experiencia de ver contratistas que habiendo comenzado el trabajo con "palpador" electrónico, optaron por desecharlo, remplazándolo por el artificio comentado en líneas anteriores.

Por contrapartida, hay otro tipo de "palpador" que funciona apoyándose en la superficie de la capa de base. Funciona con el mecanismo tipo "pata de trineo", y utilizando una pequeña computadora programada en función del espesor por tender, abundando tras el vibrado, recibe la información del nivel existente en la capa de apoyo, las lecturas de cada "patín" individual, integran un nivel promedio que el aparato traduce en ajustes en los motores de los tornillos, ajustando, a su vez, la placa cuando el nivel de apoyo lo requiere. Aunque hace correcciones puesto que toma lecturas promedio, de hecho produce una capa sensiblemente paralela a la de base, por lo que el aditamento resulta útil solamente cuando aquella tiene una superficie muy bien lograda; por ejemplo, cuando a su vez es tendida con máquina terminadora.

Uno de los métodos modernos más precisos se basa en un equipo nivelador a base de rayos laser. Un aparato emisor, girando a alta velocidad emite un rayo laser pre-nivelado según las cotas de la rasante. En la extendidora, un receptor centraliza la señal recibida enviando información a los motores de los tornillos; cuando el rayo sube o baja conforme a las cotas programadas para cada punto de control (que pueden estar a distancias tan cortas como se desee), el receptor busca la señal y la vuelve a centrar, enviando el ajuste ascendente o descendente a los motores.

Este sofisticado equipo, costoso, funciona con mucha precisión una vez adecuadamente calibrado y programado. Tiene la gran ventaja de poderse emplear tanto de día como de noche, lo que permite acelerar significativamente el avance de los trabajos de encarpetao.

h.- Mezclas Finas

Descritas inicialmente como aquéllas que se elaboran con material con tamaño máximo de 6.4 mm (1/4"), son generalmente utilizadas como capas de sello en pavimentos en los que no se requiera textura áspera o un espesor de carpeta integrado a la estructura. Son útiles para espesores de 2 a 4 cm., resultando inconvenientes para capas mayores pues tienden a deformarse bajo la carga.

En los aeropuertos pueden ser utilizados en plataformas para aviación general o en calles de rodaje secundarias.

Cuando los bancos de material para carpeta son lechos de ríos o arroyos, suele ocurrir que produzcan un fuerte volumen de partículas finas, entre los 9.5 mm., y el polvo, dando lugar a un costoso desperdicio. Es entonces cuando puede resultar interesante utilizar mezclas finas.

Estas mezclas presentan, por lo común, excelentes características en el estudio de Marshall: estabilidades por encima de 1,000 Kg/cm²; porcentaje de vacíos ínfimo y grado de compactación uniforme.

El porcentaje de cemento asfáltico se ubica por lo general entre 2.5 y 3.5 puntos por encima del de una mezcla normal de 19 mm., (de 6% puede pasar a 8.5 ó 9%).

Los valores de flujo, tienden a estar en el límite superior o rebasarlo.

El tendido se realiza normalmente, pero la compactación debe hacerse a base de aplanadora de rodillos metálicos, desechándose el neumático.

i.- Mezclas Experimentales

Buscando fundamentalmente ahorrar derivados del petróleo, se llevan a cabo mezclas experimentales que pretenden reducir los espesores de las carpetas sin perder resistencia y aumentando la durabilidad. Así, se estudian mezclas con caucho, azufre, fibras geotextiles, fibras vegetales, etc.

De ellas ya hay elementos indicadores de que las mezclas con caucho aumentan la duración de las capas al hacerlas más resistentes a la oxidación y flexibles, permitiendo su deformación sin fracturarse.

Por su parte, las mezclas con azufre aumentan la resistencia y duración pero resultan quebradizas a determinado tiempo.

Las mezclas con fibras naturales o artificiales están en experimentación.

VI.17.- MEZCLAS FRIAS

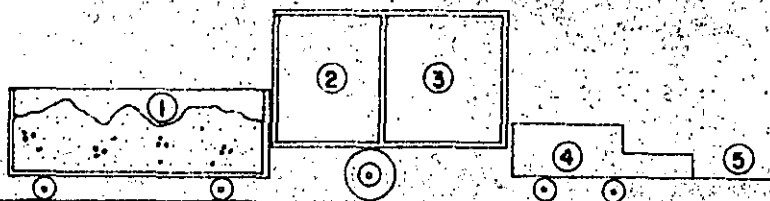
Ya ha sido comentado que las mezclas tradicionales elaboradas -- "en frío" a base de asfalto rebajado de fraguado rápido y tendidas con motoniveladoras se deberán reservar para pistas de características modestas. ello, en razón de la dificultad para lo -- grar acabados que cumplan con las tolerancias de nivel: difficilmente se logra obtener +10 mm. de desniveles.

El uso de máquinas extendedoras permite mejorar la calidad de la nivelación. Sin embargo, trabajar con mezcla de asfalto rebajado obliga a que, antes de enviarla a la extendedora, sea necesario disgregar de manera muy completa los camellones que usualmente se forman para esperar la evaporación de los solventes. La disgregación, comunmente efectuado con motoniveladora, requerirá un trabajo cuidadoso y prolongado de "volteo" de la mezcla de -- uno a otro lado hasta eliminar totalmente la presencia de aglutinamientos.

El tendido y compactación son similares a los descritos.

Existen equipos que permiten fabricar y tender simultáneamente -- mezclas a base de emulsión asfáltica. La máquina combina un -- área de almacenamiento y dosificación con otra de mezclado y tendido, permitiendo lograr buenos resultados en una sola operación.

Conforme al esquema, al frente de la máquina hay una tolva "1" -- que recibe de un camión de volteo los materiales áridos que, previamente dosificados para dar la curva granulométrica deseada, -- son transportados a la zona de pavimentación. Los agregados pasan, por medio de una banda transportadora a través de un enrasador que los deja en una capa de espesor constante y que en la -- parte "2" de la máquina, donde existe un tanque de almacenamiento de emulsión asfáltica, son regados a presión con el volumen -- adecuado de ella. en la parte "3", hay un tanque mezclador que uniformiza la mezcla y la entrega a una extendedora "4" de características similares a las conocidas. Controlado el espesor de la capa "5" a través de un placa enrasadora vibratoria, con tornillos de ajuste, los niveles obtenidos pueden ser los de tolerancia.



La compactación se realiza básicamente con aplanadora tandem sin vibrar; una vez que se ha producido la "ruptura" de la emulsión-asfáltica.

VI.18.- CARPETAS DE CONCRETO HIDRAULICO

Si el proyecto ha determinado, después de realizar análisis económicos comparativos, la necesidad de construir un pavimento rígido a base de losas de concreto hidráulico, la elección ha sido favorable, pues este tipo de carpetas permite obtener texturas - al antojo y precisión en los niveles del acabado muy por encima de los que se consiguen en el concreto asfáltico.

a.- Materiales

- **Gravas.-** Procedentes de bancos de trituración total o depósitos de aluvión triturados parcialmente deberán estar limpias de polvo y materia orgánica; conforme a normas.

Usualmente se utilizan tamaños máximos de 51 a 76 mm.; - (2 a 3").

Para propiciar una adecuada proporción granulométrica durante la fabricación y evitar la segregación en los almacenes, convendrá separar las gravas en dos o tres variedades de tamaño:

Para dos separaciones: tamaño máximo - 13 mm
9.5 mm - 6.4 mm

Para tres separaciones: tamaño máximo - 25 mm
19 mm - 9.5 mm
9.5 mm - 6.4 mm

No es recomendable el uso de gravas redondeadas naturales porque presentan problemas de comportamiento en la masa del concreto trabajando a flexo-compresión. Convendrá mezclarlas con partículas trituradas para mejorar sus características.

- **Arena.-** Deberá estar limpia de polvo y materias orgánicas; poseer una adecuada granulometría conforme al módulo de finura que se desee. En el caso de pavimentos, no conviene utilizar arenas muy finas, pues provocan mayor consumo de cemento.

Arenas con abundancia de partículas calizas o alcalinas serán objetadas por la reacción química indeseable que pueden provocar con el cemento, alterando la resistencia del producto.

- **Agua.**- Deberá tener características de potabilidad. De no existir alimentación de agua municipal al sitio de la obra, habrá de analizarse si se puede utilizar otra fuente de abastecimiento: canales, pozos, arroyos, etc. Un examen físico-químico de la fuente indicará si se puede emplear para la fabricación del concreto hidráulico.

Aguas con abundancia de sales seguramente serán descartadas, al igual que las utilizadas para riego agrícola por canales, si tiene demasiados sólidos o materia orgánica en suspensión.

- **Cemento Portland.**- Para pavimentos por lo común sólo se emplean el Tipo I (Normal) y el Tipo II (Adicionado con Puzzolanas), ya que se tratará de contar con tiempo suficiente para todas las labores del proceso, antes de que se inicie el fraguado.

Los cementos de Tipo III, para fraguado rápido y los especiales IV y V no son adecuados para este uso.

- **Aditivos.**- De ser recomendados por el proyecto y/o el laboratorio se utilizarán aditivos que aumenten la trabajabilidad de la masa (fluidificantes), aumenten el tiempo disponible para el trabajo (retardantes) y, en su caso, induzcan la creación de burbujas de aire dentro de la mezcla para hacerla más resistente a cambios notorios de temperatura (inclusores de aire).

b.- Dosificación de los materiales (proporcionamiento)

Una vez que el laboratorio ha aprobado, individualmente, la calidad de los agregados, el agua y el cemento y ha elegido dentro de los que el amplio mercado ofrece, los aditivos -- que habrán de emplearse, procederá a dosificar el concreto.

Ordinariamente, los pavimentos de concreto hidráulico para aeropuertos se diseñan para una resistencia de 45 - 50 Kg/cm² expresada por el Módulo de Ruptura a la tensión -- (M'R = 45 - 50 Kg/cm²). Lo común es utilizar, para el caso, el M'R de 45 Kg/cm².

Aunque ACI ya ha desarrollado sistemas de cálculo para proporcionar concretos con base en el Módulo de Ruptura, su difusión ha sido escasa; los métodos tradicionales de proporcionamiento para resistencia a la compresión (f'c) son comunes en todos los laboratorios.

No hay una equivalencia clara entre los resultados del concreto probado a tensión por flexión y a compresión, pero el laboratorista podrá diseñar, tentativamente, una mezcla para un orden de f'c = 350 Kg/cm² y corregir conforme a lo -- que las pruebas de vigas a flexión arroje.

En esta etapa, se estará trabajando con dos informes básicos: $M'R = 45 \text{ Kg/cm}^2$ ($f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ para efectos de diseño primario) y revenimiento en rangos de 4 a 6 cm., ó de 6 a 8 cm. En casos excepcionales, se emplearán revenimientos mayores.

Sin utilizar aún los aditivos, se calculará el proporcionamiento, se fabricará concreto con él y vigas de prueba en número suficiente para ser rotas, por parejas, a los 3, 7, 14, 28 y 90 días. A partir de los resultados obtenidos a los 7 y 14 días, el laboratorio estará en condiciones de ajustar el volumen de cemento, generalmente con aumentos de 5 en 5 kg/cm^2 , obteniendo nuevos proporcionamientos que deberán, a su vez, probarse.

Obtenida la mezcla adecuada, se hace intervenir a los aditivos, ajustando el diseño de la mezcla en función de los resultados. (Por lo común el fluidificante y el inclusor de aire producen un efecto sobre-humedecedor que incrementa el revenimiento, debiéndose reducir la cantidad de agua: esta reducción, a su vez, puede significar aumento en la resistencia, lo que permitirá reducir el volumen de cemento asegurando la resistencia especificada sin exceso antieconómico).

Las temperaturas, tanto durante la etapa de fabricación del pavimento, como durante el trabajo de éste, son factor sumamente importante:

- Temperaturas entre 18 y 30°C son excelentes para la fabricación y para que el pavimento tenga vida prolongada.
- Temperaturas por encima de 30°C durante la fabricación ocasionan severos trastornos que serán comentados posteriormente.
- Temperaturas por debajo de 15°C pueden hacer inconvenientes (o prohibitivos si no se toman medidas complicadas de protección) los colados.
- Oscilaciones de temperatura, a lo largo del año, entre 0° y 45°C, resultan severamente dañinas para el pavimento.

En cada caso, los aditivos y algunas medidas adecuadas durante el proceso de fabricación y colado del pavimento coadyuvarán para obtener resultados satisfactorios; sin embargo, en la etapa de diseño deberán ser previstas las circunstancias y, posteriormente en el laboratorio, verificar que la acción de los adicionantes sea la esperada.

Se ha hecho mención a los tres tipos de aditivos comúnmente empleados en los concretos para pavimento.

- **Retardante:** Debe ser capaz de detener el fraguado inicial el tiempo suficiente para transportar y acomodar el concreto; normalmente no más de 60 minutos.
- **Fluidificante:** Por sí solo tiene acción retardante al actuar como humidificador, permitiendo que la masa sea más plástica y manejable. Evita la segregación (clasificación) de los agregados.
- **Inclusor de Aire:** La presencia de burbujas de aire en el interior de la masa de concreto actúa como agente elástico cuando el pavimento va a estar sometido a variaciones de temperatura extremas: desde las de congelación hasta por encima de los 35°C.

Si las temperaturas ambientales se mantienen en un rango de variación estrecho, o siempre hay lecturas de entre 20 y 35°C en la localidad, la inclusión de aire puede no requerirse, ya que, por sí sólo, el proceso de fraguado genera entre un 2 y un 3% de aire.

En los casos de aditivos fluidificantes y retardantes, además de una amplia gama de productos, se encuentran, a la disposición de los pavimentadores, fórmulas diseñadas para condiciones específicas:

- Para temperatura baja, normal o alta
- Para baja, mediana o alta fluidez
- Para acelerar el fraguado después de retardarle
- etc.

c.- Fabricación de la mezcla

El diseño y pruebas de la proporción ha permitido al laboratorio reunir una serie de informes que serán de mucha utilidad durante la fabricación.

Aunque existe la posibilidad de medir los materiales por peso o volumen, este último caso debe desecharse por su deficiencia; para conseguir una buena mezcla, los agregados deberán dosificarse en kilogramos, el agua en litros y los aditivos en centilitros (o gramos si son productos en polvo).

En este orden de ideas, el laboratorio proporcionará los

pesos de las gravas, de acuerdo a su separación por tamaños, el de la arena, los litros de agua y la medida de aditivos que deberá contener cada metro cúbico de mezcla.

El volumen de concreto por fabricar y el tiempo programado para su ejecución darán el índice para la elección del equipo conveniente: pequeños volúmenes podrán trabajarse con máquinas revolventoras portátiles de tamaño reducido; por lo contrario, grandes cantidades exigirán plantas estacionarias de capacidad acorde a las necesidades.

- **Equipo Portátil.**- Será utilizado cuando el programa de colados no exija más allá de 10 - 15 m³ por jornada. La capacidad de la máquina (o máquinas, de así convenir) se elegirá tanto por disponibilidad como por economía, tomando en consideración que la labor de dosificación y transporte de la mezcla serán manuales.

Los agregados deberán pesarse en básculas de tipo comercial con capacidad adecuada, empleando recipientes tarados, a los que se hayan colocado mangos o agarraderas convenientes para facilitar la maniobra.

En el orden de adición de los materiales (no por conocido omitible en estas notas) deberá ser:

- 1.- Agua
- 2.- Grava gruesa
- 3.- Grava fina
- 4.- Cemento
- 5.- Arena
- 6.- Aditivo

Observación:

El orden anterior es el recomendable para que el agua y gravas contribuyan a mantener limpio el interior del tambor giratorio; la posterior adición del cemento permitirá la formación de una lechada uniforme y, luego, de un mortero homogéneo al agregarse la arena y los aditivos. No obstante, algunos constructores prefieren otro tipo de sucesión.

El tiempo de revoltura no deberá exceder de 2 min. a partir de que los materiales estén en el interior del depósito revolventor.

Algunos equipos portátiles mayores, con capacidad del orden de 0.125 m³ por bacha, cuentan con una tolva para el llenado del tanque revolvedor; en ese caso, todos los sólidos llegarán a él simultáneamente. en estos casos, -- convendrá vaciar primero el agua; después los sólidos y finalmente los aditivos.

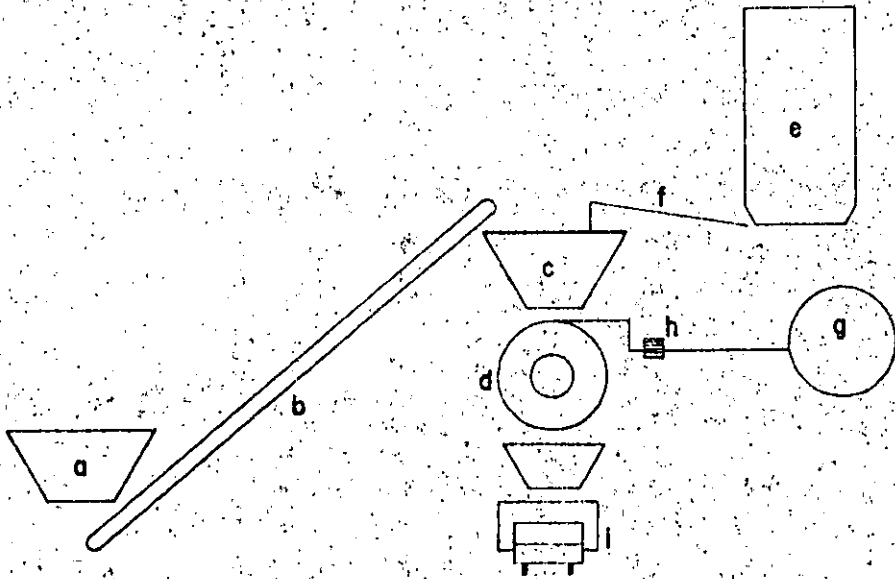
- **Dosificador y Camiones Revolvedores.**- Si el volumen de concreto crece, y se cuenta con ese tipo de equipo, pueden emplearse en combinación dosificadoras de sólidos y camiones revolvedores; las primeras, generalmente tolvas pesadoras, permitirán, por pesadas sucesivas (de gravas, arena y cemento), formular la dosificación. Los sólidos se pasan al camión revolvedor en donde reciben el agua (medida mediante hidrómetro) y los aditivos. Mientras se transporta a la zona de tendido, la mezcla se revuelve. El propio camión, con los canalones de que está dotado, descargará el concreto fresco distribuyéndolo en la zona de colado.
- **Plantas Estacionarias.**- Volúmenes de producción de 15 m³ o más, por hora, requerirán emplear plantas estacionarias.

Considerando que la capacidad normal de los camiones revolvedores varía entre 3 y 8 m³, puede ser conveniente analizar la combinación de una planta estacionaria adecuada, empleada sólo como dosificadora, y camiones en número suficiente y con la capacidad conveniente. Sin embargo, el análisis económico puede dar por resultado que sea mejor utilizar la planta como dosificadora y mezcladora, haciendo el acarreo de la mezcla mediante camiones abiertos de operación más económica.

En las plantas estacionarias, el proceso generalmente es el que se describe a continuación, apoyado en el croquis de una planta común:

- 1.- Peso de la grava gruesa
- 2.- Peso de la grava fina
- 3.- Peso de la arena
- 4.- Vaciado de áridos en el tanque revolvedor
- 5.- Revoltura en seco
- 6.- Adición de agua medida
- 7.- Adición de aditivos
- 8.- Revoltura de la mezcla

9.- Descarga de la bacha



- a.- Alimentación de áridos
- b.- Elevador
- c.- Tolva Pesadora
- d.- Tanque mezclador
- 3.- Silo de cemento
- f.- Gusano Alimentador de cemento
- g.- Tanque de agua
- h.- Hidrómetro
- i.- Transporte

Las Plantas, según su capacidad, producirán bachas con volumen variable entre 0.125 y 1 m³ (por regla general plantas mayores presentan problemas operativos, pues la masa por mover resulta muy pesada) y su producción por hora irá, en función de él, entre 10 y 30 m³ (cifras aproximadas), pues la operación completa, automatizada, de producción de cada bacha, dura en el orden de 40 ó 45 segundos: mientras el tambor mezclador está ocupado, se-

producen las operaciones de pesado de áridos y cemento, al vaciarse, éstos caen en él, junto con el agua y los aditivos. El tiempo de mezclado, muy enérgico pues se hace con paletas o a velocidad de rotación conveniente en el caso de tambores giratorios, no excede de 30 segundos.

d.- Características de las mezclas

Tanto para tendido manual como mecanizado, las mezclas deben tener características de fluidez, plasticidad, trabajabilidad y tiempo previo al fraguado inicial adecuadas.

No es extraño, pues, que al iniciarse el trabajo de pavimentación sea necesario modificar el proporcionamiento dado -- por el laboratorio para ajustar el concreto fresco a los requerimientos del tendido. Por ejemplo, el revenimiento de las bachas en la planta puede ser el convenido, pero durante el tiempo de llenado del vehículo de transporte, por evaporación, puede variar, llegando a las cimbras con una dimensión menor; el tiempo requerido para el acarreo también afectará. Así, la mezcla puede estar produciendo con revenimiento de 4 a 6 cm., y llegar al tiro con 2 a 4 cm., lo que obviamente decrementa su trabajabilidad.

Por ello, habrá que hacer los ajustes que se requieran para tener, en la zona de colados, el revenimiento adecuado dentro de los límites especificados.

Lo anterior se extiende al resto de las características, -- por lo que se concluye que, en todos los casos, la mezcla deberá satisfacer las normas dictadas en la cimbra, independientemente de lo obtenido al pie de la planta.

Como se sabe, el indicador de que se está iniciando el proceso de fraguado es el incremento de temperatura de la mezcla. Al inicio de los trabajos, deberá verificarse con cuidado el proceso de calentamiento, para comprobar que el aditivo retardador está actuando correctamente. Se ha indicado antes que se debe disponer de un tiempo máximo de 60 minutos, desde que el transporte sale de la planta, hasta que se concluye el afinado de la superficie colada. De no ser así, deberá revisarse el volumen del aditivo. Un exceso de retardo en el fraguado puede ser tolerado, aunque no es conveniente, pues se perderá el control del resto del proceso de pavimentación.

e.- Efectos de Temperatura, - Medidas para contrarrestarlos

Aunque en Latinoamérica son pocos los lugares (a excepción,

obviamente, de la zona sur del continente) en donde se producen temperaturas inferiores a 0°C durante la época invernal, conviene, a título informativo, indicar lo que ocurre al pretender efectuar colados de concreto hidráulico:

- Las gravas y arena se recubren de una película impermeable, impidiendo que penetre a su interior el agua necesaria para su saturación.
- El agua puede contener cristales de hielo, falseando la dosificación.
- No se produce o se retrasa, la necesaria reacción química entre las partículas de cemento y, por tanto, el fraguado no ocurre o es demasiado tardío.

Para combatir estos efectos indeseables se requerirá:

- Proteger los agregados con lonas para evitar se congelen. En caso extremo, deberán calentarse a temperatura en el orden de 15°C.
- Utilizar agua calentada entre 10 y 20°C.
- Emplear aditivos fluidificantes adecuados.
- Utilizar inclusor de aire.
- Proteger los vehículos de transporte para evitar el enfriamiento de la mezcla.
- Acelerar el proceso de tendido.
- Proteger la superficie terminada con elementos termoaislantes mientras dura el fraguado.
- En casos extremos, deberán utilizarse complicados sistemas de calentamiento en la cimbra y la zona de trabajo.

Observación:

Aunque a costo elevado se pueden ejecutar trabajos de colado cuando la temperatura desciende por debajo de los 10°C, no es recomendable, sobre todo en el caso de losas de pavimentos, llevarlos a cabo. Es, por tanto, más conveniente realizarlos en tiempo más favorable.

Por lo contrario, la ejecución de este tipo de trabajo bajo condiciones de elevada temperatura es más común; la mayor parte de los países del continente tienen lugares donde el registro termométrico rebasa los 40°C durante el verano.

La alta temperatura ambiente, adicionada a la acción directa de los rayos solares, provocan que, tanto los agregados como el agua y el cemento se sobrecalienten (temperaturas de 70 - 80°C no son extrañas en los agregados expuestos al sol; las del cemento y el agua se mantienen próximas a la del medio ambiente).

Los efectos que se registran en estas condiciones son:

- Evaporación violenta del agua al contacto con los áridos-calientes, no lográndose su saturación y reduciendo el volumen de ella para la formación de la lechada de agua - cemento.
- Revenimientos bajos o nulos, fuera de especificación.
- Fraguado violento o endurecimiento pronto por el fenómeno de "falso fraguado". En éste, hay un endurecimiento de la masa por la reacción química acelerada de parte del cemento con parte del agua. El resto de las partículas y el líquido tardan en combinarse, pero el concreto no se puede trabajar.
- Tiempo muy reducido para transportar, acomodar y afinar el concreto.
- Los aditivos normales, al fin y al cabo productos químicos, alteran su comportamiento en forma irregular: los fluidificantes pueden no actuar o convertirse en acelerantes; los inclusores de aire, tornarse hiperactivos produciendo burbujas indeseables y un porcentaje de aire fuera de normas.

Las anteriores observaciones, generales, pueden verse agravadas si tanto el cemento como el agua, adquieren temperaturas superiores a las ambientales. Por ejemplo, en una experiencia vivida, se utilizó una planta estacionaria dotada de dos silos para cemento que recibían cemento "a granel" desde una fábrica próxima a la localidad. La fábrica de pequeña capacidad, diariamente expedía el cemento en cuanto salía de los molinos, empaçando en sacos una parte y entregando el resto "a granel". En esta forma, el cemento salía de la fábrica con temperaturas entre 70 y 90°C, que la distancia de recorrido a la planta (cubierta en aproximadamente una hora) no abatía.

El lugar de pavimentación registraba temperaturas ambientales entre 38 y 44°C, lo que contribuía a que el cemento conservara una alta temperatura por varios días.

La velocidad del trabajo sólo permitía dos días de reposo en silo, siendo necesario emplear el cemento cuando su temperatura aún era de entre 50 y 60°C. Esta situación acentuaba de manera extraordinaria los fenómenos adversos antes enunciados.

Para mejorar las condiciones de trabajo bajo altas temperaturas (al margen de la situación anómala antes comentada), debe tenerse en cuenta que el ACI recomienda que la masa del concreto en proceso de tendido no rebase los 30°C, antes del fraguado. Por lo tanto, deben tomarse medidas para enfriar los componentes del concreto, que se incluyen en las recomendaciones siguientes:

- Saturar los almacenes de grava mediante riego por aspersión: la evaporación abatirá la temperatura del agregado (la arena no debe mojarse, pues se vuelve intrabajable para el proceso de dosificación).
- Corregir el volumen de agua dosificada, restando el de saturación de grava, pero manteniendo el de arena.
- Adicionar hielo al agua para abatir su temperatura a niveles entre 10 y 20°C.
- Recubrir con materiales porosos los silos de cemento, manteniéndolos húmedos para que, por evaporación, se haga descender la temperatura.
- Proteger con cobertizos la zona de llenado de los vehículos de acarreo para disminuir el efecto de evaporación del agua de las bachas que los van llenando.
- Utilizar aditivos retardantes y fluidificantes adecuados para alta temperatura.
- Suprimir, en su caso, el aditivo inductor de aire cuando la masa, por sí sola, dé medidas de aire entre 2.5 y 3%.

En el caso del ejemplo que se describió antes, además de las medidas indicadas, de las que, por imposibilidad física al no contar con los medios, se excluyó el enfriamiento de los silos, se recurrió al uso de cemento en bultos, mezclado con el suministrado "a granel", proveniente de bodegas donde se conservaba a una temperatura de 30 - 35°C. Con ello, el cemento en el silo bajaba la suya a 40 - 45°C, con lo que los problemas se abatieron a niveles controlables.

f.- Transportación de las mezclas.

Ya se han esbozado en las notas anteriores los tres medios comunes de acarreo de los concretos frescos para pavimentos:

- Carros o carretillas manuales para volúmenes reducidos.
- Camiones revolvedores.
- Camiones abiertos con vaciado a volteo.

Se han indicado, también las posibilidades de utilización de los dos últimos, en función de la disponibilidad y conveniencia económica. Así pues, haciendo a un lado los medios manuales que por el volumen que mueven no resultan significativos, se comentan a continuación algunos puntos de vista acerca de los medios automotrices:

1.- Camiones revolvedores

Ventajas:

- Mayor velocidad de producción, eliminando la etapa de revoltura en el proceso y utilizando sólo los dosificadores.

La propia máquina puede dosificar el agua y efectuar la revoltura durante el tránsito desde la planta hasta el tiro.

- Protección contra evaporación o baja temperatura - por contar con tambor cerrado.
- Clasificación (o segregación) nula.
- Utilización de los canalones de descarga para distribuir la mezcla en la zona de colado.

Desventajas:

- Operación especializada y, en su caso, costosa.
- Dificultad de vaciado para revenimientos bajos.
- Limpieza del interior del tanque en caso de falla mecánica que produzca el fraguado del concreto.
- tiempo de vaciado.

2.- Camiones de volteo abiertos

Ventajas:

- Capacidad variable a elección.
- Rapidez de vaciado.
- Operación sencilla y económica.
- Fácil limpieza del contenedor.

Desventajas:

- Segregación de la mezcla durante el transporte y a la descarga por caída libre. Para evitarla se requiere adaptar rampas de lámina que limitan el uso de los camiones en otro propósito.
- Pérdida de agua por evaporación durante la carga de bachas y el transporte.
- "Sangrado" de la mezcla por el movimiento durante transporte.

Pese a las desventajas de los camiones abiertos, su empleo resulta económico y por ello se les usa ampliamente en procesos de gran volumen de colados, protegiendo con lonas las cajas para evitar la evaporación y manteniendo en buen estado las rutas de tránsito para evitar el bamboleo del vehículo, lo que disminuye el "sangrado".

Cuando una empresa se dedica en forma especializada a pavimentos de concreto hidráulico, puede contar con camiones de volteo adaptados para su acarreo con cubiertas de lámina fijas y rampas de descarga, lo que permite efectuar los acarreos con mayor rapidez y economía.

g.- Tendido y compactación mecanizados

Tanto para el colado hecho a máquina como para el ejecutado a mano, comunmente se procede a construir largas franjas, en el sentido longitudinal del proyecto de distribución de losas, desde el parte-aguas y hacia las orillas. Para cimbrarlas, se recurre a formas, generalmente metálicas, con la altura exacta de las losas y la canalización para liga entre ellas que ilustra el croquis.

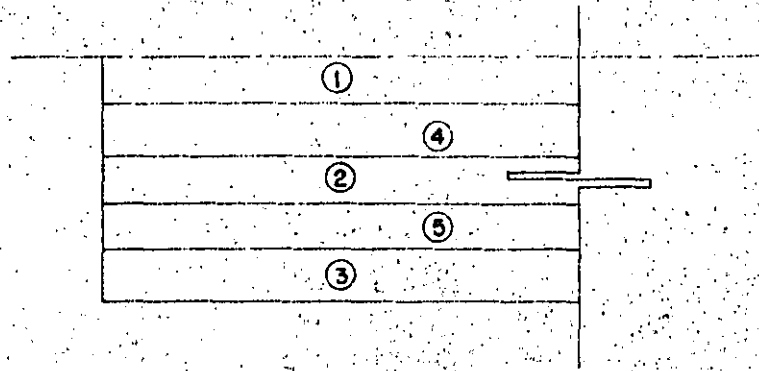


Las dimensiones de la canalización las indicará el proyecto y corresponden a recomendaciones de los métodos de diseño. Las formas tendrán cartabones a distancias convenientes para fijarlas al piso del colado.

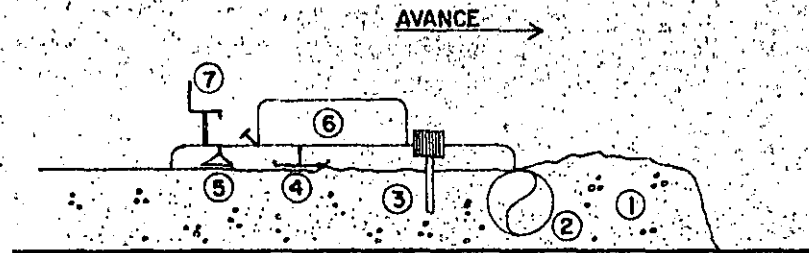
Para colocarlas, se alinearán y nivelarán utilizando equipo topográfico a fin de obtener trazo y nivelación dentro de normas; puesto que las tolerancias de nivel deben ser de no más de 5 mm., las formas deben quedar prácticamente en tolerancia nula, para tener la especificada en el tendido.

Los colados no deben avanzar desmedidamente en longitud individual. Lo conveniente, principalmente por razones económicas ya que deberá disponer de número de formas para cimbras necesarias, es que la franja central tenga un desfase respecto a las laterales del orden de 150 a 200 m.

Para el colado mecanizado, conviene construir franjas alternadas, dejando una sin construir que se ejecuta posteriormente sin empleo de cimbra. Así, mientras se completa el ancho de un ala del pavimento, se dispone de la cimbra para otras franjas. Por ejemplo, una vez que se cuela la franja (1) se pasa la cimbra a la (2), y cuando ésta es colada se la emplea en la (3). Después, podrá irse alternando el equipo, a ambos lados de eje, alternando el trabajo en una franja con cimbra y otra sin ella, lo que permite aventajar con mayor velocidad. No conviene adelantar demasiado el colado de un sólo tipo de losas, pues se provocará que el pavimento no trabaje en conjunto, produciéndose rupturas fuera de control por la falta de apoyo de cada losa con su vecina.



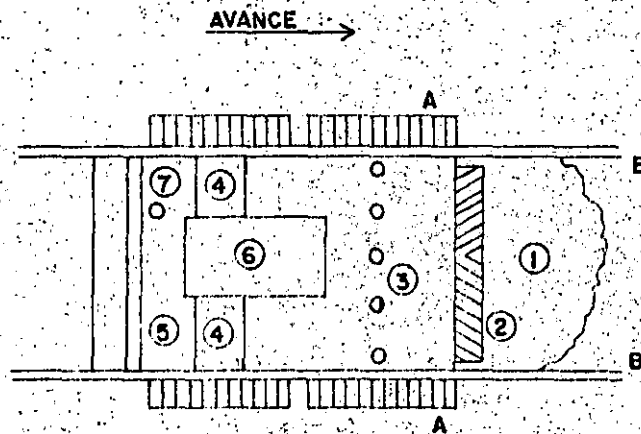
Las máquinas extendedoras para concreto hidráulico se ape-- gan, por lo común al esquema mostrado en el corte. Están - montadas sobre orugas propulsoras o ruedas metálicas de cau-- cho que pueden ajustarse para rodar sobre el piso de la ba-- se o sobre losas terminadas, de suerte que el conjunto de - trabajo mantenga un nivel adecuado dentro de la losa en pro-- ceso.



CORTE.

Según el croquis, y en el sentido del avance, la máquina, - autopropulsada, se mueve sobre las orugas "A" fuera de las - formas "B" o sobre losas anteriormente coladas. Un torni-- llo sinfin "2", que puede girar en direcciones opuestas, -- distribuye las bachas "1" uniformemente a lo ancho de la -- franja. Una batería de vibradores de inmersión, con moto-- res eléctricos "3", se introduce en la masa y la acomoda -- (los cabezales vibradores deben penetrar hasta no menos de - 5 cm., del fondo de la losa). Después, una placa o rodillo vibratorio "4" se encarga del enrase y acomodo superficial.

Finalmente, una banda oscilante "5" da el acabado áspero su - perficial, necesario para un adecuado coeficiente de fric-- ción.



PLANTA.

La máquina cuenta con un sistema motogenerador "6" que proporciona la energía eléctrica requerida por los equipos motrices. Un operador, situado en un centro de control "7", se encarga de mantener la extendidora alineada dentro de la zona de trabajo y de hacer funcionar los aparatos de ella en el orden correspondiente.

Aunque una extendidora como la descrita es capaz, por sí sola, de terminar las losas con el grado de tolerancia requerido, puede ser necesario un equipo de gente que después del paso de la máquina, revise con reglas o hilos nylon tensados el estado de la superficie y, si se detectan puntos bajos o altos, proceda a su arreglo a mano, empleando grandes "planas" de aluminio (bull-floats) o equipo normal de albañilería. Por otro lado, para mejorar la aspereza, se suele especificar, en lugar del bandeado, un escobillado transversal en el sentido de la pendiente, que debe hacerse también a mano, utilizando escobas o cepillos mojados.

h.- Tolerancias

El procedimiento de alineación y nivelación topográfica de la cimbra contribuirá de manera determinante en el logro de la superficie dentro de normas ± 5 mm., en niveles y ± 2.5 cm., en alineamiento.

Normas más estrictas propuestas por la OACI podrían reducir la tolerancia en niveles a ± 3 mm., para los pavimentos de concreto hidráulico.

1.- Control de Calidad durante el tendido

Adicionalmente a los controles propios de los agregados, -- agua, cemento y aditivos, al llegar la mezcla al lugar de -- colados, se deben realizar las pruebas y obtención de especímenes siguientes:

- **Revenimiento:** No se aceptarán mezclas con medida 2 cm., arriba o abajo del especificado. Así, para una norma de 4 - 6 cm., se rechazarán las mezclas con 2 u 8 cm.
- **Medición del aire incluido:** No debe estar por encima de 5%; si está por debajo del 3%, podrá aceptarse si previamente se convino esa posibilidad.
- **Vigas para pruebas:** Se construirán, dentro de moldes metálicos de 15 x 15 cm., (interiores), parejas de vigas suficientes para pruebas a la edad conveniente. Generalmente a 7, 28 y 90 días, de ser necesario un mayor control, se tendrán piezas para 3, 7, 14, 28 y 90 días.

En función del volumen de colado diario deberá hacer -- muestreos por lo menos tres veces durante la jornada, o a cada 50 m³ de colado.

Observación:

Quando se utiliza cemento Tipo I (Normal) los concretos alcanzan su resistencia de prueba a los 28 días, y aunque siguen incrementándola hasta los 105 a 110 días, poco difieren de la tomada como base. Por lo contrario, los cementos Tipo II, adicionados con puzzolanas, presentan una gráfica de incremento de resistencia que alcanza su valor de prueba a los 90 días, culminándola hasta los 130 - 150 días.

En función de lo anterior, para concretos con cemento Tipo I, convendrá tener vigas de prueba para 7, 14 y 28 días; -- trazada en el laboratorio la gráfica de tendencia de la resistencia de las mezclas fabricadas, se podrán tener criterios de rechazo a los 7 y 14 días, reservando los especímenes que se romperán a los 28, sólo para verificación en caso de duda.

Por su parte, para concretos de cemento Tipo II, las vigas se romperán a 14, 28 y 90 días, utilizando las de edad más tierna para definir la aceptación o rechazo.

Obviamente, resultará antieconómico proporcionar mezclas de cemento puzzolánico para resistencia última a 28 días, cuando ésta se logra hasta los 90. Es sencillo corroborar que-

un concreto de estas características, con cemento suficiente para lograr un M'R = 45 Kg/cm² a los 28 días, alcanza a los 90 hasta 55 Kg/cm².

j.- Tendido y compactación a mano

Cuando no se cuenta con equipo extendedor, el trabajo debe realizarse a mano.

Aunque fatigoso, bien organizado puede producir avances diarios en el orden de 200 m³, en doble jornada, para dar un tiempo trabajado de 15 horas.

Tanto para el trabajo mecanizado como para el manual, habrá cuadrillas que son comunes: las de cimbradores y las de acabadores; para este último caso, habrá que adicionar personal que ejecute las labores de distribución del concreto, vibrado profundo, vibrado superficial y enrase de la superficie.

Al margen del personal de cimbra y acabado, que en ambos casos se tendrá y que ocupa entre 10 y 15 personas, para el proceso de colado a mano se requerirán, por turno:

- Paleadores para acomodo: 8 personas
- Vibradoristas: 2 personas
- Regla vibratoria: 2 personas atendiendo el vibrado y 2 operando los mecanismos de arrastre
- Enrasadores: 4 personas

Así, resultará que contra un total (sólo en el tendido) del orden de 20 personas en el proceso mecanizado, se necesitarán 38 para el manual, por turno: prácticamente el doble.

Esta situación debe ser tomada en consideración si la obra en ejecución, además de su justificación técnica, adoptara carácter de servicio social a la región, como generadora de empleos. De ser así, aunque económicamente puede resultar más conveniente el proceso con máquina, socialmente será mejor el manual.

Una vez que se cuenta con cimbra alineada y nivelada y con la superficie por colar limpia y humedecida, se procede a vaciar el concreto dentro de las formas. Si se realiza con camión revolvedor, los canalones de descarga permitirán distribuir la mezcla a todo lo ancho de la franja. Si es camión de volteo, toda la masa quedará depositada en un sitio.

Los paleadores habrán de distribuir el concreto sobre todo el ancho entre cimbras, procurando que quede sobre el nivel de ellas aproximadamente 2 cm.

A continuación, los vibratoristas entrarán a realizar el acomodo profundo del concreto. Hundirán los cabezales de los vibradores hasta tocar fondo, por periodos del orden de 2 a 4 segundos formando una cuadrícula imaginaria de puntos de inmersión a cada 50 ó 60 cm. Un vibrado insuficiente no provocará ningún movimiento en la masa; uno normal hará visible un desplazamiento superficial circular en torno al cabezal; el vibrado excesivo hará aflorar el mortero.

Luego se pondrá en marcha el motor vibrador de una regla metálica que se hará cargo del acomodo superficial. Desplazar esa regla sobre el concreto es una labor muy fatigosa; para facilitarla, es conveniente emplear mecanismos mecánicos para elevar objetos pesados (malacates, tífors, etc.). Colocando uno a cada lado de la regla, su deslizamiento será más sencillo.

Finalmente, utilizando vigas de madera con filo metálico, vigas metálicas livianas o tubos, se hará el enrase de la superficie, a fin de cortar los excesos de mezcla o cubrir depresiones de la superficie.

Tras enrasar, se revisarán los niveles, haciendo los ajustes requeridos por tolerancia; el acabado se dará con grandes "planas" de aluminio (bull-floats) y escobas mojadas.

-k.- Tendido mecanizado de gran rendimiento.

El procedimiento descrito en el punto (g), en forma general, puede ser tan acelerado como la producción del concreto hidráulico en la planta lo permita; casi siempre las extendedoras trabajan con avances lineales, para losas de 5 m de ancho y espesor de 30 cm., de más de 15 m/hr (22.5 m³) - habiendo máquinas que pueden tender el doble. Así pues, se depende más de la producción que del colado, siendo ésta la limitante principal.

Cuando debe darse un acabado diferente del que permite la máquina, el trabajo manual puede ser limitante, pero casi nunca lo es ya que el aplanado detallado y el escobillado se pueden realizar rápidamente.

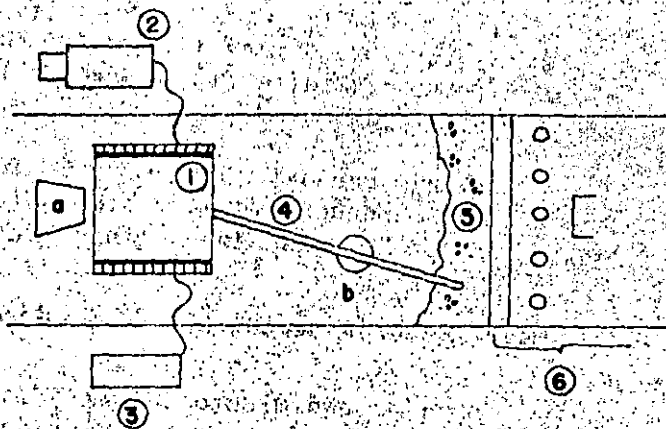
Para acelerar más el trabajo, se ha creado una combinación de equipos que constituye, realmente, un tren de colados.

Una primera máquina "1", recibe de una dosificadora batchas-

secas de 1.0 m³ (gravas, arena y cemento). El vehículo de transporte descarga en la tolva "a" los materiales, que pasan al interior de un tanque revolventor seccionado y continuo, que consta de tres secciones: en la primera, se mezclan los productos secos; pasan a la segunda donde reciben el agua dosificada que les surte un autotanque "2" y se mezclan durante un tiempo uniforme; la mezcla pasa luego a la tercera sección del tanque, donde recibe los aditivos -- y termina su mezclado.

La máquina recibe energía eléctrica desde un autogenerador "3", para impulsar todos los mecanismos de revoltura, carga, descarga y movimiento.

El concreto fresco se recibe en un bote de descarga por fondo "b", que se desliza sobre un brazo oscilante "4", hasta la zona de tiro "5", donde la extendidora "6" se encarga de su tendido y acabado.



La primera máquina, denominada "Tri-batch", adecuadamente alimentada, produce una bacha de concreto de 1.0 m³ cada minuto, mientras hay dos en proceso dentro del tanque mezclador. Con ella se pueden producir hasta 60 m³/hr de concreto, que la extendidora es totalmente capaz de acomodar, compactar y afinar.

La "Tri-batch", depende, obviamente, de una dosificadora -- con capacidad de producción holgada para 60 m³/hr, y de vehículos de transporte de las bachas secas en número suficiente.

Este tren de colados, aunque eficiente, es costoso de ope--

rar, estando su empleo claramente condicionado a aprovechar totalmente su rendimiento, pues de no ser así se encarecerá fuertemente el precio del concreto colado.

1.- Curado del concreto

Como es sabido, el fraguado del concreto genera calor que, a su vez produce pérdida de humedad superficial; este desecamiento provoca contracción en la masa y su agrietamiento.

Para evitar este fenómeno, debe mantenerse húmeda la superficie expuesta al aire, por un tiempo que normalmente se especifica de 9 días, durante el cual el concreto ha logrado su primera resistencia y desaparece el riesgo de fisuramiento.

Al procedimiento de preservación de la humedad se le denomina "curado del concreto".

Para el efecto, puede recurrirse a:

- Cubrir la superficie con arena que se mantenga húmeda
- Cubrirla con sacos de arpillera que se tengan mojados
- Mantener una lámina de agua sobre la superficie
- Colocar una membrana impermeable sobre el concreto fresco

Para losas de pavimento, por la gran área resultante, el procedimiento más económico y práctico es el último.

Así, una vez que se ha concluido el proceso de acabado texturizado de la superficie, se aguarda un tiempo prudente para dar lugar a la aparición del fraguado inicial. Al generarse temperatura, el brillo superficial del concreto se pierde. Es entonces oportuno aplicar el producto para formar la membrana de curado.

Este producto por lo común es una emulsión de partículas finas de parafina en color blanco o rojizo que se puede aplicar mediante aspersores manuales, a presión.

El color blanco es conveniente por su baja absorción de calor, y en su caso se recomienda para pavimentos.

La película debe aplicarse en dosificaciones del orden de 0.5 a 0.8 lt/m² para asegurar un correcto cubrimiento.

Una vez colocada, los solventes se evaporan, dejando el producto base protegiendo el concreto.

m.- Varillas pasajuntas

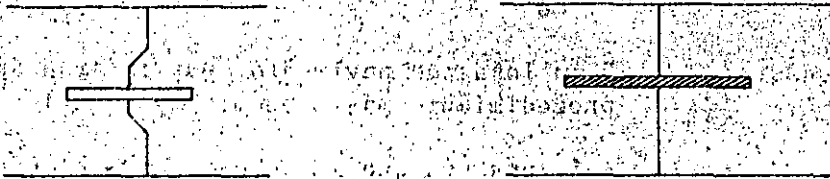
Para lograr que todo el pavimento trabaje en conjunto, los métodos de diseño aconsejan el empleo de varillas transmisoras de esfuerzos entre las losas centrales y las perimetrales.

En el sentido longitudinal del pavimento, se colocarán trozos de varilla corrugada con diámetro entre 13 y 19 mm., -- (1/2" y 3/4") con longitud de 60 cm.

Para ello, la cimbra deberá tener perforaciones que permitan el paso de los trozos de varilla, que se colocarán conforme avanza el colado, procurando queden horizontales y -- centradas.

En el sentido transversal, en los sitios que el proyecto -- marque y en todas las interrupciones de colado, se colocarán varillas lisas que transmitan los esfuerzos de flexión -- sin impedir el trabajo libre del concreto por temperatura.

Estas varillas, con diámetro entre 25 y 38 mm (1" y 1 1/2") se recubrirán con grasa mineral para que funcionen en sentido vertical y horizontal, pero no en el longitudinal.



Varilla pasajunta corrugada transversal al sentido longitudinal

Varilla pasajunta lisa, -- engrasada, paralela al sentido longitudinal

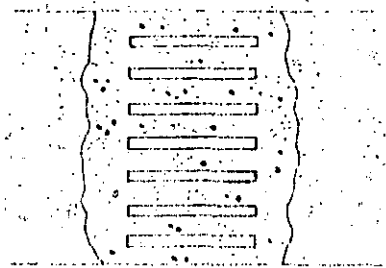
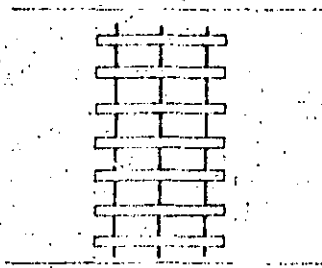
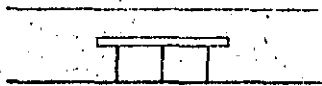
Como ya se ha mencionado, el procedimiento de pavimentación con concreto hidráulico indica el colado de largas franjas longitudinales. Por ello, no resulta práctico suspender -- la construcción en los lugares en que el proyecto indica -- (generalmente en las losas perimetrales) la colocación de pasajuntas lisas.

Para fijarlas en posición, debe recurrirse al empleo de soportes que quedarán ahogados en el concreto, manteniendo -- las varillas engrasadas en posición durante el proceso.

Estos soportes, o silletas, como también se les identifica, sólo tienen el propósito indicado: mantener las varillas en un plano horizontal, alineadas y con la separación especificada. Con frecuencia, la colocación de ellos retarda el proceso de colado lo que hace que se busquen soluciones alternas, en las que el ingenio es la única limitante.

En algunos casos, se recurre a colocar, adelante del colado, "mesetas" de concreto sobre las cuales se sitúan las varillas. Al llegar el colado al sitio, la "meseta" ya logró su fraguado inicial, quedando ahogada por el resto de la masa de concreto.

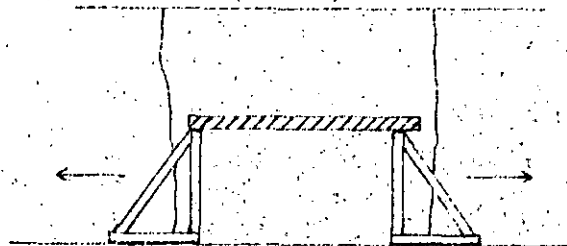
En otros, se arman "marimbas" o soportes de madera desarmables, sobre los que se sitúan las pasajuntas hasta llegar el colado al sitio; las "marimbas" se recubren con concreto



"Silleta" Metálica

"Cama" Concreto

vibrado y luego se desarman, dejando las varillas ahogadas. En este caso, se tendrá cuidado de no volver a vibrar la zona, para evitar que las varillas se muevan.



"Marimba" de Madera

Por fin, en los sistemas mecanizados, algunas extendedoras cuentan con un mecanismo hidráulico que introduce a presión, en el concreto vibrado, las varillas pasajuntas, dejándolas a la profundidad y con el alineamiento deseados.

n.- Aserrado de las losas

Conforme al proyecto, las juntas longitudinales de las losas quedan marcadas por la unión de colados, pero se tiene una franja continua sin solución de modulación.

Como se sabe, el proceso de fraguado provoca, de por sí, que a determinadas distancias, no regulares, se produzca una ruptura transversal que actúa como junta de dilatación.

Para impedir la aparición arbitraria de esa junta, el proyecto marcará una modulación por lo común, a cada 5 m., donde deberá hacerse un corte para guiar la grieta de dilatación.

El corte se puede hacer insertando un elemento extraño: una tira de lámina, de tabla artificial, de fibra prensada; marcando la línea mediante un inserto metálico que permanezca en la losa hasta la aparición del fraguado inicial y luego se retire, o bien realizando un corte con sierra.

El inserto fijo y el removible no deben emplearse en colados en pista, ya que provocan la aparición de meniscos ascendentes o descendentes, respectivamente, que resultan muy sensibles al rodamiento de las aeronaves. Sólo se podrán tolerar (más no aceptar libremente) en zonas de baja velocidad, como calles de rodaje y plataformas.



Inserto Fijo



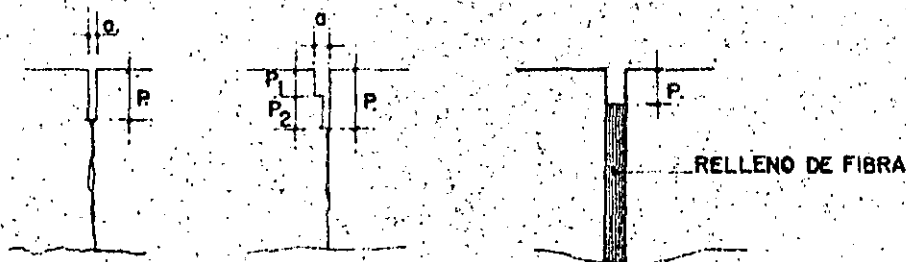
Inserto Removible

Será, a todas luces, más conveniente marcar las juntas con sierras, con los espesores y profundidades que marque el proyecto.

La junta longitudinal de los colados, deberá también aserrarse, marcándola en el ancho y profundidad especificados.

En las uniones de cuerpos diferentes de colado, en los cambios de sentido del mismo, y en los sitios que marque el proyecto, deberán dejarse juntas de construcción: separaciones del orden de 20 a 25 mm. de espesor, que se rellenan de fibra prensada impregnada de asfalto.

El croquis que sigue indica, de manera general, la sección de los tres tipos de juntas descritos.



Longitudinal

Transversal

De Construcción

Para cada tipo, el proyecto indicará el ancho "a" y la profundidad del corte; en el transversal, se ejecutará primero el delgado y profundo, y cambiando de disco cortador, se hará después el más grueso.

Observación:

Puesto que el corte transversal es necesario para formar la junta de dilatación de las losas, debe realizarse en cuanto el concreto alcanza la suficiente dureza: al cabo de 6 a 8 horas después del colado. El momento conveniente se tendrá cuando no se produce desmoronamiento del concreto adelante de la sierra.

o.- Sello de las Juntas

El aserrado o la presencia de insertos produce una cuadrícula de fisuras por las que el agua puede penetrar a las capas inferiores del pavimento, saturándolos y provocando, en su caso, su falla.

Para que ésto no ocurra, los cortes deben rellenarse con un producto que asegure su impermeabilidad.

Se especifica un material capaz de adherirse firmemente a las paredes del corte, ser elástico, impermeable y resistente a la acción de aceites o combustibles.

En el mercado existen productos que pueden aplicarse tanto en frío como en caliente y que reúnen las condiciones enunciadas. Por economía, se recurre con mayor frecuencia a los que se aplican en caliente. Los otros son bastante más costosos.

Para aplicar el producto, las juntas deben estar totalmente limpias de grasa, partículas extrañas y polvo. Por tanto, debe llevarse a cabo una cuidadosa labor de rasqueteo, seguida de un enérgico despolve con aire a presión. De existir manchas de grasa, deberán lavarse con solventes.

Si no hay adecuada limpieza, se corre el riesgo de que el producto sellador no se adhiera a las paredes del corte, permitiendo el paso del agua.

En las juntas transversales, el corte profundo puede rellenarse con cartón o fibra asfaltados por razón de economía; el superficial, con el producto adecuado.

Las juntas de construcción deberán rellenarse con pasos sucesivos del equipo aplicador de sello, a fin de garantizar que toda la junta queda cubierta.

En cada caso, el fabricante del producto dará las normas de temperatura de aplicación para el material de sello, y para realizar éste, debe recurrirse a equipos especiales con tanque calentador y bomba para impulsar el sellador hasta una manguera rematada en una espita de dimensiones adecuadas para caber en el corte.

La aplicación debe ser cuidadosa, vigilando que el material sellador no quede por debajo de la superficie más de 1.5 mm y que no haya desbordamientos; en su caso, los excedentes deberán cortarse.

p.- Defectos de Colados

La falta de cuidado o de oportunidad en realizar determinadas acciones durante los colados, conducen a la aparición de defectos que no siempre es sencillo reparar. Por tanto, está por demás indicar que el trabajo de pavimentación debe ser siempre cuidadoso, respetando las normas convencionales y las particulares que el proyecto ocasione.

A continuación se relacionarán algunos de los defectos que se presentan durante la construcción, señalando sus posibles causas y, en su caso, la acción reparativa.

1.- **Grietas finas superficiales.**- Las ocasiona el fragua-

do rápido del mortero superficial. Generalmente no -- son peligrosas, pero pueden provocar el desprendimien-- to de la capa, descubriendo el agregado.

Son debidas a viento o alta temperatura ambiente.

Se evitan aplicando la membrana de curado con oportuni-- dad.

- 2.- Grietas transversales profundas, a todo el ancho de la franja.-** Evidencian la aparición espontánea de una -- junta de dilatación, motivada por falta de oportunidad en el aserrado.

Suele ocurrir que se continúan en las vecinas por efec-- to de "simpatía". Para evitar que aparezcan, conven-- drá aserrar éstas en línea con la grieta.

La superficie de la fisura deberá abrirse mediante me-- dios manuales y sellarse con el mismo material de los-- cortes.

- 3.- Agrietamientos diagonales en esquina.-** Aparecen cuan-- do la losa tierna es golpeada o sometida a cargas pesa-- das.

La zona dañada deberá demolerse y volverse a colar, li-- gando los concretos con un adhesivo epóxico adecuado.

- 4.- Desconchamientos en juntas.-** Son debidos a que la jun-- ta aserrada no coincide con la grieta natural de ruptu-- ra.

Debe desprenderse el material suelto antes del sellado de la junta.

- 5.- Desconchamiento en esquina.-** Aparecen como consecuen-- cia de golpes en el concreto tierno.

Se reparan después del endurecimiento final empleando morteros epóxicos. En su caso, el material de sello -- de las juntas habrá de reponerse.

VI.19.- CARPETAS DE PAVIMENTO MIXTO

No entrañan mayor problema si se siguen algunas recomendaciones.

- a.- El concreto hidráulico deberá estar totalmente terminado y-- sellado antes de construir el asfáltico.

- b.- La losa enterrada que sirve de transición deberá tener un --

acabado áspero para lograr que la carpeta asfáltica se adhiera a él.

Con ese propósito, una vez que se ha realizado el tendido y vibrado del concreto, la superficie se enrasará burdamente y con rastrillos, palas u otros elementos y se raspará para tornarla lo más áspera posible, sin lastimar la masa de la losa.

- c.- Una vez terminada la losa enterrada, la base hidráulica se emparejará con su borde, dejando el talud que marque el proyecto. A continuación se impregnará la superficie con asfalto rebajado o emulsión de fraguado medio.



- d.- Antes del tendido de la carpeta y previo barrido cuidadoso, se aplicará el riego de liga recomendado para la base hidráulica. Sobre la losa, se regará con la manguera aspersora de la petrolizadora, en cantidad suficiente para cubrir la superficie sin producir encharcamientos de asfalto.
- e.- En una pasada de la extendidora de concreto asfáltico, se cubrirá la cuña de transición, cuidando que en los extremos no queden huecos.
- f.- Se procederá, finalmente, a colocar el espesor de concreto asfáltico normal para la carpeta, cuidando que la pared vertical del concreto hidráulico haya sido bañada con asfalto de liga y que la mezcla de la carpeta cubra la unión entre materiales en forma perfecta. No deberán quedar huecos entre las capas y los niveles deberán ser coincidentes.

VI.20. - PAVIMENTOS DE ESPESOR REDUCIDO

Por estructura, las carpetas de las zonas de tránsito vehicular del aeropuerto requerirán espesores menores que las de las áreas de maniobra aeronáutica.

En el camino de acceso, los estacionamientos para automóviles, las calles de vialidad, en su caso, los acotamientos de pista,

calles de rodaje y plataforma de operaciones y aún la plataforma de aviación general, se trabajarán con carpetas que, por lo común tienen espesores entre 4 y 5 cm.

Entonces, el tendido se facilita y acelera ya que las tolerancias son más amplias. Sin embargo, no se aceptará menoscabo en la calidad que, en general, habrá de cumplir con las normas establecidas.

El empleo de materiales de tamaño menor a 19 mm puede tolerarse, siempre y cuando no signifique un incremento al costo.

VI.21.- SELLOS

En las áreas de maniobra aeronáutica está prohibido utilizar riegos de sello de material pétreo de pequeño tamaño, ya que siempre hay desprendimiento de partículas que pueden dañar hélices, fuselajes o turbinas.

Si es requerido sellar una superficie para mejorar sus características, sólo se podrán emplear morteros de emulsión asfáltica, a condición de que se dosifiquen con arena gruesa para garantizar adecuado coeficiente de fricción.

VI.22.- SEÑALAMIENTO

Por lo común es llevado a cabo por contratistas especialistas -- que cuentan con equipo diseñado para este propósito.

Ya se ha señalado que en las áreas de maniobra es obligado utilizar pinturas con microsferas de vidrio para darles características de luminosidad nocturna por reflejo.

Tanto la pintura como la microesfera se aplicarán en el espesor que las normas indiquen. Sólo será conveniente destacar la inconveniencia de realizar la pintura sobre carpetas jóvenes: los solventes de la pintura reaccionan con el asfalto fresco provocando una coloración amarillenta en la pintura blanca, la aparición de agrietamientos con dibujo similar al de la piel del coco drilo y, posteriormente, el desprendimiento de láminas delgadas de material compuesto por la pintura y finos de la carpeta.

Será conveniente esperar por lo menos 30 días a que el asfalto superficial se haya endurecido y oxidado en contacto con el aire, antes de proceder a la pintura.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
MEXICO, D.F.

CONFERENCIA
PROYECTO DE SISTEMA DE DRENAJE

ING. ALFONSO ELIZONDO
1986.

TABLA 24 - 5 VALORES DE IMPERMEABILIDAD RELATIVA

Tipo de Superficie	Factor "f"
Superficies impermeables de techos.....	0,75 a 0,95
Pavimentos asfaltados.....	0,80 a 0,95
Pavimentos de hormigón.....	0,70 a 0,90
Pavimentos de piedra o ladrillo con juntas bien hechas.....	0,35 a 0,70
*Suelos impermeables.....	0,40 a 0,65
*Suelos impermeables con césped.....	0,30 a 0,55
*Suelos ligeramente permeables.....	0,15 a 0,40
*Suelos ligeramente permeables con césped.....	0,10 a 0,30
*Suelos moderadamente permeables.....	0,05 a 0,20
*Suelos moderadamente permeables con césped.....	0 a 0,10

*Para pendientes de 1 a 2%.

- 2 - Condiciones del suelo: seco, saturado, helado, permeable o impermeable.
- 3 - Declive y longitud de las laderas tributarias.
- 4 - Área y forma de la cuenca.
- 5 - Cantidad, disposición, pendiente y estado de los arroyos que desaguan la cuenca.

La Tabla 24 - 5 anterior da los valores de impermeabilidad relativa.

Los cambios que ocurran en el uso del suelo durante la vida de una estructura de drenaje pueden aumentar el coeficiente de impermeabilidad desde 50 hasta 100%. Las características de escurrimiento pueden ser muy diferentes, aún en cuencas próximas unas a otras.

REFERENCIAS

1. "Rainfall and Runoff," by Edgar E. Foster, The Mc Millan Co., New York, 1948, 487 pp. This book has a 200 item bibliography.
2. "Rainfall Intensity-Frequency Data," by D. L. Yarnell, Publication No. 204, U. S. Dept. of Agriculture 1935.

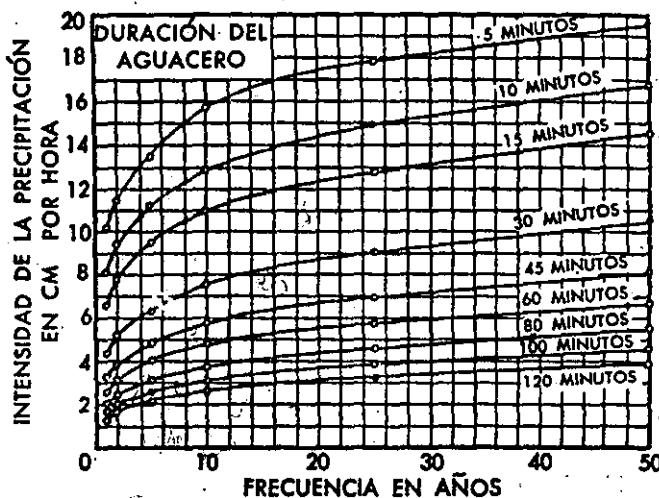


Fig. 137 - Relación entre la intensidad de los aguaceros y la frecuencia con que se presentan. (Del Journal of Agricultural Research, 1927).

DEPENDENCIA _____

DISEÑO HIDRAULICO DE CANAL TRAPEZIAL

OBRA VIAL _____		TRAMO _____ DE km. _____ A km. _____	
SUB-TRAMO _____		ORIGINAL _____	
Punto Inicial	Est. _____ Elev. _____	Punto Terminal	Est. _____ Elev. _____
CALCULO _____			
			UNIDAD <small>Forms y/o TT.KING. T=Tabla R=Página</small>
Dato	Longitud L=	Desnivel H=	m.
Dato	Q =		m ³ /seg
Dato	n =	1/n =	seg/m ^{1/3}
Dato Calc.	S =	S ^{1/2}	Abstr. $S = \frac{H}{L}$ T-89 P-286
Dato	T =	x l	Abstr. $T = \frac{e}{D}$ e=TD
Dato	b =	b ^{8/3}	m. <small>Potencia 8/3 T-92, pp 299-300</small>
Calc.	K' =		m ⁻² $K' = \frac{nQ}{S^{1/2} b^{8/3}}$
Calc.	m =		Abstr. $m = \frac{D}{b}$ T=94 PP 311-315
Calc.	D =		m. D = bm
Calc.	a =		m ² a = D(b+e)
Calc.	P =		m. P = b + 2D√(1+T ²)
Calc.	r =	r ^{2/3}	m. $r = \frac{D(b+e)}{b+2D\sqrt{1+T^2}}$
Calc.	v =		m/seg $v = \frac{Q}{D(b+e)}$
Compr. Calc.	$Q = \left(\frac{v}{n} \right) \left(\frac{A}{S^{1/2}} \right) \left(\frac{r^{2/3}}{D} \right)$		m ³ /seg $Q = \frac{1}{n} S^{1/2} r^{2/3} a$
Dato	h =		m.
Dato	A =		m ² A = h(b+e)
Calc.	V =		m ³ V = AL
CALCULO _____		REVISO _____	APROBO _____
FECHA _____		FECHA _____	FECHA _____

Tabla 94. Valores de K' en la fórmula $Q = \frac{K'}{n} b^{1/2} h^3$ para canales trapeciales
 D = profundidad del agua y b = ancho del canal en el fondo.

$m = \frac{p}{b}$	Pendientes de los costados del canal, relación de horizontal a vertical									
	Vertical	1/2 a 1	1/3 a 1	1/4 a 1	1 a 1	1 1/2 a 1	2 a 1	2 1/2 a 1	3 a 1	4 a 1
0.01	0.00045	0.00045	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00047	0.00047
0.02	0.00143	0.00144	0.00145	0.00145	0.00145	0.00145	0.00145	0.00145	0.00150	0.00151
0.03	0.00270	0.00282	0.00281	0.00286	0.00288	0.00291	0.00293	0.00295	0.00298	0.00302
0.04	0.00444	0.00451	0.00457	0.00461	0.00465	0.00471	0.00476	0.00481	0.00486	0.00493
0.05	0.00636	0.00640	0.00659	0.00667	0.00674	0.00685	0.00695	0.00704	0.00713	0.00731
0.06	0.0085	0.0087	0.0089	0.0090	0.0091	0.0093	0.0095	0.0096	0.0097	0.0101
0.07	0.0109	0.0112	0.0114	0.0116	0.0118	0.0121	0.0123	0.0126	0.0127	0.0132
0.08	0.0134	0.0138	0.0142	0.0144	0.0147	0.0151	0.0155	0.0159	0.0161	0.0168
0.09	0.0162	0.0167	0.0172	0.0176	0.0179	0.0185	0.0189	0.0194	0.0199	0.0208
0.10	0.0191	0.0193	0.0204	0.0209	0.0214	0.0221	0.0228	0.0234	0.0241	0.0253
0.11	0.0221	0.0231	0.0238	0.0245	0.0251	0.0260	0.0269	0.0278	0.0285	0.0301
0.12	0.0253	0.0264	0.0274	0.0282	0.0290	0.0303	0.0313	0.0324	0.0334	0.0354
0.13	0.0286	0.0300	0.0312	0.0323	0.0331	0.0347	0.0361	0.0374	0.0387	0.0412
0.14	0.0320	0.0338	0.0352	0.0365	0.0376	0.0395	0.0412	0.0428	0.0443	0.0475
0.15	0.0355	0.0376	0.0393	0.0409	0.0422	0.0445	0.0466	0.0485	0.0504	0.0542
0.16	0.0391	0.0416	0.0437	0.0455	0.0471	0.0498	0.0523	0.0546	0.0568	0.0614
0.17	0.0429	0.0457	0.0482	0.0503	0.0521	0.0554	0.0583	0.0610	0.0637	0.0690
0.18	0.0468	0.0501	0.0529	0.0553	0.0574	0.0612	0.0646	0.0678	0.0710	0.0772
0.19	0.0507	0.0544	0.0577	0.0605	0.0630	0.0673	0.0712	0.0750	0.0787	0.0859
0.20	0.0546	0.0589	0.0626	0.0659	0.0687	0.0737	0.0782	0.0826	0.0868	0.0951
0.21	0.0587	0.0636	0.068	0.071	0.075	0.081	0.085	0.091	0.095	0.105
0.22	0.0628	0.0683	0.073	0.077	0.081	0.087	0.093	0.099	0.104	0.115
0.23	0.0671	0.0731	0.079	0.083	0.087	0.095	0.101	0.107	0.114	0.126
0.24	0.0714	0.0781	0.084	0.089	0.094	0.102	0.109	0.116	0.124	0.137
0.25	0.0757	0.0831	0.089	0.095	0.101	0.109	0.118	0.126	0.134	0.149
0.26	0.080	0.088	0.095	0.102	0.107	0.118	0.127	0.136	0.144	0.162
0.27	0.085	0.093	0.101	0.109	0.115	0.126	0.136	0.147	0.156	0.175
0.28	0.089	0.099	0.107	0.116	0.122	0.135	0.146	0.157	0.167	0.189
0.29	0.093	0.104	0.114	0.122	0.130	0.144	0.156	0.168	0.180	0.203
0.30	0.098	0.109	0.120	0.130	0.138	0.153	0.167	0.179	0.193	0.218
0.31	0.103	0.116	0.127	0.137	0.147	0.163	0.177	0.192	0.206	0.233
0.32	0.107	0.121	0.134	0.144	0.155	0.172	0.189	0.204	0.220	0.249
0.33	0.112	0.127	0.140	0.153	0.163	0.182	0.200	0.217	0.234	0.266
0.34	0.117	0.133	0.147	0.160	0.172	0.193	0.212	0.231	0.249	0.284
0.35	0.122	0.139	0.155	0.169	0.181	0.204	0.225	0.244	0.264	0.303
0.36	0.127	0.145	0.162	0.177	0.190	0.214	0.237	0.259	0.280	0.321
0.37	0.132	0.151	0.169	0.185	0.200	0.226	0.250	0.273	0.296	0.341
0.38	0.136	0.157	0.177	0.194	0.210	0.237	0.264	0.289	0.313	0.361
0.39	0.142	0.164	0.184	0.202	0.219	0.249	0.278	0.304	0.330	0.382
0.40	0.147	0.170	0.192	0.212	0.229	0.261	0.292	0.320	0.348	0.404
0.41	0.152	0.177	0.200	0.221	0.240	0.274	0.307	0.337	0.367	0.426
0.42	0.157	0.184	0.208	0.230	0.251	0.287	0.321	0.354	0.386	0.449
0.43	0.162	0.190	0.216	0.240	0.262	0.301	0.337	0.372	0.405	0.473
0.44	0.167	0.197	0.225	0.249	0.272	0.314	0.353	0.390	0.426	0.498
0.45	0.172	0.204	0.233	0.260	0.284	0.328	0.369	0.408	0.447	0.523

Tabla 94. Valores de K' en la fórmula $Q = \frac{K'}{n} D^{5/2} h^{3/2}$ para canales trapeciales
(Continuación)

D = profundidad del agua y b = ancho del canal en el fondo.

$\frac{D}{b}$	Pendientes de los costados del canal, relación de horizontal a vertical									
	Vertical	1/2 a 1	1/3 a 1	1/4 a 1	1 a 1	1 1/2 a 1	2 a 1	2 1/2 a 1	3 a 1	4 a 1
0.46	0.177	0.210	0.241	0.270	0.295	0.342	0.386	0.428	0.468	0.549
0.47	0.182	0.217	0.250	0.280	0.307	0.357	0.403	0.447	0.490	0.576
0.48	0.188	0.225	0.259	0.291	0.319	0.372	0.420	0.468	0.513	0.603
0.49	0.193	0.231	0.268	0.301	0.332	0.387	0.439	0.488	0.536	0.632
0.50	0.198	0.239	0.277	0.311	0.344	0.402	0.457	0.509	0.560	0.661
0.51	0.201	0.246	0.286	0.323	0.356	0.418	0.476	0.531	0.585	0.693
0.52	0.209	0.254	0.295	0.334	0.369	0.435	0.495	0.553	0.610	0.720
0.53	0.214	0.261	0.303	0.345	0.383	0.451	0.515	0.576	0.636	0.754
0.54	0.220	0.268	0.314	0.357	0.396	0.468	0.535	0.599	0.662	0.787
0.55	0.225	0.276	0.324	0.369	0.410	0.485	0.556	0.623	0.690	0.821
0.56	0.231	0.284	0.334	0.381	0.424	0.503	0.577	0.648	0.720	0.854
0.57	0.236	0.291	0.344	0.393	0.438	0.521	0.598	0.673	0.747	0.888
0.58	0.241	0.299	0.354	0.405	0.453	0.539	0.620	0.698	0.774	0.922
0.59	0.247	0.307	0.365	0.418	0.467	0.558	0.643	0.724	0.807	0.962
0.60	0.252	0.315	0.375	0.431	0.482	0.577	0.666	0.751	0.834	1.00
0.61	0.258	0.323	0.385	0.443	0.497	0.597	0.686	0.780	0.868	1.03
0.62	0.263	0.331	0.396	0.456	0.513	0.616	0.713	0.807	0.895	1.08
0.63	0.268	0.339	0.406	0.470	0.528	0.636	0.740	0.834	0.929	1.12
0.64	0.274	0.347	0.417	0.483	0.544	0.657	0.760	0.861	0.962	1.16
0.65	0.280	0.356	0.428	0.496	0.560	0.678	0.787	0.895	0.996	1.20
0.66	0.285	0.364	0.439	0.511	0.577	0.700	0.814	0.922	1.03	1.24
0.67	0.291	0.372	0.451	0.525	0.593	0.720	0.841	0.955	1.07	1.28
0.68	0.297	0.381	0.462	0.539	0.610	0.740	0.868	0.989	1.10	1.33
0.69	0.302	0.389	0.474	0.553	0.628	0.767	0.895	1.01	1.14	1.38
0.70	0.307	0.398	0.486	0.568	0.645	0.787	0.922	1.05	1.18	1.43
0.71	0.313	0.406	0.497	0.583	0.663	0.814	0.949	1.08	1.22	1.47
0.72	0.319	0.415	0.509	0.598	0.681	0.834	0.982	1.12	1.25	1.52
0.73	0.325	0.424	0.521	0.613	0.699	0.851	1.01	1.15	1.29	1.57
0.74	0.330	0.433	0.533	0.628	0.710	0.881	1.03	1.19	1.33	1.62
0.75	0.336	0.442	0.546	0.644	0.737	0.908	1.07	1.22	1.38	1.67
0.76	0.342	0.451	0.558	0.660	0.754	0.935	1.10	1.26	1.42	1.73
0.77	0.347	0.460	0.571	0.676	0.774	0.962	1.13	1.30	1.46	1.78
0.78	0.353	0.470	0.581	0.692	0.791	0.982	1.16	1.34	1.51	1.84
0.79	0.359	0.478	0.597	0.708	0.814	1.01	1.20	1.37	1.55	1.89
0.80	0.365	0.488	0.610	0.725	0.834	1.03	1.23	1.41	1.59	1.95
0.81	0.370	0.497	0.622	0.740	0.854	1.06	1.26	1.45	1.64	2.00
0.82	0.376	0.507	0.636	0.760	0.875	1.09	1.30	1.49	1.69	2.06
0.83	0.381	0.516	0.649	0.774	0.895	1.12	1.33	1.53	1.73	2.12
0.84	0.387	0.525	0.663	0.794	0.915	1.15	1.36	1.57	1.78	2.19
0.85	0.393	0.535	0.677	0.814	0.942	1.18	1.40	1.62	1.83	2.25
0.86	0.399	0.545	0.693	0.838	0.962	1.20	1.44	1.66	1.88	2.31
0.87	0.405	0.555	0.706	0.848	0.982	1.24	1.47	1.71	1.93	2.38
0.88	0.410	0.564	0.720	0.868	1.003	1.26	1.51	1.75	1.98	2.44
0.89	0.416	0.575	0.733	0.881	1.03	1.30	1.55	1.80	2.04	2.51
0.90	0.422	0.585	0.747	0.902	1.05	1.33	1.59	1.84	2.09	2.58

Tabla 94. Valores de K' en la fórmula $Q = \frac{K'}{n} b^{5/2} s^{1/2}$ para canales trapeciales
(Continuación)

D = profundidad del agua y b = ancho del canal en el fondo.

$\frac{D}{b}$	Pendientes de los costados del canal, relación de horizontal a vertical									
	Vertical	1/2 a 1	1/3 a 1	1/4 a 1	1 a 1	1 1/2 a 1	2 a 1	2 1/2 a 1	3 a 1	4 a 1
0.91	0.428	0.595	0.760	0.922	1.08	1.36	1.63	1.89	2.15	2.64
0.92	0.414	0.605	0.774	0.912	1.09	1.39	1.67	1.91	2.20	2.72
0.93	0.439	0.615	0.791	0.902	1.12	1.43	1.71	1.98	2.25	2.78
0.94	0.445	0.625	0.807	0.902	1.14	1.46	1.75	2.03	2.31	2.86
0.95	0.451	0.635	0.821	1.00	1.17	1.49	1.79	2.08	2.37	2.93
0.96	0.457	0.646	0.834	1.02	1.20	1.53	1.84	2.13	2.43	3.01
0.97	0.463	0.656	0.854	1.04	1.22	1.56	1.88	2.19	2.49	3.08
0.98	0.469	0.667	0.870	1.06	1.24	1.59	1.92	2.24	2.55	3.16
0.99	0.475	0.677	0.891	1.08	1.27	1.63	1.96	2.29	2.61	3.24
1.00	0.480	0.688	0.905	1.10	1.30	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.01	0.486	0.700	0.915	1.12	1.32	1.70	2.05	2.39	2.73	3.40
1.02	0.492	0.706	0.929	1.14	1.35	1.73	2.10	2.45	2.80	3.48
1.03	0.498	0.720	0.949	1.16	1.38	1.77	2.15	2.51	2.87	3.57
1.04	0.504	0.733	0.962	1.19	1.40	1.81	2.19	2.56	2.93	3.65
1.05	0.510	0.740	0.902	1.21	1.43	1.85	2.24	2.62	2.99	3.73
1.06	0.516	0.754	0.996	1.23	1.46	1.88	2.29	2.68	3.06	3.82
1.07	0.522	0.767	1.01	1.25	1.49	1.92	2.34	2.74	3.13	3.91
1.08	0.527	0.774	1.03	1.28	1.51	1.96	2.39	2.80	3.20	4.00
1.09	0.533	0.787	1.05	1.30	1.54	2.00	2.43	2.86	3.27	4.08
1.10	0.540	0.801	1.06	1.32	1.57	2.04	2.49	2.92	3.34	4.18
1.11	0.546	0.807	1.08	1.34	1.60	2.08	2.54	2.98	3.42	4.27
1.12	0.552	0.821	1.10	1.37	1.63	2.12	2.59	3.05	3.49	4.37
1.13	0.558	0.834	1.12	1.39	1.66	2.17	2.64	3.11	3.57	4.46
1.14	0.563	0.841	1.14	1.42	1.69	2.21	2.70	3.17	3.64	4.55
1.15	0.569	0.854	1.15	1.44	1.72	2.25	2.75	3.24	3.71	4.66
1.16	0.575	0.868	1.17	1.47	1.75	2.29	2.80	3.30	3.79	4.75
1.17	0.581	0.881	1.19	1.49	1.78	2.33	2.86	3.37	3.87	4.85
1.18	0.587	0.888	1.20	1.51	1.82	2.38	2.92	3.44	3.95	4.95
1.19	0.593	0.901	1.22	1.54	1.85	2.43	2.97	3.50	4.03	5.06
1.20	0.599	0.915	1.24	1.57	1.88	2.47	3.03	3.58	4.11	5.16
1.21	0.605	0.929	1.26	1.59	1.91	2.52	3.09	3.65	4.19	5.27
1.22	0.611	0.942	1.28	1.62	1.94	2.56	3.15	3.71	4.27	5.38
1.23	0.617	0.949	1.30	1.64	1.98	2.61	3.21	3.79	4.36	5.48
1.24	0.623	0.962	1.32	1.67	2.01	2.66	3.27	3.86	4.45	5.59
1.25	0.629	0.976	1.34	1.69	2.04	2.70	3.33	3.94	4.53	5.71
1.26	0.635	0.989	1.36	1.72	2.08	2.75	3.39	4.01	4.61	5.81
1.27	0.641	1.00	1.38	1.75	2.11	2.80	3.45	4.09	4.70	5.93
1.28	0.647	1.01	1.40	1.77	2.15	2.85	3.51	4.16	4.80	6.04
1.29	0.653	1.02	1.42	1.81	2.18	2.90	3.58	4.24	4.88	6.16
1.30	0.659	1.03	1.44	1.81	2.22	2.95	3.64	4.31	4.98	6.28
1.31	0.665	1.05	1.46	1.86	2.25	3.00	3.71	4.39	5.07	6.40
1.32	0.671	1.06	1.48	1.89	2.29	3.05	3.77	4.47	5.16	6.52
1.33	0.677	1.08	1.50	1.92	2.33	3.10	3.84	4.55	5.25	6.64
1.34	0.683	1.09	1.52	1.95	2.36	3.15	3.91	4.64	5.36	6.76
1.35	0.689	1.10	1.54	1.98	2.40	3.21	3.98	4.72	5.45	6.89

Tabla 94. Valores de K' en la fórmula $Q = \frac{K'}{n} b^{5/2} s^{3/2}$ para canales trapeziales
(Continuación)

D = profundidad del agua y b = ancho del canal en el fondo.

$\frac{D}{b}$	Pendientes de los costados del canal, relación de horizontal a vertical									
	Vertical	1/2 a 1	1/3 a 1	2/3 a 1	1 a 1	1 1/2 a 1	2 a 1	2 1/2 a 1	3 a 1	4 a 1
1.36	0.693	1.12	1.56	2.00	2.43	3.26	4.04	4.00	5.54	7.00
1.37	0.700	1.13	1.58	2.04	2.47	3.32	4.11	4.88	5.61	7.13
1.38	0.706	1.14	1.60	2.06	2.52	3.37	4.18	4.97	5.75	7.27
1.39	0.713	1.16	1.63	2.09	2.55	3.42	4.25	5.05	5.85	7.40
1.40	0.720	1.17	1.65	2.12	2.59	3.48	4.32	5.14	5.95	7.54
1.41	0.726	1.18	1.67	2.16	2.63	3.53	4.39	5.23	6.05	7.67
1.42	0.733	1.20	1.69	2.19	2.67	3.59	4.47	5.32	6.16	7.80
1.43	0.740	1.21	1.71	2.22	2.71	3.65	4.54	5.41	6.26	7.94
1.44	0.747	1.22	1.73	2.25	2.75	3.71	4.61	5.50	6.36	8.07
1.45	0.747	1.24	1.75	2.28	2.79	3.76	4.69	5.59	6.47	8.21
1.46	0.754	1.25	1.78	2.31	2.83	3.82	4.76	5.69	6.58	8.34
1.47	0.760	1.26	1.80	2.35	2.87	3.88	4.84	5.78	6.69	8.48
1.48	0.767	1.28	1.82	2.37	2.91	3.94	4.92	5.87	6.80	8.61
1.49	0.774	1.29	1.85	2.41	2.95	4.00	5.00	5.97	6.92	8.81
1.50	0.780	1.30	1.87	2.44	3.00	4.06	5.07	6.06	7.03	8.95
1.51	0.787	1.32	1.90	2.47	3.04	4.12	5.15	6.16	7.13	9.08
1.52	0.794	1.33	1.92	2.51	3.08	4.18	5.23	6.26	7.27	9.21
1.53	0.801	1.34	1.94	2.54	3.13	4.24	5.31	6.36	7.40	9.42
1.54	0.807	1.36	1.96	2.58	3.17	4.31	5.40	6.45	7.47	9.55
1.55	0.807	1.38	1.99	2.61	3.22	4.37	5.48	6.55	7.60	9.69
1.56	0.814	1.39	2.02	2.64	3.26	4.44	5.56	6.66	7.74	9.82
1.57	0.821	1.40	2.04	2.68	3.30	4.50	5.65	6.76	7.87	10.0
1.58	0.828	1.42	2.06	2.71	3.35	4.57	5.73	6.86	8.01	10.1
1.59	0.834	1.43	2.09	2.75	3.40	4.64	5.82	6.97	8.07	10.3
1.60	0.841	1.45	2.11	2.78	3.44	4.70	5.91	7.08	8.21	10.5
1.61	0.848	1.47	2.14	2.82	3.48	4.77	5.99	7.20	8.34	10.6
1.62	0.854	1.48	2.17	2.86	3.53	4.84	6.08	7.27	8.48	10.8
1.63	0.861	1.49	2.19	2.89	3.58	4.90	6.17	7.40	8.61	10.9
1.64	0.868	1.51	2.21	2.93	3.63	4.97	6.26	7.54	8.75	11.2
1.65	0.868	1.53	2.24	2.97	3.68	5.05	6.35	7.60	8.88	11.3
1.66	0.875	1.54	2.27	3.00	3.73	5.11	6.44	7.74	9.02	11.5
1.67	0.881	1.55	2.29	3.04	3.77	5.18	6.53	7.87	9.15	11.6
1.68	0.888	1.57	2.32	3.07	3.82	5.25	6.63	7.94	9.29	11.8
1.69	0.895	1.59	2.35	3.11	3.87	5.33	6.72	8.07	9.42	12.0
1.70	0.902	1.60	2.37	3.15	3.92	5.40	6.82	8.21	9.55	12.2
1.71	0.908	1.61	2.39	3.19	3.97	5.47	6.93	8.28	9.69	12.4
1.72	0.915	1.63	2.42	3.23	4.02	5.54	7.00	8.41	9.82	12.6
1.73	0.922	1.65	2.45	3.27	4.08	5.62	7.13	8.55	9.96	12.7
1.74	0.929	1.66	2.47	3.31	4.12	5.69	7.20	8.68	10.1	12.9
1.75	0.935	1.68	2.51	3.35	4.18	5.77	7.27	8.81	10.23	13.1
1.76	0.935	1.69	2.54	3.39	4.23	5.85	7.40	8.88	10.3	13.3
1.77	0.942	1.71	2.56	3.43	4.28	5.92	7.47	9.02	10.5	13.5
1.78	0.949	1.73	2.59	3.47	4.33	6.00	7.60	9.15	10.7	13.6
1.79	0.955	1.74	2.62	3.51	4.39	6.08	7.67	9.29	10.8	13.8
1.80	0.962	1.76	2.64	3.55	4.44	6.16	7.80	9.42	10.9	14.0

Tabla 94. Valores de K' en la fórmula $Q = \frac{K'}{\pi} b^{3/2} h^3$ para canales trapeciales
(Conclusión)

D = profundidad del agua y b = ancho del canal en el fondo.

$\frac{D}{b}$	Pendientes de los costados del canal, relación de horizontal a vertical									
	Vertical	1/2 a 1	1/3 a 1	2/3 a 1	1 a 1	1 1/2 a 1	2 a 1	2 1/2 a 1	3 a 1	4 a 1
1.81	0.969	1.77	2.67	3.59	4.49	6.24	7.87	9.55	11.1	14.2
1.82	0.976	1.79	2.70	3.63	4.53	6.32	8.01	9.69	11.3	14.4
1.83	0.982	1.81	2.73	3.67	4.60	6.40	8.14	9.76	11.4	14.7
1.84	0.989	1.82	2.76	3.71	4.66	6.48	8.21	9.89	11.6	14.9
1.85	0.996	1.84	2.79	3.76	4.72	6.56	8.34	10.0	11.8	15.1
1.86	1.00	1.86	2.82	3.80	4.77	6.64	8.41	10.1	11.9	15.3
1.87	1.00	1.88	2.85	3.84	4.83	6.72	8.55	10.3	12.0	15.5
1.88	1.01	1.89	2.88	3.89	4.88	6.81	8.68	10.4	12.2	15.7
1.89	1.01	1.91	2.91	3.93	4.94	6.89	8.75	10.5	12.4	15.9
1.90	1.02	1.92	2.93	3.93	5.00	6.98	8.80	10.7	12.5	16.1
1.91	1.03	1.94	2.97	4.02	5.06	7.06	9.02	10.8	12.7	16.3
1.92	1.03	1.96	2.99	4.06	5.11	7.13	9.08	10.9	12.8	16.5
1.93	1.04	1.98	3.03	4.10	5.17	7.27	9.22	11.2	13.0	16.7
1.94	1.05	1.99	3.06	4.15	5.23	7.33	9.35	11.3	13.2	17.0
1.95	1.05	2.01	3.09	4.20	5.29	7.40	9.42	11.4	13.4	17.2
1.96	1.06	2.03	3.12	4.24	5.36	7.47	9.55	11.6	13.5	17.4
1.97	1.07	2.04	3.15	4.29	5.42	7.60	9.69	11.7	13.7	17.6
1.98	1.08	2.06	3.18	4.33	5.48	7.67	9.81	11.8	13.8	17.9
1.99	1.08	2.08	3.22	4.38	5.54	7.74	9.89	12.0	14.0	18.1
2.00	1.08	2.10	3.24	4.43	5.60	7.87	10.0	12.2	14.2	18.4
2.01	1.09	2.12	3.28	4.47	5.66	7.94	10.1	12.3	14.4	18.6
2.02	1.10	2.13	3.31	4.52	5.72	8.07	10.3	12.4	14.6	18.8
2.03	1.10	2.15	3.34	4.57	5.79	8.14	10.4	12.6	14.8	19.0
2.04	1.11	2.17	3.37	4.61	5.85	8.21	10.5	12.8	14.9	19.3
2.05	1.12	2.19	3.40	4.66	5.91	8.34	10.6	12.9	15.1	19.5
2.06	1.12	2.21	3.44	4.71	5.97	8.41	10.7	13.0	15.3	19.8
2.07	1.13	3.23	3.47	4.76	6.04	8.55	10.9	13.2	15.5	20.0
2.08	1.14	2.24	3.50	4.81	6.11	8.61	11.0	13.4	15.7	20.2
2.09	1.14	2.26	3.54	4.86	6.17	8.68	11.2	13.5	15.9	20.5
2.10	1.14	2.28	3.57	4.91	6.24	8.81	11.3	13.7	16.1	20.7
2.11	1.15	2.30	3.60	4.96	6.30	8.88	11.4	13.8	16.3	21.0
2.12	1.16	2.31	3.64	5.01	6.37	9.02	11.6	14.0	16.5	21.2
2.13	1.16	2.33	3.67	5.06	6.44	9.08	11.7	14.2	16.6	21.5
2.14	1.17	2.35	3.71	5.11	6.51	9.22	11.8	14.3	16.8	21.7
2.15	1.18	2.37	3.74	5.16	6.57	9.29	12.0	14.5	17.0	22.0
2.16	1.18	2.39	3.77	5.21	6.64	9.42	12.1	14.6	17.2	22.3
2.17	1.19	2.41	3.81	5.26	6.71	9.49	12.2	14.9	17.4	22.5
2.18	1.19	2.43	3.85	5.31	6.78	9.62	12.4	15.0	17.6	22.8
2.19	1.20	2.45	3.88	5.37	6.85	9.76	12.5	15.2	17.8	23.1
2.20	1.21	2.47	3.92	5.42	6.92	9.82	12.6	15.3	18.0	23.3
2.21	1.22	2.49	3.95	5.48	7.00	9.96	12.8	15.5	18.2	23.6
2.22	1.22	2.51	3.99	5.53	7.06	10.0	12.9	15.7	18.4	23.9
2.23	1.22	2.52	4.02	5.58	7.13	10.1	13.0	15.9	18.6	24.1
2.24	1.23	2.54	4.06	5.63	7.20	10.23	13.2	16.1	18.8	24.4
2.25	1.24	2.56	4.10	5.69	7.27	10.3	13.3	16.2	19.1	24.7



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA _____

DISEÑO HIDRAULICO DE CANAL RECTANGULAR

OBRA VIAL _____		DE Km _____ A Km _____	
TRAMO _____		ORIGEN _____	
SUB-TRAMO _____			
Punto Inicial { Est. _____ Elev. _____	Punto Terminal { Est. _____ Elev. _____		
CALCULO			UNIDAD
Dato	Long. = _____	Dato	Desn = _____
			mm
Dato	Q = _____		m ³ /seg
Dato	n = 0.015		seg/m ^{1/3}
			T-72, P-253 T-73, P-254
Dato Calc	S = _____		S ^{1/2}
			Abstr.
			Potencia 1/2 T-69 P-286
DEFINITIVO			
Dato	b = _____		b ^{8/3}
			m ^{8/3}
			Potencia 8/3 T-92 Pp 288-290
Calc.	K' = _____		Abstr.
			$K' = \frac{Qn}{S^{1/2} b^{8/3}}$
Tabla	m		Abstr.
			$m = \frac{D}{b}$ T-94 Pp. 311 a 315
Calc	D = (_____) (_____) = _____		m
			D = b m
Calc	a = (_____) (_____) = _____		m ²
			a = D b
Calc	v = _____		m / seg
			$V = \frac{Q}{a}$
Calc	P = 2 (_____) + (_____) = _____		m
			P = 2 D + b
Calc	r = _____		m
			$r = \frac{a}{P}$
Calc	r ^{2/3} = _____		m ^{2/3}
			Potencia 2/3 T-90 Pp 287
Comp.	Q = _____		m ³ /seg
			$Q = \frac{r^{2/3} a}{n} S^{1/2}$
CALCULO _____	REVISO _____	APROBO _____	
FECHA _____	FECHA _____	FECHA _____	




SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA _____

9.

DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLA TUBULAR

OBRA VIAL _____
 TRAMO _____ DE km _____ A km _____
 SUB-TRAMO _____ ORIGEN _____

Punto Inicial { Est. _____ Elev. _____ } Punto Terminal { Est. _____ Elev. _____ }
 β (Diam. Int.) $d = \phi$ 

CALCULO			UNIDAD	KING T-Tabla P-Pág.
Dato	Long. = _____	Desniv. = _____	m m	
Dato	Q = _____		m ³ /seg	
Dato	n = _____		seg / m ^{1/3}	
Dato Calc.	S = _____	S ^{1/2} = _____	Abst.	Potencia 1/2 T=89, P-286
Dato	$\frac{D_1}{d_1} = 0.75$		Abst.	
Dato	K ₁ = 0.284		Abst.	
Calc.	$d_1 = \left(\frac{Qn}{K_1 S^{1/2}} \right)^{3/8} = \left(\frac{Qn}{K_1 S^{1/2}} \right)^{3/8}$		m	$d = \left(\frac{Qn}{K_1 S^{1/2}} \right)^{3/8}$ Pot. 3/8 T-97, P-293

DEFINITIVO				
Dato	$d_2 = \left(\frac{Qn}{K_2 S^{1/2}} \right)^{3/8}$	$d_2^2 = \left(\frac{Qn}{K_2 S^{1/2}} \right)^{3/4}$	$\frac{m}{m^{5/3}}$ m ²	Potencia 5/3 T-92, P-299
Calc.	$K_2 = \frac{Qn}{S^{1/2} d_2^{5/3}}$		Abst.	$K_2 = \frac{Qn}{S^{1/2} d_2^{5/3}}$
Tabla	$m_2 = \frac{D_2}{d_2}$		Abst.	$m_2 = \frac{D_2}{d_2}$ T-97 P-332
Calc.	$D_2 = (\quad) (\quad) =$		m	$D_2 = d_2 m_2$
Tabla	C = _____		Abst.	T-81, P-273
Calc.	$a = (\quad) (\quad) =$		m ²	$a = cd^2$ T-81 P-273
Calc.	$V = (\quad) =$		m / seg	$V = \frac{Q}{a}$

CALCULO _____ REVISO _____ APROBO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____

Tabla 81. Factor para determinar el área, a , de la sección transversal de un conducto circular trabajando parcialmente lleno

10

Sean $\frac{\text{profundidad del agua}}{\text{diámetro del canal}} = \frac{D}{d}$ y $c =$ valor tabulado. Entonces $a = cd^2$.

$\frac{D}{d}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0013	0.0037	0.0069	0.0105	0.0147	0.0192	0.0242	0.0294	0.0350
0.1	0.0409	0.0470	0.0534	0.0600	0.0668	0.0739	0.0811	0.0885	0.0961	0.1039
0.2	0.1110	0.1199	0.1281	0.1365	0.1449	0.1535	0.1623	0.1711	0.1800	0.1890
0.3	0.1982	0.2074	0.2167	0.2260	0.2355	0.2450	0.2546	0.2642	0.2739	0.2836
0.4	0.2934	0.3032	0.3130	0.3229	0.3328	0.3428	0.3527	0.3627	0.3727	0.3827
0.5	0.393	0.403	0.413	0.423	0.433	0.443	0.453	0.462	0.472	0.482
0.6	0.492	0.502	0.512	0.521	0.531	0.540	0.550	0.559	0.569	0.578
0.7	0.587	0.596	0.605	0.614	0.623	0.632	0.640	0.649	0.657	0.666
0.8	0.674	0.681	0.689	0.697	0.704	0.712	0.719	0.725	0.732	0.738
0.9	0.745	0.750	0.756	0.761	0.766	0.771	0.775	0.779	0.782	0.784

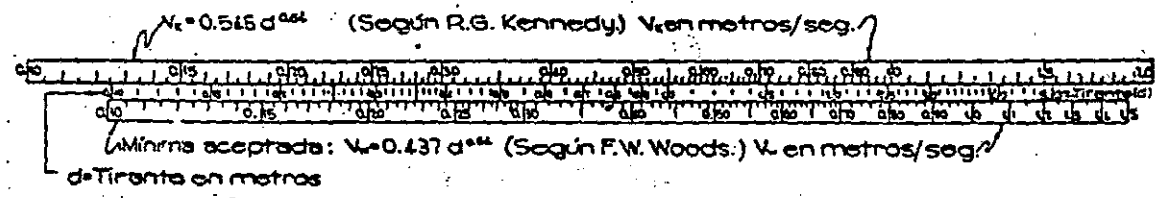
Tabla 82. Factor para determinar el radio hidráulico, r , de la sección transversal de un conducto circular trabajando parcialmente lleno

Sean $\frac{\text{profundidad del agua}}{\text{diámetro del canal}} = \frac{D}{d}$ y $c =$ valor tabulado. Entonces $r = cd$.

$\frac{D}{d}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.000	0.007	0.013	0.020	0.026	0.033	0.039	0.045	0.051	0.057
0.1	0.063	0.070	0.075	0.081	0.087	0.093	0.099	0.104	0.110	0.115
0.2	0.121	0.126	0.131	0.136	0.142	0.147	0.152	0.157	0.161	0.166
0.3	0.171	0.176	0.180	0.185	0.189	0.193	0.198	0.202	0.206	0.210
0.4	0.214	0.218	0.222	0.226	0.229	0.233	0.236	0.240	0.243	0.247
0.5	0.250	0.253	0.256	0.259	0.262	0.265	0.268	0.270	0.273	0.275
0.6	0.278	0.280	0.282	0.284	0.286	0.288	0.290	0.292	0.293	0.295
0.7	0.296	0.298	0.299	0.300	0.301	0.302	0.302	0.303	0.304	0.304
0.8	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.303	0.303	0.302	0.301	0.299
0.9	0.298	0.296	0.294	0.292	0.289	0.286	0.283	0.279	0.274	0.267

ESCALAS ADYACENTES PARA OBTENER VELOCIDADES MEDIAS QUE NO PROVOCAN EROSION NI DEPOSITO DE AZOLVES EN CANALES

Formulas empleadas: $V = 0.548 d^{0.64}$ Según R.G. Kennedy (Canales en terrenos de Altiplano)
 $v = 0.437 d^{0.64}$ Según F.W. Woods.



ANEXO Nº26

VELOCIDADES MEDIAS MAXIMAS QUE NO EROSIONAN *	
	VEL. MED. EN METROS/SEG.
Tierra arenosa muy fina ó limo suelto.....	0.15
Arena.....	0.30
Tierra arenosa ligera, 15% de arcilla.....	0.37
Barro arenoso ligero, 40% de arcilla.....	0.55 ó 0.61
Arena gruesa.....	0.68 ó 0.81
Tierra suelta con grava.....	0.76
Barro.....	0.9
Tierra o barro compactos, 65% de arcilla.....	0.97
Barro arcilloso estable.....	1.22
Arcilla con grava, compactas.....	1.57 ó 1.74
Arcilla compacta, jaboncillo.....	1.83
Conglomerados, esquistos, pizarras.....	1.98
Rocas estratificadas.....	2.14
Guijarros, cantos rodados chicos.....	2.41 ó 2.57
Roca dura.....	4.07
Concreto.....	4.57 ó 6.10

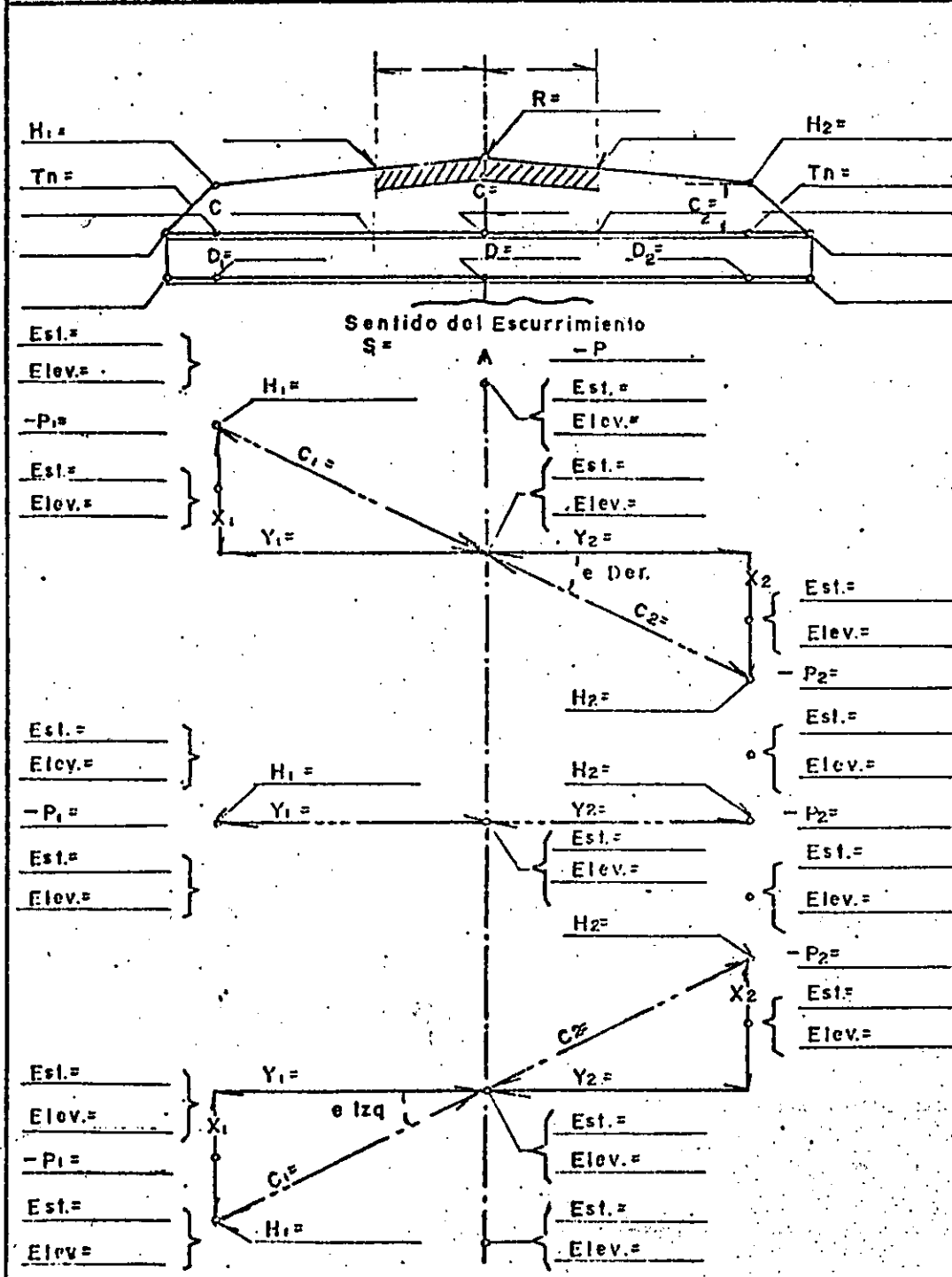


SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA _____

DATOS GEOMETRICOS Y DE TERRACERIAS

OBRAVIAL _____
 TRAMO _____ DE Km _____ A Km _____
 SUB-TRAMO _____ ORIGEN _____

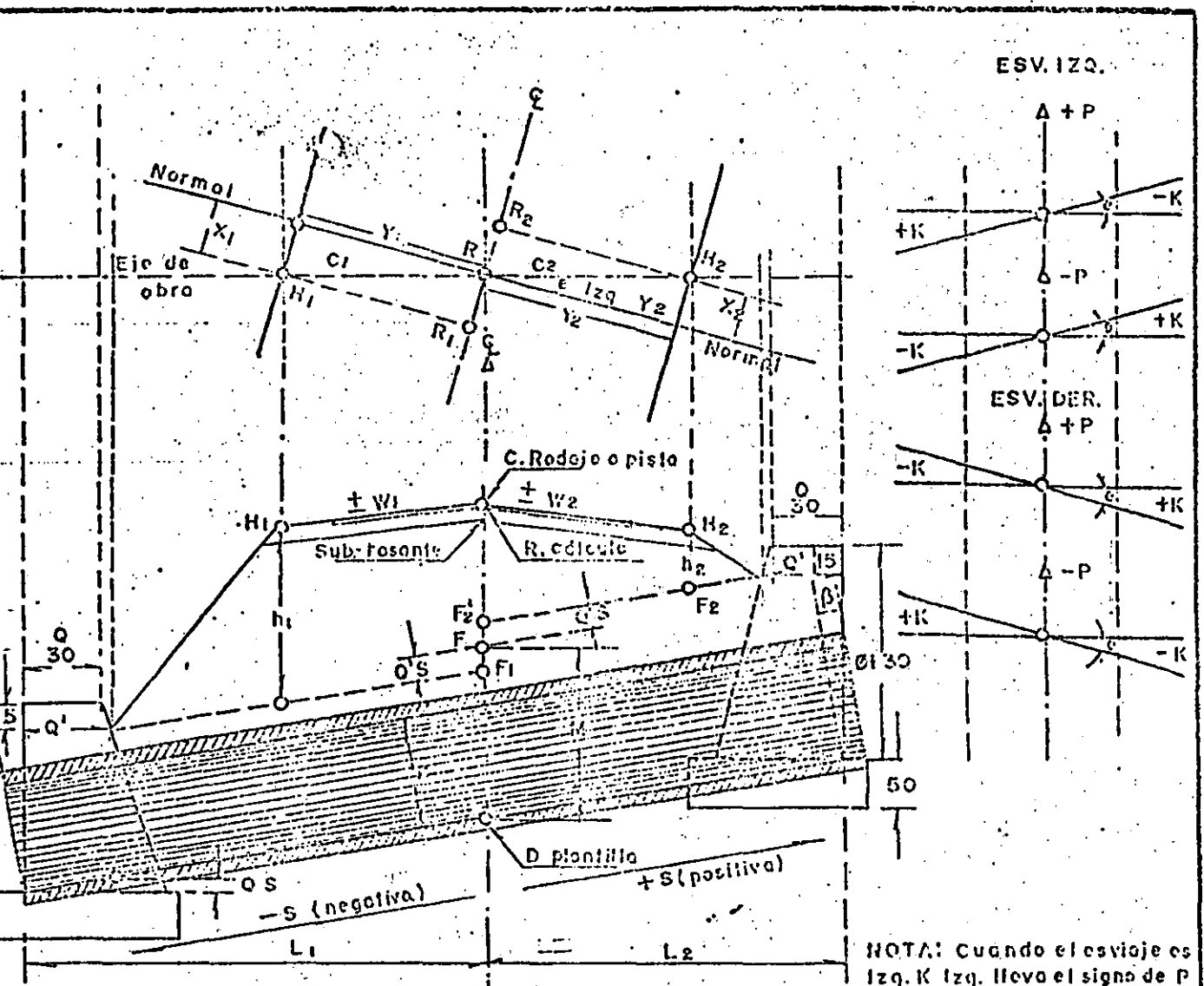


ALCANTARILLA Nº
Est.º
Equiv.º
Esv. e =
Gasto Q =
FUNS. TRIGONOMS. NTS.
Tan. e =
Cos. e =
Sen. e =
ALINEAMIENTOS
Horiz.º
Vert.º
X1 =
X2 =
TUBOS DE CONCRETO
Diám. Ø =
No. de líneas =
TUBOS CILINDRICOS metal corrugado
Diám. Ø =
No. de líneas =
TUBOS ABVEDADOS metal corrugado
Luz =
Flecha =
Calibre =
No. de líneas =
BOVEDA
Long. del Arco =
Calibre =
No. de líneas =
LOSA
Luz =
No. de líneas =

CALCULO _____ REVISO _____ APROBO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____

ELEMENTOS GEOMETRICOS QUE INTERVIENEN EN EL CALCULO DE UNA ALCANTARILLA

15

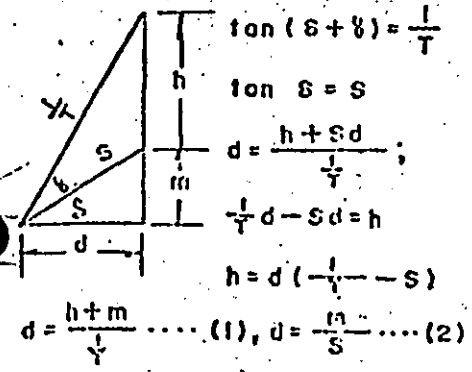


$Q' = \frac{Q}{\cos \epsilon}$; $K = \pm P \sin \epsilon \pm T_n$

$T_{(1,2)} = \frac{T_n}{\cos \epsilon \pm K}$

NOTA: Cuando el esvaje es Izq. K Izq. lleva el signo de P y viceverso.

NOTA: La altura del muro de cabeza (H), será C+30 para tubos de concreto y C+50 para tubos de lámina corrugada.



CORRECCIONES	
POR DESPLANTE	POR TALUD
$C = \left(\frac{\frac{1}{T_1} - S}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}} \right) \times \text{Dif} \quad S > 4\%$	$T_n = \left(\frac{d_1 + d_2 + \text{Dif}}{d_1 + d_2} \right) \times T_n \approx 1.45\%$
$C = \frac{\text{Dif}}{T_1 + T_2} \quad S < 4\%$	



FORMULARIO PARA CALCULAR LONGITUD DE ESTRUCTURA MENOR

$$X_1 = -(\pm \tan e Y_1) \quad X_2 = -(\mp \tan e Y_2)$$

$$C_1 = \frac{Y_1}{\cos e} \quad C_2 = \frac{Y_2}{\cos e}$$

$$R_1 = \text{Rcálculo } \pm P(X_1) \quad R_2 = \text{Rcálculo } \mp P(X_2)$$

$$H_1 = R_1 + Y_1(\pm \omega_1) \quad H_2 = R_2 + Y_2(\pm \omega_2)$$

$$K = \pm P \cos e \tan$$

$$T_1 = \frac{T_n}{\cos e \pm K} \quad T_2 = \frac{T_n}{\cos e \mp K}$$

$$\frac{l}{T_1} \pm s \quad \frac{l}{T_2} \mp s$$

$$M = C + b$$

$$M_1 = M \pm Q'S \quad M_2 = M \mp Q'S$$

$$Q' = \frac{Q}{\cos e}$$

$$F_1' = D + M_1 \quad F_2' = D + M_2$$

$$F_1 = F_1' \pm C_1 S \quad F_2 = F_2' \mp C_2 S$$

$$h_1 = H_1 - F_1 \quad h_2 = H_2 - F_2$$

$$d_1 = \frac{h_1}{\frac{l}{T_1} \pm s} \quad d_2 = \frac{h_2}{\frac{l}{T_2} \mp s}$$

$$L_1 = C_1 + d_1 + Q' \quad L_2 = C_2 + d_2 + Q'$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$\cos = \sqrt{1.0000 + S^2}$$

$$\beta_s = (\sigma + e')(S)$$

$$\beta_e = \left(\frac{\beta}{2} + e'\right) \tan e$$

$$L' = L \cos + 2\beta_s + 2\beta_e$$

$$\frac{L'}{\text{Largo de tramo}} = \text{No. de tramos } \pm \text{fracción}$$

$$L' = \text{No. de tramos} \times \text{Long. de tramo}$$

$$\text{Dif. } L_T - L'; (+) \text{ ó } L' - L_T; (-)$$

$$T'n = \left(\frac{d_1 + d_2 \pm \text{Dif}}{d_1 + d_2} \right) T_n$$

$$K' = \pm P \cos e T'n$$

$$\frac{l}{T_{n1}} \pm s \quad \frac{l}{T_{n2}} \mp s$$

$$T_1' = \frac{T'n}{\cos e \pm K'} \quad T_2' = \frac{T'n}{\cos e \mp K'}$$

$$d_1' = \frac{h_1}{\frac{l}{T_{n1}} \pm s} \quad d_2' = \frac{h_2}{\frac{l}{T_{n2}} \mp s}$$

$$L_1' = C_1 + d_1' + Q' \quad L_2' = C_2 + d_2' + Q'$$

$$L'' = L' + L_2'$$

$$L_{T1} = L_1'(\cos) + \beta_s + \beta_e \quad L_{T2} = L_2'(\cos) + \beta_s + \beta_e$$

$$L_T = L_{T1} + L_{T2}$$

Explicación de la nomenclatura empleada en el cachote:

Los sub-índices indican el lado al que corresponden, es decir, el 1 significa izquierda y el 2 derecha.

- P = pendiente longitudinal del camino
- Y = semi-corona normal.
- W = sobre-elevación del camino.
- X = distancia entre los ejes normal y esviado, medida en el hombro en D₁ del eje del camino.
- e = esvío
- o = semi-corona esviada.
- R = elevación auxiliar (sobre el eje del camino) para calcular la elevación del hombro del camino.

- H = elevación del hombro del camino.
- T = talud normal.
- Tⁿ = talud esviado.
- K = constante, que tiene por objeto tomar en cuenta la pendiente longitudinal del camino.
- S = pendiente de la plantilla de la obra.
- D = elevación de la plantilla en el centro de la línea.
- M = altura de la directriz.
- Q = ancho del muro de cabeza, a la altura en que el terraplén corta al talud del muro, o coronamiento de la obra
- F¹ = elevación, sobre el plano vertical que contiene al eje del camino, de la línea paralela al eje de la obra que pasa por el punto donde el terraplén corta al talud del muro de cabeza, o coronamiento de la obra.
- F = elevación del punto de intersección entre la vertical que pasa por el hombro y la línea paralela al eje de la obra que pasa por F¹.
- h = distancia vertical entre el hombro y el punto denominado F.
- d = distancia horizontal entre la vertical que pasa por el hombro del camino y la que pasa por el coronamiento de la obra.

L₁₀₂ = distancia horizontal entre la vertical que pasa por el centro de línea y la que pasa por el paramento vertical del muro, es decir, por la entrada o salida de la obra.

- L = distancia horizontal entre las verticales que pasan por la entrada y salida de la obra.
- β₁ = constante para tomar en cuenta la pendiente de la plantilla.
- L¹ = distancia entre la entrada y la salida de la obra medida según la dirección de la plantilla.
- β₂ = constante para tomar en cuenta el esvío.

κ = constante para tomar en cuenta la unión entre el tubo y el muro de cabeza a la entrada.

L_T = Long. total (en número cerrado de tramos de tubo)

- P = pend. long. de la pista o rodaje.
- W = pend. transversal o bombeo de la pista o rodaje
- S = pend. del cauce que puede ser la del terreno natural o del canal
- b = Altura de la directriz; b=0.15 m para obras de tubo que llevan colchón
- Q = 0.34 para tubos
- D = desplante en el centro
- e = espesor del tubo o losa
- e = esvío (ángulo de)

$$y = \left(\frac{\phi}{2} + e' \right) \operatorname{tg} e$$

Cuando la longitud de la alcantarilla sea muy grande, ya sea por el esvaje o por condiciones particulares será necesario colocar registros o pozos de visita a 40.00 ó 50.00 m por limpieza.

Para el cálculo de los aleros tanto de entrada como de salida tenemos la forma No. 5'' la cual nos indica la secuencia para calcular las longitudes, proyecciones y dimensiones de los mismos y de la tabla No. se tomarán los datos para el dimensionamiento de los muros de cabeza.

Por último se calcularán las cantidades de obra y se elaborará el plano respectivo.



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA _____

19

CALCULO DE LONGITUD DE ESTRUCTURA MENOR

OBRA VIAL _____

TRAMO _____ DE km _____ A km _____

SUB-TRAMO _____ ORIGEN _____

ALCANTARILLA DE _____ DE _____ ESTACION _____

CRUCE _____ SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO _____

DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE
SECCION NORMAL

Sub-Rasante _____ m; Espesor del revestimiento o bolasto _____ m; Espesor de carpeta _____ m

Rasante de cálculo _____ m; Rasante de la obra vial _____ m; Pend. long. de la obra vial _____ %

Semi-Coronas { Y₁ (Izq.) _____ m
 { Y₂ (Der.) _____ m

Sobre-Elevaciones { W₁ (Izq.) _____ %
 { W₂ (Der.) _____ %

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA ESTRUCTURA

X ₁ =	Tan θ =	X ₂ =
C ₁ =	Cos θ =	C ₂ =
R ₁ =	Sen θ =	R ₂ =
H ₁ =		H ₂ =
Cos θ - K =	Tn =	Cos θ - K =
T ₁ =	K =	T ₂ =

LONGITUD DE ESTRUCTURA

Plantilla del Cauce { Pendiente S = _____ % ; Espesor de superestructura _____ m
 { Elevación & D = _____ m ; Altura de la directriz b = _____ m

1/T ₁ =		1/T ₂ =
(1/T ₁) - S =	M =	(1/T ₂) - S =
F ₁ =	M ₁ =	F ₂ =
h ₁ =	F ₁ ' =	h ₂ =
d ₁ =	Q ₁ ' =	d ₂ =
L ₁ =	L =	L ₂ =
∞ =	L' =	β _s =
LT = _____ m; Dif = _____ m; Corrección _____		β _c =
No. total de tramos _____ de _____ m; No. de tramos Arm. Senc. _____; No. de tramos Arm. Dobl. _____		

AJUSTE A NUMERO CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

h ₁ ' =	Σ R =	N ₂ =
d ₁ ' =	T ₁ + T ₂ =	d ₂ ' =
L ₁ ' =	L'' =	L ₂ ' =
LT ₁ ' =	LT =	LT ₂ ' =

ELEVACIONES DE LA PLANTILLA

_____ Elev. _____ m ; Centro Elev. = _____ m ; _____ Elev. _____ m

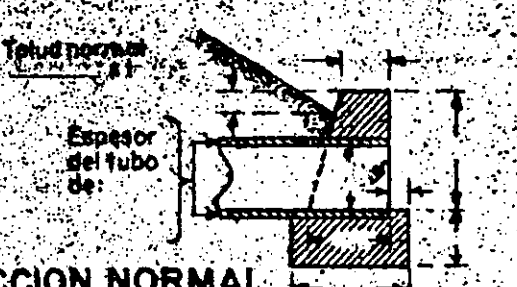
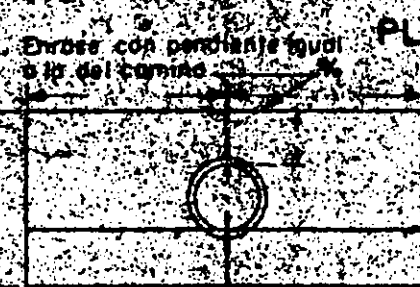
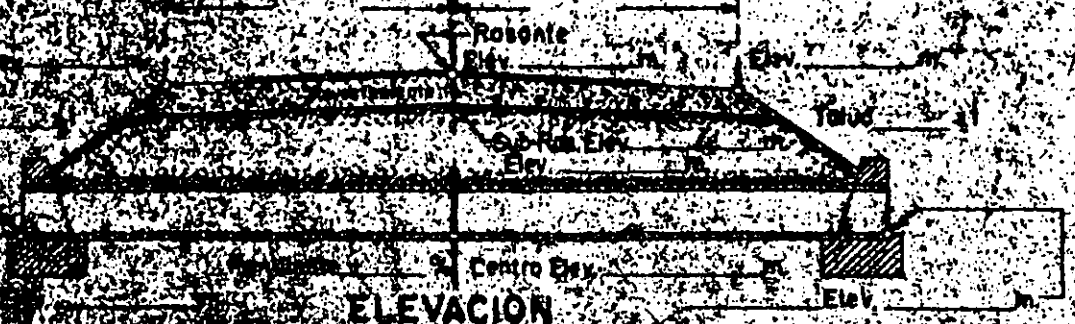
DATOS COMPLEMENTARIOS

Colchón en el & C _____ m ; Clasificación terreno _____ ; Altura Prom. _____ m

NOTAS _____

CALCULO _____ REVISO _____ APROBO _____

FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



NOTAS:
LOCALIZACION: Sobre jérea hecho en _____
CARGAS: Carga viva tipo _____
TUBOS: Serán de _____
MURO: Betón de _____ El revestimiento se hará en _____
 copar de una forma de modelo de _____
 10 cm, para que se pueda variar la elevación y el tipo de la ing. Resistente hasta 20 cm, considerando el aumento de espesor del revestimiento. Los cambios serán de 20 cm.

uso de 3 de espesor con mortero de cemento 1:5.
DIMENSIONES: En centímetros. Elevaciones en metros referidas al B.M. sobre _____, elevación _____ m.
ESPECIFICACIONES: Rigor las de la S.O.P. de 1964.
ESPECIALES:

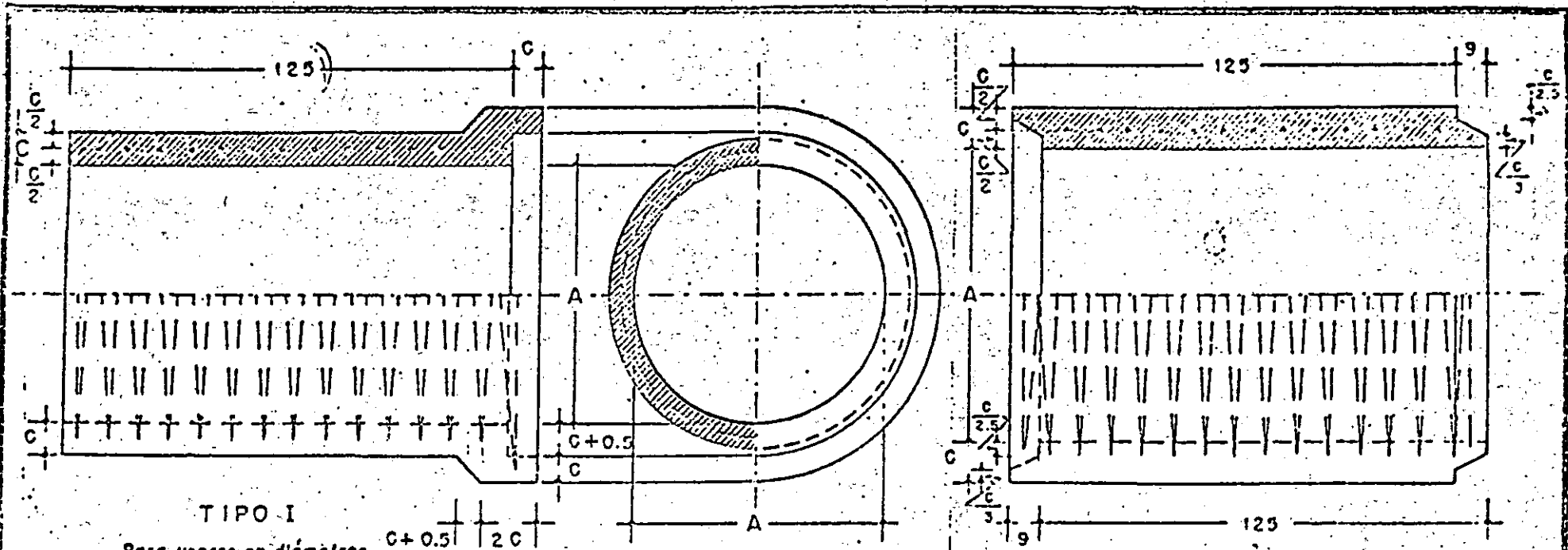
MATERIALES	
CONCEPTO	CANTIDAD
Tubo de _____ m Diám _____	m
Tramo de _____ m	m
Exoneración de _____	m ²
Mortero de _____	m ³
de _____	m ³

S. O. P.
 DIRECCION GRAL. DE PROYECTOS Y LAB.
 DEPTO. DE VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS
ALCANTARILLA DE TUBO DE _____
 DE _____ m

MODIFICACIONES AL PROYECTO	
MODIFICACIONES EN LA CONSTRUCCION	

CANAL	TRAMO	Km
Proyecto _____	Jefe de Grupo _____	Jefe del Depto _____
Diseño _____	Jefe de Sección _____	Director General _____

TUBOS DE CONCRETO REFORZADO PARA ALCANTARILLAS



TIPO I

Para usarse en diámetros de 60 cms.

MEDIA SECCION TIPO I Y II MEDIA VISTA TIPO I

TIPO II

Para usarse en diámetros de 75 o 150 cms.

DIAMETRO cm.	ESPESOR MINIMO cm.	AREA DE LA SECCION DE CONCRETO m ²	ACERO DE REFUERZO CIRCULAR				PESO DEL ACERO POR TUBO kg.
			AREA MINIMA POR M.L. cm ²	DIAMETRO VARILLA cm	ESPACIAMIENTO EN CADA LINEA cm. c. a. c.	VOLUMEN DE CONCRETO POR TUBO m ³	
A	C						
60	7.5	0.159	3.60	0.64	9.0	0.227	7.4
75	9.0	0.237	4.66	0.64	7.0	0.297	12.7
90	10	0.314	5.76	0.95	18.6	0.394	23.7
105	11.5	0.421	7.00	0.95	16	0.527	35
120	12.5	0.520	8.40	0.95	13.4	0.650	47.2
150	15	0.777	12.56	1.27	10.2	0.972	76.5

* 2 L son 2 Lineas

NOTAS GENERALES:

Esta proyecto servirá para alcantarillas tanto de ferrocarril como de camino, usándose un diámetro mínimo de 75 cms. - Los diámetros inferiores se usarán para obras auxiliares. El colchón mínimo de terracería sobre el tubo será de 60 cms para ferrocarril; para camino será de 60 cms. a la rasante. - No se considerará límite superior de colchón. - El concreto será de f'c = 250 Kg. cm².

Las especificaciones que deben satisfacer los materiales así como la resistencia de los tubos en Kgs./m.l. en la prueba de los tres apoyos será de acuerdo con la cláusula 100-14 de la parte 8ª de las Especificaciones Generales de

Construcción de la S.C.O.P. para el caso de tubos de resistencia normal.

El acero longitudinal será el necesario para armar.

Para 2 líneas de refuerzo el recubrimiento de cada una será de 2 cms.

El refuerzo indicado en una sola línea sólo es para "A" = 75 cm.

MODIFICACIONES AL PROYECTO

Se añadió nota bajo TIPO II IV 3-1.2

LOSAS DE CONCRETO DE 4.50 m. DE LUZ

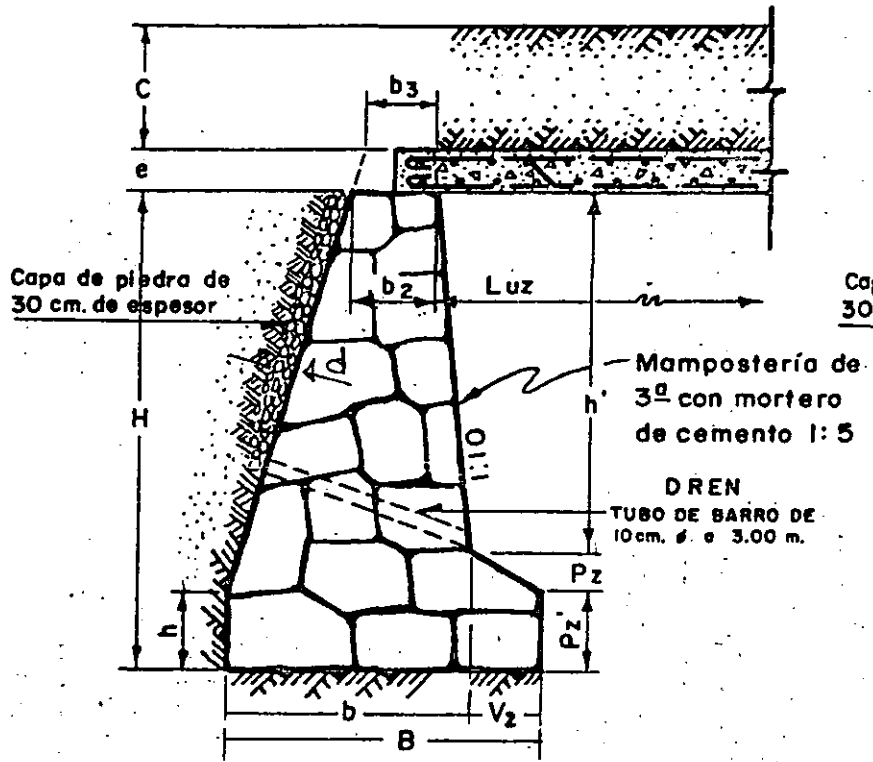
COL- CHON	e	L 2	VOL. m ³ /m.	PARRILLA INFERIOR												PARRILLA SUPERIOR				
				VARILLAS "A"				VARILLAS "B"				VARS. "C"				VARS. "D"		VARS. "E"		
				∅	ESP.	a	LONG.	∅	ESP.	a	n	n ₁	m.	LONG.	∅	ESP.	Nº	∅	ESP.	Nº	∅	ESP.	LONG.

$f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.

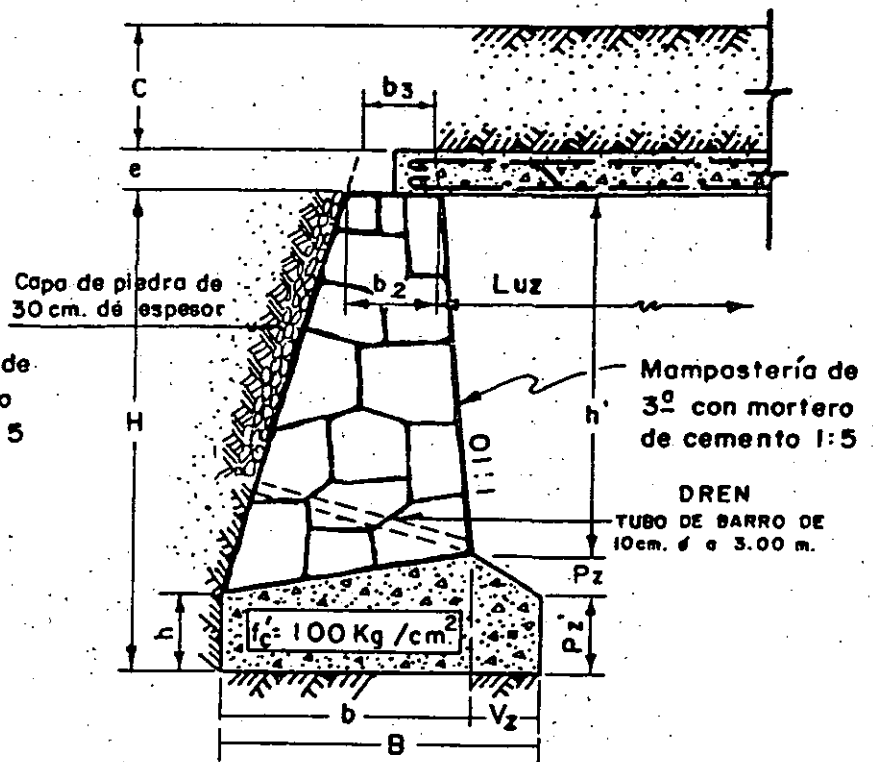
0.00 0.75	o	35	260	1.820	2.22	14 Y 28	494	554	2.22	42	300	28	40	15	410	1.91	41	13	0.95	30.5	18	0.95	30.5	510
0.75 1.25	o	35	260	1.820	2.54	18 Y 36	492	560	2.54	54	306	27	38	15	412	1.91	41	13	0.95	30.5	18	0.95	30.5	510
1.25 1.75	o	35	260	1.872	2.22	13.5 Y 27	494	554	2.22	40.5	300	29	41	15	412	1.91	41	13	0.95	29.5	18	0.95	29.5	510
1.75 2.25	o	38	260	1.976	2.22	12.5 Y 25	494	554	2.22	37.5	302	31	44	14	418	1.91	37.5	14	0.95	28	19	0.95	28	510
2.25 2.75	o	40	260	2.080	2.54	15.5 Y 31	492	560	2.54	46.5	302	32	45	13	418	1.91	35	15	0.95	26	20	0.95	26	510
2.75 3.25	o	43	260	2.236	2.54	14.5 Y 29	492	560	2.54	43.5	304	35	50	12	428	1.91	33	16	0.95	24.5	22	0.95	24.5	510
3.25 3.75	o	45	265	2.385	2.54	14 Y 28	502	570	2.54	42	306	37	52	11	432	1.91	31.5	17	0.95	22.5	24	0.95	22.5	520
3.75 4.25	o	47	265	2.491	2.54	13 Y 26	502	570	2.54	39	306	39	55	11	438	1.91	29.5	18	0.95	21.5	25	0.95	21.5	520

$f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.

0.00 0.75	o	29	255	1.479	2.54	15.5 Y 31	482	550	2.54	46.5	296	21	30	—	356	1.91	34.5	17	—	—	—	—	—	—
0.75 1.25	o	26	255	1.428	2.54	15.5 Y 31	482	550	2.54	46.5	296	20	28	—	352	1.91	34.5	17	—	—	—	—	—	—
1.25 1.75	o	29	255	1.479	2.54	15 Y 30	482	550	2.54	45	318	21	30	—	378	1.91	34.5	17	—	—	—	—	—	—
1.75 2.25	o	31	255	1.581	2.54	14 Y 28	482	550	2.54	42	298	23	33	—	364	1.91	32	18	—	—	—	—	—	—
2.25 2.75	o	33	260	1.716	2.54	13 Y 26	492	560	2.54	39	298	25	35	—	368	1.91	29	20	—	—	—	—	—	—
2.75 3.25	o	34	255	1.734	2.54	12.5 Y 25	482	550	2.54	37.5	300	26	37	15	404	1.91	28.5	18	0.95	30	17	0.95	30	500
3.25 3.75	o	37	260	1.924	2.86	15 Y 30	490	568	2.86	45	302	29	41	14	412	1.91	26	20	0.95	29	18	0.95	29	510
3.75 4.25	o	38	260	1.976	2.86	14 Y 28	490	568	2.86	42	302	30	42	13	412	1.91	24.5	21	0.95	27	19	0.95	27	510



ESTRIBOS DE MAMPOSTERIA



ESTRIBOS CON MURO DE MAMPOSTERIA Y CIMIENTO DE PIEDRA

H = Altura del estribo en m.
 C = Colchón en m.
 e = Espesor de losa en cm
 f_t = Esfuerzo unitario de tracción bajo en el terreno Kg/cm²

NOTAS: Esta nomenclatura regirá en el proyecto tipo de estribos de mampostería. Las dimensiones del estribo, indicadas en las tablas, toman en cuenta el efecto de la C.V. (H 15-S 12 ó H 20-S 16) correspondiente al colchón real de que se trate.

MATERIALES: La mampostería será de 3ª clase con mortero de cemento 1:5. En estribos mixtos el concreto es de $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$

S. O. P.	
DIRECCION GRAL. DE PROYS. Y LABS. DEPTO. DE VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS SECCION DE OBRAS MENORES	
ESTRIBOS DE MAMPOSTERIA PARA LOSAS DE CONCRETO-NOMENCLATURA PROYECTOS-TIPO	
CALCULO: <i>[Signature]</i>	JEFE DE SECCION
PROPUSO: Ing. R.L. Sibaja	<i>[Signature]</i>
REVISO: <i>[Signature]</i>	ING. M.A. GUTIERREZ M.
EL JEFE DEL DEPTO.	EL DIRECTOR GRAL.
Ing. Fernando del Rio P.	Ing. Fernando Espinosa G.
Abril de 62.	

29 Revisión julio de 1962
 Ing. Héctor López S.

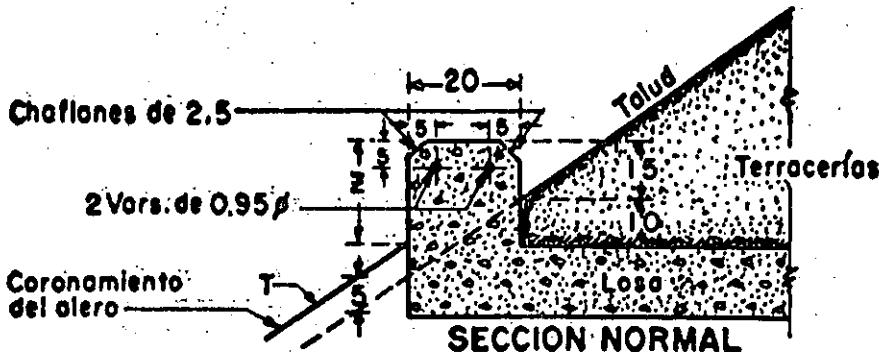
ESTRIBOS DE MAMPOSTERIA PARA LOSA DE CONCRETO REFORZADO

H	C'	B	b	v _z	b ₂	b ₃	h	h'	P _z	P _{z'}	f _t
L U Z : 4.00 m.											
2.75 m.	0.30	144	107	37	40	35	50	175	25	50	
	1.00	170	132	38	42	35	50	170	30	50	
	1.50	197	137	60	44	35	50	150	50	50	
	2.00	215	139	76	43	35	50	200	25	50*	
	2.50	223	138	85	46	35	50	185	40	50*	
	3.00	244	148	96	50	35	50	175	50	50*	
	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L U Z : 4.00 m.											
3.00 m.	0.30	170	110	60	43	35	50	200	50	50	
	1.00	216	148	68	45	35	50	185	65	50	
	1.50	245	150	74	48	35	50	175	75	50	
	2.00	210	114	96	43	35	50	200	50	50*	
	2.50	224	128	96	45	35	50	200	50	50*	
	3.00	240	143	97	48	35	50	200	50	50*	
	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L U Z : 4.00 m.											
3.50 m.	0.30	210	132	78	47	40	50	210	90	50	
	1.00	250	157	93	48	40	50	200	100	50	
	1.50	280	180	100	50	40	50	190	110	50	
	2.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
L U Z : 4.00 m.											
4.00 m.	0.30	245	158	87	49	40	50	250	100	50	
	1.00	282	174	108	50	40	50	225	125	50	
	1.50	305	175	130	50	40	50	200	150	50	
	2.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

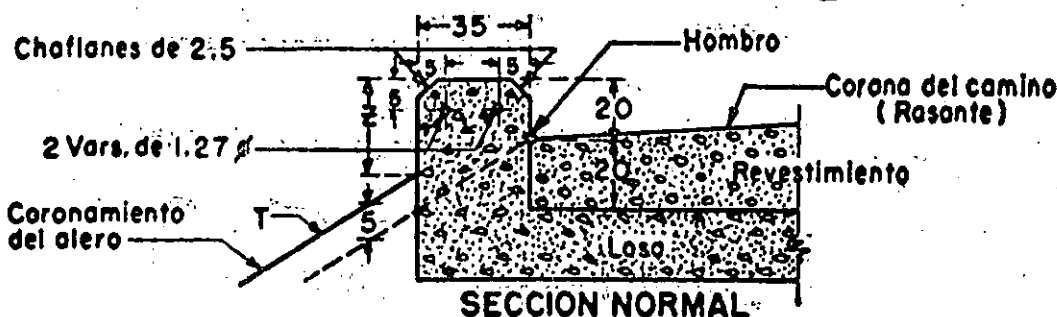
 1.00 Kg. / cm.²

* Estribos mixtos

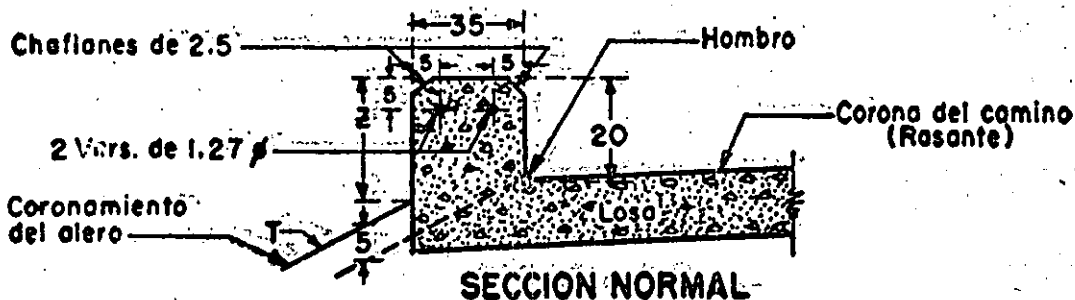
CASO (1) LOSAS CON COLCHON



CASO (2) LOSAS EN SUB-RASANTE



CASO (3) LOSAS EN RASANTE



TALUD	VALORES DE Z		
	Caso (1) cm.	Caso (2) cm.	Caso (3) cm.
1.50 x 1	23	38	38
2.00 x 1	20	33	33
3.00 x 1	17	27	26
Volumen m ³ /m.	0.049	0.130	0.069

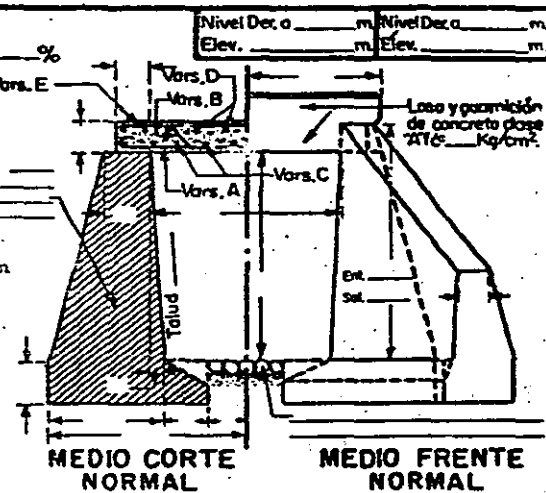
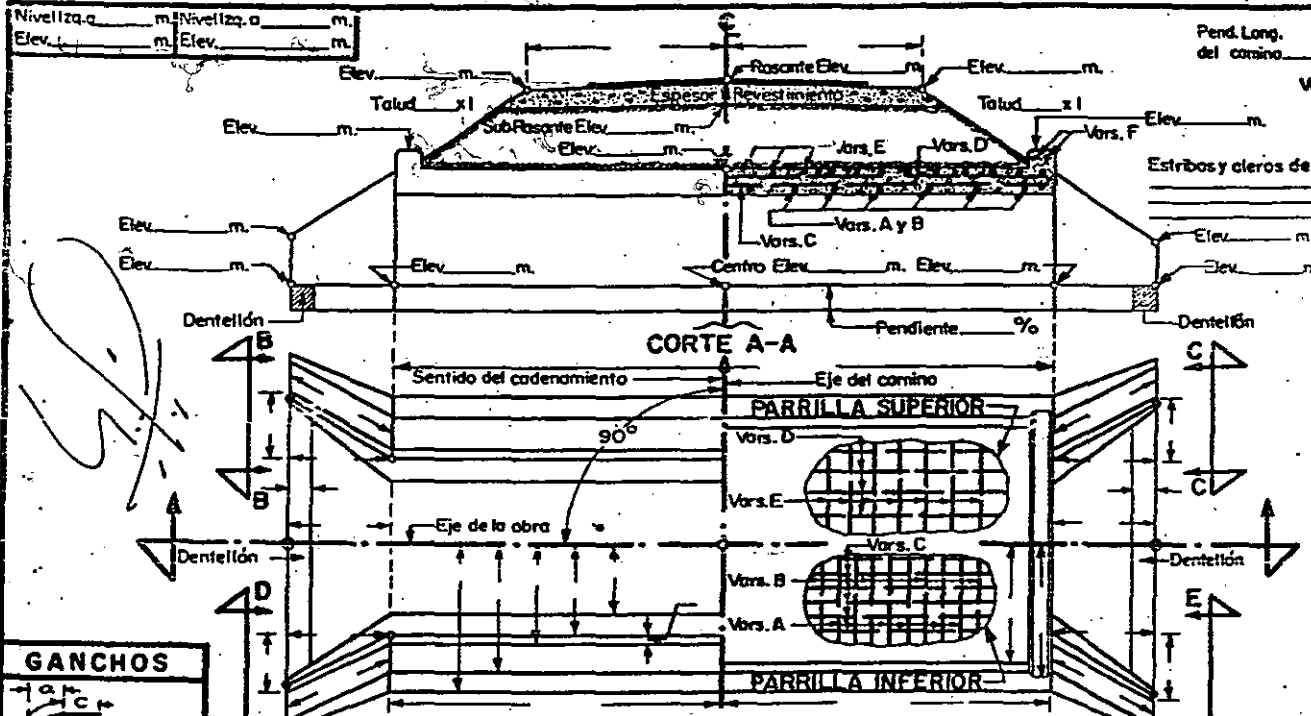
NOTAS: Las guarniciones se construirán de la misma clase de concreto usado en la losa. Los volúmenes indicados corresponden a un metro lineal de guarnición.

S. O. P.
DIR. GRAL. DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
DEPTO. DE VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS

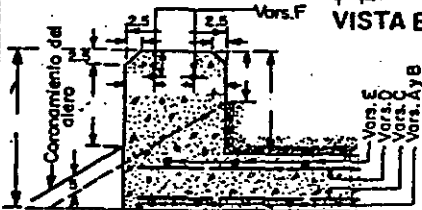
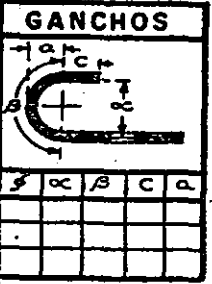
GUARNICIONES TIPO PARA
LOSAS DE CONCRETO REFORZADO

Calculó: <i>Mañana</i> Revisó: <i>Jamir</i> Dibujó: <i>Jamir</i>	Jefe de Sección Ing. M. A. Gutiérrez Méndez
Jefe del Departamento Ing. Fernando del Río Peralta	Director General Ing. Fernando Espinosa Gtz.

México, D.F., Septiembre de 1963.



LISTA DE VARILLAS					
DESIG.	NUM.	DIAM.	CROQUIS	LONG.	PESO
Vars. A					
Vars. B					
Vars. C					
Vars. D					
Vars. E					
Vars. F					



NOTAS:
 LOCALIZACION: Sobre traza hecha en _____ por _____
 CARGAS: - Carga viva tipo _____
 LOSAS: - Serán de concreto de f'c _____ Kg/cm². - Las varillas "A", "B" y "E" se colocarán paralelas al eje del camino, y las varillas "C" y "D" paralelas al eje de la obra. - La separación indicada para las varillas "A", "B" y "E" se medirá según el eje de la obra, y para las varillas "C" y "D" según el eje del camino. - El recubrimiento será: superior _____ cm, inferior _____ cm.
 ESTRIBOS Y ALEROS: - Serán de _____
 El recorte mínimo de los aleros será el indicado, en caso de que se encuentre el terreno natural en una altura mayor, será en este punto. - Queda a juicio del Ing. Residente la altura definitiva del corte de los aleros y la protección del talud de las terracerías, ya sea prolongando las aleras con su muro o prolongando el terreno en su extremo con un zanjado. - El desplante se hará en _____ para el uso de estacas de bronce de 10 cm x 10 cm, para ello se podrá variar su elevación a juicio del Ing. Residente hasta en 2 _____ cm, para mandarse los planos del campo y del valle para desmonte.
 DIMENSIONES: - En centímetros. Elevaciones referidas al B.N. sobre _____ m. de Elev. _____ m. sobre _____ m.
 ESPECIFICACIONES: - Sigue las de la S.C.O.P. de 195 _____
 ESPECIALES: _____

MATERIALES		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Mampostería de 3a. clase con mortero de cemento 1:5		M ³
Concreto de _____ Kg/cm².		M ³
Acero de refuerzo		Kg.
Zampeado con mortero de _____		M ²
Excavación total (aprox.)		M ³
Clasificación (_____)		

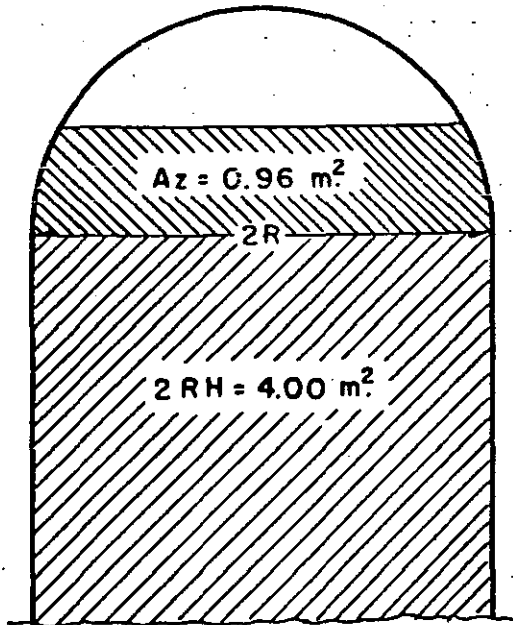
S. O. P.
 DIR. GRAL. DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
 DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES
 SECCION DE BRIGADA DE ESTUDIOS IN

CAMINO TRAMO _____
 SUB-TRAMO _____ Km.
 ORIGEN _____ FIN _____

ALCANTARILLA DE LOSA DE _____ x _____ M.
 Proyecto: _____
 Cálculo: _____
 Plano: _____
 Entado: _____
 Ing. _____
 Jefe de Grupo _____
 Jefe de Sección _____
 Ing. M.A. Gutiérrez M.
 Ing. Fernando del Río Parota
 Ing. Fernando Espinosa G.
 Mérida, D.F. _____ de _____ de _____

Al proyecto _____
 En la construcción _____

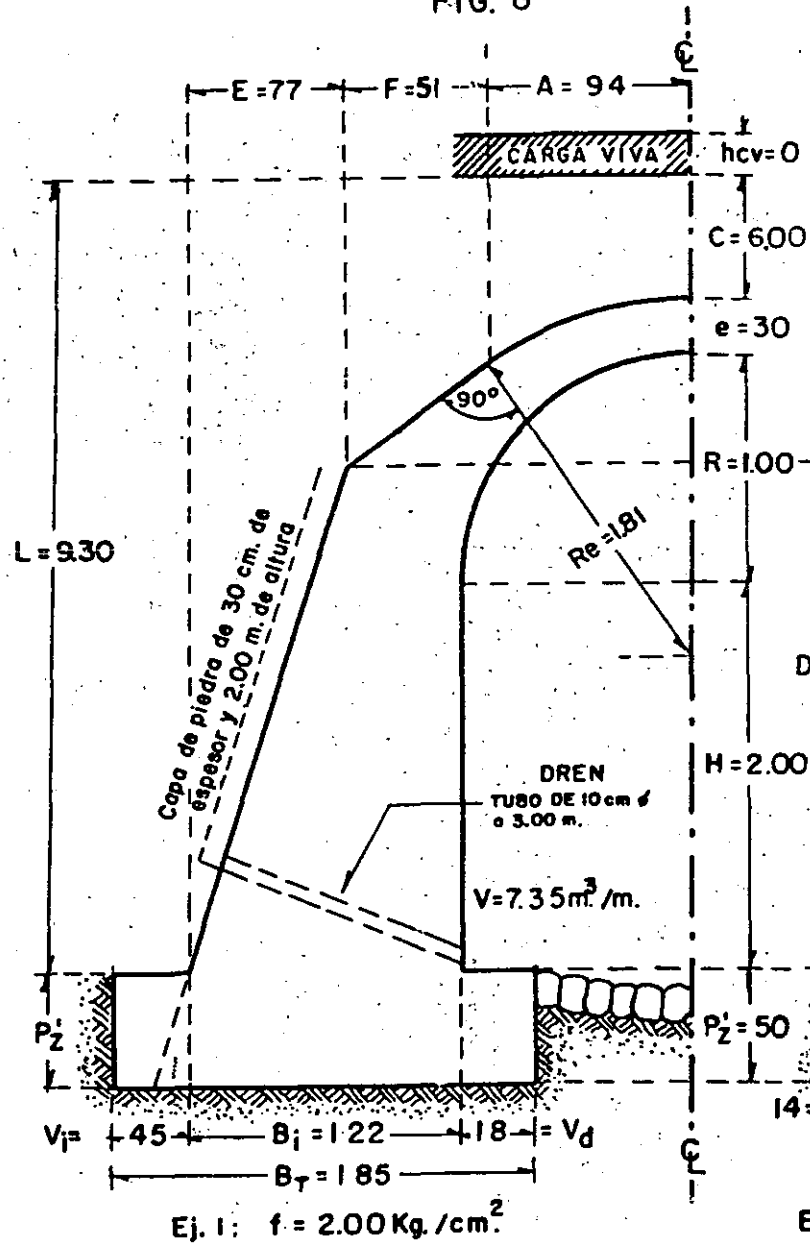
FIG. 7



$$A_h = 2RH + A_z = 4.96 \text{ m}^2 \approx 5.00 \text{ m}^2$$

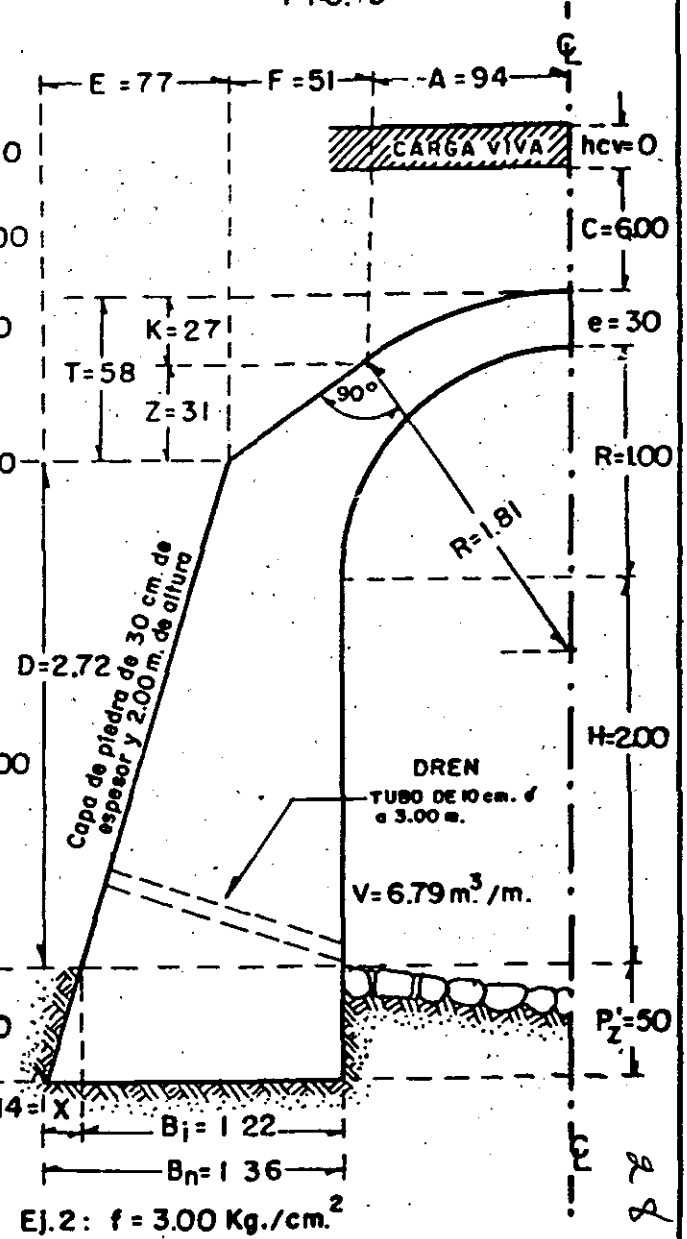
SECCION HIDRAULICA

FIG. 8



Ej. 1: $f = 2.00 \text{ Kg./cm}^2$

FIG. 9



Ej. 2: $f = 3.00 \text{ Kg./cm}^2$

H	d	e	Re	A	F	D	Bi	Vi	Vd	B _T	Pz'	Pz	f	F ₁	F ₂	V
---	---	---	----	---	---	---	----	----	----	----------------	-----	----	---	----------------	----------------	---

R = 2.00 m

3.00 m

2.00	30	2.79	152	135	408	200	0	45	245	100	-	1.80	0.30	3.70	18.91
3.00	30	2.80	155	132	398	200	0	45	245	100	-	1.92	0.80	3.70	18.71
4.00	31	2.81	158	129	389	200	75	45	320	100	-	2.08	1.32	3.68	20.02
5.00	32	2.82	162	127	388	200	95	40	335	100	-	2.27	1.90	3.65	20.44
6.00	40	3.00	172	115	405	200	98	32	330	100	-	2.57	2.54	3.55	21.07
7.00	45	3.18	179	102	423	200	92	18	310	100	-	2.93	3.20	3.42	21.12
8.00	52	3.37	188	88	434	200	80	10	290	100	-	3.25	3.96	3.18	21.07

R = 2.00 m

3.50 m

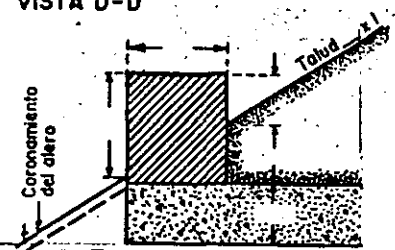
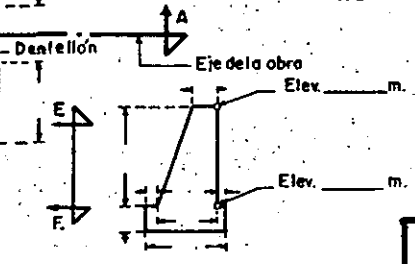
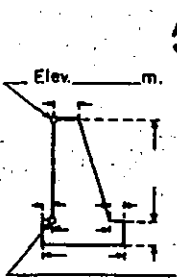
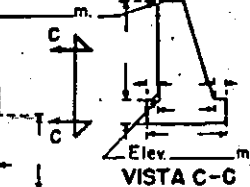
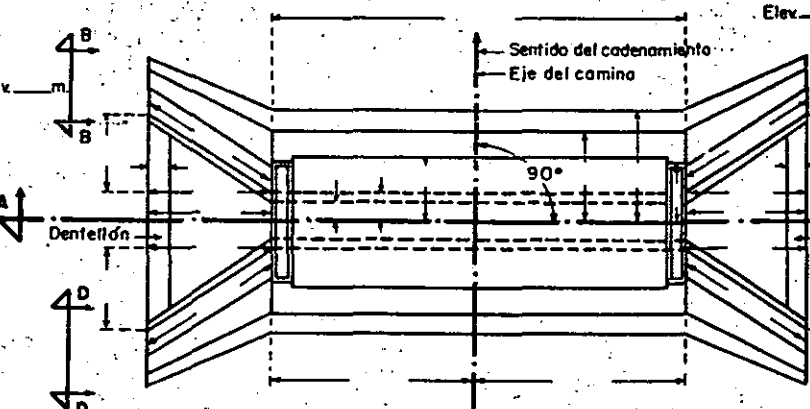
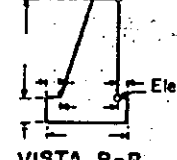
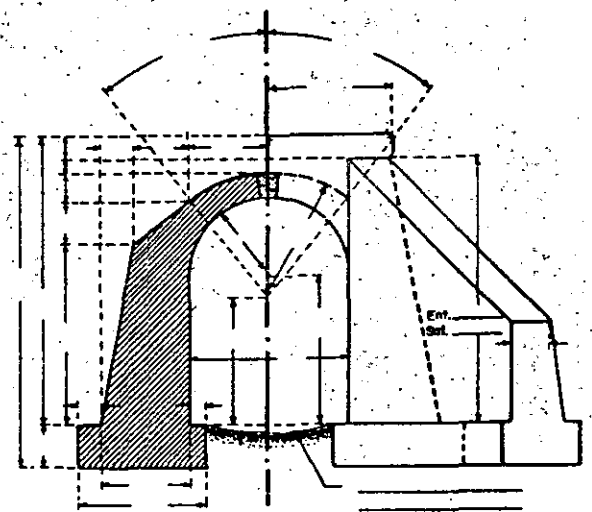
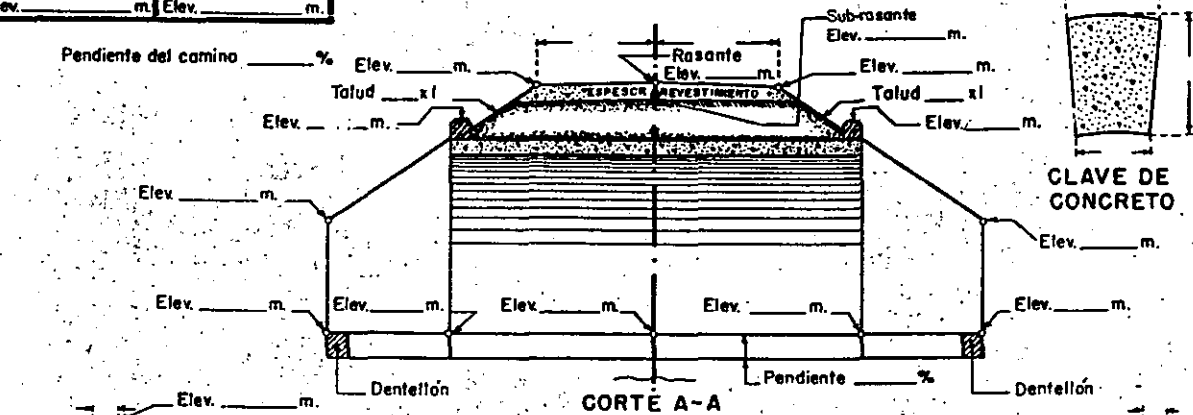
2.00	30	2.79	152	135	458	215	0	95	310	100	60	1.56	-0.30	4.30	22.90
3.00	30	2.80	155	132	448	215	0	70	285	100	55	1.85	0.40	4.30	22.00
4.00	31	2.81	158	129	439	215	40	55	310	100	30	2.13	0.90	4.44	22.08
5.00	32	2.82	162	127	438	215	47	48	310	100	25	2.37	1.45	4.46	22.16
6.00	40	3.00	172	115	455	215	48	42	305	125	0	2.64	1.97	4.47	24.22
7.00	45	3.18	179	102	473	215	50	35	300	125	0	2.92	2.35	4.50	24.53
8.00	52	3.37	188	88	484	215	65	30	310	125	0	3.18	2.83	4.50	25.15

71 B-19

29

Nivel Izq. a _____ m. Nivel Izq. a _____ m.
 Elev. _____ m. Elev. _____ m.

Nivel Der. a _____ m. Nivel Der. a _____ m.
 Elev. _____ m. Elev. _____ m.



NOTAS:-
 LOCALIZACIÓN: Sobre trazo hecho en _____ de 196__ por Brigada N° _____
 CARGAS: Carga Viva tipo _____
 MATERIALES: Clave de concreto de f'c 100 Kg/cm². Arco, Estribos, Aleros, Timpones y Guarniciones de Mampostería de 3a. clase con mortero de cemento 1:5. Zampedo con mortero de cemento 1:5.
 ADAPTACION DEL PROYECTO: El recorta mínimo de los aleros será el indicado; en caso de que se encuentre el terreno natural en una altura mayor será en ese punto. Queda a juicio del Ingeniero Residente la altura definitiva del corte. El desplante se hará en _____ capas de un espesor unitario de trabajo de _____ Kg/cm², para ello se podrá variar su elevación hasta en 2 _____ cm. conservándose los taludes del cuerpo de los estribos y el vuelo y peralte del escocón del cemento.
 DIMENSIONES: En centímetros. Elevaciones referidas al B.N. _____ sobre _____ de Est. _____
 cuya elevación es _____ m.
 ESPECIFICACIONES: Rigor las de la S. C. O. P. 1958.-
 ESPECIALES:

MATERIALES		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Mampostería de tercera clase con mortero de cemento 1:5		m ³
Concreto ciclópeo o en masa		m ³
Zampedo con mortero de cemento 1:5		m ³
Excavación total (aprox.)		
Clasificación ()		

S. O. P.
 DIR. GRAL. DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
 DEPTO. DE VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS
 SECCION DE _____ BRIGADA DE ESTUDIOS N° _____

CAMINO : _____
 TRAMO : _____
 SUB-TRAMO : _____
 Km. _____
 ORIGEN : _____ NACIA _____

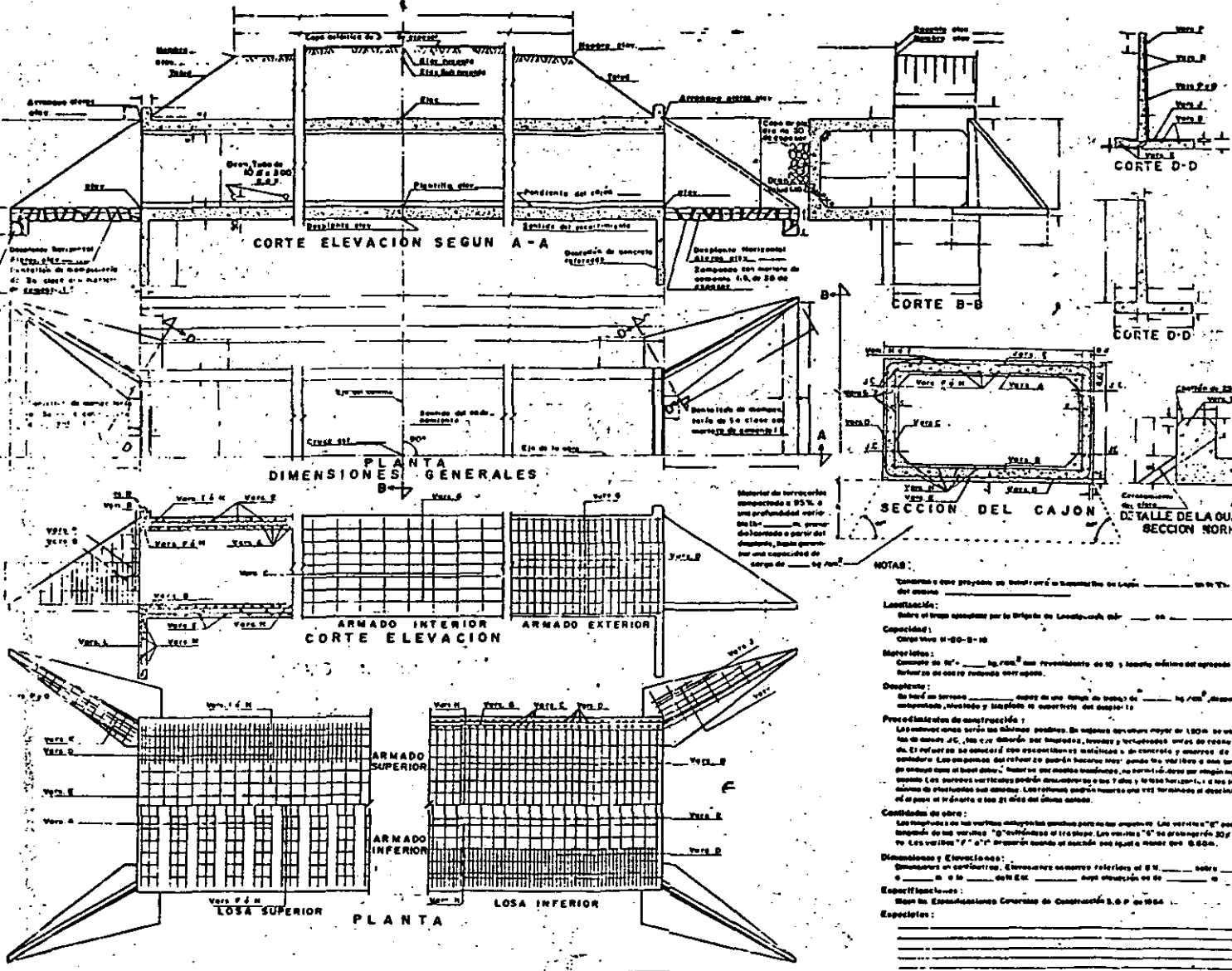
ALCANTARILLA DE BOVEDA DE _____ x _____ EN _____

Propuso: _____	Jefe de Grupo: _____	Jefe de Sección: _____
Calculó: _____		
Revisó: _____		
Entidad: _____	Ing. _____	Ing. M.A. Gutiérrez M.
Jefe de Departamento: _____		Director General: _____
Ing. Fernando del Rio Parodi		Ing. Juan Carlos Escobar
México, D.F. 196__	Foja N° _____ de _____	N° C. _____

MODIFICACIONES

Al proyecto _____

En la construcción _____



CANTIDADES DE OBRA			
LISTA DE MATERIALES			
DESCRIPCION	UNID.	CANT.	UNIDAD
VARS. A			
VARS. B			
VARS. C			
VARS. D			
VARS. E			
VARS. F			
VARS. G			
VARS. H			
VARS. I			
VARS. J			
VARS. K			
VARS. L			
VARS. M			
VARS. N			
VARS. O			
VARS. P			
VARS. Q			
VARS. R			
VARS. S			
VARS. T			
VARS. U			
VARS. V			
VARS. W			
VARS. X			
VARS. Y			
VARS. Z			

Material de reforzación compactado a 95% a una profundidad variable de 10 cm. por debajo de la base del zapata, hasta garantizar una capacidad de carga de 10 kg/cm².

NOTAS:

Tomados de este proyecto se han extraído los planos de la L.O. en la T. del mismo.

Localización: Sitio de la obra situado por la Oficina de Estudios de la O.P.

Capacidad: Capacidad M-100-0-10

Materiales: Concreto de 15' kg/cm² con revenido de 10 y acero de refuerzo de grado S.81 fabricado en acero refinado corrugado.

Disponibilidad: Se hará en terreno plano de una zona de trabajo de 100 m² al menos en haber empalmado, instalado y listo el concreto del zapata.

Procedimientos de construcción: La construcción será en forma normal. En ningún caso mayor de 1.50 m se usará sin las medidas de apoyo de 10' de altura por las paredes y los techos de 10' de altura. El refuerzo se colocará en los momentos de máxima tensión y siempre de acuerdo al cálculo. Las juntas de refuerzo se harán en los puntos de máxima tensión y siempre de acuerdo al cálculo. Las juntas de refuerzo se harán en los puntos de máxima tensión y siempre de acuerdo al cálculo. Las juntas de refuerzo se harán en los puntos de máxima tensión y siempre de acuerdo al cálculo.

Cantidades de obra: Las cantidades de los materiales serán las que se indican en los planos. Las cantidades de los materiales serán las que se indican en los planos. Las cantidades de los materiales serán las que se indican en los planos.

Dimensiones y Elevaciones: Dimensiones en centímetros. Elevaciones en metros referidas al 0 m sobre el nivel del mar.

Especificaciones: Segun las Especificaciones Generales de Construcción S.O.P. de 1954.

Especificos:

RESUMEN	
Concreto de 15' kg/cm ²	1
Acero de refuerzo	1
Detalles de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento 1:5	1
Zapatas con mortero de cemento 1:5, de 30 cm. de espesor.	1
Estimaciones:	1

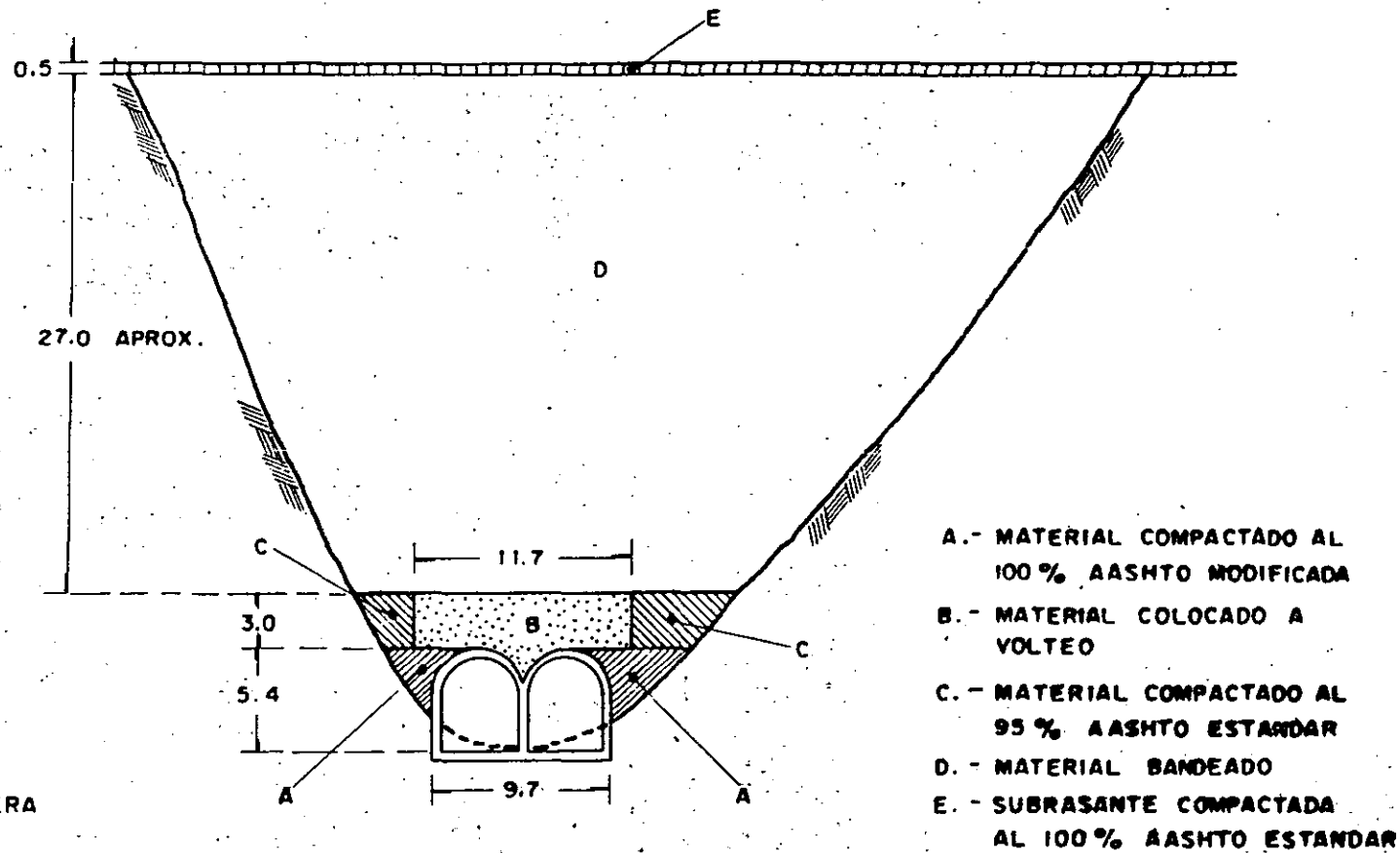
S. O. P.
DIR. GRAL. DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
DEPTO. DE VIAS TERRESTRES
OFICINA DE ALICATILLADO Y ESTRUCTURAS MENORES

CAMINO: _____
TRAMO: _____
SUBTRAMO: _____
ORIGEN: _____
KM: _____

ESTRUCTURA

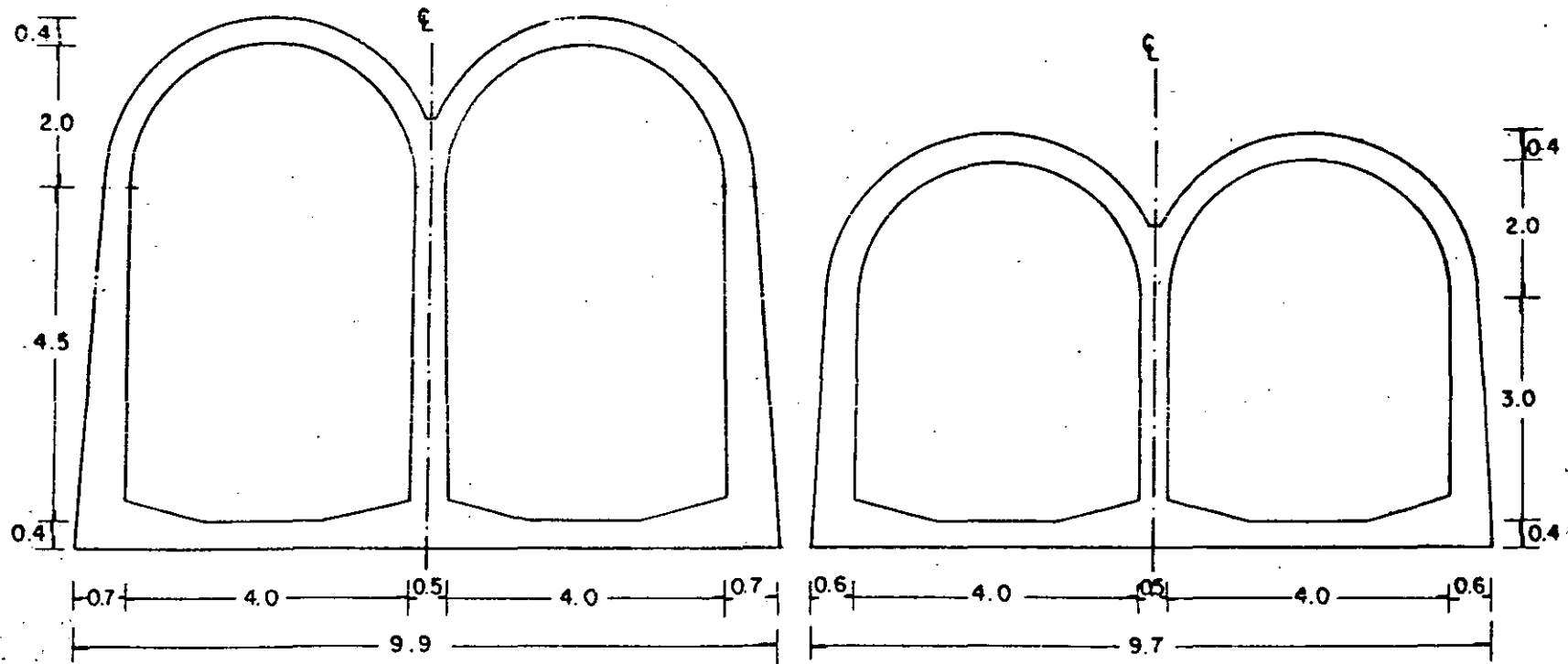
REVISADO: _____ **JEFE DE OFICINA**
ELABORADO: _____ **JEFE DE OFICINA**
APROBADO: _____ **JEFE DE OFICINA**
REVISADO: _____ **JEFE DE OFICINA**
ELABORADO: _____ **JEFE DE OFICINA**
APROBADO: _____ **JEFE DE OFICINA**

MEMORIA: _____ **FECHA:** _____ **DE:** _____



DIBUJO FUERA
DE ESCALA

FIG. II PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TERRAPLEN
SOBRE LA ALCANTARILLA DEL CASO 3



ACOTACIONES EN m.

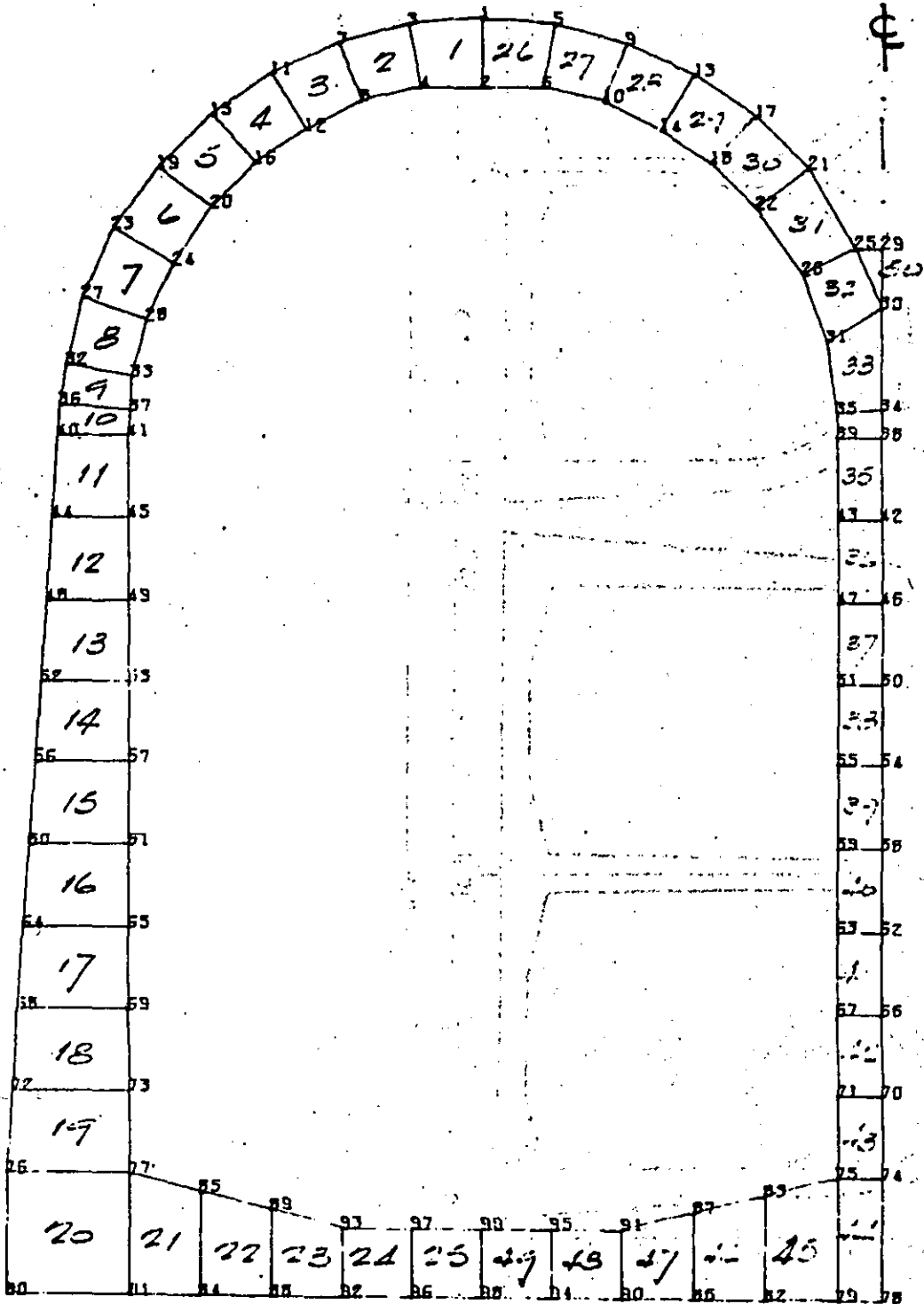
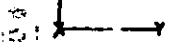
FIG. 10 ALCANTARILLA DEL CASO 3

PLANO DE DEF.-CIM.ELASTICA-DOBLE EN BOCA-

ALCANTARILLA "LA HUERTA"

UNDEFORMED SHAPE

IAxis= 3 ALPHA= 0.00 BETA= 0.00



PLANO DE DEF.-CIM.ELASTICA-DOBLE EN BOCA-

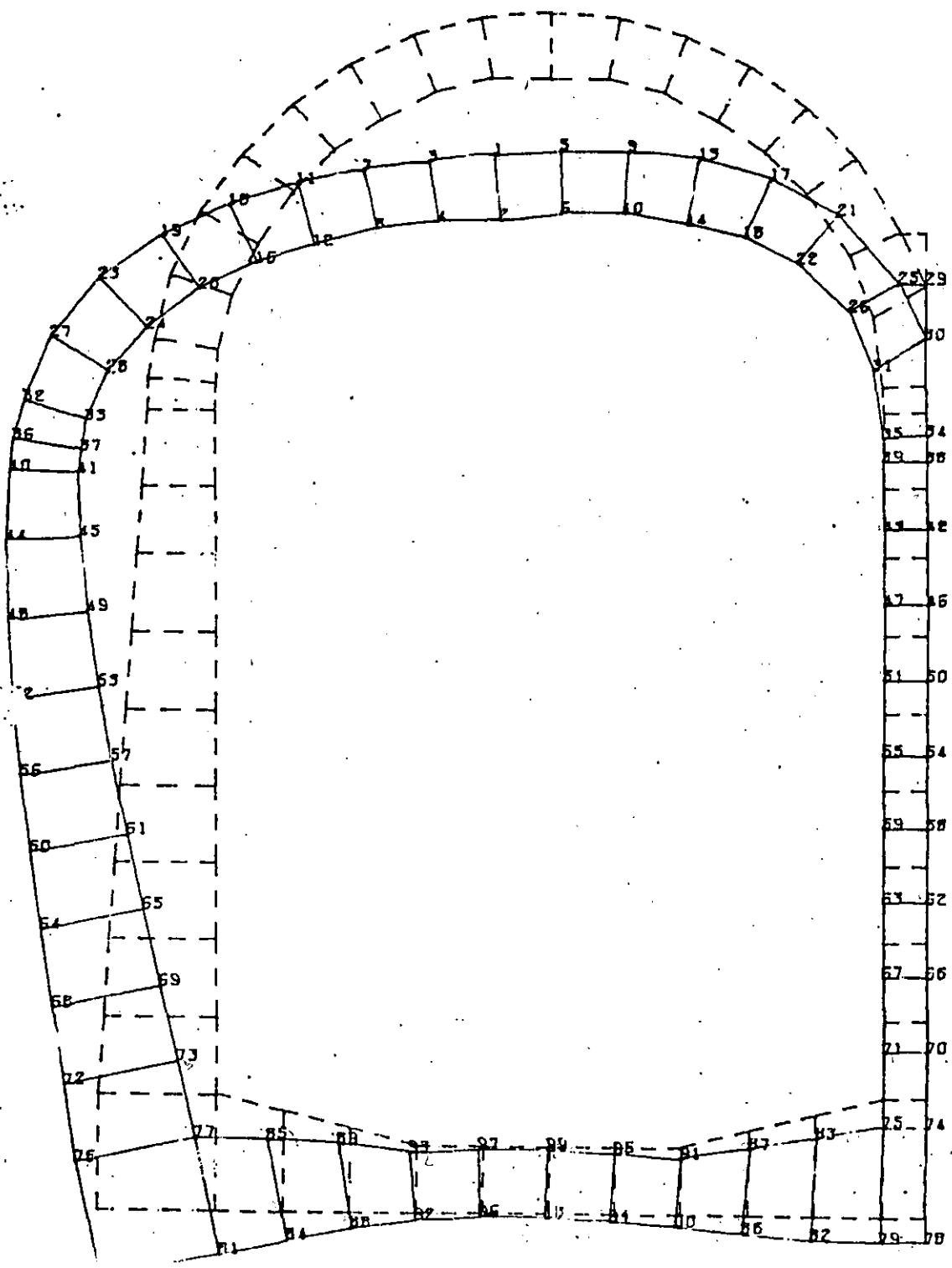
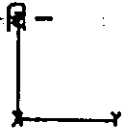
STATIC LOAD CASE 1

IAxis= 3 ALPHA= 0.00

BETA= 0.00

DEFLECTION SCALE FACTOR=

31.172



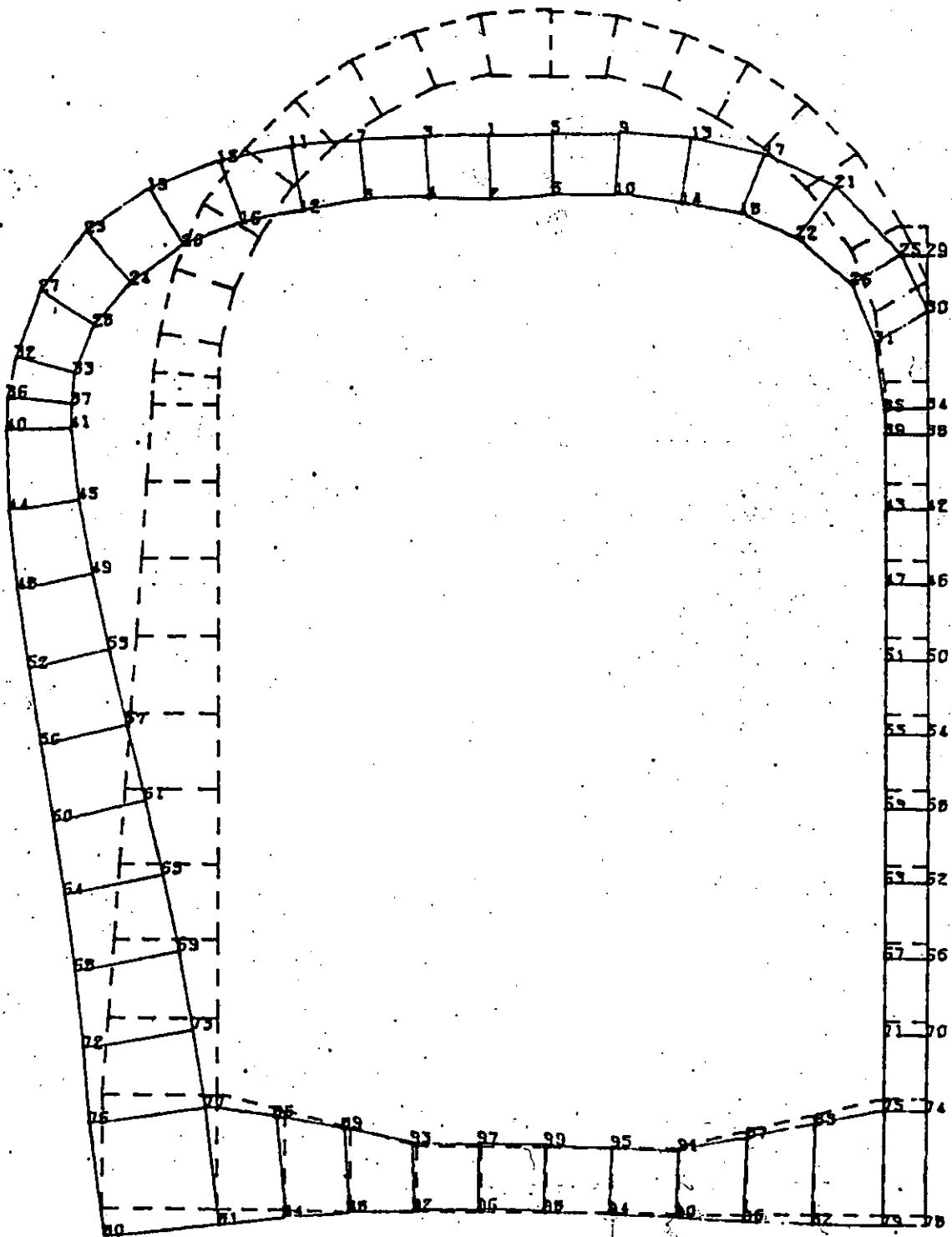
PLANO DE DEF.-CIM. ELASTICA-DOBLE EN BOCA-

STATIC LOAD CASE 2

IAxis = 3° ALPHA = 0.00 BETA = 0.00

DEFLECTION SCALE FACTOR = 1.0065

\downarrow 40 T/M =



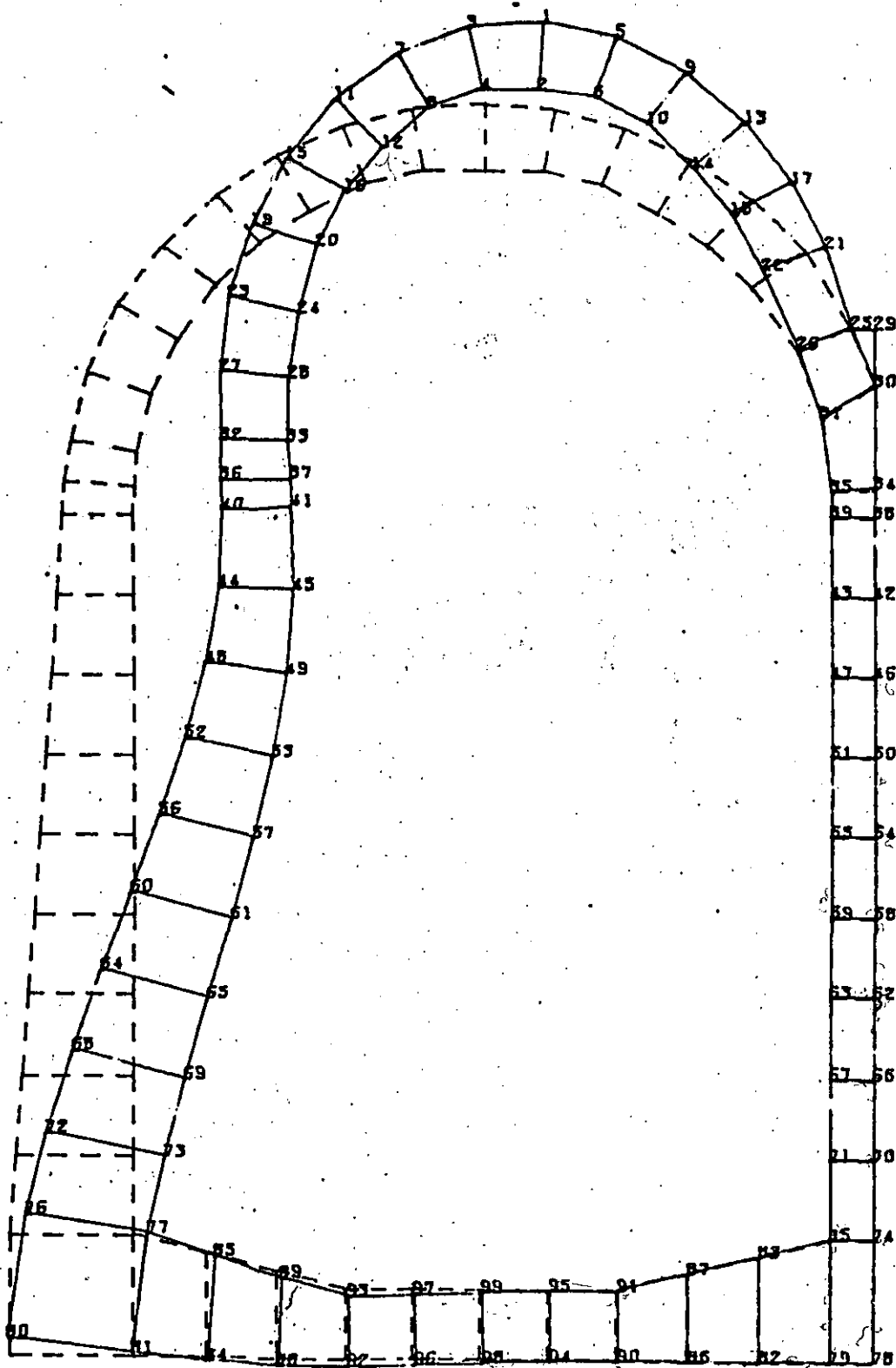
PLANO DE DEF.-CIM.ELASTICA-DOBLE EN BOCA-

STATIC LOAD CASE 3

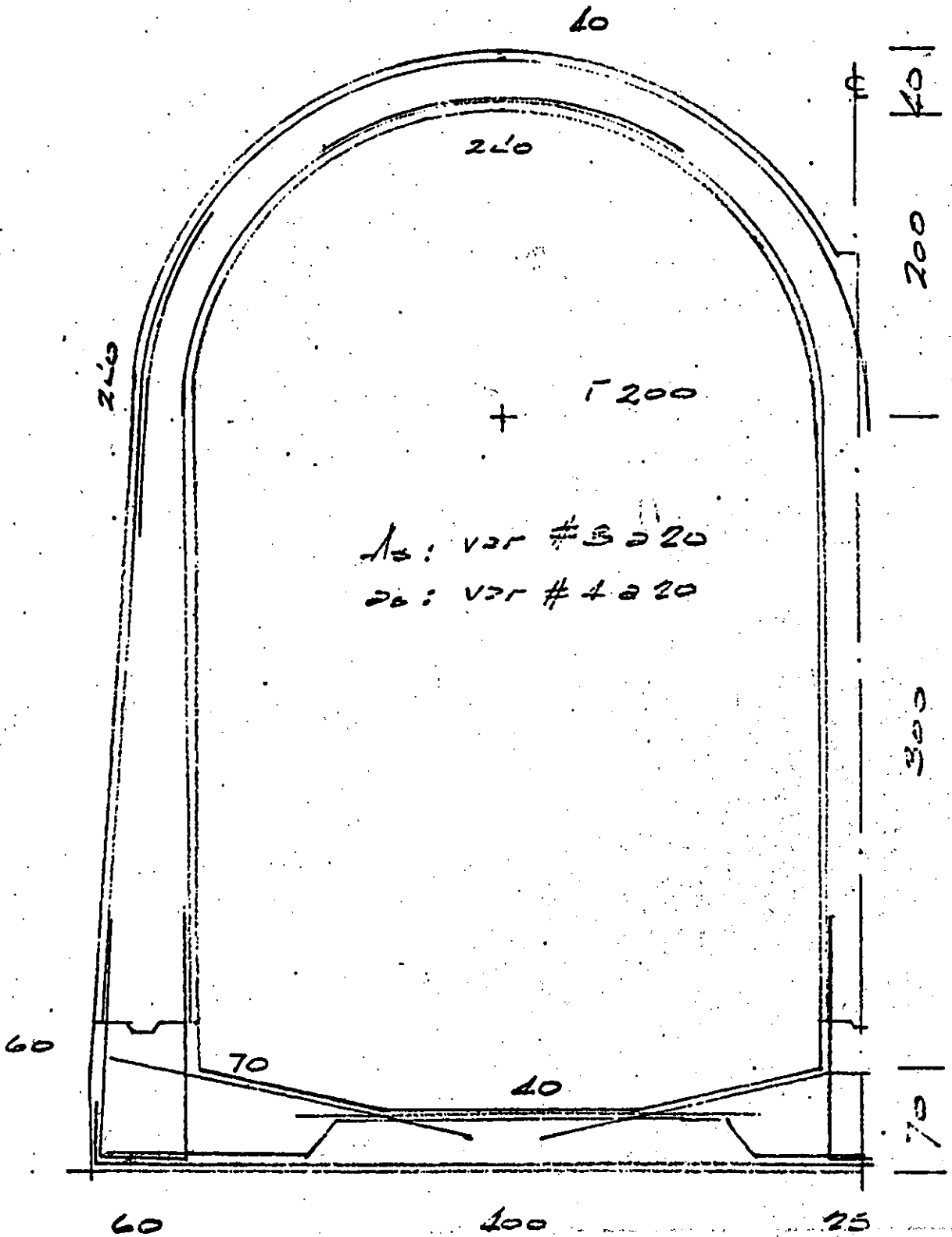
AXIS= 3 ALPHA= 0.00 BETA= 0.00

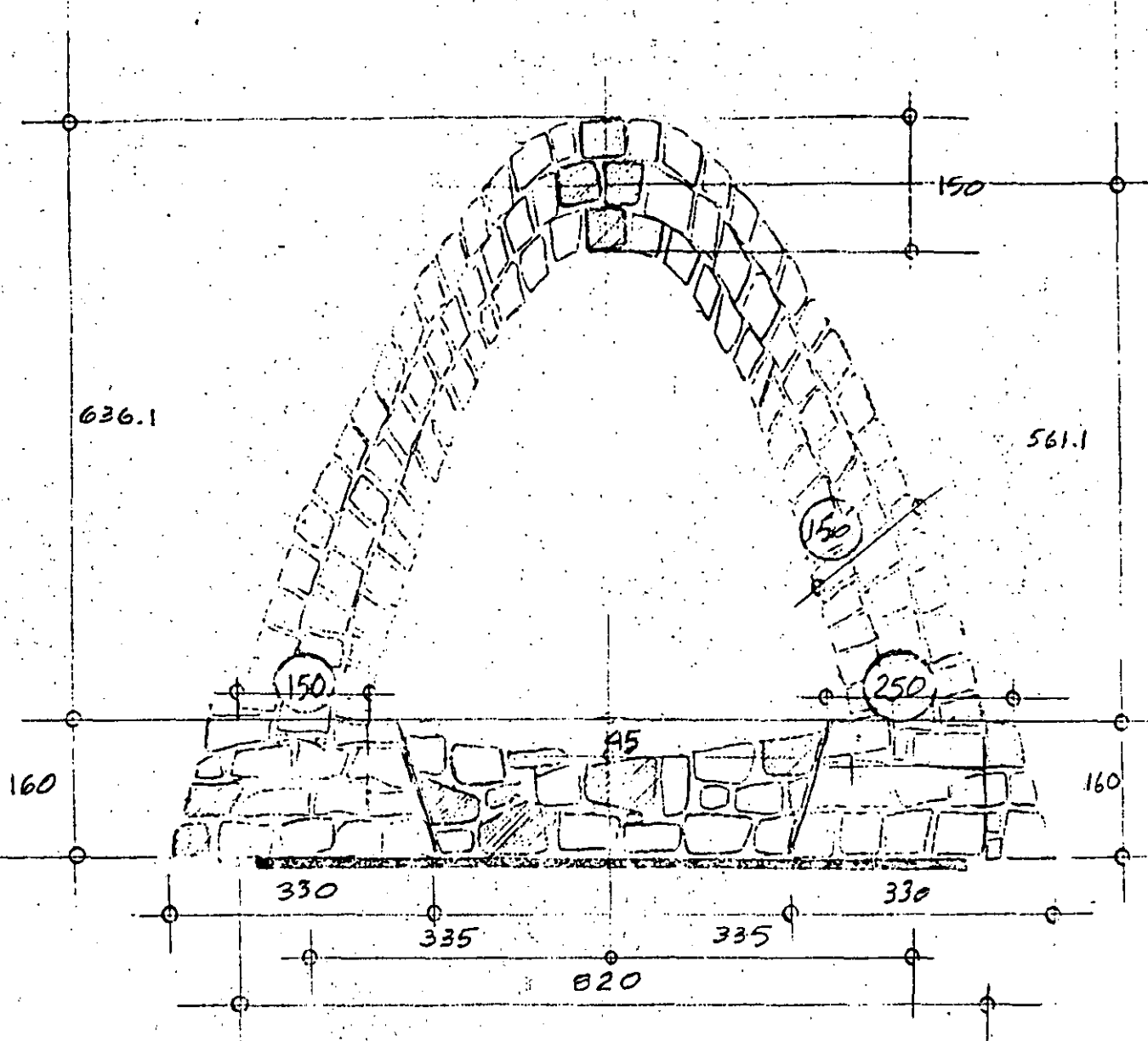
DEFLECTION SCALE FACTOR= 0.7730

→ 17.5 T/M²



ALCANTARILLA "LA HUERTA"





ELEVACION

ESC. 1:75



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
MEXICO D.F.

RECONSTRUCCION

ING. OCTAVIO CONTRERAS
1986

2.- RECONSTRUCCIONES

2.1 Generalidades. La reconstrucción, rehabilitación y ampliación de la capacidad de los sistemas del Aeropuerto mediante obras de infraestructura son acciones que pueden agruparse dentro de las actividades de "Construcción de Aeropuertos".

Es necesario reconstruir, rehabilitar y/o ampliar la capacidad de los sistemas del aeropuerto cuando se presenta una ó varias de las siguientes situaciones:

- Saturación del edificio terminal.
- Insuficiente longitud de pistas para los nuevos equipos y/ó alcance de los vuelos.
- Deficiencias estructurales y/o bajo índice de servicio de los pavimentos por exceso de deterioros.
- Deficiente capacidad de las zonas de combustible por -- aumento en la demanda.
- Absolescencia de las instalaciones por nuevos avances - tecnológicos.

La problemática presentada cuando ocurre una ó varias de las - anteriores situaciones se atenderá contemplando una serie de - alternativas y eligiendo la que ofrezca las mayores ventajas - económicas después de la revisión de las prioridades .

La primera actividad a realizar después de decidir la recons-- trucción será establecer comunicación oficial con las autorida des aeronáuticas para coordinar las acciones a emprender antes y durante la ejecución de las obras.

La coordinación adecuada con las autoridades del aeropuerto -- (administración, comandancia y estación del Seneam) permitirá establecer conjuntamente los horarios y condiciones de trabajo, el control del acceso a vehículos y personal, notificación a - las compañías aéreas, etc., con el propósito general de garan-

tizar la seguridad al tráfico aereo y reducir molestias a los usuarios del aeropuerto sin perjuicio del programa de trabajos.

Por otra parte, será necesario la estricta -- observancia de los reglamentos y normas de seguridad establecidas por las Organizaciones Internacionales relativas a los aeropuertos en operación que por su categoría requieren una reglamentación más rigida.

Por otra parte, será necesario la estricta observancia de los reglamentos y normas de seguridad establecidas por las Organizaciones Internacionales relativas a los aeropuertos en operación que por su categoría requieren una reglamentación más rigida.

L
Las autoridades encargadas de vigilar el cumplimiento de las normas y reglamentos de seguridad son: La Dirección General de Aeronáutica Civil a través de las Comandancias para lo relativo a las operaciones aeronáuticas, la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares para el control del acceso de equipo y personal al aeropuerto y el organismo "Servicios a la Navegación en el Espacio Aereo Mexicano" para mantener la comunicación torre-aeronaves-aereas de maniobra en forma constante y eficiente.

Con el panorama descrito de estrecha coordinación entre autoridades y ejecutan se lleva a cabo la obra física de la reconstrucción aeroportuaria.

2.2.- Reconstrucción de pavimentos asfálticos .

Dado que las condiciones locales de suelos e hidrología subterránea son diferentes en cada caso, el proyecto de reconstrucción de pavimentos es una tarea compleja que requiere de estudios previos y la comparación de alternativas viables .

Cuando se trata de renivelaciones con reposición de carpetas será necesario revisar la estructura existente recorriendo a detalle de las areas pavimentadas observando y levantando

do los deterioros ó fallas mediante un inventario que incluya el tipo de daño, su extensión y severidad.

Otro procedimiento de evaluación recomendable consiste en transitar un equipo rodante de unas 10 a 15 tons. de peso por pierna (un camión lastrado ó un compactador neumático), con el fin de detectar y marcar zonas con deficiencia estructural (baches ó rebotes). El equipo pesado busca simular el paso de una pierna de avión.

Una vez definidas las áreas que requieren reparación, el procedimiento a seguir es similar al de obra nueva. Dicho procedimiento se resume a continuación:

- Remoción de los materiales superficiales de mala calidad hasta alcanzar el piso resistente.
- Reposición de las nuevas capas del pavimento utilizando materiales de calidad y colocación controlada.

Por regla general, los rebotes detectados mediante el tránsito de equipo pesado tienen origen en deficiencias de subdrenaje que provocan saturación excesiva del terreno de cimentación. Por esta razón, los trabajos de reconstrucción de pavimentos deberán contemplar además la evaluación de las condiciones de subdrenaje y la rehabilitación ó instalación del sistema (con tubería perforada a los lados de la franja pavimentada).

Cuando se trata de renivelación de carpetas, el primer trabajo a realizar será una nivelación topográfica de precisión con base en las intersecciones de una cuadrícula que puede ser de 20x10 m hasta 5x3 m, dependiendo del grado de detalle deseado.

Mediante el análisis de los resultados de la nivelación topográfica se definirán las depresiones mayores de 5 cms que habrán de rellenarse previamente con mezcla asfáltica fina para garantizar que el tendido de la sobrecarpeta sea la más uniforme posible.

El espesor de las renivelaciones ó sobrecarpetas normalmente es de 7 cms y se emplean mezclas asfálticas en caliente, aunque en algunos casos las mezclas pueden ser en el lugar ó en frío.

Los procedimientos constructivos en el caso de trabajos de prolongación de pistas en operación no difieren de los comunes excepto de que deberán observarse estrictamente los reglamentos aeronáuticos que restringen el uso de maquinaria en las cercanías de pistas, rodajes ó plataformas.

(1)

Otras restricciones comunes consisten en desplazar -- umbrales de despegue y aterrizaje ó señalamientos especiales en plataformas y rodajes donde las aeronaves transitan a baja velocidad ó se estacionan.

Cuando las reconstrucciones se realizan en áreas en -- que resulta imposible suspender las operaciones aeronáuticas se opta por trabajar de noche, con los naturales inconvenientes de supervisión y calidad de las obras.

Un aspecto muy importante a considerar en trabajos de reconstrucciones nocturnas consiste en la adecuada -- preparación de rampas transversales al eje de la pista al final del tramo ejecutado durante la noche. Es preferible que dichas rampas sean de descenso de relación al sentido de circulación predominante de las aeronaves, con una pendiente nunca mayor al 1% a fin de evitar riesgos de daño a los equipos de vuelo.

2.3.- Casos Históricos.

a) Aeropuerto de Veracruz, Ver.

Aeropuerto originalmente proyectado para la operación de aviones de hélice tipo DC-6. Al aparecer los equipos de reacción en 1968, la longitud de -- pista y composición del pavimento debieron adaptarse a los nuevos requerimientos. Previa verificación por parte de la D.G.A. de las condiciones de espacios aéreos para el nuevo equipo de vuelo, se definieron los trabajos de reconstrucción necesarios.

Los estudios previos realizados fueron los siguientes:

- 1.- Evaluación técnica de los pavimentos, incluyen do un levantamiento detallado de los deterioros.
- 2.- Localización y exploración de bancos de materiales.
- 3.- Nivelación topográfica de precisión. El proyecto y el dimensionamiento del refuerzo de pavimentos se fundamentó en la información obtenida de los estudios previos.

La evaluación técnica de los pavimentos incluyó -- mediciones de deflexiones con viga Benkelman bajo

la acción de un eje de 8.2 tons a lo largo de dos líneas paralelas al eje de pista y a 5 m del mismo. Estas mediciones también se extendieron a las calles de rodaje.

La evaluación de los pavimentos indicó que en los tramos más críticos el espesor necesario debía ser el doble del existente (existía un espesor de 40 cms aproximadamente y se requerían 80 cms.

La superficie del pavimento presentaba una serie de agrietamientos y asentamientos de severidad variable, concentrándose estos deterioros en la franja central de rodamiento.

Se diagnosticó que el origen de los deterioros fueron un escaso mantenimiento y cargas en exceso a la capacidad del pavimento.

La evaluación de pavimentos también incluyó calas ó sondeos de geotécnia para investigar la calidad de los materiales y la composición de la estructura.

El proyecto original propuso la colocación de un refuerzo en la franja central de la pista en un ancho de 15 m y en una longitud de 1,300 m, excavando previamente una caja de 60 cms y reforzando con una sobrecarpeta de 10 cms.

En las franjas laterales de la pista se construiría una sobrecarpeta de espesor variable entre 10 cms hasta 6 cms en los bordes. En las cabeceras de retorno se colocaría un pavimento a base de losas de concreto hidráulico de 28 cms de espesor.

La plataforma de operaciones no se tocaría dado que se encontraba en buenas condiciones (pavimento rígido) y en las calles de rodaje el tratamiento sería a todo lo ancho y similar a los 1300 m centrales de la pista.

Por razones de tiempo, la propuesta inicial del proyecto no se llevó a efecto, eligiéndose una variante consistente en un bacheo enérgico en toda franja central de rodamiento de la pista, removiendo la totalidad de la carpeta antigua hasta dejar una superficie uniforme y continua sobre a cual se construyó un pavimento rígido con losas de 28 cms de espesor. Este procedimiento se aplicó en una longitud de 1500 m de la franja central de roda---

miento de la pista. (6)

Las franjas laterales de la pista se terminaron -- con una sobrecarpeta asfáltica de 7 cms de espesor y el resto de la pista así como los rodajes se tra taron de acuerdo al proyecto original.

b) Aeropuerto de Oaxaca, Oax.

Se trata de un Aeropuerto que hasta 1965 recibía -- aeronaves de hélice por lo cual, como en muchos -- otros casos, al introducirse equipos a reacción se hizo necesario modernizar la infraestructura existente.

El Aeropuerto contaba con una pista de 2,100 x 34m, una calle de rodaje de 188 x 18 m y una plataforma de 150 x 90 m.

La construcción de este Aeropuerto se emprendió en dos etapas: la primera, denominada emergencia y la segunda, de ampliación propiamente dicha.

Las obras de emergencia consistieron en un enérgico bacheo hasta la profundidad de 80 cms en promedio sustituyendo materiales por una capa subrasante de 40 cms compactada al 100% de su peso máximo de laboratorio, una sub-base hidráulica 30 cms de espesor y una carpeta de 5 cms con mezcla asfáltica en el lugar. Además, se ampliaron las cabeceras de la pista hasta 30 m a cada lado del eje con una estructura más robusta dado que se sustituyeron -- materiales hasta una profundidad de 1.2 m con 60 cms de sub-rasante y 60 cms de base impregnada con asfalto rebajado tipo FM-1. Los acotamientos se -- trataron excavando una caja de 2.5 m de ancho por 10 cms de profundidad, compactando el terreno descubierta y rellenando a nivel de rasante con material de banco compactado al 95%.

Las obras de ampliación y reconstrucción propiamente dichas (segunda etapa) consistieron en lo siguiente:

- 1.- Prolongación de la longitud de pista hasta ---
2 450 m.
- 2.- Ampliación del ancho de la calle de rodaje de
18 a 23 m.
- 3.- Ampliación de la longitud de la plataforma de

operaciones a 180 m. (7)

- 4.- Construcción de una nueva calle de rodaje de - 420 x 23 m.
- 5.- Construcción de una plataforma de aviación general.
- 6.- Ampliación del ancho de la pista de 34 a 45 m.
- 7.- Refuerzo de la pista con una sobrecarpeta y -- renivelación de rodaje y plataforma existentes.

2.4 Conclusiones.

La variedad de soluciones que se dan a una reconstrucción dependerá básicamente de los estudios que se tengan realizados a largo plazo desde concepción del proyecto, es decir, que el plan maestro se vaya cumpliendo de acuerdo a los pronósticos hechos para tal fin; así, en la actualidad los aeropuertos construidos en estos últimos cuatro años necesitarán a un plazo que las necesidades requieran, de ampliaciones futuras en pistas, plataformas, edificios, estacionamientos e iluminación de las instalaciones exteriores, ya que actualmente reúnen las condiciones indispensables para satisfacer la demanda inmediata de pasajeros y equipo de transporte.

Otro aspecto, es la concepción de un mantenimiento preventivo desde el inicio de las operaciones por parte de las administraciones que controlan el aeropuerto, pues la falta de atención a éste renglón, conduce ineludiblemente a un acortamiento en la vida útil de las instalaciones aeroportuarias.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
1986

TERMINAL INSTRUMENT PROCEDURES

ING. HECTOR MARTINEZ SANDOVAL
M. XICO, D.F.

FOREWORD

This publication prescribes standardized methods for use in designing instrument flight procedures. It is to be used by all personnel charged with the responsibility for the preparation, approval, and promulgation of terminal instrument procedures. Compliance with criteria contained herein is not a substitute for sound judgment and common sense. These criteria do not relieve procedures specialists and supervisory personnel from exercising initiative or taking appropriate action in recognizing both the capabilities and limitations of aircraft and navigational aid performance. These criteria are predicated on normal aircraft operations for considering obstacle clearance requirements.

The FAA recognizes that the increase in air traffic volume and technical improvements to air navigation systems require continuing emphasis on updating flight procedures standards.

This emphasis will be directed toward reassessment of three basic factors which contribute to overall system accuracy; e.g., ground element, airborne element, and flight technical (pilotage) element.

Analysis of individual ground system performance, using flight check information in the immediate vicinity of the facility used will be pursued in the development of standard values for assessing the dimensions of obstacle clearance areas.

Additionally, recognition will be given to airborne receiver performance to assure that credit is given to accepted improvements made in the state of the art. Concurrently, a review of airborne receiver performance is being conducted to determine whether existing standards need to be changed.

Pilotage error standards will be investigated to determine whether recent technological and operational advances indicate a change to the present standards is required.

Our overall objective is to assure that credit is allowed for improvements made in the ground and airborne environment and to assure that maximum safe use of airspace is realized.

With this in mind, an annual review of this publication by the signatory agencies, in coordination with other interested parties, will be conducted at the call of the FAA, Flight Standards Service. More frequent reviews shall be conducted if required by a signatory agency. The FAA will provide approved changes to this publication by means of revision notices as required.

Recommendations concerning changes or additions should be provided to one of the following approving authorities as appropriate:

FLIGHT STANDARDS SERVICE, FAA, Washington, D.C. 20590 (Civil Procedures)
DIRECTOR, U.S. Army Air Traffic Control Activity, Aeronautical Services Office (USAATCA-ASO), Cameron Station, Alexandria, Va. 22314
CHIEF OF NAVAL OPERATIONS, OP-513, Washington, D.C. 20350
HEADQUARTERS, U.S. Air Force XOOTF, Washington, D.C. 20330
COMMANDANT, (G-OSR-2/73) U.S. Coast Guard, Washington, D.C. 20590

These criteria have been officially adopted by the Federal Aviation Administration, the United States Army, the United States Navy, the United States Air Force, and the United States Coast Guard. They are applicable at any

location where the United States exercises jurisdiction over flight procedures in terminal areas. In addition, these criteria may be utilized for the development of special instrument approach procedures for use by U.S. military and air carriers at foreign airports.

BY ORDER OF THE SECRETARIES OF THE ARMY, NAVY, AIR FORCE, AND TRANSPORTATION.

OFFICIAL:

J. C. PENNINGTON
Brigadier General, United States Army
The Adjutant General

BERNARD W. ROGERS
General, United States Army
Chief of Staff

OFFICIAL:

J. W. NANCE
Rear Admiral, U.S. Navy
Assistant Vice Chief of Naval
Operations/Director of Naval
Administration

OFFICIAL:

VAN L. CRAWFORD, Jr.
Colonel, USAF
Director of Administration Services

LEW ALLEN, Jr.
General, United States
Air Force
Chief of Staff

NORMAN C. VENZKE
Rear Admiral, United States
Coast Guard
Chief, Office of Operations

J. A. FERRARESE
Acting Director, Flight Standards Service
Federal Aviation Administration

OPNAVINST 3722.16C

Distribution:

SNDL A4A	CHIEF OF NAVAL MATERIAL
A6	HEADQUARTERS, U.S. MARINE CORPS
21A	FLEET COMMANDERS IN CHIEF
22	FLEET COMMANDERS
23	FORCE COMMANDERS
24A	NAVAL AIR FORCE COMMANDERS
24J	FLEET MARINE FORCE COMMANDS
28A	CARRIER GROUP
42	NAVAL AVIATION
46	FLEET MARINE FORCE - AVIATION
C2	NAVAL OFFICERS AT AIR FORCE ACTIVITIES (NAVREPs Only)
FF2	BASE
FF4	AIR FACILITY CNO (NAF WASH)
FF5	SAFETY CENTER
FF18	TACTICAL DOCTRINE ACTIVITY
FA5	AIR FACILITY LANT
FA6	AIR STATION LANT
FA7	STATION LANT (GTMO, KEFLAVIK, MAYPORT Only)
FA24	BASE LANT (ROOSEVELT ROADS Only)
FB6	AIR FACILITY PAC
FB7	AIR STATION PAC
FB10	STATION PAC (ADAK Only)
FC4	AIR FACILITY NAVEUR
FC7	STATION NAVEUR
FD2	NAVAL OCEANOGRAPHIC OFFICE (Code 3142) (35)
FKA1A	AIR SYSTEMS COMMAND HQ (AIR 5374)
FKA6A1	AIR DEVELOPMENT CENTER
FKA6B1	AIR FACILITY CNM
FKM19	PUBLICATIONS AND PRINTING SERVICE
FKR1A	AIR STATION NAVAIRSYSCOM
FR1	CHIEF OF NAVAL RESERVE
FR3	AIR STATION CNAVRES
FR4	AIR FACILITY CNAVRES
FT1	CHIEF OF NAVAL EDUCATION AND TRAINING
FT2	CHIEF OF NAVAL AIR TRAINING
FT5	CHIEF OF NAVAL TECHNICAL TRAINING
FT6	AIR STATION CNET
FT13	AIR TECHNICAL TRAINING CENTER (MEMPHIS Only)
V3	MARINE CORPS AIR BASES COMMANDERS
V5	MARINE CORPS AIR STATION

OP's 090, 90, 09B1, 09B24(5), 05(6), 51, 513(35), 52(5)

Stocked:

CO, NAVPUBFORMCEN
5801 Tabor Avenue
Phila., PA 19120

U.S. Army:

In accordance with DMA Catalog of Maps, Charts and Related Products

U.S. Air Force:

In accordance with DOD Catalog of Charts and Flips
RQN. FM. DMAAC, ATTN: PDD
St. Louis AFS, Missouri 63125

PUBLIC AVAILABILITY OF INFORMATION. This Handbook is in no way restricted, and the employee to whom it is issued will make it available for review by the public upon request.

TABLE OF CONTENTS

		Page No.
Foreword	.....	iii
CHAPTER 1.	ADMINISTRATIVE	
Section 1.	Scope	1
1.	Purpose	1
2.	Distribution	1
3.	Cancellation	1
4.	Existing Procedures	1
5.	Types of Procedures	1
6.-119.	Reserved	1
Section 2.	Eligibility, Approval, and Retention	1
120.	Eligibility	1
121.	Requests for Procedures	2
122.	Approval	2
123.	Retention and Cancellation	2
124.-129.	Reserved	3
Section 3.	Responsibility and Jurisdiction	3
130.	Responsibility	3
131.	Jurisdiction	3
132.-139.	Reserved	3
Section 4.	Establishment	3
140.	Formulation	3
141.	Nonstandard Procedures	3
142.	Changes	4
143.-149.	Reserved	4
Section 5.	Coordination	4
150.	Coordination	4
151.	Coordination Conflicts	4
152.-159.	Reserved	4
Section 6.	Identification of Procedures	5
160.	Identification of Procedures	5
161.	Straight-In Procedures Identification	5
162.	Circling Procedure Identification	5
163.	Differentiation	5
164.-169.	Reserved	5
Section 7.	Publication	5
170.	Submission	5
171.	Issuance	5
172.	Effective Date	5
173.-199.	Reserved	5

CHAPTER 2. GENERAL CRITERIA

200.	Scope	7
201.-209.	Reserved	7
Section 1.	Common Information	7
210.	Units of Measurement	7
211.	Positive Course Guidance	7
212.	Approach Categories	7
213.	Approach Category Application	8
214.	Procedure Construction	8
215.	Controlling Obstacle(s)	8
216.-219.	Reserved	8
Section 2.	Enroute Operations	8
220.	Feeder Routes	8
221.	Minimum Safe Altitudes	8
222.-229.	Reserved	10
Section 3.	Initial Approach	10
230.	Initial Approach Segment	10
231.	Altitude Selection	10
232.	Initial Approach Segments Based on Straight Courses and Arcs with Positive Course Guidance.	10
233.	Initial Approach Segment Based on Dead Reckoning (DR)	11
234.	Initial Approach Segment Based on a Procedure Turn	12
235.	Initial Approach Segment Based on a High Altitude Teardrop Penetration	14
236.-239.	Reserved	15
Section 4.	Intermediate Approaches	15
240.	Intermediate Approach Segment	15
241.	Altitude Selection	17
242.	Intermediate Approach Segment Based on Straight Courses	17
243.	Intermediate Approach Segment Based on an Arc	18
244.	Intermediate Approach Segment Within a Procedure Turn Segment	18
245.-249.	Reserved	19
Section 5.	Final Approach	19
250.	Final Approach Segment	19
251.	Visual Portion of the Final Approach Segment	19
252.	Descent Gradient	21
253.-259.	Reserved	21
Section 6.	Circling Approach	21
260.	Circling Approach Area	21
261.	Circling Approach Area Not Considered for Obstacle Clearance	21
262.-269.	Reserved	22
Section 7.	Missed Approach	22
270.	Missed Approach Segment	22
271.	Missed Approach Alignment	22
272.	Missed Approach Point (MAP)	22

273.	Straight Missed Approach Area	22
274.	Straight Missed Approach Obstacle Clearance	22
275.	Turning Missed Approach Area	23
276.	Turning Missed Approach Obstacle Clearance	26
277.	Combination Straight & Turning Missed Approach Area	27
278.	End of Missed Approach	29
279.	Reserved	29
Section 8.	Terminal Area Fixes	29
280.	General	29
281.	Fixes Formed by Intersection	29
282.	DME Fixes	29
283.	Fixes Formed by Radar	29
284.	Fix Displacement Area	29
285.	Intersection Fix Displacement Factors	29
286.	Other Fix Displacement Factors	31
287.	Satisfactory Fixes	31
288.	Using Fixes for Descent	32
289.	Obstacles Close to a Final Approach or Stepdown Fix	33
Section 9.	Holding	35
290.	Holding Patterns	35
291.	Alignment	35
292.	Area	35
293.	Obstacle Clearance	36
294.-299.	Reserved	36
CHAPTER 3.	TAKEOFF & LANDING MINIMUMS	
300.	Application	37
301.-309.	Reserved	37
Section 1.	General Information	37
310.	Establishment	37
311.	Publication	37
312.-319.	Reserved	37
Section 2.	Altitudes	37
320.	Minimum Descent Altitude (MDA)	37
321.	MDA for Straight-In Approach	37
322.	MDA for Circling Approach	37
323.	Minima Adjustments	37
324.	Decision Height (DH)	38
325.-329.	Reserved	38
Section 3.	Visibilities	38
330.	Establishment of Visibility Minimums	38
331.	Effect of HAT/HAA and Facility Distance on Straight-In and Circling Visibility Minimums	39
332.	Deleted	39
333.	Runway Visual Range (RVR)	39
334.	Runway Requirements for Approval of RVR	39
335.	Comparable Values of RVR and Ground Visibility	40
336.-339.	Reserved	41

Section 4:	Visibility Credit for Lights	41
340.	General	41
341.	Standard Lighting Systems	41
342.	Operational Conditions	41
343.	Visibility Reduction	41
344.	Other Lighting Systems	41
345.-349.	Reserved	42
Section 5.	Standard Minimums	42
350.	Standard Straight-In Minimums	42
351.	Standard Circling Minimums	42
352.-359.	Reserved	42
Section 6.	Alternate Minimums	42
360.	Standard Alternate Minimums	42
361.-369.	Reserved	42
Section 7.	Departures	42
370.	Standard Takeoff Minimums	42
371.-399.	Reserved	42
CHAPTER 4.	ON-AIRPORT VOR (NO FAF)	
400.	General	45
401.-409.	Reserved	45
Section 1.	Low Altitude Procedures	45
410.	Feeder Routes	45
411.	Initial Approach Segment	45
412.	Intermediate Segment	45
413.	Final Approach Segment	45
414.	Missed Approach Segment	47
415.-419.	Reserved	47
Section 2.	High Altitude Teardrop Penetrations	47
420.	Feeder Routes	47
421.	Initial Approach Segment	47
422.	Intermediate Segment	47
423.	Final Approach Segment	47
424.	Missed Approach Segment	49
425.-499.	Reserved	49
CHAPTER 5.	TACAN, VOR/DME, AND VOR WITH FAF	
500.	General	51
501.-509.	Reserved	51
Section 1.	VOR with FAF	51
510.	Feeder Routes	51
511.	Initial Approach Segment	51
512.	Intermediate Approach Segment	51

513.	Final Approach Segment	51
514.	Missed Approach Segment	55
515.-519.	Reserved	56
Section 2.	TACAN and VOR/DME	56
520.	Feeder Routes	56
521.	Initial Segment	56
522.	Intermediate Segment	56
523.	Final Approach Segment	56
524.	Missed Approach Segment	57
525.-599.	Reserved	57
CHAPTER 6.	NDB PROCEDURES, ON-AIRPORT FACILITY, NO FAF	
600.	General	59
601.-609.	Reserved	59
Section 1.	Low Altitude Procedures	59
610.	Feeder Routes	59
611.	Initial Approach Segment	59
612.	Intermediate Segment	59
613.	Final Approach Segment	59
614.	Missed Approach Segment	61
615.-619.	Reserved	61
Section 2.	High Altitude Teardrop Penetrations	61
620.	Feeder Routes	61
621.	Initial Approach Segment	61
622.	Intermediate Segment	61
623.	Final Approach Segment	61
624.	Missed Approach Segment	63
625.-699.	Reserved	63
CHAPTER 7.	NDB AND L/MF RANGE WITH FAF	
700.	General	65
701.-709.	Reserved	65
Section 1.	NDB with FAF	65
710.	Feeder Routes	65
711.	Initial Approach Segment	65
712.	Intermediate Approach Segment	65
713.	Final Approach Segment	65
714.	Missed Approach Segment	67
715.-719.	Reserved	68
Section 2.	L/MF Range	68
720.	General	68
721.	Radio Range Course Identification	68
722.-729.	Reserved	68

Section 3.	L/MF Range Criteria	68
730.	Feeder Routes	68
731.	Initial Approach Segment	68
732.	Intermediate Approach Segment	68
733.	Final Approach Segment	68
734.	Missed Approach Segment	70
735.-799.	Reserved	70
CHAPTER 8.	VHF/UHF DF PROCEDURES	
800.	General	71
801.-809.	Reserved	71
Section 1.	VHF/UHF DF Criteria	71
810.	Enroute Operations	71
811.	Initial Approach Segment	71
812.	Intermediate Approach Segment	72
813.	Final Approach Segment	72
814.	Missed Approach Segment	73
815.-819.	Reserved	73
Section 2.	Communications	73
820.	Transmission Interval	73
821.-829.	Reserved	73
Section 3.	Minimums	73
830.	Approach Minimums	73
831.-899.	Reserved	73
CHAPTER 9.	INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS)	
900.	General	75
901.	Definition of Types	75
902.-909.	Reserved	75
Section 1.	ILS Category I Components	75
910.	System Components	75
911.	Compass Locator (LOM, LMM)	75
912.	Distance Measuring Equipment (DME)	75
913.	Inoperative Components	75
914.-919.	Reserved	75
Section 2.	ILS Category I Criteria	75
920.	Feeder Routes	75
921.	Initial Approach Segment	75
922.	Intermediate Segment	76
923.	Descent Gradient	76
924.	Altitude Selection	76
925.-929.	Reserved	76
Section 3.	ILS Category I Final Approach	77
930.	Final Approach Segment	77
931.	Final Approach Obstacle Clearance Surface	77

932.	Transitional Surfaces	77
933.	Deleted	78
934.	Obstacle Clearance Outside the DH Point	78
935.	Obstacle Clearance Inside the DH Point	78
936.	Glide Slope	78
937.	Relocation of Glide Slope	80
938.	Decision Height	80
Section 4.	ILS Category I Missed Approach	81
940.	Missed Approach Segment	81
941.	Missed Approach Point (MAP)	81
942.	Straight Missed Approach	81
943.	Turning Missed Approach	81
944.	Missed Approach Obstacle Clearance	82
945.	Combination Straight and Turning Missed Approach Area	82
946.-949.	Reserved	82
Section 5.	Localizer and LDA	82
950.	Feeder Routes, Initial Approach, and Intermediate Segments	82
951.	Use of Localizer Only	83
952.	Alignment	83
953.	Area	83
954.	Obstacle Clearance	84
955.	Descent Gradient	84
956.	Minimum Descent Altitude.	84
957.	Missed Approach Segment	84
958.-959.	Reserved	84
Section 6.	ILS Category II	84
960.-969.	Reserved	84
Section 7.	ILS Category III	84
970.-979.	Reserved	84
Section 8.	Reserved	84
980.-989.	Reserved	84
Section 9.	Simultaneous ILS Procedures	84
990.	General	84
991.	System Components	84
992.	Runway Separation	84
993.	Feeder Routes	84
994.	Initial Approach Segment	84
995.	Intermediate Approach Segment	85
996.	Final Approach Segment	85
997.	Missed Approach Segment	85
998.-999.	Reserved	85
CHAPTER 10.	RADAR PROCEDURES	
1000.	General	87
1000.-1009.	Reserved	87

Section 1.	Precision Approach Radar (PAR)	87
1010.	System Components	87
1011.	Inoperative Components	87
1012.	Lost Communication Procedures	87
1013.	Feeder Routes and Initial Approach Segments	87
1014.	Intermediate Approach Segment	87
1015.	Descent Gradient	87
1016.	Altitude Selection	88
1017.-1019.	Reserved	88
Section 2.	PAR Final Approach	88
1020.	Final Approach Segment	88
1021.	Final Approach Obstacle Clearance Surface	89
1022.	Transitional Surfaces	89
1023.	Deleted	89
1024.	Obstacle Clearance Outside the DH Point	89
1025.	Obstacle Clearance Inside the DH Point	89
1026.	Glide Slope	89
1027.	Relocation of Glide Slope	90
1028.	Decision Height (DH)	90
1029.	Reserved	90
Section 3.	PAR Missed Approach	90
1030.	Missed Approach Segment	90
1031.	Missed Approach Point (MAP)	90
1032.	Straight Missed Approach	90
1033.	Turning Missed Approach	92
1034.	Missed Approach Obstacle Clearance	92
1035.	Combination Straight and Turning Missed Approach	93
1036.-1039.	Reserved	93
Section 4.	Airport Surveillance Radar (ASR)	93
1040.	General	93
1041.	Initial Approach Segment	93
1042.	Intermediate Approach Segment	95
1043.	Altitude Selection	96
1044.	Final Approach Segment	96
1045.	Deviation from Established Radar Patterns	98
1046.	Radar Monitor	98
1047.	Lost Communication Procedures	98
1048.	Missed Approach Segment	98
1049.	Reserved	98
Section 5.	Simultaneous PAR Procedures	98
1050.	General	98
1051.-1059.	Reserved	98
Section 6.	Airborne Radar Procedures	98
1060.	General	98
1061.-1099.	Reserved	98

CHAPTER 11. HELICOPTER PROCEDURES

Section 1.	Administrative	99
1100.	General	99
1101.	Terminology	99
1102.	Deleted	99
1103.	Type of Procedure	99
1104.	Facilities for Which Criteria are not Provided	99
1105.	Procedure Identification	99
Section 2.	General Criteria	99
1106.	Application	99
1107.	Point in Space Approach	100
1108.	Approach Categories	100
1109.	Procedure Construction	100
1110.	Descent Gradient	100
1111.	Initial Approach Segments Based on Straight Courses and Arcs with Positive Course Guidance	100
1112.	Initial Approach Based on a Procedure Turn	100
1113.	Intermediate Approach Segment Based on Straight Courses	101
1114.	Intermediate Approach Segment Based on an Arc	101
1115.	Intermediate Segment Within a Procedure Turn Segment	101
1116.	Final Approach	101
1117.	Missed Approach Point	101
1118.	Straight Missed Approach Area	101
1119.	Straight Missed Approach Obstacle Clearance	102
1120.	Turning Missed Approach Area	102
1121.	Turning Missed Approach Obstacle Clearance	102
1122.	Combination Straight and Turning Missed Approach	102
1123.	Holding Alignment	102
1124.	Holding Area	102
Section 3.	Takeoff and Landing Minimums	102
1125.	Application	102
1126.	Altitudes	102
1127.	Visibility	102
1128.	Visibility Credit	103
1129.	Takeoff Minimums	104
Section 4.	On-Heliport VOR (No FAF)	104
1130.	General	104
1131.	Initial and Intermediate Segments	104
1132.	Final Approach Segment	104
Section 5.	TACAN, VOR/DME, and VOR with FAF	104
1133.	Final Approach Segment	104
1134.	Reserved	104
1135.	Missed Approach Point	104

1136.	ARC Final Approach Segment Radius	105
1137.	ARC Final Approach Segment Alignment	105
1138.	Reserved	105
Section 6.	On-Heliport NDB, No FAF.	105
1139.	General	105
1140.	Final Approach Segment.	105
Section 7.	NDB Procedures with FAF.	106
1141.	General	106
1142.	Final Approach Segment	106
1143.	Missed Approach Point	106
Section 8.	Reserved	106
1144.-1149.	Reserved	106
Section 9.	ILS Procedures.	106
1150.	General	106
1151.	Intermediate Approach Segment	106
1152.	Final Approach Segment	106
1153.	Missed Approach Area	106
1154.	Microwave ILS.	106
1155.	Localizer and LDA	106
Section 10.	Precision Approach Radar (PAR)	107
1156.	Intermediate Approach Segment	107
1157.	Reserved.	107
1158.	Final Approach Segment.	107
1159.	Final Approach Alignment.	107
1160.	Final Approach Area	107
1161.	Reserved	107
1162.	Final Approach Obstacle Clearance Surface	107
1163.	Transitional Surfaces	108
1164.	Obstacle Clearance	108
1165.	Glide Slope	108
1166.	Relocation of the Glide Slope	108
1167.	Adjustment of DH	108
1168.	Missed Approach Obstacle Clearance.	108
1169.	Straight Missed Approach Area.	109
1170.	Turning Missed Approach Area	110
1171.	Combination Straight and Turning Missed Approach Area.	110
Section 11.	Airport Surveillance Radar (ASR).	111
1172.	Initial Approach Segment	111
1173.	Intermediate Approach Segment	112
1174.	Final Approach Segment	112
1175.	Missed Approach Point	112
1176.-1199.	Reserved	112

CHAPTER 12.	DEPARTURE PROCEDURES	
1200.	General	113
1201.	Application	113
1202.	Diverse Departures	113
1203.	Departure Routes	114
1204.	Early Turns	122
1205.	Climb Gradients	122
1206.	End of Departure	123
1207.	Published Information	123
1208.	Required Ceiling and Visibility Minimums	124
1209.-1299.	Reserved	124
Appendix 1.	(3 Pages)	
1.	Appendix Application	1
2.	Glossary	1
Appendix 2.	(16 Pages)	
1.	Secondary Areas	1
2.	Secondary Area Obstacle Problems	1
3.	Width of Intermediate Approach Secondary Area	1
4.	Intermediate Secondary Area Obstacle Clearance	1
5.	Initial Secondary Area Obstacle Clearance	1
6.	Width of Final Approach Secondary Area	1
7.	Final Approach Secondary Area Obstacle Clearance	5
8.	VHF/UHF DF and High Altitude Penetrations	6
9.	Computing Glide Slope Threshold Crossing Height	6
10.	Computation of GPI when TCH is Known	10
11.	Application of ILS/PAR Obstacle Clearance Criteria	11
12.	Analysis of Obstacle Clearance	14
Appendix 3.	(2 Pages)	
3.	References	1
Appendix 4.	(5 Pages)	
1.	Table of Tangents	1
Appendix 5.	(9 Pages)	
1.	Approach Lighting	1
2.	Standard ALS	1
3.	SALS	1
4.	SSALS	2
5.	SSALR	4
6.	MALS	5
7.	RAIL	5
8.	LDIN	8
9.	ILS Category II ALS	8
10.	MALSR	9
11.	REIL	9
12.	ODALS	9
13.	HIRL	9
14.	MIRL	9
15.	TDZ/CL	9
Appendix 6.	(20 Pages)	
1.	Alphabetical Index	1

List of Tables.

1.	Procedure Turn Completion Altitude Difference	14
2.	Penetration Turn Distance/Divergence	15
3.	Minimum Intermediate Course Length	17
4.	Circling Approach Area Radii	21
5.	Turning Missed Approach Radii	21
6.	Effect of HAT/HAA on Visibility Minimums	39
6A.	Effect of Facility Distance on Visibility Minimums	39
7.	Comparable Values of RVR and Ground Visibility	40
8.	Standard Lighting Systems	40
9.	Civil Standard Straight-in Minimums	41
10.	Military Standard Straight-in Minimums	42
11.	Standard Circling Minimums	44
12.	Standard Alternate Minimums	44
13.	Standard Civil Takeoff Minimums	44
14.	Minimum Length of Final Approach Segment - VOR	55
15.	Minimum Length of Final Approach Segment - NDB	67
16.	Range Sector Designations	68
17.	Minimum Length of Final Approach Segment - LF/MFR	69
18.	Intersection Angle vs. Length of Intermediate Segment - ILS	76
19.	ILS Category I GS Angle vs. Slopes of Surfaces	78
20.	Intermediate Segment Angle of Intercept vs. Segment Length	88
21.	GS Angle vs. Final Approach Surface, PAR	89
22.	Interception Angle vs. Length of Intermediate Segment	95
23.	Procedure Turn Completion Altitude Difference	100
24.	Minimum Intermediate Course Length	101
25.	Effect of MDA Height on Visibility Minimums	104
26.	Minimum Length of Final Approach Segment (Miles)	104
27.	Intermediate Segment Angle of Intercept vs. Segment Length	107
28.	Final Approach Glide Slope Surface Slope Angles	108
29.	Minimum DHI - GS Angle Relationship	108
30.	Beginning Point of Missed Approach Surface	109
31.	Departure Turn Radii	117

List of Figures.

1.	Segment of an Approach Procedure	9
2.	Minimum Sector Altitudes	10
3.	Initial Approach Interception Angle Greater than 90 Degrees	10
4.	Dead Reckoning Initial	12
5.	Procedure Turn Areas	13
6.	Procedure Turn Initial Approach Area	14
7.	Deleted	14
8.	Typical Penetration Turn Initial Approach Area	15
9.	Penetration Turn Initial Approach Obstacle Clearance	16
10.	Typical Approach Segments	17
11.	Intermediate Area Within the Procedure Turn Area	18
12.	Intermediate Area Within the Procedure Turn Area	19
13.	Intermediate Area Within the Procedure Turn Area	19
14.	Intermediate Area Within the Procedure Turn Area	19
14A.	Visual Descent Point Obstacle Clearance Area	20
14B.	Visual Descent Point Obstacle Clearance Surface (With VASI)	20
14C.	Visual Descent Point Obstacle Clearance Surface (Without VASI)	20
15.	Construction of Circling Approach Area	21
16.	Straight Missed Approach Area	22
17.	Straight Missed Approach Obstacle Clearance	23
18.	Missed Approach Cross Section	23

19.	Turning Missed Approach Area	24
20.	Turning Missed Approach Area	24
21.	Turning Missed Approach Area	24
22.	Turning Missed Approach Area	25
23.	Turning Missed Approach Area	26
24.	Turning Missed Approach Area	26
25.	Turning Missed Approach Obstacle Clearance	27
26.	Turning Missed Approach Obstacle Clearance	27
27.	Combination Missed Approach Area	28
28.	Intersection Fix Displacement	30
29.	Intermediate or Initial Approach Fix Errors	31
30.	Minimum Divergence Angle for Holding Fixes	32
31.	Measurement of Final Approach Fix Error	32
32.	Final Approach Fix Error Buffer	33
33.	Distance for Descent Gradient Application	33
34.	Obstacle Clearance Area Between Fixes	33
35.	Final Segment Stepdown Fix	33
35A.	Fix Displacement Nomograph	34
35B.	Fix Displacement Computations	35
36.	Obstacles Close-in to a Fix	35
37.	Holding Pattern Template Application	36
38.	Alignment Options for Final Approach Course, VOR	46
39.	Alignment Options for Final Approach Course	46
40.	Final Approach Primary and Secondary Areas	46
41.	Procedure Turn Altitude	47
42.	Use of Stepdown Fix	47
43.	Penetration Turn	48
44.	Typical Low Altitude Approach Segments	52
45.	Typical High Altitude Segments	53
46.	Alignment Options for Final Approach Course	53
47.	Alignment Options for Final Approach Course	53
48.	Alignment Options for Final Approach Course	54
49.	Alignment Options for Final Approach Course	54
50.	Final Approach Trapezoid	54
51.	Typical Straight-in Final Approaches	55
52.	Missed Approach Point	56
53.	Arc Final Approach Alignment	56
54.	Arc Final Approach Area	57
55.	Alignment Options for Final Approach Course	60
56.	Alignment Options for Final Approach Course	60
57.	Final Approach Primary & Secondary Areas	60
58.	Procedure Turn Altitude	61
59.	Use of Stepdown Fix	61
60.	Penetration Turn	62
61.	Alignment Options for Final Approach Course NDB	65
62.	Alignment Options for Final Approach Course NDB	65
63.	Alignment Options for Final Approach Course NDB	66
64.	Alignment Options for Final Approach Course NDB	66
65.	Final Approach Trapezoid, NDB	66
66.	Typical Final Approach Areas, NDB	67
67.	Missed Approach Point NDB	68
68.	Alignment Options for Final Approach Course L/MFR	69
69.	Alignment Options for Final Approach Course L/MFR	69
70.	Final Approach Obstacle Area L/MFR	69
71.	Final Approach Segment L/MFR	69
72.	Low Altitude DF Approach Area	71
73.	High Altitude DF Approach Area	71
74.	DF Intermediate Approach Area	72

75.	Intermediate Segment vs. Angle of Intersection	76
76.	ILS Category I Final Approach Area	77
77.	ILS Category I Final Approach Area Obstacle Clearance	79
78.	GS Antenna Location vs. Height	80
79.	Adjustment of DH	81
80.	ILS Straight Missed Approach Area	81
81.	ILS Turning Missed Approach Area	82
82.	Combination Missed Approach Area	83
83.-95.	Reserved	
96.	Initial Approach Segment, Simultaneous ILS	85
97.	Simultaneous ILS No Transgression and Normal Operating Zones	85
98.	PAR Final Approach Area	88
99.	PAR Obstacle Clearance Nomograph	91
100.	PAR Straight Missed Approach Area	92
101.	PAR Turning Missed Approach Area	92
102.	Combination Straight and Turning Missed Approach Area	94
103.	Typical ASR Approach Segments	96
104.	Examples of ASR Final Approach Area Dimensions	97
105.	Helicopter Procedure Turn Area	100
106.	Combination Missed Approach Area	103
107.	Final Approach Primary and Secondary Area	104
108.	Missed Approach Points	105
109.	Final Approach Primary and Secondary Area	105
110.	PAR Final Approach Area	107
111.	Final Approach Area Surface and Obstacle Clearance	109
112.	Missed Approach Surface Options	109
113.	Straight Missed Approach	110
114.	Turning Missed Approach Area	111
115.	Combination Straight and Turning Missed Approach	112
116A.	Zone 1 Diverse Departure	113
116B.	Zone 2 Diverse Departure	113
116C.	Zone 3 Diverse Departure	114
116D.	Straight Departure Area Without Course Guidance	114
116E.	Straight Departure With Course Guidance From On Airfield Facility	114
116F.	Straight Departure With Course Guidance From Off Airfield Facility	115
116G.	Straight Departure With Offset Departure Course	116
116H.	Departure Area When Localizer is Used for Course Guidance	116
116I.	Turn of More Than 15° but Less Than 30° Over Facility	118
116J.	Turn of 30° or More Over Facility	119
116K.	Turning Departure	120
116L.	Combination Straight and Turning Departure	121
116M.	Combination Straight and Turning Departure (to Intercept Radial or Bearing)	122
116N.	Distance from DER (NM) & Runway Reduction (1000's of Feet)	123
121.	Secondary Area Obstacle Problems	App. 2 page 2
122.	Width of Intermediate Secondary Area	App. 2 page 3
123.	Initial & Intermediate Secondary Area Obstacle Clearance	App. 2 page 4
124.	Width of Final Approach Secondary Area	App. 2 page 5
125.	Final Approach Secondary Area Obstacle Clearance	App. 2 page 6
126.	Final Approach Secondary Area Obstacle Clearance	App. 2 page 7
127.	Final Approach Secondary Area Obstacle Clearance	App. 2 page 8
128.	Computing TCH	App. 2 page 8
129.	RPI/GPI/TCH Computations for ILS with Rapidly Dropping Terrain	App. 2 page 10

129A.	RPI/GPI/TCH Computations for ILS with Relatively Smooth Terrain and PAR	App. 2 page 11
130.	Relationship of GS Angle, TCH, and Distance from GPI	App. 2 page 12
131.	Final Approach Area Segments	App. 2 page 13
132.	GS Angle vs. Slope of Surfaces	App. 2 page 14
133.	Application of Obstacle Clearance Criteria	App. 2 page 15
134.	Standard U.S. ALSF-I	App. 5 page 1
135.	Systems Equivalent to U.S. Standard A ₁	App. 5 page 2
136.	U.S. Short ALS (SALS) A ₂	App. 5 page 2
137.	Systems Equivalent to U.S. SALS	App. 5 page 3
138.	U.S. Standard SSALS	App. 5 page 3
139.	Systems Equivalent to U.S. SSALS	App. 5 page 4
140.	SSALR	App. 5 page 4
141.	Medium Intensity ALS	App. 5 page 5
142.	Systems Equivalent to U.S. MALS	App. 5 page 6
143.	Runway Alignment Indicator System	App. 5 page 6
144.	Systems Equivalent to U.S. RAIL	App. 5 page 7
145.	Lead-In Light System	App. 5 page 8
146.	Systems Equivalent to U.S. LDIN	App. 5 page 8
147.	ILS Category II ALSF-III	App. 5 page 9
148.	MALSR System	App. 5 page 9
149.	Runway End Identifier Lights	App. 5 page 9
150.	Omnidirectional Approach Light System (ODALS)	App. 5 page 9

CHAPTER 1. ADMINISTRATIVE

Section 1. Scope

1. PURPOSE. This Handbook contains criteria which shall be used to formulate, review, approve, and publish procedures for instrument approach and departure of aircraft to and from civil and military airports. These criteria are for application at any location over which an appropriate United States agency exercises jurisdiction.

2. DISTRIBUTION. This order is distributed to selected offices in Washington and regional headquarters, National Aviation Facilities Experimental Center and Aeronautical Center; to all Airports Field Offices; to all Airway Facilities Field Offices; to all Air Traffic Field Offices; to all Flight Standards Field Offices; and to all International Aviation Field Offices.

3. CANCELLATION. The United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPs), 8260.3A, TM 11-2557-26, OPNAV Inst. 3722.16B, JAFM 55-9, and CG 318, dated 2/6/70 are cancelled.

4. EXISTING PROCEDURES. Existing procedures shall comply with these standards. Approval of nonstandard procedures as required is specified in Paragraph 141.

5. TYPES OF PROCEDURES. Criteria are provided for the following types of authorized terminal instrument procedures:

a. Precision Approach.

(1) **Straight-In.** A descent in an approved procedure where the navigation facility alignment is normally on the runway centerline and glide slope information is provided. For example, Precision Approach Radar (PAR) and Instrument Landing System (ILS) procedures are Precision Approaches.

(2) **Simultaneous.** A procedure which provides for approaches to parallel runways. This procedure typically uses two ILS-equipped parallel

runways. Simultaneous approaches, when authorized, shall be radar monitored. Military commanders may approve simultaneous approaches based upon dual precision radar.

b. Nonprecision Approach.

(1) **Straight-In.** A descent in an approved procedure in which the final approach course alignment and descent gradient permits authorization of straight-in landing minimums.

c. Circling.

A descent in an approved precision or non-precision approach procedure to circling minimums from which a circle to land maneuver is performed, or an approach procedure which does not meet criteria for authorizing straight-in landing minimums.

d. Departure Procedures. Procedures designed to provide obstacle clearance during instrument departures.

6.-119. RESERVED.

Section 2. Eligibility, Approval, and Retention

120. ELIGIBILITY.

a. Military Airports. Procedures at military airports shall be established as required by the commander in accordance with the directives of the appropriate military department.

b. Civil Airports. Terminal instrument procedures shall be provided at civil airports open to the aviation public whenever a reasonable need is shown. No minimum number of potential instrument approaches is specified; however, the responsible FAA office must determine that a public procedure will be beneficial to more than a single user or interest. Private procedures, for the exclusive use of a single interest, may be provided on a reimbursable

basis in accordance with FAR 171 where applicable, if they do not unduly conflict with the public use of airspace. Reasonable need is deemed to exist when the instrument flight procedure will be used by:

(1) A certificated air carrier, air taxi, or commercial operator OR:

(2) Two or more aircraft operators whose activities are directly related to the commerce of the community OR:

(3) Military aircraft.

121. REQUESTS FOR PROCEDURES. Requests for military procedures are processed as described by the appropriate military service. No special form is required for requesting civil procedures. Civil requests may be made by letter to the appropriate Regional Office. Requests for civil procedures shall be accepted from any aviation source, provided the request shows that the airport owner/operator has been advised of the request. (This advice is necessary only when the request is for an original procedure to an airport not already served by an approach procedure.) Airport owners/operators will be advised of additional requests for procedures by the FAA as soon as possible after receipt thereof.

122. APPROVAL. Where a military requirement or reasonable civil need has been established, a request for an instrument approach procedure and/or instrument departure procedure for an airport shall be approved if the following minimum standards are met:

a. Airport. The airport landing surfaces must be adequate to accommodate the aircraft which can be reasonably expected to use the procedure. Runway markings as specified in Paragraph 342.a. are required if visibility credit for lighting systems is to be given. Runway lighting is required for approval of night instrument operations. The airport must have been found acceptable for IFR operations as a result of an airport airspace analysis conducted pursuant to FAA Handbook 7400.2B "Procedures for Handling Airspace Matters," and/or appropriate military directives as applicable. Only circling minimums shall be approved to airports where the runways are not clearly defined.

b. Navigation Facility. All electronic and visual navigation facilities used must successfully pass flight inspection.

c. Obstacle Marking and Lighting. Obstacles which penetrate FAR 77 imaginary surfaces are obstructions and therefore should be marked and lighted insofar as is reasonably possible in accordance with FAA Advisory Circular AC 70/7460.1D "Obstruction Marking and Lighting." Those penetrating the FAR 77 approach and transitional surfaces should be removed or made conspicuous in accordance with that Advisory Circular. Normally, objects which are shielded need not be removed or made conspicuous.

NOTE: In military procedures the appropriate military directives apply.

d. Weather Information. Terminal weather observation and reporting facilities must be available for the airport to serve as an alternate airport. Destination minimums may be approved when a general area weather report is available prior to commencing the approach and approved altimeter settings are available to the pilot prior to and during the approach consistent with communications capability.

e. Communications. Air-to-ground communications must be available at the initial approach fix minimum altitude and when the aircraft executing the missed approach reaches the missed approach altitude. At lower altitudes communications shall be required where essential to the safe and efficient use of airspace. Air-to-ground communication normally consists of UHF or VHF radio, but HF communication may be approved at locations which have a special need and capability. Other suitable means of point-to-point communication, such as commercial telephone, are also required to file and close flight plans.

123. RETENTION AND CANCELLATION. Civil instrument procedures shall be cancelled when a reevaluation of the usefulness of an instrument approach procedure indicates that the benefits derived are not commensurate with the costs of retaining the procedure. This determination will be based upon an individual evaluation of requirements peculiar to each specific location, and will consider airport

complexity, military requirements, planned airport expansion, and the need for a back-up or supplement to the primary instrument approach system. Certain special procedures exist, generally based on privately operated navigation facilities. When a procedure based on a public facility is published, special procedures for that airport shall be cancelled unless retention provides an operational advantage to the user. Before an instrument procedure is cancelled, coordination with civil and military users shall be effected. Care shall be taken not to cancel procedures required by the military or required by air carrier operators at provisional or alternate airports. Military procedures shall be retained or cancelled as required by the appropriate military authority.

124. - 129. RESERVED.

Section 3. Responsibility and Jurisdiction

130. RESPONSIBILITY.

a. Military Airports. The United States Army, Navy, Air Force, and Coast Guard shall establish and approve terminal instrument procedures for airports under their respective jurisdictions. The FAA will accept responsibility for the development and/or publication of military procedures when requested to do so by the appropriate military department through an inter-agency agreement. Military terminal instrument procedures are official procedures. The FAA shall be informed when military procedures are cancelled.

b. Civil Airports. The FAA shall establish and approve terminal instrument procedures for civil airports.

c. Military Procedures at Civil Airports. Where existing FAA approach or departure procedures at civil airports do not suffice, the military shall request the FAA to develop procedures to meet military requirements. These requirements may be met by modification of an existing FAA procedure or development of a new procedure. The FAA shall formulate, coordinate with the military, and industry, publish and maintain such procedures. The military shall inform the FAA when such procedures are no longer required.

131. JURISDICTION. The United States Army, Navy, Air Force, and Coast Guard Commanding Officers, or FAA Regional Directors having jurisdiction over airports are responsible for initiating action in accordance with these criteria to establish or revise terminal instrument procedures when a reasonable need is identified, or where:

- a. New facilities are installed.
- b. Changes to existing facilities necessitate a change to an approved procedure.
- c. Additional procedures are necessary.
- d. New obstacles or operational uses require a revision to the existing procedure.

132. - 139. RESERVED.

Section 4. Establishment

140. FORMULATION. Proposed procedures shall be prepared in accordance with the applicable portion of this publication as determined by the type and location of navigation facility and procedure to be used. To permit use by aircraft with limited navigational equipment, the complete procedure should be formulated on the basis of a single navigation facility whenever possible. However, the use of an additional facility of the same or different type in the procedure to gain an operational advantage is permitted.

141. NONSTANDARD PROCEDURES. The standards contained in this manual are based on reasonable assessment of the factors which contribute to errors in aircraft navigation and maneuvering. They are designed primarily to assure that safe flight operations for all users result from their application. The dimensions of the obstacle clearance areas are influenced by the need to provide for a smooth, simply computed progression to and from the en-route system. Every effort shall be made to formulate procedures in accordance with these standards; however, peculiarities of terrain, navigation information, obstacles, or traffic congestion may require special consideration where justified by operational requirements. In such cases nonstandard procedures

which deviate from these criteria may be approved provided they are fully documented and an equivalent level of safety exists. A nonstandard procedure is not a substandard procedure, but is one which has been approved after special study of the local problems has demonstrated that no derogation of safety is involved. The Flight Standards Service, FAA, Washington, D.C. is the approving authority for nonstandard civil procedures. Military procedures which deviate from standards because of operational necessity and in which an equivalent level of safety is not achieved shall include a cautionary note to identify the hazard and shall be marked "not for civil use".

142. CHANGES. Changes in instrument procedures shall be prepared and forwarded for approval in the same manner as in the case of new procedures. Changes so processed will not be made solely to include minor corrections necessitated by changes in facility frequencies, variation changes, etc., or by other minor changes not affecting the actual instrument procedure. Changes which require reprocessing are those which affect fix, course, altitude, or published minimum.

143. - 149. RESERVED.

Section 5. COORDINATION

150. COORDINATION. It is necessary to coordinate terminal instrument procedures to protect the rights of all users of airspace.

a. Military Airports. All terminal instrument procedures established or revised by military activities for military airports shall be coordinated with the FAA or appropriate agency or an overseas host nation. When a procedure may conflict with other military or civil activities the procedure shall also be coordinated with those activities.

b. Civil Airports. Prior to establishing or revising terminal instrument procedures for civil airports, the FAA shall, as required, coordinate such procedures with the appropriate civil aviation organizations. Coordination with military activities is

required when a military operating unit is based at the airport or when the proximity of a military airport may cause procedural conflicts.

c. Air Traffic Control. Prior to establishing or revising terminal instrument procedures for a military or civil airport, the initiating office shall coordinate with the appropriate FAA Air Traffic office to insure compatibility with air traffic flow and to assess the impact of the proposed procedure on current or future air traffic programs.

d. Airspace Actions. Where action to designate controlled airspace for a procedure is planned, the airspace action should be initiated sufficiently in advance so that effective dates of the procedure and the airspace action will coincide.

e. NOTAMS. A NOTAM to change minimums may be issued in case of emergencies; i.e., facility outages, facility out of tolerance conditions, new construction which penetrates critical surfaces, etc. NOTAMs may also be issued when a supporting facility is added and a significant change in minimums will result, or when a procedure turn altitude is modified as the result of construction or terrain, or when a facility restriction is removed. However, a complete new procedure may not be issued by NOTAM, except where military requirements dictate. If it becomes necessary to expedite the publication of a complete civil procedure, or to revise the effective date of procedures, the Washington office, AFS-700, will be contacted to determine the most effective course of action. ATC shall be advised of the required NOTAM action prior to issuance and normal coordination shall be effected as soon as practicable.

151. COORDINATION CONFLICTS. In areas under the FAA jurisdiction, coordination conflicts which cannot be resolved at the field level shall be submitted to the appropriate FAA region for additional coordination and resolution. Problems which are unresolved at the regional level shall be forwarded to the Flight Standards Service, FAA, Washington, D.C. for action. If the problem involves a military procedure, parallel action through military channels shall be taken to expedite coordination at the appropriate level.

152. - 159. RESERVED.

**Section 6. Identification of
Procedures**

150. IDENTIFICATION OF PROCEDURES.

Terminal instrument procedures shall be identified to be meaningful to the pilot, and to permit ready identification in air traffic control phraseology.

161. STRAIGHT-IN PROCEDURE IDENTIFICATION. Procedures which meet criteria for authorization of straight-in landing minima shall be identified by the type of navigational aid(s) which provide final approach guidance and the runway to which the final approach course(s) are aligned; e.g., ILS Rwy 18R, LOC BC Rwy 7, TACAN Rwy 36, LDA Rwy 4, NDB Rwy 21, VOR Rwy 15, VOR/DME Rwy 6, ILS or TACAN Rwy 9, etc. A slash (/) shall indicate that more than one type of equipment must be used to execute the final approach; e.g., VOR/DME, ILS/DME, etc. When procedures are combined, the word "or" shall indicate either type of equipment may be used to execute the final approach; e.g., ILS or TACAN, ILS or NDB, VOR/DME or TACAN etc. When the same final approach guidance is used to the same runway, the procedures shall be identified as follows: TACAN 1 Rwy 36, TACAN 2 Rwy 36, VOR 1 Rwy 18, VOR 2 Rwy 18, etc.

162. CIRCLING PROCEDURE IDENTIFICATION. When a procedure does not meet criteria for straight-in landing minimums authorization it shall be identified by the type of navigational aid which provides final approach guidance, and an alphabetical suffix. The first procedure formulated shall bear the suffix "A" even though there may be no intention to formulate additional procedures. If additional procedures are formulated they shall be identified alphabetically in sequence, e.g., VOR-A, VOR/DME-B, NDB-C, NDB-D, LDA-E, etc. A revised procedure will bear its original identification.

163. DIFFERENTIATION. Where high altitude procedures are required the high altitude procedure identification shall be prefixed with the letters "HI", e.g., HI-VOR Rwy 5.

164. - 169. RESERVED.

Section 7. Publication

170. SUBMISSION. Terminal instrument procedures shall be submitted by the approving authority on forms provided by the originating agency. A record of coordination shall be maintained by the originating agency. Procedures shall be routed in accordance with current orders or directives of the originating agency.

171. ISSUANCE. The following are designated as responsible offices for the release of approved terminal instrument procedures for each agency.

a. Army. Director, U.S. Army Aeronautical Services Office.

b. Navy and Marine Corps. Commander, U.S. Naval Oceanographic Office, Aeronautical Division.

c. Air Force. Chief, Airspace and Air Traffic Services, HQ. USAF.

d. Coast Guard. Commandant, U.S. Coast Guard.

e. Civil. Administrator, Federal Aviation Administration.

172. EFFECTIVE DATE. Terminal instrument procedures and revisions thereto shall be processed in sufficient time to permit publication and distribution in advance of the effective date. Effective dates should normally coincide with scheduled airspace changes except when safety or operational effectiveness is jeopardized. In this case the originator shall specify an appropriate effective date. In case of emergency or when operational effectiveness dictates, approved procedures may be disseminated by NOTAM. (See Par. 150.e.) Procedures disseminated by NOTAM must also be processed promptly in the normal fashion and published in appropriate terminal instrument procedures charts and in the Federal Register when required.

173. - 199. RESERVED.

CHAPTER 2. GENERAL CRITERIA

200. SCOPE. This chapter contains only that information common to all types of terminal instrument procedures. Criteria which do not have general application are located in the individual chapters concerned with the specific types of facilities.

201.-209. RESERVED.

Section 1. Common Information

210. UNITS OF MEASUREMENT. Units of measurement shall be expressed as set forth below:

a. Bearings, Courses, and Radials. Bearings and courses shall be expressed in degrees magnetic. Radials shall also be expressed in degrees magnetic, and shall further be identified as radials by prefixing the letter "R" to the magnetic bearing FROM the facility. For example, R-027 or R-010.

b. Altitudes. Units of measurement for altitude in this publication are feet. Published heights below the transition level (18,000 feet) shall be expressed in feet above MSL; e.g., 17,900 feet. Published heights at and above the transition level (18,000 feet) shall be expressed as Flight Levels; e.g., FL 180, FL 190, etc.—reference FAR 91.81, Air Traffic Control Handbook 7110.65A-85.b.

c. Distances. All distances shall be expressed in nautical miles (6076 feet per NM) and tenths thereof, except when applied to visibilities, which shall be expressed in statute miles and the appropriate fractions thereof. Expression of visibility values in nautical miles is permitted in overseas areas where it coincides with the host nation practice. Runway visual range (RVR) shall be expressed in feet.

d. Speeds. Aircraft speeds shall be expressed in knots.

e. Determination of Correctness of Distance and Bearing Information. The approving agency is the authority for correctness of distance and bearing

information, except that within the United States, its territories, and possessions, the National Oceanic and Atmospheric Administration is the authority for measurements between all civil navigation aids and between those facilities incorporated as part of the National Airspace System.

211. POSITIVE COURSE GUIDANCE. Positive course guidance (PCG) shall be provided for feeder routes, initial (except as provided for in para 233.b.), intermediate, and final approach segments. The segments of a procedure wherein PCG is provided should be within the service volume of the facility(ies) used except where expanded service volume (ESV) has been authorized. PCG may be provided by one or more of the navigation systems for which criteria has been published herein.

212. APPROACH CATEGORIES. Aircraft performance differences have a direct effect on the airspace and visibility needed to perform certain maneuvers, such as circle to land, turning missed approaches, final alignment correction to land, and descent. The following categories are established, and will be referred to throughout this publication by their letter designation (A, B, C, D, or E):

a. Category A: speed less than 91 knots.

b. Category B: speed 91 knots or more but less than 121 knots.

c. Category C: speed 121 knots or more but less than 141 knots.

d. Category D: speed 141 knots or more but less than 166 knots.

e. Category E: speed 166 knots or more.

NOTE: Speeds are based on 1.3 times the stall speed in the landing configuration at maximum gross landing weight. An aircraft shall fit in only one category.

213. APPROACH CATEGORY APPLICATION. The approach category operating characteristics shall be used to determine turning radii, minimums, and obstacle clearance areas for circling and missed approach.

214. PROCEDURE CONSTRUCTION. An instrument approach procedure may have four separate segments. They are the initial, the intermediate, the final, and the missed approach segments. In addition, an area for circling the airport under visual conditions shall be considered. The approach segments begin and end at designated fixes; however, under some circumstances certain segments may begin at specified points where no fixes are available. The fixes are named to coincide with the associated segment. For example, the intermediate segment begins at the intermediate fix and ends at the final approach fix. The order in which this chapter discusses the segments is the same order in which the pilot would fly them in a completed procedure; that is from an initial, through an intermediate, to a final approach. Only those segments which are required by local conditions need be included in a procedure. In constructing the procedure, the final approach course should be identified first because it is the least flexible and most critical of all the segments. When the final approach has been determined, the other segments should be blended with it to produce an orderly maneuvering pattern which is responsive to the local traffic flow. Consideration shall also be given to any accompanying controlled airspace requirements in order to conserve airspace to the extent it is feasible. See Figure 1.

215. CONTROLLING OBSTACLE(S). The controlling obstacle in the primary area of the final approach segment shall be identified in procedures submitted for publication.

216. - 219. RESERVED.

Section 2. Enroute Operations

220. FEEDER ROUTES. When the initial approach fix is part of the enroute structure there may

be no need to designate additional routes for aircraft to proceed to the initial approach fix (IAF). In some cases, however, it is necessary to designate feeder routes from the enroute structure to the initial approach fix. Only those feeder routes which provide an operational advantage shall be established and published. These should coincide with the local air traffic flow. The length of the feeder route shall not exceed the operational service volume of the facilities which provide navigational guidance unless additional frequency protection is provided. Enroute airway obstacle clearance criteria shall apply to feeder routes. The minimum altitude established on feeder routes shall not be less than the altitude established at the IAF.

221. MINIMUM SAFE ALTITUDES. A minimum safe altitude is the minimum altitude which provides at least 1000 feet of obstacle clearance for emergency use within a specified distance from the navigation facility upon which a procedure is predicated. These altitudes will be rounded to the next higher 100-foot increment. Such altitudes will be identified as minimum sector altitudes or emergency safe altitudes and shall be established as follows:

a. Minimum Sector Altitudes. Minimum sector altitudes shall be established for all procedures within a 25 mile radius of the navigational facility. When the distance from the primary facility to the airport exceeds 25 miles, the radius shall be expanded to include the airport landing surfaces up to a maximum distance of 30 miles. When the procedure does not use an omnidirectional facility (LOC BC with a fix for the FAF), the primary omnidirectional facility in the area will be used. A common safe altitude may be established for the entire area around the facility or sector altitudes may be established to offer relief from obstacles. Sectors shall not be less than 90 degrees in spread. Sector altitudes may be raised and combined with adjacent higher sectors when a height difference does not exceed 300 feet. The sector altitude established shall also provide 1000 feet of obstacle clearance in the adjacent sector or periphery area within four miles of the sector division or the periphery boundary line. See Figure 2.

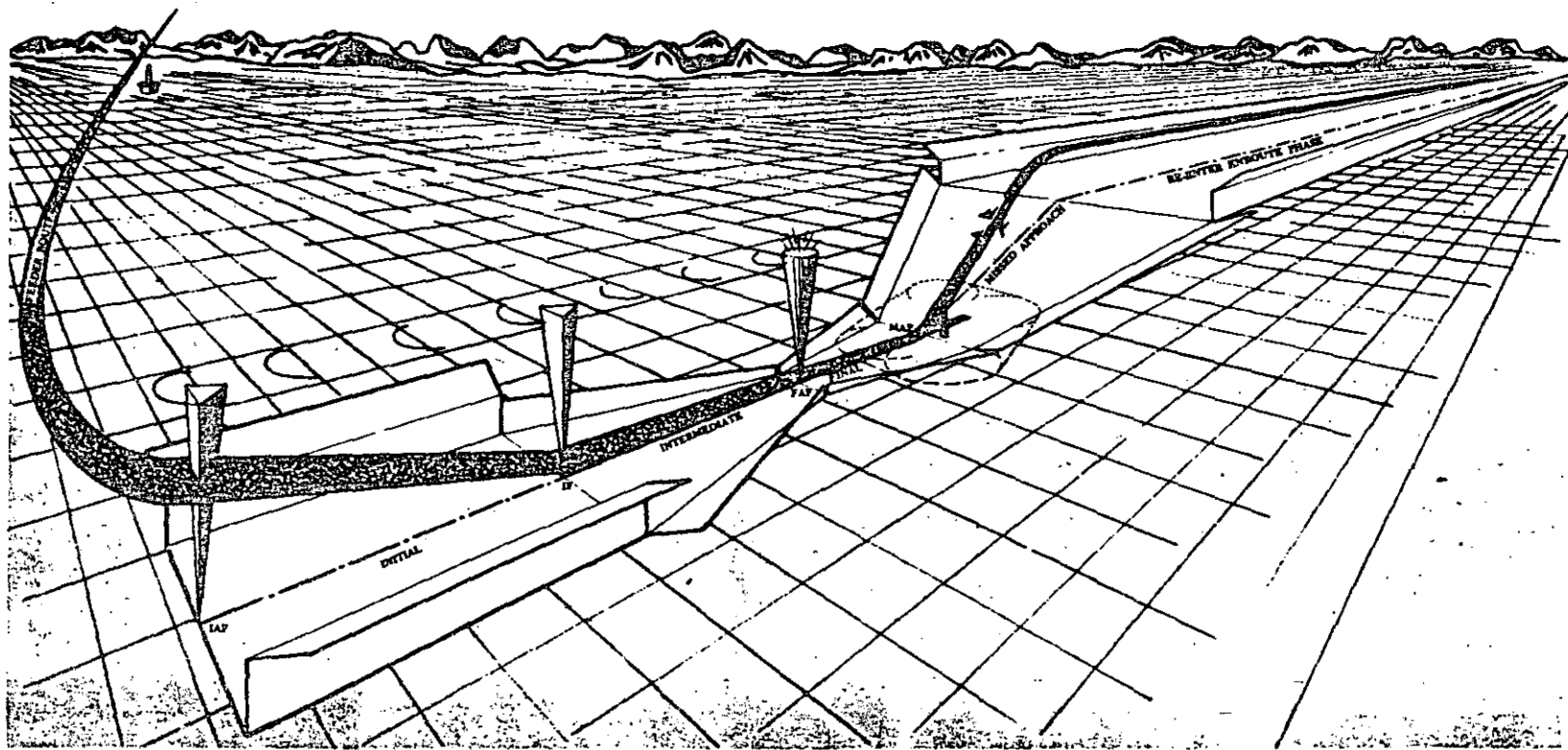


Figure 1. SEGMENTS OF AN APPROACH PROCEDURE. Par 214.

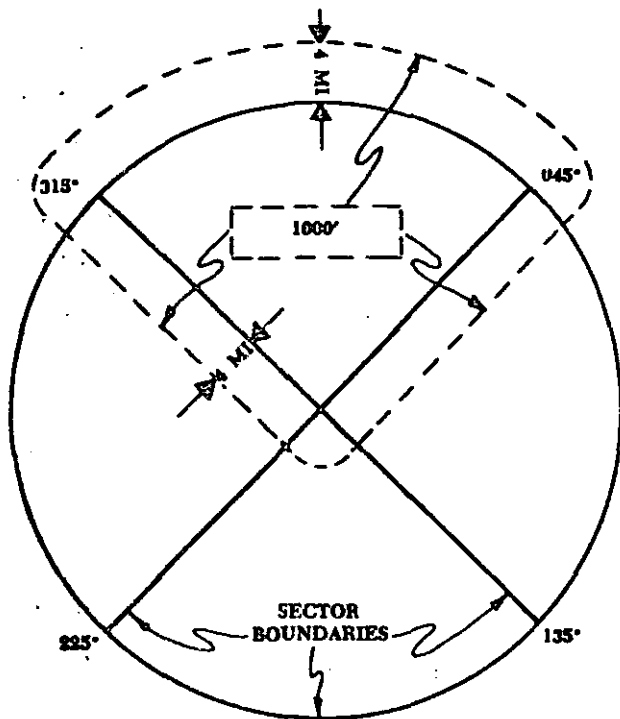


Figure 2. MINIMUM SECTOR ALTITUDES. Par 221.

dus of the navigation facility at the option of the approving authority, and are normally used only in military procedures. Where a requirement exists for these altitudes, they shall be established with a common altitude for the entire area. Where these altitudes are established in designated mountainous areas, they shall provide 2000 feet of obstacle clearance. These altitudes shall be identified on published procedures as "emergency safe altitudes".

222. - 229. RESERVED.

Section 3. Initial Approach

230. INITIAL APPROACH SEGMENT. The instrument approach commences at the Initial Approach Fix (IAF). In the initial approach the aircraft has departed the enroute phase of flight, and is maneuvering to enter an intermediate segment. When the intermediate fix is part of the enroute structure, it may not be necessary to designate an initial approach segment. In this case the approach commences at the intermediate fix and intermediate segment criteria apply. An initial approach may be made along an arc, radial, course heading, radar

Par 221

vector, or a combination thereof. Procedure turns, holding pattern descents, and high altitude penetrations are initial segments. Positive course guidance is required except when dead reckoning courses can be established over limited distances. Although more than one initial approach may be established for a procedure, the number should be limited to that which is justified by traffic flow or other operational requirements. Where holding is required prior to entering the initial approach segment, the holding fix and initial approach fix should coincide. When this is not possible the initial approach fix shall be located within the holding pattern on the inbound holding course.

231. ALTITUDE SELECTION. Minimum altitudes in the initial approach segment shall be established in 100-foot increments; i.e., 1549 feet may be shown as 1500 feet and 1550 feet shall be shown as 1600. The altitude selected shall not be below the procedure turn altitude where a procedure turn is required. In addition, altitudes specified in the initial approach segment must not be lower than any altitude specified for any portion of the intermediate or final approach segment.

232. INITIAL APPROACH SEGMENTS BASED ON STRAIGHT COURSES AND ARCS WITH POSITIVE COURSE GUIDANCE.

a. Alignment.

(1) **Courses.** The angle of intersection between the initial approach course and the intermediate course shall not exceed 120 degrees. When the angle exceeds 90 degrees, a radial or bearing which provides at least 2 miles of lead shall be identified to assist in leading the turn onto the intermediate course. See Figure 3.

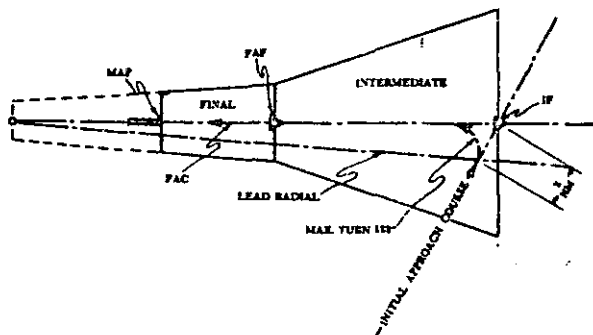


Figure 3. INITIAL APPROACH INTERCEPTION ANGLE GREATER THAN 90 DEGREES. Par 232.a.(1)

(2) **Arcs.** An arc may provide course guidance for all or a portion of an initial approach. The minimum arc radius shall be 7 miles, except for high altitude jet penetration procedures, in which the minimum radius shall be 15 miles. Arcs of less than a 15-mile radius may be used in high altitude procedures provided the descent gradient along the arc does not exceed 150 feet per mile. An arc may join a course at or before the intermediate fix. When joining a course at or before the intermediate fix, the angle of intersection of the arc and the course shall not exceed 120 degrees. When the angle exceeds 90 degrees, a radial which provides at least 2 miles of lead shall be identified to assist in leading the turn onto the intermediate course. DME arc courses shall be predicated only on collocated VOR/DME or TACAN facilities.

b. Area. The initial approach segment has no standard length. The length shall be sufficient to permit the altitude change required by the procedure and shall not exceed 50 miles unless an operational requirement exists. The total width of the initial approach segment shall be 6 miles on each side of the initial approach course. This width is divided into a primary area, which extends laterally 4 miles on each side of the course, and a secondary area, which extends laterally 2 miles on each side of the primary area. See Figure 10. When any portion of the initial approach is more than 50 miles from the navigation facility, the criteria for enroute airways shall apply to that portion.

c. Obstacle Clearance. The obstacle clearance in the initial approach primary area shall be a minimum of 1000 feet. In the secondary area 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance required at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 123. Allowance for precipitous terrain should be made as specified in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 231.

d. Descent Gradient. The OPTIMUM descent gradient in the initial approach is 250 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 500 feet per

mile. The OPTIMUM descent gradient for high altitude penetrations is 800 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 1000 feet per mile.

233. INITIAL APPROACH SEGMENT BASED ON DEAD RECKONING (DR). See ILS Chapter for special limitations.

a. Alignment. When dead reckoning is used in the initial approach and the DR course intercepts the intermediate course, the point of intercept shall be a minimum distance of one mile for each two miles of DR flown prior to the intermediate fix on the extended intermediate course. This minimum distance may be computed at the rate of 1 mile for each 3 miles of DR course flown in high altitude penetration procedures. The angle of intercept shall not be less than 45 degrees or more than 90 degrees except when DME is available or when the DR distance does not exceed 3 miles, in which case no minimum intercept angle need be considered.

b. Area. The maximum length of the portion of the initial approach without course guidance shall be 10 miles, except in high altitude penetration procedures where DME information is available to monitor descent versus distance limitations. The width of the DR initial approach segment at the point where the DR course commences is 6 miles on each side of the course. It expands uniformly by 15 degrees outward along the course to the point where its boundaries intersect the boundaries of the intermediate segment or lines extending these boundaries parallel to the intermediate course. See Figure 4.

c. Obstacle Clearance. The obstacle clearance in the DR initial approach segment shall be a minimum of 1000 feet. There is no secondary area. Allowance for precipitous terrain should be considered as specified in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Par 231.

d. Descent Gradient. The OPTIMUM descent gradient in the initial approach is 250 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 500 feet per mile. The OPTIMUM descent gradient for high altitude penetrations is 800 feet per mile. Where a

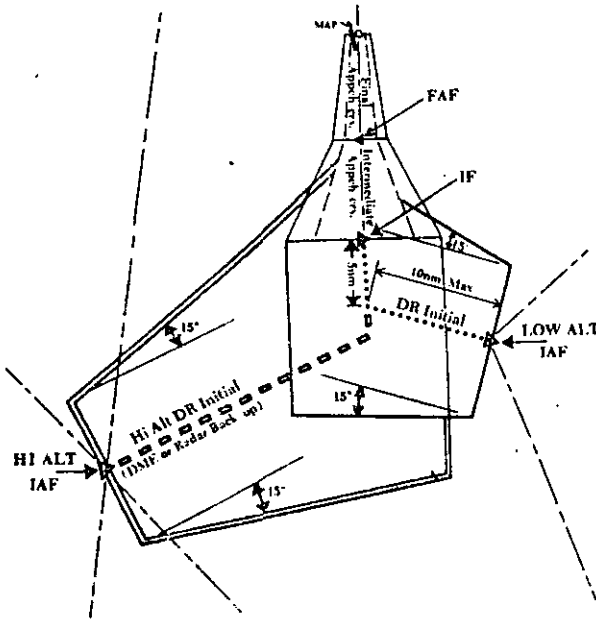


Figure 4. DEAD RECKONING INITIAL. High and Low Altitude. Par. 233.b.

higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 1000 feet per mile.

234. INITIAL APPROACH SEGMENT BASED ON A PROCEDURE TURN. A procedure turn shall be specified when it is necessary to reverse direction to establish the aircraft on an intermediate or final approach course except as specified in Paragraph 234.e. A procedure turn begins by overheading a facility or fix which meets the criteria for a holding fix (see paragraph 287.b.) or for a final approach fix (see paragraph 287.c.). The procedure shall specify the procedure turn fix, the outbound and inbound course, the distance within which the procedure turn shall be completed, and the direction of the procedure turn. When a teardrop turn is used, the angle of divergence between the outbound course and the reciprocal of the inbound course shall be a MINIMUM of 15 degrees or a MAXIMUM of 30 degrees. (See Paragraph 235.a. for high altitude teardrop penetrations). In all procedure turns the degree of turn and the point at which the turn is begun are left to the discretion of the pilot. However, the maneuver shall be completed within the procedure turn area, and not below the altitude specified for its completion. When no fix marks the beginning of the

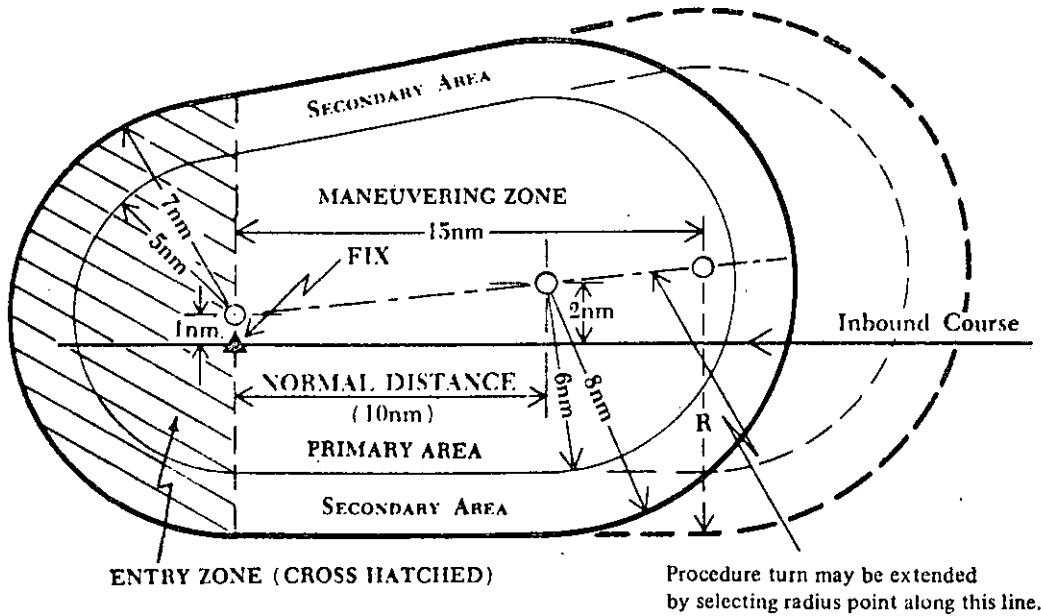
intermediate or final approach segment associated with the procedure turn, these segments are deemed to commence on the inbound procedure turn course at the maximum distance specified in the procedure.

a. Alignment. When the inbound course of the procedure turn becomes the intermediate course it must meet the intermediate course alignment criteria. (See Paragraph 242.a.). When the inbound course becomes the final approach course it must meet the final approach course alignment criteria. (See Paragraph 250.). The wider side of the procedure turn area shall be oriented in the same direction as that prescribed for the procedure turn.

b. Area. The procedure turn areas are depicted in Figure 5. The normal procedure turn distance is 10 miles. This distance may be decreased to 5 miles where only Approach Category "A" aircraft are to be operated and may be increased to as much as 15 miles or as specified in Paragraph 234.d. When a procedure turn is authorized for use by Approach Category "E" aircraft a 15-mile procedure turn distance shall be used. The procedure turn segment is divided into zones and areas. They are the Entry Zone, the Maneuvering Zone, the Primary Area, and the Secondary Area. See Figure 5. As shown, the entry zone is the zone in which entry is made into the maneuvering zone. Its inner boundary extends perpendicular to the inbound course at the procedure turn fix. The remainder of the procedure turn segment is the maneuvering zone.

c. Obstacle Clearance. A minimum of 1000 feet of clearance shall be provided in the primary area. In the secondary area, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance required at any given point in the secondary area is shown in the graph in Appendix 2, Figure 123. Allowance for precipitous terrain should be considered as specified in Paragraph 323.a. The primary and secondary areas determine obstacle clearance in both the entry and maneuvering zones. The use of entry and maneuvering zones provides further relief from obstacles. The entry zone is established to control the obstacle clearance UNTIL proceeding outbound from the

NORMAL PROCEDURE TURN AREA (ALL AIRCRAFT)



OPTIONAL PROCEDURE TURN AREA FOR AIRCRAFT SLOWER THAN 90K

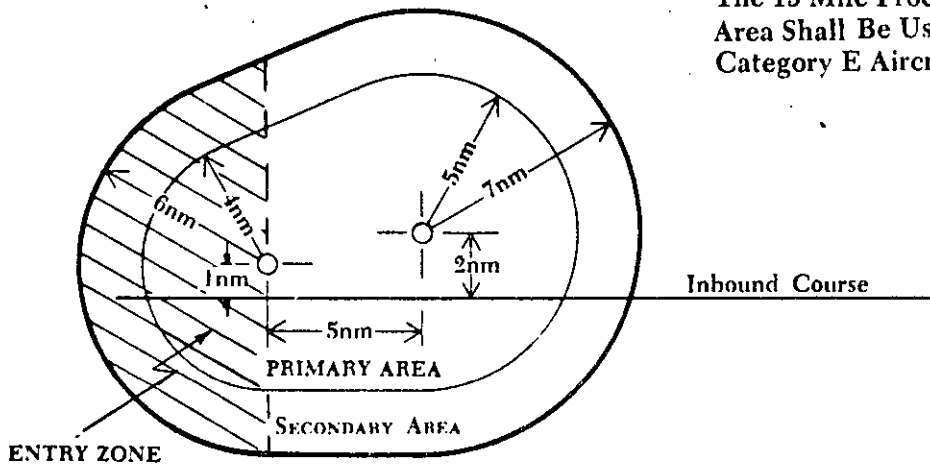


Figure 5. PROCEDURE TURN AREAS. Par 234.b.

procedure turn fix. The maneuvering zone is established to control obstacle clearance AFTER proceeding outbound from the procedure turn fix. See Figure 6. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 231.

d. Descent Gradient. The OPTIMUM descent gradient in the initial approach is 250 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 500 feet per mile. The procedure turn completion altitude should be as close as possible to the final approach fix altitude. The difference between the procedure turn

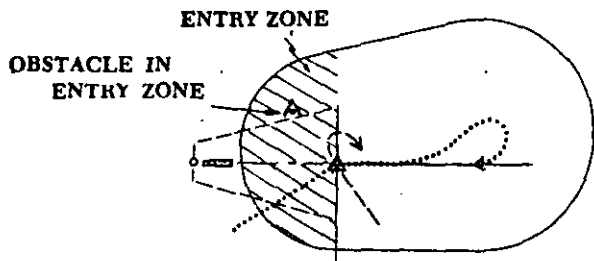
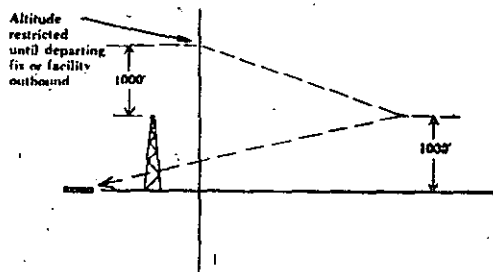


Figure 6. PROCEDURE TURN INITIAL APPROACH AREA. Par 234.c.



completion altitude and the altitude over the final approach fix shall not be greater than those shown in Table 1. If greater differences are required for a 5 or 10 mile procedure turn, the procedure turn distance limits and maneuvering zone shall be increased at the rate of 1 mile for each 200 feet of required altitude. No extension of the procedure turn is permitted without a final approach fix.

e. Elimination of Procedure Turn. A procedure turn is NOT required when an approach can be made direct from a specified intermediate fix to the final approach fix. A procedure turn NEED NOT be established when an approach can be made from a properly aligned holding pattern. See Paragraph 291. In this case, the holding pattern shall be established over a final or intermediate approach fix and the following conditions shall apply:

(1) If the holding pattern is established over the final approach fix, the minimum holding altitude shall be not more than 300 feet above the altitude specified for crossing the final approach fix inbound.

(2) If the holding pattern is established over the intermediate fix, the minimum holding

altitude shall permit descent to the final approach fix altitude within the descent gradient tolerances prescribed for the intermediate segment. (See Paragraph 243.d.).

FIGURE 7. DELETED.

235. INITIAL APPROACH BASED ON HIGH ALTITUDE TEARDROP PENETRATION. A teardrop penetration consists of departure from an initial approach fix on an outbound course, followed by a turn toward and intercepting the inbound course at or prior to the intermediate fix or point. Its purpose is to permit an aircraft to reverse direction and lose considerable altitude within reasonably limited airspace. Where no fix is available to mark the beginning of the intermediate segment it shall be assumed to commence at a point 10 miles prior to the final approach fix. When the facility is located on the airport, and no fix is available to mark the beginning of the final approach segment the criteria in Paragraph 423 apply.

a. Alignment. The outbound penetration course shall be between 18 and 26 degrees to the left or right of the reciprocal of the inbound course. The actual angular divergence between the courses will vary inversely with the distance from the facility at which the turn is made. See Table 2.

b. Area.

(1) *Size.* The size of the penetration turn area must be sufficient to accommodate both the turn and the altitude loss required by the procedure. The penetration turn distance shall not be less than 20 miles from the facility. The penetration turn distance depends on the altitude to be lost in the

Table 1. PROCEDURE TURN COMPLETION ALTITUDE DIFFERENCE.

TYPE OF PROCEDURE TURN	ALTITUDE DIFFERENCE
15 Mile PT from FAF	Within 3000 Ft of Alt. over FAF
10 Mile PT from FAF	Within 2000 Ft of Alt. over FAF
5 Mile PT from FAF	Within 1000 Ft of Alt. over FAF
15 Mile PT, no FAF	Not Authorized.
10 Mile PT, no FAF	Within 1500 Ft of MDA on Final
5 Mile PT, no FAF	Within 1000 Ft of MDA on Final

Table 2. PENETRATION TURN DISTANCE/
DIVERGENCE.

ALT TO BE LOST PRIOR TO COMMENCING TURN	DISTANCE TURN COMMENCES (NM)	COURSE DIVERGENCE (DEGREES)	SPECIFIED PENETRATION TURN DISTANCE (NM)
12,000 Ft	24	18	28
11,000 Ft	23	19	27
10,000 Ft	22	20	26
9,000 Ft	21	21	25
8,000 Ft	20	22	24
7,000 Ft	19	23	23
6,000 Ft	18	24	22
5,000 Ft	17	25	21
5,000 Ft	16	26	20

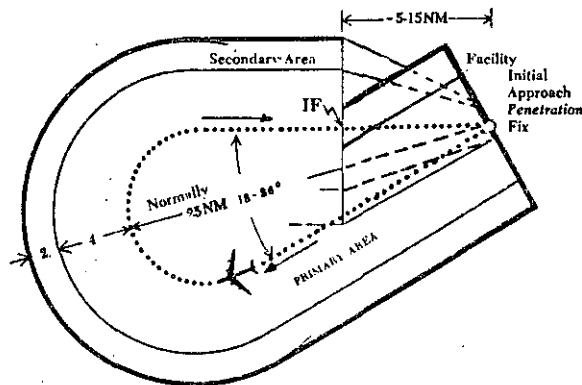


Figure 8. TYPICAL PENETRATION TURN INITIAL APPROACH AREA. Par 235.

procedure and the point at which the descent is started. (See Table 2). The aircraft should lose half the total altitude or 5000 feet, whichever is greater, outbound prior to starting the turn. The penetration turn area has a width of 6 miles on both sides of the flight track up to the intermediate fix or point, and shall encompass all the areas within the turn. See Figure 8.

(2) **Penetration Turn Table.** Table 2 should be used to compute the desired course divergence and penetration turn distances which apply when a specific altitude loss outbound is required. It is assumed that the descent begins immediately upon station passage. When the procedure requires a delay before descent of more than 5 miles, the distance in excess of 5 miles should be added to the distance the turn commences. The course divergence and penetration turn distance should then be adjusted to correspond to the adjusted turn distance. Extrapolations may be made from the table.

(3) **Primary and Secondary Areas.** All of the penetration turn is primary area except the outer 2 miles of the 6-mile obstacle clearance area on the outer side of the penetration track. (See Figure 8.). The outer 2 miles is secondary area. The outer 2 miles on both sides of the inbound penetration course should be treated as secondary area.

c. **Obstacle Clearance.** Obstacle clearance in the initial approach primary area shall be a MINIMUM of 1000 feet. Obstacle clearance at the inner edge of the secondary area shall be 500 feet, tapering

to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance at any given point in the secondary area is found by using the graph in Appendix 2, Figure 123. Where no intermediate fix is available, a 10 NM intermediate segment is assumed and normal obstacle clearance is applied to the controlling obstacle. The controlling obstacle, as well as the minimum altitude selected for the intermediate segment, may depend on the availability of an intermediate fix. See Figure 9. Allowance for precipitous terrain should be considered in the penetration turn area as specified in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this Paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. (See Paragraph 231.).

d. **Descent Gradient.** The procedure should be based on an OPTIMUM descent gradient of 800 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 1000 feet per mile.

e. **Penetration Turn Altitude.** When an intermediate fix is NOT provided, the penetration turn completion altitude shall not be more than 4000 feet above the final approach fix altitude.

236.--239. RESERVED.

Section 4. Intermediate Approaches

240. **INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT.** This is the segment which blends the initial

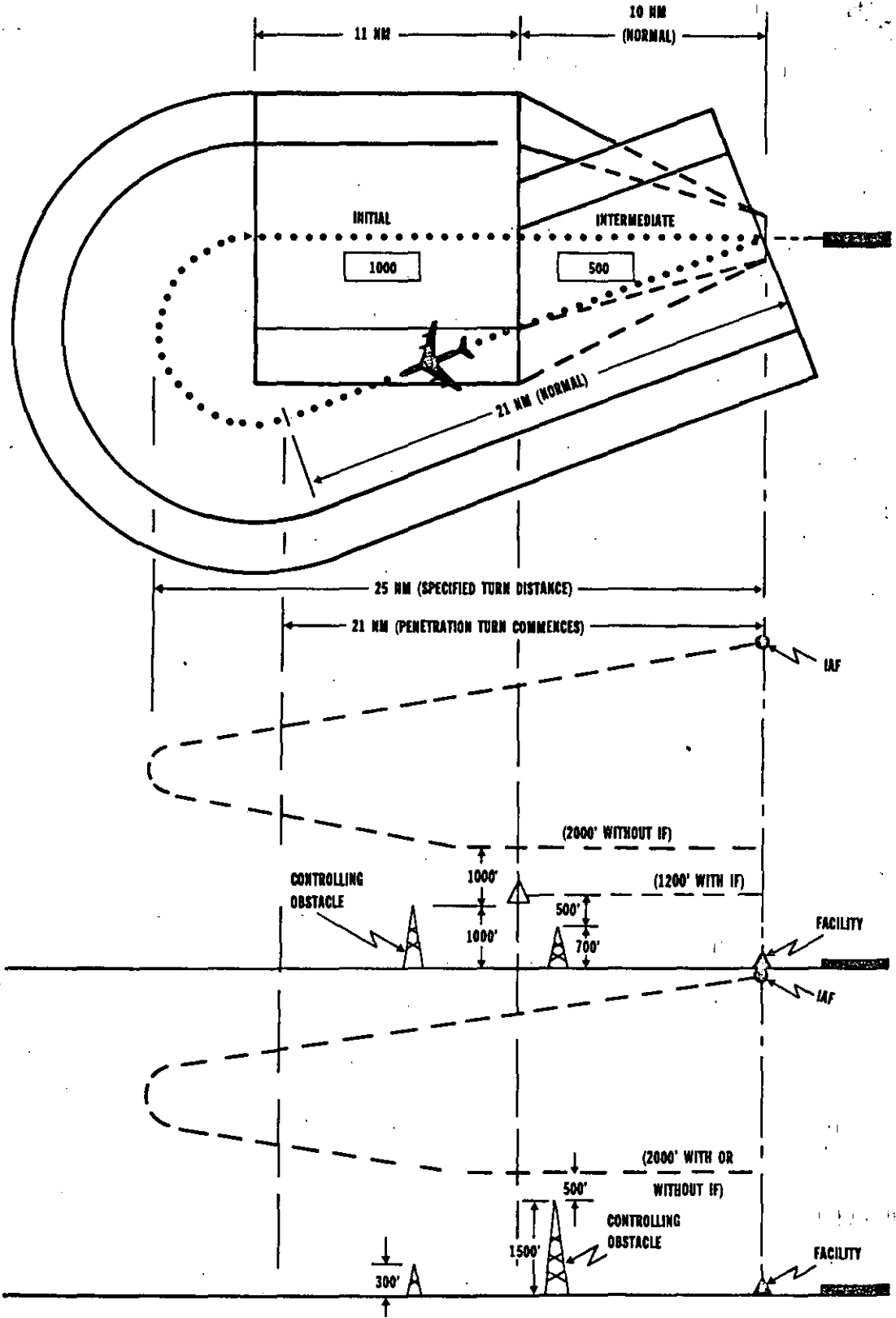


Figure 9. PENETRATION TURN INITIAL APPROACH OBSTACLE CLEARANCES. Par. 235.

approach segment into the final approach segment. It is the segment in which aircraft configuration, speed, and positioning adjustments are made for entry into the final approach segment. The intermediate segment begins at the intermediate fix (IF) or point, and ends at the final approach fix (FAF). There are two types of intermediate segments; the "radial" or "course" intermediate segment and the "arc" intermediate segment. In either case, positive course guidance shall be provided. See Figure 10 for typical approach segments.

241. ALTITUDE SELECTION. The MINIMUM altitude in the intermediate segment shall be established in 100-foot increments; i.e., 749 feet may be shown as 700 feet and 750 feet shall be shown as 800. In addition, the altitude selected for arrival over the FAF shall be low enough to permit descent from the FAF to the airport for a straight-in landing whenever possible.

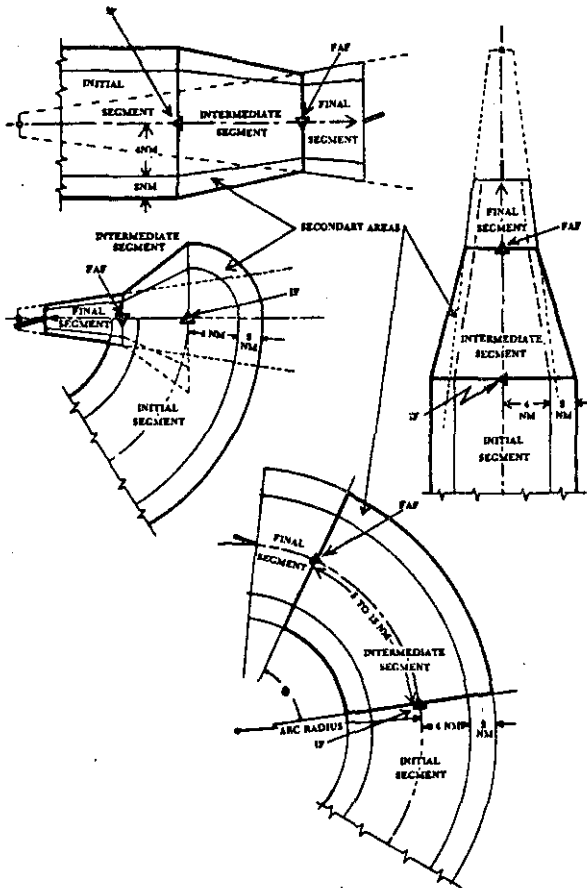


Figure 10. TYPICAL APPROACH SEGMENTS.
Par 230., 232.b., and 240

242. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT BASED ON STRAIGHT COURSES.

a. Alignment. The course to be flown in the intermediate segment shall be the same as the final approach course, except when the final approach fix is the navigation facility and it is not practical for the courses to be identical. In such cases, the intermediate course shall not differ from the final approach course by more than 30 degrees.

b. Area.

(1) **Length.** The intermediate segment shall not be less than 5 miles (except as provided for in Chapters 9 & 10) nor more than 15 miles in length, measured along the course to be flown. The OPTIMUM length is 10 miles. A distance greater than 10 miles should not be used unless an operational requirement justifies a greater distance. When the angle at which the initial approach course joins the intermediate course exceeds 90 degrees (See Figure 3.) the MINIMUM length of the intermediate course is as shown in Table 3.

(2) **Width.** The total width of the intermediate segment is determined by joining the outer edges of the initial approach segment with the outer edges of the final approach segment by means of straight lines. See Figure 10 for typical intermediate segments. For obstacle clearance purposes, the intermediate segment is divided into a primary and a secondary area. The primary area is determined by joining the primary initial approach area with the primary final approach area by means of straight lines. The secondary area is determined by joining the respective initial approach and final approach secondary areas by means of straight lines. The width of the secondary area at any given point may be determined by using the graph shown in Appendix 2, Figure 122.

Table 3. MINIMUM INTERMEDIATE COURSE LENGTH.
Par 242.b.(1)

ANGLE (DEGREES)	MINIMUM LENGTH (MILES)
91 - 96	6
97 - 102	7
103 - 108	8
109 - 114	9
115 - 120	10

c. **Obstacle Clearance.** A MINIMUM of 500 feet of obstacle clearance shall be provided in the primary area of the intermediate approach segment. In the secondary area, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance required at any given point in the secondary area may be determined by using the graph in Appendix 2, Figure 123. Allowance for precipitous terrain should be considered as specified in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 241.

d. **Descent Gradients.** Because the intermediate segment is used to prepare the aircraft speed and configuration for entry into the final approach segment the gradient should be as flat as possible. The OPTIMUM descent gradient in this area should not exceed 150 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 300 feet per mile.

243. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT BASED ON AN ARC. Arcs with a radius of less than 7 miles or more than 30 miles from the navigation facility shall NOT be used. DME arc courses shall be predicated only on collocated VOR/DME or TACAN facilities.

a. **Alignment.** The same arc shall be used for the intermediate and the final approach segments. No turns shall be required over the final approach fix.

b. **Area.**

(1) **Length.** The intermediate segment shall NOT be less than 5 miles nor more than 15 miles in length, measured along the arc. The OPTIMUM length is 10 miles. A distance greater than 10 miles should not be used unless an operational requirement justifies the greater distance.

(2) **Width.** The total width of an arc intermediate segment is 6 miles on each side of the arc. For obstacle clearance purposes this width is divided into a primary and a secondary area. The primary area extends 4 miles laterally on each side of

the arc segment. The secondary areas extend 2 miles laterally on each side of the primary area. See Figure 10.

c. **Obstacle Clearance.** A MINIMUM of 500 feet of obstacle clearance shall be provided in the primary area. In the secondary area 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance required at any given point in the secondary area is found by using the graph in Appendix 2, Figure 123. Allowance for precipitous terrain should be considered as specified in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. (See Paragraph 241).

d. **Descent Gradients.** Because it is used to prepare the aircraft speed and configuration for entry into the final approach segment the intermediate segment should be as flat as possible. The OPTIMUM descent gradient in this area should not exceed 150 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary the MAXIMUM permissible gradient is 300 feet per mile.

244. INTERMEDIATE SEGMENT WITHIN A PROCEDURE TURN SEGMENT. Criteria are the same as those for straight course intermediate segments (See Paragraph 242.) except as specified below:

a. When used with the procedure turn, the MAXIMUM intermediate segment length is 15 miles. Its width expands uniformly from the width of the final approach segment at the navigation facility to 6 miles on each side of the course at 15 miles from the facility. See Figure 11.

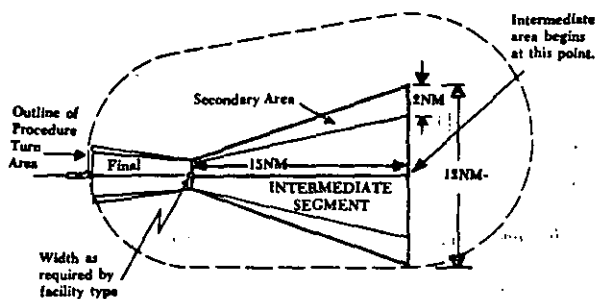


Figure 11. INTERMEDIATE AREA WITHIN A PROCEDURE TURN AREA. FAF is the Facility. 15 Mile Procedure Turn. Par 244.a.

b. The normal procedure turn distance is 10 miles from the fix or from the facility. This produces an intermediate segment 10 miles long. The portion of the intermediate segment considered for obstacle clearance will always have the same length as the procedure turn distance. See Figure 12.

c. Only that portion of the intermediate segment which applies as specified in the procedure shall be used. For example, if a procedure requires a procedure turn to be completed within 5 miles, the applicable portion of the intermediate segment shall be only 5 miles long, and the intermediate approach shall be deemed to begin on the intermediate course at a point 5 miles from the FAF. See Figure 13.

d. If the procedure turn is predicated on a final approach fix which is not the facility, the intermediate segment extends 6 miles on each side of the intermediate course at the authorized distance for the procedure turn, and tapers uniformly to the width of the final approach segment at the FAF. See Figure 14.

245-249. RESERVED.

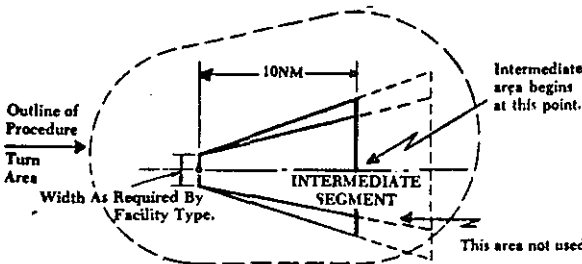


Figure 12. INTERMEDIATE AREA WITHIN THE PROCEDURE TURN AREA. FAF is the Facility. 10 Mile Procedure Turn. Par 244.b.

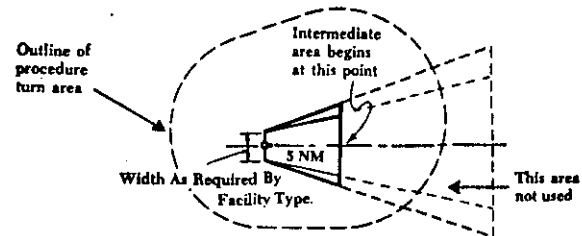


Figure 13. INTERMEDIATE AREA WITHIN THE PROCEDURE TURN AREA. FAF is the Facility. 5 Mile Procedure Turn. Par 244.c.

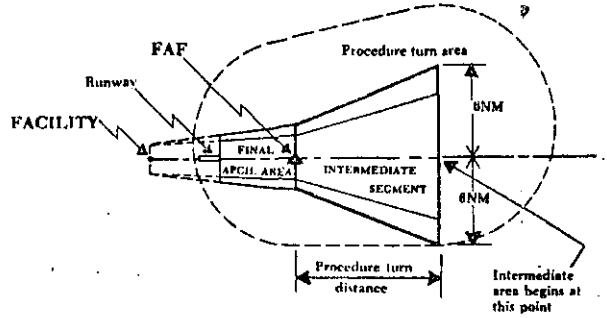


Figure 14. INTERMEDIATE AREA WITHIN THE PROCEDURE TURN AREA. FAF is NOT the Facility. Par 244.d.

Section 5. Final Approach

250. FINAL APPROACH SEGMENT. This is the segment in which alignment and descent for landing are accomplished. The final approach segment considered for obstacle clearance begins at the final approach fix or point and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. A visual portion within the final approach segment may be included for straight-in nonprecision approaches. (See Paragraph 251.). Final approach may be made to a runway for a straight-in landing, or to an airport for a circling approach. Since the alignment and dimensions of the non-visual portions of the final approach segment vary with the location and type of navigation facility, applicable criteria are contained in chapters designated for specific navigation facilities.

251. VISUAL PORTION OF THE FINAL APPROACH SEGMENT. The visual portion begins at the visual descent point and ends at the runway threshold. The visual descent point is a defined point on the final approach course of a nonprecision straight-in approach procedure from which normal descent from the MDA to the runway touchdown point may be commenced, provided visual reference is established.

a. *Visual Descent Point (VDP).* When an instrument approach procedure incorporates a VDP, the VDP shall be identified by an approved navigational fix. The fix error shall meet the fix accuracy

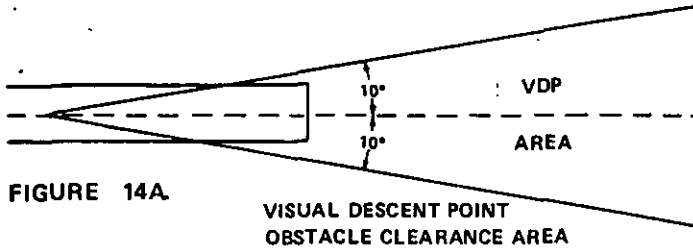


FIGURE 14A.

VISUAL DESCENT POINT
OBSTACLE CLEARANCE AREA

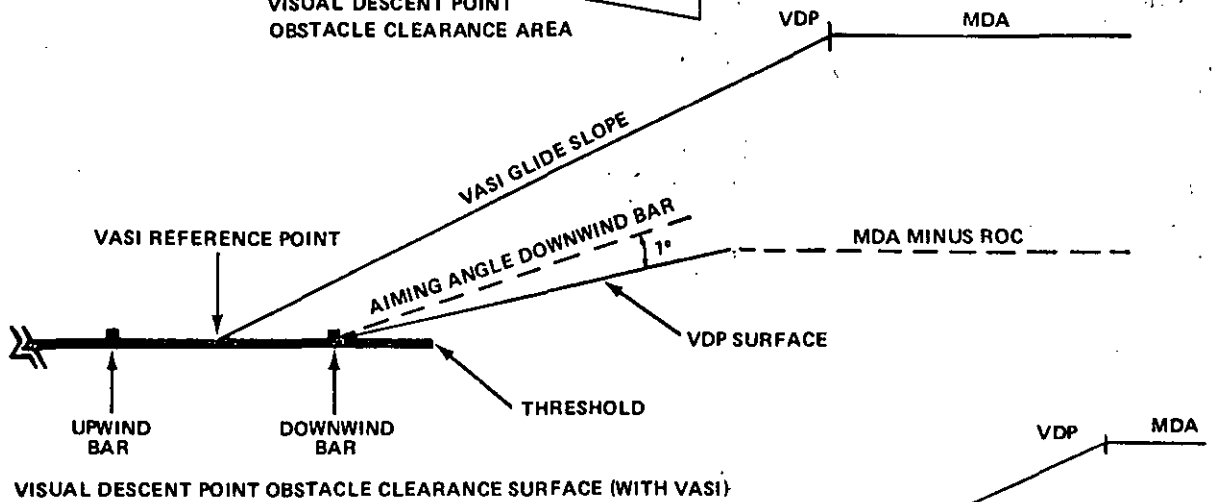


FIGURE 14B.

VISUAL DESCENT POINT OBSTACLE CLEARANCE SURFACE (WITH VASI)

FIGURE 14B.

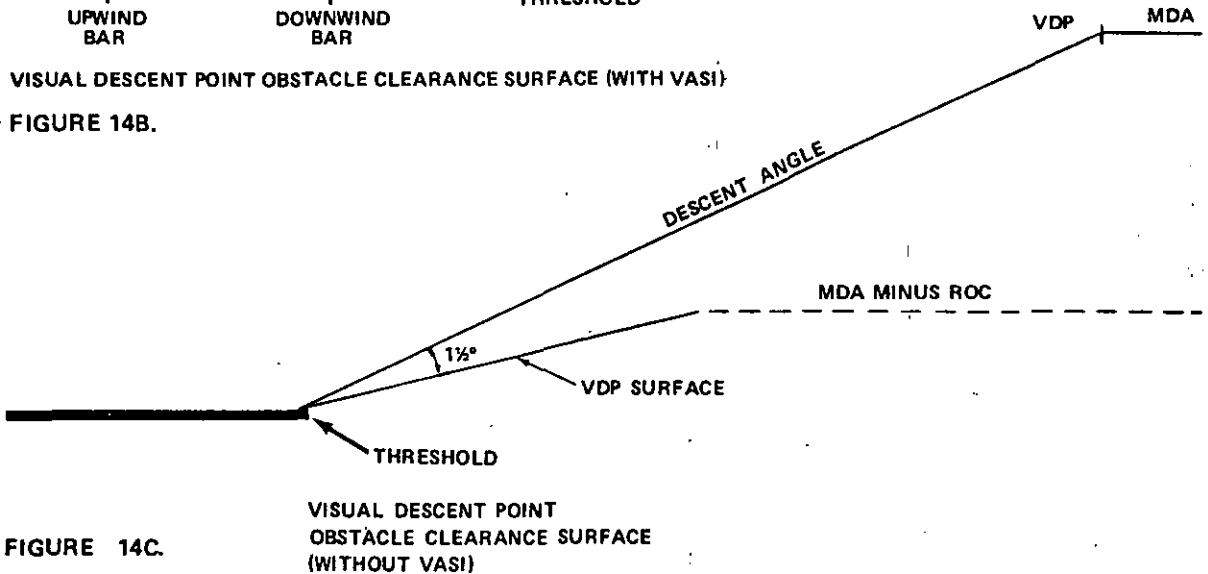


FIGURE 14C.

VISUAL DESCENT POINT
OBSTACLE CLEARANCE SURFACE
(WITHOUT VASI)

requirements specified in Chapter 2 of this handbook, but in no case shall the fix error exceed ± 0.5 NM.

(1) Where VASI is installed, the VDP shall be located at the point where the lowest VASI glide slope intersects the lowest MDA.

(2) Where VASI is not installed, the VDP will be located at the point on the final approach course at the MDA where a descent gradient to the threshold of 300-400 feet per NM commences. If

operational requirements dictate a 2° descent gradient, 212 FPNM may be used.

b. Alignment. The VDP area is centered on the runway centerline extended.

c. Area. The VDP area is determined as follows:

(1) When VASI is installed, the area shall begin at a point abeam the downwind VASI bar and splay $\pm 10^\circ$ either side of the runway centerline.

(2) When no VASI is installed, the area shall begin at a point 500 feet upwind from the runway threshold and splay $\pm 10^\circ$ either side of the runway centerline.

(3) Where the $\pm 10^\circ$ splay does not encompass the width of the runway at the threshold, the area shall begin at the threshold at a width equal to the runway width and splay 10° from the runway edges.

(4) The area shall terminate at the VDP or where the obstacle clearance surface elevation is equal to the MDA minus the ROC whichever occurs first.

d. Surface. The surface is inclined upward and extends outward to the point where the VDP area terminates.

(1) When VASI is installed, the surface shall extend from the downwind VASI bar at an angle 1° lower than the aiming angle of that bar.

(2) When no VASI is installed, the surface shall extend from the threshold at an angle $1\ 1/2^\circ$ lower than the angle resulting from the descent gradient from the VDP to the runway threshold.

e. Obstacle Clearance. No obstacle shall penetrate the surface overlying the area associated with the VDP.

252. DESCENT GRADIENT. The chapters for specific navigational facilities and radio fixes used in the final approach segment contain flexible descent criteria. These specify the optimum and maximum permissible descent gradient per mile. Where a step-down fix is used in the final approach segment the descent gradient is applicable to the areas between the FAF and the stepdown fix, and between the stepdown fix and the approach runway threshold.

253. - 259. RESERVED.

Section 6. Circling Approach

260. CIRCLING APPROACH AREA. This is the obstacle clearance area which shall be considered for

aircraft maneuvering to land on a runway which is not aligned with the final approach course of the approach procedure.

a. Alignment and Area. The size of the circling area varies with the approach category of the aircraft, as shown in Table 4. To define the limits of the circling area for the appropriate category, draw an arc of suitable radius from the center of the threshold of each usable runway. Join the extremities of the adjacent arcs with lines drawn tangent to the arcs. The area thus enclosed is the circling approach area. See Figure 15.

b. Obstacle Clearance. A minimum of 300 feet of obstacle clearance shall be provided in the circling approach area. There is no secondary obstacle clearance for the circling approach. See Paragraph 322.

261. CIRCLING APPROACH AREA NOT CONSIDERED FOR OBSTACLE CLEARANCE. It will be permissible to eliminate from consideration a particular sector where prominent

Table 4. CIRCLING APPROACH AREA RADII.

Approach Category	Radius (Miles)
A	1.3
B	1.5
C	1.7
D	2.3
E	4.5

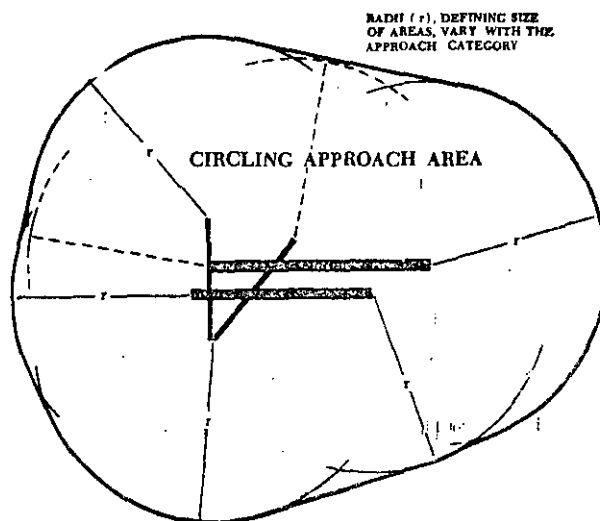


Figure 15. CONSTRUCTION OF CIRCLING APPROACH AREA. Par 260.

obstacles exist in the circling approach area, provided the landing can be made without maneuvering over this sector and further provided that a note to this effect is included in the procedure. Sectors within which circling is not permitted should be identified with runway centerlines, and where necessary, certain runway lights may be required to be operating. For example, notes might read "Circling not authorized northwest of airport between Runways 9/27 and 18/36 and night circling below MDA 700 not authorized unless Runways 9/27 and 18/36 are both lighted" or "Circling not authorized west of Runway 18/36".

262. - 269. RESERVED.

Section 7. Missed Approach.

270. MISSED APPROACH SEGMENT. (See ILS and PAR chapters for special provisions). A missed approach procedure shall be established for each instrument approach procedure. The missed approach shall be initiated at the decision height in precision approaches and at a specified point in non-precision approaches. The missed approach procedure must be simple, specify an altitude, and when- ever practical, a clearance limit. The missed approach altitude specified in the procedure shall be sufficient to permit holding or enroute flight. All alternate missed approach procedures which are to be used must be specified in the procedure.

NOTE: Only the primary missed approach procedure shall be included on the published chart.

271. MISSED APPROACH ALIGNMENT. Wherever practical, the missed approach course should be a continuation of the final approach course. Turns are permitted, but should be minimized in the interest of safety and simplicity. When a turn of no more than 15 degrees is made, the missed approach is considered straight, and the straight missed approach area applies. See Paragraph 273.

272. MISSED APPROACH POINT (MAP). The missed approach point specified in the procedure may be the point of intersection of an electronic

glide path with a decision height, a navigation facility, a fix, or a specified distance from the final approach fix. The specified distance may not be more than the distance from the final approach fix to the usable landing surface. The missed approach point shall NOT be located prior to the visual descent point. (See Paragraph 251.). Specified criteria for the MAP are contained in the appropriate facility chapters.

273. STRAIGHT MISSED APPROACH AREA. The straight missed approach area (a maximum of 15 degree turn from the final approach course) starts at the missed approach point. The area has a width equal to that of the final approach area at the MAP and expands uniformly to the width of the initial approach segment at a point 15 miles from the MAP. A secondary area for the reduction of obstacle clearance is identified within the missed approach area which has the same width as the final approach secondary area at the MAP, and which expands uniformly to a width of 2 miles at a point 15 miles from the MAP. Positive course guidance is required to reduce obstacle clearance in the secondary area. See Figure 16.

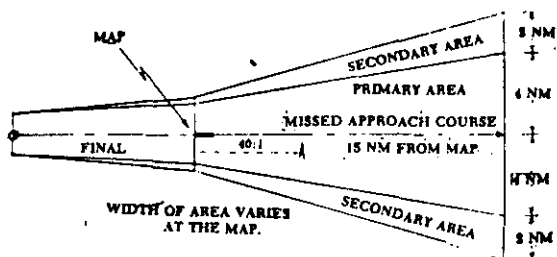


Figure 16. STRAIGHT MISSED APPROACH AREA. Par 273.

274. STRAIGHT MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. Within the primary missed approach area no obstacle shall penetrate the missed approach surface. This surface begins over the missed approach point at a height determined by subtracting the required final approach obstacle clearance from the minimum descent altitude. It ascends uniformly at the rate of 1 foot vertically for each 40 feet horizontally (40:1). See Figure 17. Where the 40:1 surface reaches a height of 1000 feet below the missed approach altitude (Paragraph 270) further application of the surface is not required. In

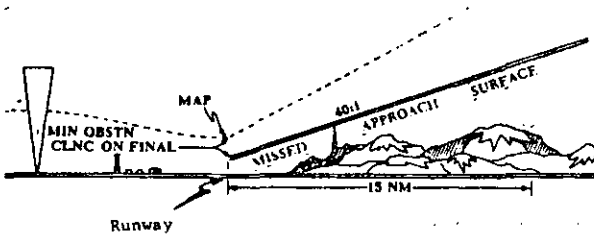


Figure 17. STRAIGHT MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. Par 274.

the secondary area no obstacle may penetrate a 12:1 slope which extends outward and upward from the 40:1 surface at the inner boundaries of the secondary area. See Figure 18.

275. TURNING MISSED APPROACH AREA. (See ILS and PAR chapters for special provisions). If a turn of more than 15 degrees from the final approach course is required, a turning missed approach area must be constructed. The dimensions and shape of this area are affected by three variables:

Width of final approach area at the MAP. (It is narrow close to the facility and wider farther away).

All categories of aircraft authorized to use the procedure.

Number of degrees of turn required by the procedure.

Secondary areas for the reduction of obstacle clearance are permitted when positive course guidance is provided. The secondary area begins where a line

perpendicular to the straight flight path, originating at the point of completion of the turn, intersects the outer boundaries of the missed approach segment. The width of the secondary area expands uniformly from zero to 2 miles at the end of the missed approach segment. Figures 19, 20, 21, 22, 23, and 24 show the manner of construction of some typical turning missed approach areas. The following radii are used in the construction of these areas:

a. *90 Degree Turn or Less. Narrow final approach area at MAP.* See Figure 19. To construct the area:

(1) Draw an arc with the radius (R_1) from the MAP. This line is then extended outward to a point 15 miles from the MAP measured along the line. This is the assumed flight path.

(2) Establish points "A₂" and "B₁" by measuring 6 miles perpendicular to the flight path at the 15 mile point.

(3) Now connect "A₂" and "B₁" with a straight line.

Table 5. TURNING MISSED APPROACH RADII (Miles).

Approach Category	Obstacle Clearance Radius (R)	Flight Path Radius (R_1)
A	2.6	1.30
B	2.8	1.40
C	3.0	1.50
D	3.5	1.75
E	5.0	2.50

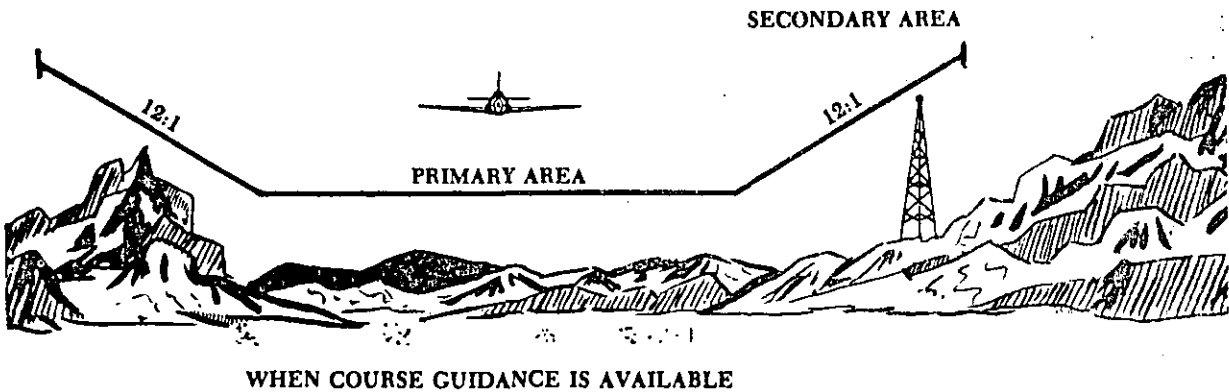


Figure 18. MISSED APPROACH CROSS SECTION. Par 274.

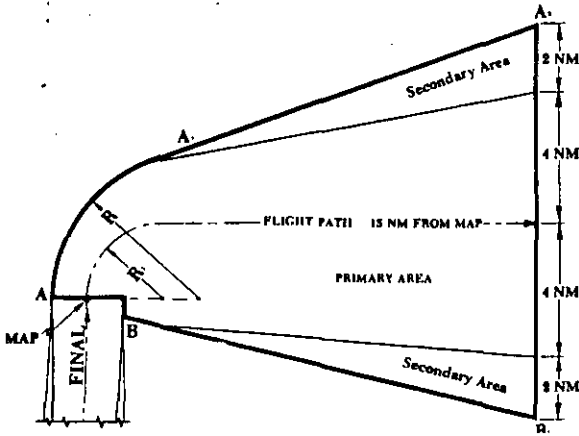


Figure 19. TURNING MISSED APPROACH AREA. 90 Degree Turn or Less. Narrow Final Approach Area at MAP. Par 275.a.

(4) Draw an arc with the radius (R) from point "A" to "A₁". This is the edge of the obstacle clearance area.

(5) Establish point "B" by measuring backward on the edge of the final approach area a distance of 1 mile.

(6) Connect points "A₁" and "A₂", and points "B" and "B₁" with straight lines.

b. 90 Degree Turn or Less. Wide final approach area at MAP. See Figure 20. To construct the area:

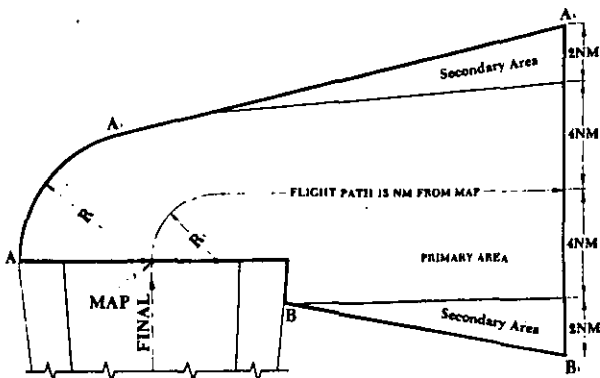


Figure 20. TURNING MISSED APPROACH AREA. 90 Degree Turn or Less. Wide Final Approach Area at MAP. Par 275.b.

(1) Draw an arc with the appropriate radius (R₁) from the MAP. This line is then extended outward to a point 15 miles from the MAP, measured along the line. This is the assumed flight path.

(2) Establish points "A₂" and "B₁" by measuring 6 miles perpendicular to the flight path at the 15 mile point.

(3) Now connect points "A₂" and "B₁" with a straight line.

(4) Draw an arc with the appropriate radius (R) from point "A" to point "A₁". This is the edge of the obstacle clearance area.

(5) Establish point "B" by measuring backward on the edge of the final approach area a distance of 1 mile.

(6) Connect points "A₁" and "A₂" and points "B" and "B₁" with straight lines.

c. More Than 90 Degree Turn. Narrow final approach area at MAP. See Figure 21. To construct the area:

(1) Draw an arc with the radius (R₁) from the MAP through the required number of degrees and then continue outward to a point 15 miles from the MAP,

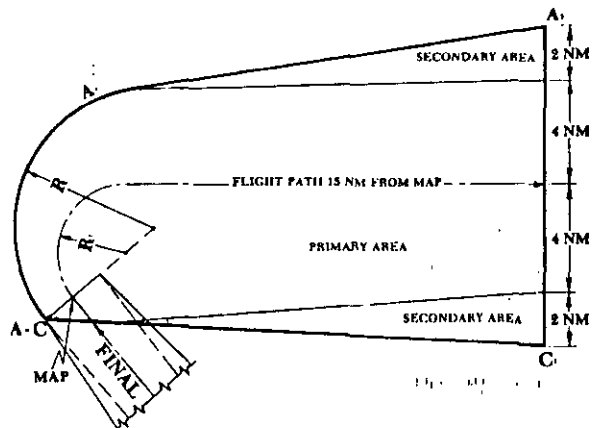


Figure 21. TURNING MISSED APPROACH AREA. More than 90 Degree Turn. Narrow Final Approach Area at the MAP. Par 275.c.

measured along this line, which is the assumed flight path.

(2) Establish points "A₂" and "C₁" by measuring 6 miles on each side of the assumed flight path and perpendicular to it at the 15 mile point.

(3) Now connect points "A₂" and "C₁" with a straight line.

(4) Draw an arc with the radius (R) from point "A" to point "A₁" (Figure 21 uses 135 degrees). This is the outer edge of the obstacle clearance area.

(5) Locate point "C" at the inner edge of the final approach secondary area opposite the MAP. (Point "A" and point "C" will be coincident when the MAP is the facility).

(6) Connect points "A₁" and "A₂" and points "C" and "C₁" with straight lines.

d. More than 90 Degree Turn. Wide final approach area at MAP. See Figure 22. To construct the area:

(1) Draw the flight path arc with radius (R₁) from the MAP, and then continue the line outward to a

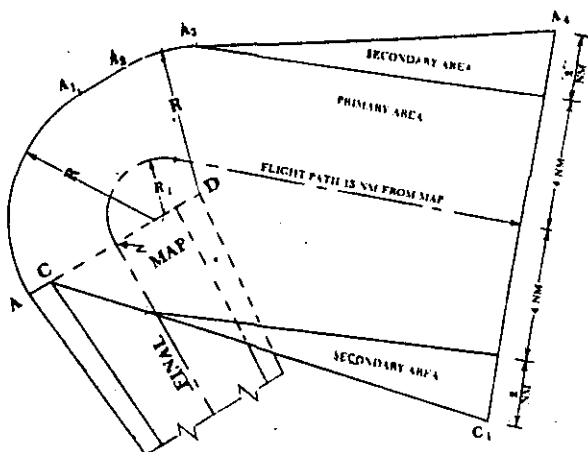


Figure 22. TURNING MISSED APPROACH AREA. More Than 90 Degree Turn. Wide Final Approach at MAP. Par 275.d.

point 15 miles from the MAP, measured along the assumed flight path.

(2) Establish points "A₄" and "C₁" by measuring 6 miles on each side of the flight path and perpendicular to it at the 15 mile point.

(3) Now connect points "A₄" and "C₁" with a straight line.

(4) Draw a 90 degree arc with the appropriate radius (R) from point "A" to point "A₁". Note that when the width of the final approach area at the MAP is greater than the appropriate radius (R), the turn is made in two increments when constructing the obstacle clearance area.

(5) Draw an arc with the radius (R) from point "D" (edge of final approach secondary area opposite MAP) the required number of degrees from point "A₂" to point "A₃". Compute the number of degrees by subtracting 90 from the total turn magnitude.

(6) Connect points "A₁" and "A₂" with a straight line.

(7) Locate point "C" at the inner edge of the final approach secondary area opposite the MAP.

(8) Connect point "A₃" with point "A₄", and connect point "C" with point "C₁" using straight lines.

e. 180 Degree Turn. Narrow final approach area at MAP. See Figure 23. To construct the area:

(1) Draw an arc with the radius (R₁) from the MAP through 180 degrees, and then continue outward to a point 15 miles from the MAP, measured along this line, which is the assumed flight path.

(2) Establish points "A₂" and "C₁" by measuring 6 miles on each side of the assumed flight path, and perpendicular to it at the 15 mile point.

(3) Now connect point "A₂" and point "C₁" with a straight line.

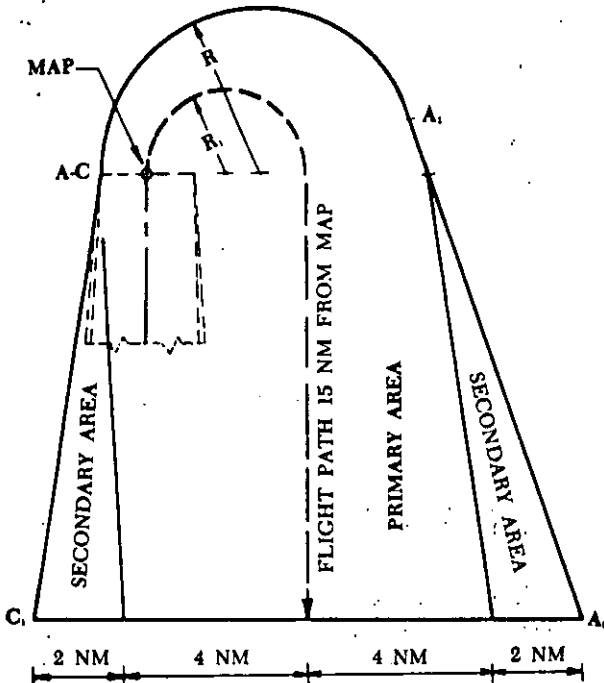


Figure 23. TURNING MISSED APPROACH AREA. 180 Degree Turn. Narrow Final Approach Area at MAP. Par 275.e.

(4) Locate point "C" at the inner edge of the final approach secondary area opposite the MAP. (Point "A" and point "C" will be coincident when the MAP is the facility.)

(5) Draw an arc with the radius (R) from point "A" to point "A₁" (180 degrees). This is the outer edge of the obstacle clearance area.

(6) Connect points "A₁" and "A₂", and points "C" and "C₁" by straight lines. (The line "A₁-A₂" joins the arc tangentially.)

f. 180 Degree Turn. Wide final approach area at MAP. See Figure 24. To construct the area:

(1) Draw the assumed flight path arc with the radius (R₁) from the MAP the required number of degrees to the desired flight path or course.

(2) Establish points "A₄" and "C₁" by measuring 6 miles on each side of the assumed flight path and perpendicular to it at the 15 mile point.

(3) Connect points "A₄" and "C₁" with straight lines.

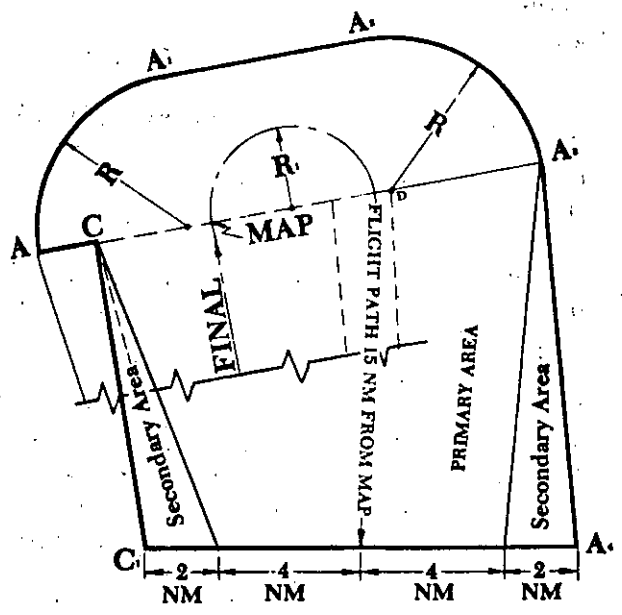


Figure 24. TURNING MISSED APPROACH AREA. 180 Degree Turn. Wide Final Approach Area at MAP. Par 275.f.

(4) Draw a 90 degree arc with the appropriate radius (R) from point "A" to point "A₁". Note that when the width of the final approach area at the MAP is greater than the appropriate radius (R) the turn is made in two increments when constructing the obstacle clearance area.

(5) Draw an arc with the radius (R) from point "D" (edge of final approach area opposite MAP) the required number of degrees from point "A₂" to point "A₃". Compute the number of degrees by subtracting 90 degrees from the total turn magnitude.

(6) Connect points "A₁" and "A₂" with a straight line.

(7) Locate point "C" at the inner edge of the final approach secondary area opposite the MAP.

(8) Connect points "A₃" and "A₄" and points "C" and "C₁" with straight lines. (The line "A₃-A₄" joins the arc tangentially.)

276. TURNING MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. The methods of determining the height of the 40:1 missed approach surface over

obstacles in the turning missed approach area vary with the amount of turn involved.

a. *90 Degree Turn or Less.* See Figure 25. Zone 1 is a 1.6 mile continuation of the final approach secondary area, and has identical obstacle clearance requirements. Zone 2 is the area in which the height of the missed approach surface over an obstacle must be determined. To do this, first identify line "A - D - B" by locating point "B" 1 mile back from the MAP on the edge of the final approach area. Note that the secondary area within the final approach area also terminates at point "B". This is to safeguard the short-turning aircraft. Thus the height of the missed approach surface over an obstacle in Zone 2 is determined by measuring the straight-line distance from the obstacle to the nearest point on line "A - D - B" and computing the height based on the 40:1 ratio. The height of the missed approach surface over the MAP is the same as specified in Paragraph 274. When an obstacle is in a secondary area, measure the straight-line distance from the nearest point on the line "A - D - B" to the point on the inner edge of the secondary area which is nearest the obstacle. Compute the height of the missed approach surface at this point, using the 40:1 ratio. Then apply the 12:1 secondary area ratio from the height of the surface for the remaining distance to the obstacle.

b. *More Than 90 Degree Turn.* See Figure 26. In this case a third Zone becomes necessary. Zone 3 is defined by extending a line from point "B" to the extremity of the missed approach area perpendicular to the final approach course. Zone 3 will encompass all of the missed approach area not specifically

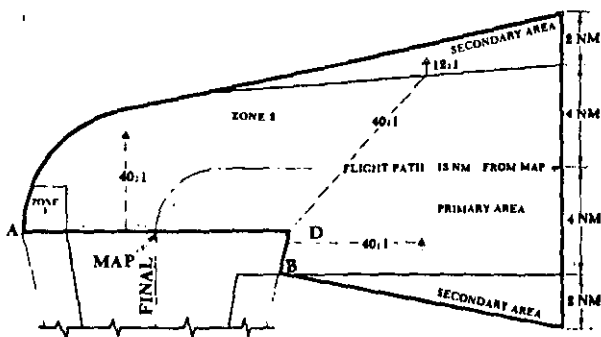


Figure 25. TURNING MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. 90 Degree Turn or Less.

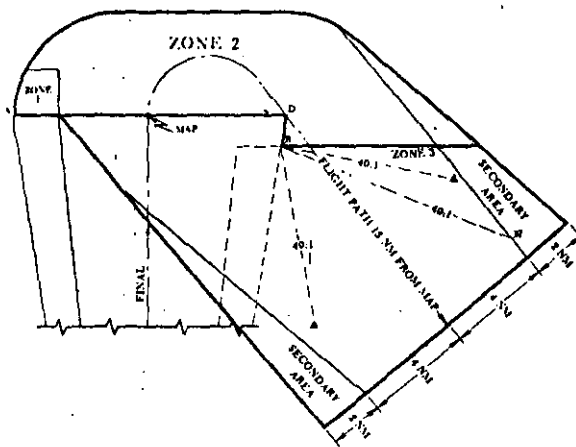


Figure 26. TURNING MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. More Than a 90 Degree Turn. Par 276.b.

within Zones 1 and 2. All distance measurements in Zone 3 are made from point "B". Thus the height of the missed approach surface over an obstacle in Zone 3 is determined by measuring the distance from the obstacle to point "B" and computing the height based on the 40:1 ratio. The height of the missed approach surface over point "B" for Zone 3 computations is the same as the height of the MDA. For an obstacle in the secondary area, use the same measuring method prescribed in Paragraph 276.a., except that the original measuring point shall be point "B".

c. *Secondary Area.* In the secondary area no obstacles may penetrate a 12:1 slope which extends outward and upward from the 40:1 surface from the inner to the outer boundary lines of the secondary area.

277. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. If a straight climb to a specific altitude followed by a turn is necessary to avoid obstacles, a combination straight and turning missed approach area must be constructed. The straight portion of this missed approach area is Section 1. The portion in which the turn is made is Section 2.

a. *Straight Portion.* Section 1 is a portion of the normal straight missed approach area and is constructed as specified in paragraph 273. Obstacle clearance is provided as specified in paragraph 274 except that secondary area reductions do not apply.

The length of Section 1 is determined as shown in Figure 27 and relates to the need to climb to a specified altitude prior to commencing the turn. Point A₁ marks the end of Section 1. Point B₁ is one mile from the end of Section 1. (See Figure 27).

b. Turning Portion. Section 2 is constructed as specified in paragraph 275 except that it begins at

the end of Section 1 instead of at the MAP. To determine the height which must be attained before commencing the missed approach turn, first identify the controlling obstacle on the side of Section 1 to which the turn is to be made. Then measure the distance from this obstacle to the nearest edge of the Section 1 area. Using this distance as illustrated in Figure 27, determine the height of the 40:1 slope at

EXAMPLE

Given:

1. MDA 360' MSL
2. Obstacle height: 1098' MSL
3. Obstacle in section 2 = 3NM from near edge of section

Find:

1. Minimum altitude at which aircraft can start turn.
2. Required length of section 1.

Solution:

1. Find height MSL at near edge.
 - a. $A = 18,228' (3 \text{ mi}) + 40 = 456'$.
 - b. $1098' \text{ MSL} - 456' = 642' \text{ MSL}$.

2. Add 250' obstacle clearance.
 - a. $250' + 642' = 892' \text{ MSL}$.
3. Round up to next higher 20'.
 - a. $892' = 900' \text{ MSL}$ to start turn.
4. Find height to climb from MDA to 900' MSL.
 - a. $900' - 360' = 540'$ to climb.
5. Find length of section 1.
 - a. $540' \times 40 = 21,600'$ — length of section 1.
6. Missed approach instructions.
 - a. "Climb to 900' before starting right turn to, etc."

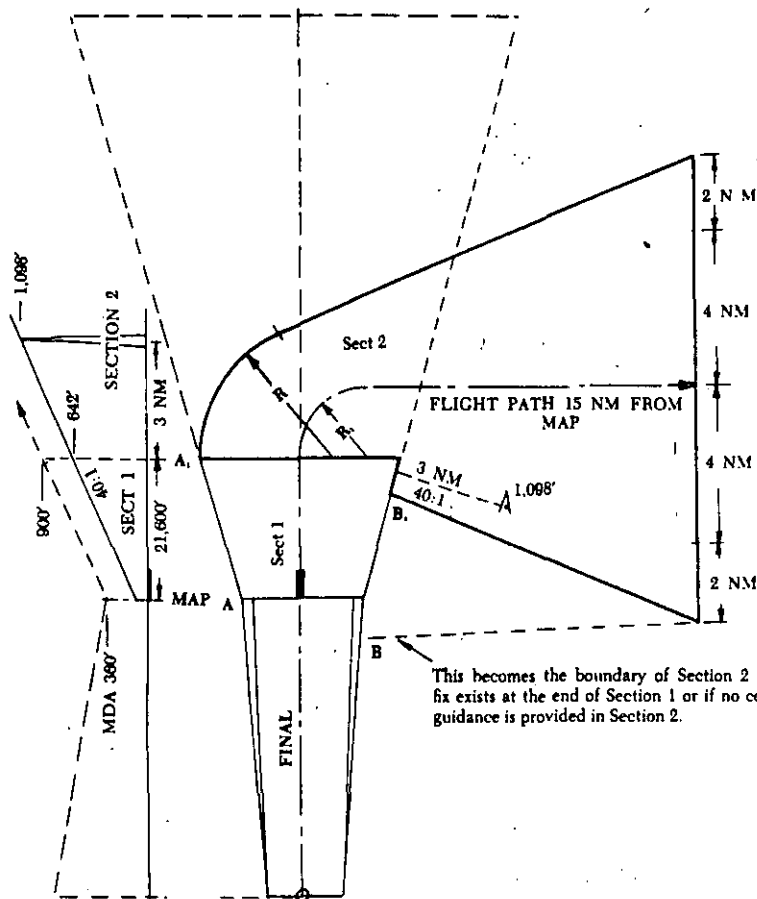


Figure 27. COMBINATION MISSED APPROACH AREA. Par. 277.

the edge of Section 1. This height plus 250 feet (rounded off to the next higher 20 foot increment) is the height at which the turn should be started. Obstacle clearance requirements in Section 2 are the same as those specified in paragraph 276 except that Zone 1 is not considered and Section 2 is expanded to start at Point B if no fix exists at the end of Section 1 or if no course guidance is provided in Section 2. (See Figure 27).

278. END OF MISSED APPROACH. Aircraft shall be assumed to be in the initial approach or enroute environment upon reaching minimum obstacle clearance altitude (MOCA) or minimum enroute altitude (MEA). Thereafter the initial approach or the enroute obstacle clearance criteria apply.

279. RESERVED.

Section 8. Terminal Area Fixes

280. GENERAL. Terminal area fixes include, but are not limited to the final approach fix (FAF), the intermediate fix (IF), the initial approach fix (IAF), the holding fix, and when possible, a fix to mark the missed approach point. Each fix is a geographical position on a defined course. Terminal area fixes should be based on similar navigation systems. For example, TACAN, VORTAC, and VOR/DME facilities provide Radial/DME fixes. Low frequency facilities provide LF bearings or radio range intersections. VOR facilities provide VOR radials. The use of integrated (VHF/LF) fixes shall be limited to those intersection fixes where no satisfactory alternative exists.

281. FIXES FORMED BY INTERSECTION. A geographical position can be determined by the intersection of courses or radials from two stations. One station provides the course the aircraft is flying and the other provides a crossing indication which identifies a point along the course which is being flown. Because all stations have accuracy limitations, the geographical point which is identified is not precise, but may be anywhere within a quadrangle which surrounds the plotted point of intersection. Figure 28 illustrates the intersection of an arc and a radial from the same DME facility, and the

intersection of two radials or courses from different navigation facilities. The area encompassed by the sides of the quadrangle formed in these ways is referred to in this publication as the "fix displacement area".

282. DME FIXES. A DME fix is formed by a DME reading on a positive navigational course. The information normally shall be derived from a single facility with collocated azimuth and DME antennas. However, when a unique operational requirement indicates a need for DME information from other than collocated facilities, an individual instrument approach procedure which specifies DME may be approved, provided the angular divergence between the signal sources at the fix does not exceed 23 degrees. See Figure 28. For limitation on use of DME with ILS see Paragraph 912.

283. FIXES FORMED BY RADAR. Where ATC can provide the service, ASR may be used for any terminal area fix except to identify the middle marker (MM). PAR may be used to form any fix within the radar coverage of the PAR system. ARSR may be used for initial approach and intermediate approach fixes.

284. FIX DISPLACEMENT AREA. The areas portrayed in Figure 28 extend along the flight course from point "A" to point "C". The fix error is a plus-or-minus value, and is represented by the lengths from "A" to "B" and "B" to "C". Each of these lengths is applied differently. The fix error may cause the fix to be received early (between "A" and "B") or late (between "B" and "C"). Because the fix may be received early, protection against obstacles must be provided from a line perpendicular to the flight course at point "A".

285. INTERSECTION FIX DISPLACEMENT FACTORS. The intersection fix displacement area is determined by the system use accuracy of the navigation fixing systems. The system use accuracy in VOR and TACAN type systems is determined by the combination of ground station error, airborne receiving system error, and pilotage error. Long experience in enroute use of VOR has shown that a VOR system use accuracy along radial courses of plus-or-minus 4.5 degrees, 95 percent of occasions, is a realistic, conservative figure. Thus, in normal

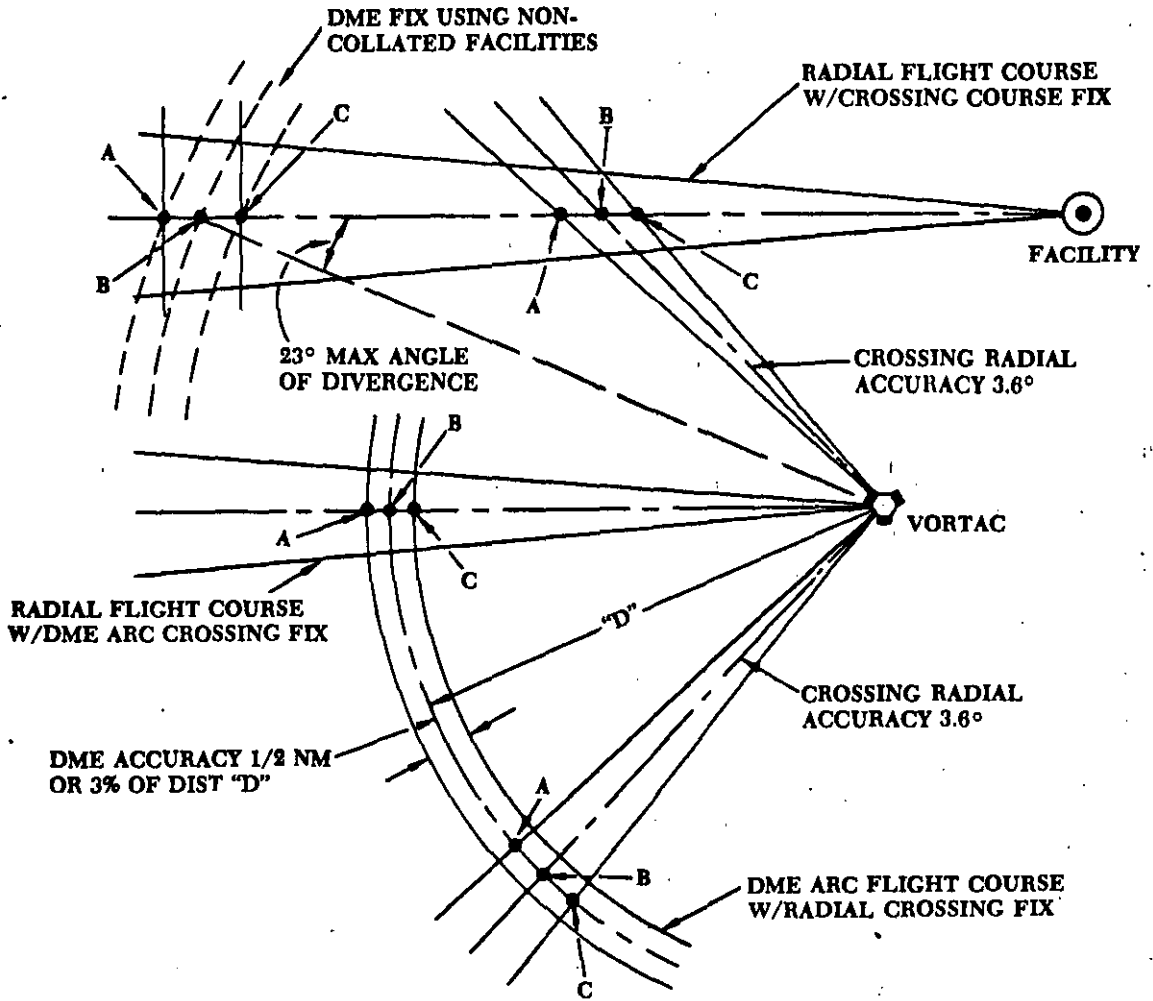


Figure 28. INTERSECTION FIX-DISPLACEMENT. Par 281, 282, 283.

use of VOR or TACAN intersections, fix displacement factors may conservatively be assessed as follows:

a. Along-Course Accuracy.

- (1) VOR/TACAN radials, plus-or-minus 4.5 degrees.
- (2) Localizer course, plus-or-minus 1 degree.
- (3) LF courses or bearings, plus-or-minus 5 degrees.

NOTE: The plus-or-minus 4.5 degrees (95 percent) VOR/TACAN figure is achieved when the

ground station course signal error, the pilotage error, and the VOR airborne equipment error are controlled to certain normal tolerances. Where it can be shown that any of the three error elements is consistently different from these assumptions (for example, if flight inspection shows a consistently better VOR signal accuracy or stability than the one assumed, or if it can be shown that airborne equipment error is consistently smaller than assumed, or that pilotage error during approaches is consistently smaller than assumed), VOR fix displacement factors smaller than those shown above may be utilized in accordance with Paragraph 141.

b. Crossing Course Accuracy.

- (1) VOR/TACAN radials, plus-or-minus 3.6 degrees.

(2) Localizer course, plus-or-minus 0.5 degrees.

(3) LF courses or bearings, plus-or-minus 5 degrees.

NOTE: The plus-or-minus 3.6 degree (95 percent) VOR/TACAN figure is achieved when ground station course signal error and the VOR airborne equipment error are controlled to certain normal tolerances. Since the crossing course is not flown, pilotage error is not a contributing element. Where it can be shown that either of the error elements is consistently different, VOR displacement factors smaller than those shown above may be utilized in accordance with paragraph 141.

286. OTHER FIX DISPLACEMENT FACTORS.

a. **Radar.** Plus-or-minus 500 feet or 3 percent of the distance to the antenna, whichever is greater.

b. **DME.** Plus-or-minus 1/2 (0.5) miles or 3 percent of the distance to the antenna, whichever is greater.

c. **75 mhz Marker Beacon.**

(1) Normal powered fan marker, plus-or-minus 2 miles.

(2) Bone-shaped fan marker, plus-or-minus 1 mile.

(3) Low powered fan marker, plus-or-minus 1/2 mile.

(4) "Z"-marker, plus-or-minus 1/2 mile.

NOTE: Where these 75 MHz marker values are restrictive, the actual coverage of the fan marker (2 milliamp signal level) at the specific location and altitude may be used instead.

d. **Overheading a Station.** The fix error involved in station passage is not considered significant in terminal applications. The fix is therefore considered to be at the plotted position of the navigation facility. The use of TACAN station passage

as a fix is NOT acceptable for holding fixes or high altitude initial approach fixes.

287. SATISFACTORY FIXES.

a. **Intermediate or Initial Approach Fix.** To be satisfactory as an intermediate or initial approach fix, the fix error must not be larger than 50 percent of the appropriate intermediate or initial segment distance which follows the fix. Measurements are made from the plotted fix position. See Figure 29.

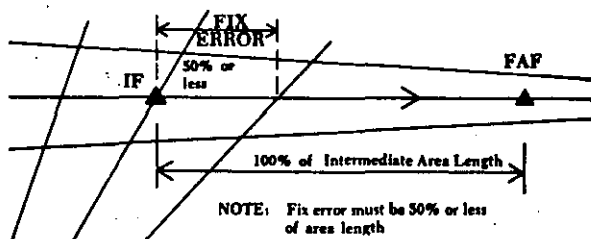


Figure 29. INTERMEDIATE OR INITIAL APPROACH FIX ERRORS. Par 287.

b. **Holding Fixes.** Any terminal area fix except overheading a TACAN may be used for holding, except that if the fix is an intersection formed by courses or radials the following conditions shall exist:

(1) The angle of divergence of the intersecting courses or radials shall not be less than 45 degrees.

(2) If the facility which provides the crossing course is NOT LF, it may be as much as 45 miles from the point of intersection.

(3) If the facility which provides the crossing course is LF, it must be within 30 miles of the intersection point.

(4) If distance stated in 287.b.(2) or (3) are exceeded, the minimum angle of divergence of the intersecting courses must be increased at the following rate:

(a) If an LF facility is involved, 1 degree for each mile over 30 miles.

(b) If an LF facility is NOT involved, 1/2 degree for each mile over 45 miles.

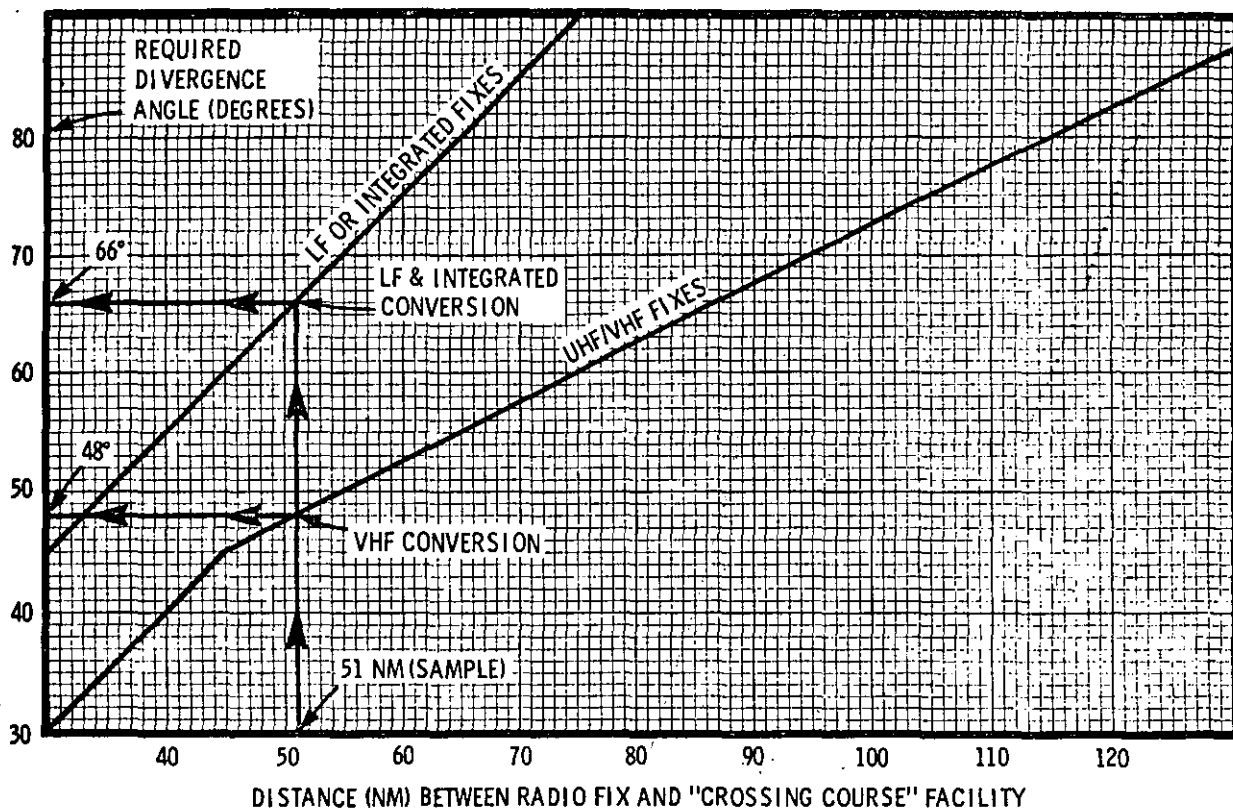


Figure 30. MINIMUM DIVERGENCE ANGLE FOR HOLDING FIXES. Par 287.b.

For example, if the intersection is formed by radials from VORs 30 and 45 miles away, the minimum angle is 45 degrees. If one of the facilities is LF, the minimum angle is 60 degrees. See Figure 30.

c. *Final Approach Fix (FAF)*. For a fix to be satisfactory for use as a final approach fix, the fix error shall not exceed plus-or-minus 1 mile (see Figure 31), except that it may be as large as plus-or-minus 2 miles when:

(1) The missed approach point is marked by overheading an air navigation facility (except 75 mhz markers); OR

(2) A buffer of equal length to the excessive fix error is provided between the published missed approach point and the point where the missed approach surface begins (see Figure 32); OR

(3) The minimum descent altitude is raised at a rate of 15 feet per one-tenth mile of excessive fix error; OR

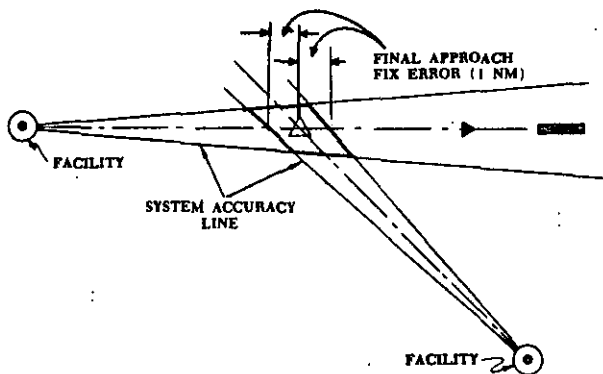


Figure 31. MEASUREMENT OF FINAL APPROACH FIX ERROR, Par 287.c.

(4) A combination of the actions in (2) and (3) above will adjust the missed approach surface to compensate for excessive fix error.

288. USING FIXES FOR DESCENT.

a. *Distance Available for Descent*. When applying descent gradient criteria applicable to an

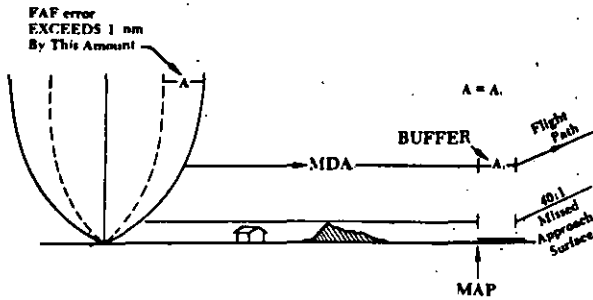


Figure 32. FINAL APPROACH FIX ERROR BUFFER. Par 287.c.(2)

approach segment (initial, intermediate or final approach areas), the measuring point is the plotted position of the fix. See Figure 33.

b. Obstacle Clearance After Passing a Fix. It is assumed that descent will begin at the earliest point the fix can be received. Full obstacle clearance shall be provided from this point to the plotted point of the next fix. Therefore, the altitude to which descent is to be made at the fix must provide the same clearance over obstacles in the fix displacement area as it does over those in the approach segment which is being entered. See Figure 34.

c. Stepdown Fix. A stepdown fix permits additional descent within a segment by identifying a point at which a controlling obstacle has been safely overflown. Only one stepdown fix shall be estab-

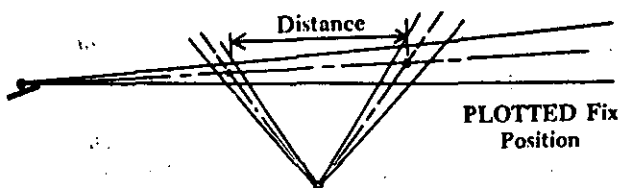


Figure 33. DISTANCE FOR DESCENT GRADIENT APPLICATION. Par 288.a.

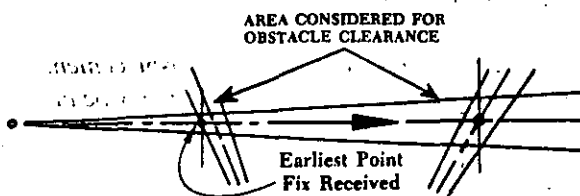


Figure 34. OBSTACLE CLEARANCE AREA BETWEEN FIXES. Par 288.b.

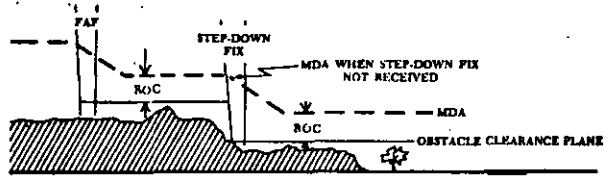


Figure 35. FINAL SEGMENT STEPDOWN FIX. Par 288.c.

lished in the final approach segment. See Figure 35. A stepdown fix shall not be established unless a decrease of at least 60 feet in MDA is achieved. A stepdown fix may be established to achieve a decrease of less than 60 feet only if a reduced visibility minima is achieved. The stepdown fix error in the final approach shall meet FAF requirements. Where a stepdown fix is used in the final approach segment, minimums shall be specified both with and without the stepdown fix except for procedures which require DME. One stepdown fix is authorized in the intermediate segment. If an intersection fix is used in both the intermediate and final segments, the same crossing course facility must be used for both fixes. Stepdown fixes may be established in the initial approach segment based on the length of the segment.

Length of Segment	Number of Fixes
5-10 NM	1 stepdown fix
over 10-15 NM	2 stepdown fixes
over 15 NM	3 stepdown fixes

Those procedures not utilizing DME or radar to identify stepdown fixes in the initial approach segment are not authorized more than one stepdown fix unless the crossing facility used to identify each stepdown fix is the same facility throughout the segment.

289. OBSTACLES CLOSE TO A FINAL APPROACH OR STEPDOWN FIX. Existing obstacles located in the final approach area within 1 mile past the point where a fix can first be received may be eliminated from consideration by application of a descent gradient of 1 foot vertically for every 7 feet horizontally. This 7:1 descent gradient shall begin at the point where the fix can first be received. The height of the 7:1 gradient is determined by subtract-

STEP INSTRUCTIONS

- ① Find the angle between the Track and the VOR Radial. See Example.
- ② Find the distance from the VOR to the fix.
- ③ Place a straight edge from the "Angle" scale to the distance scale.
- ④ Read the "Fix Displacement" from the center scale.
- ⑤ Repeat this procedure for the complement of the Angle found in Step 1.

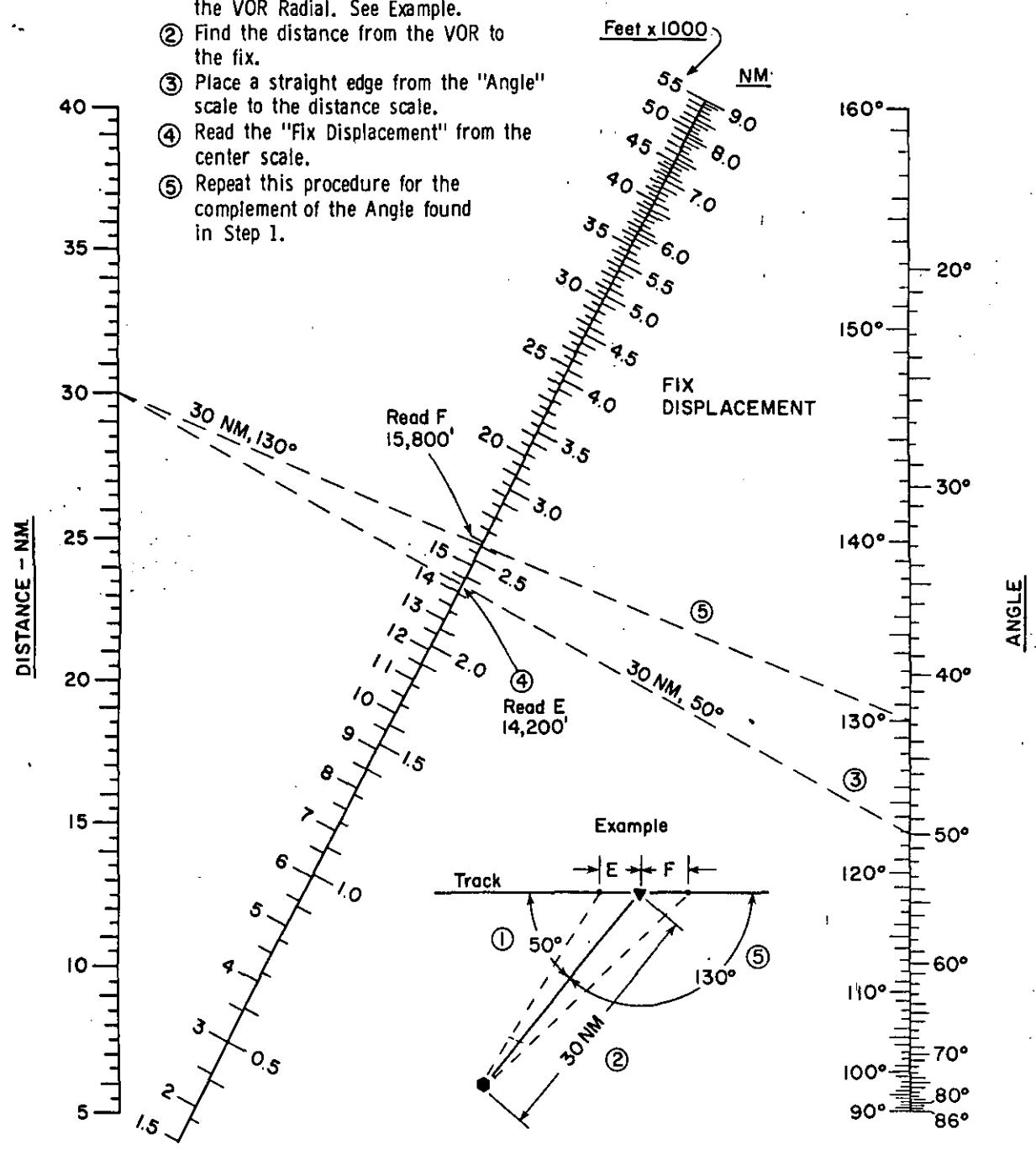
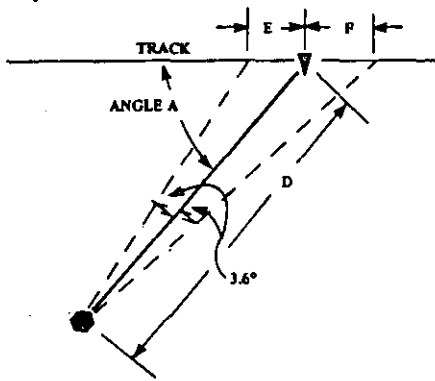


Figure 35A. 3.6 FIX DISPLACEMENT NOMOGRAPH.

ing the required final approach obstacle clearance (ROC) from the minimum altitude or MDA required at the fix. Obstacles which receive this treat-

ment shall be noted on the procedures. See Figure 36. To determine fix error see Paragraphs 284, 285, and 286.

The 3.6° Fix Displacement Nomograph is sufficiently accurate for most applications; however, when precise values are desired the following formulas may be used:



3.6° Fix Displacement

Formula

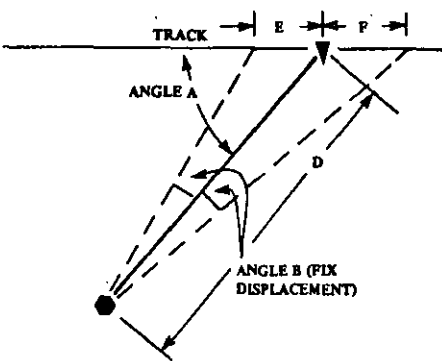
Example

A = 50° D = 30 NM

$$E = \frac{381.53 \times D}{\sin(A + 3.6^\circ)} : \frac{381.53 \times 30}{\sin 53.6^\circ} = \frac{11,445.9}{.8049} = 14,220.3'$$

$$F = \frac{381.53 \times D}{\sin(A - 3.6^\circ)} : \frac{381.53 \times 30}{\sin 46.4^\circ} = \frac{11,445.9}{.7242} = 15,804.9'$$

Where: E and F are in feet, and D is in Nautical Miles.



Any Fix Displacement Error

Formula

Example

A = 50° D = 30 NM Angle B = 4.5°

$$E = \frac{6,076.103 \times D \times \sin B}{\sin(A + B)} : \frac{6,076.103 \times 30 \times \sin 4.5^\circ}{\sin(50^\circ + 4.5^\circ)} = \frac{6,076.103 \times 30 \times .07846}{\sin 54.5^\circ} = \frac{14,301.9}{.8141} = 17,567.7'$$

$$F = \frac{6,076.103 \times D \times \sin B}{\sin(A - B)} : \frac{6,076.103 \times 30 \times \sin 4.5^\circ}{\sin(50^\circ - 4.5^\circ)} = \frac{6,076.103 \times 30 \times .07846}{\sin 45.5^\circ} = \frac{14,301.9}{.71325} = 20,051.7'$$

Where: E and F are in feet, and D is in Nautical Miles.

Figure 35B. FIX DISPLACEMENT COMPUTATIONS

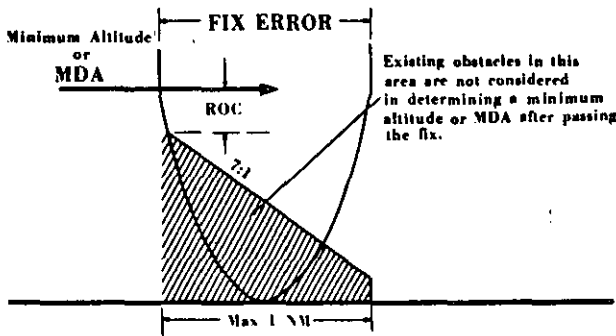


Figure 36. OBSTACLES CLOSE-IN TO A FIX. Par 289.

Section 9. Holding

290. HOLDING PATTERNS. Criteria for holding pattern airspace are contained in FAA Handbook 7130.3, and provide for separation of aircraft from

aircraft. The criteria contained herein deal with the clearance of holding aircraft from obstacles.

291. ALIGNMENT. Whenever practical, holding patterns should be aligned to coincide with the flight course to be flown after leaving the holding fix. However, when the flight path to be flown is along an arc, the holding pattern should be aligned on a radial. When a holding pattern is established at a final approach fix and a procedure turn is not used, the inbound course of the holding pattern shall be aligned to coincide with the final approach course unless the final approach fix is a facility. When the final approach fix is a facility, the inbound holding course and the final approach course shall not differ by more than 30 degrees.

292. AREA. The primary obstacle clearance area for holding shall be based on the appropriate holding pattern airspace area specified in FAA Handbook 7130.3. No reduction in the pattern sizes for

"on-entry" procedures is permitted. Pattern number 4 is the minimum size authorized. In addition, when holding is at an intersection fix, the selected pattern shall also be large enough to contain at least 3 corners of the fix displacement area. See Paragraphs 284 and 285, and Figure 37. A secondary area 2 miles wide surrounds the perimeter of the primary area.

293. OBSTACLE CLEARANCE. A MINIMUM of 1000 feet of obstacle clearance shall be provided throughout the primary area. In the secondary area 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering to zero feet at the outer edge. For computation of obstacle clearance in the secondary area see Appendix 2, Paragraph 5 and Figure 123. Allowance for precipitous terrain should be considered as stated in Paragraph 323.a. The altitudes selected by application of the obstacle clear-

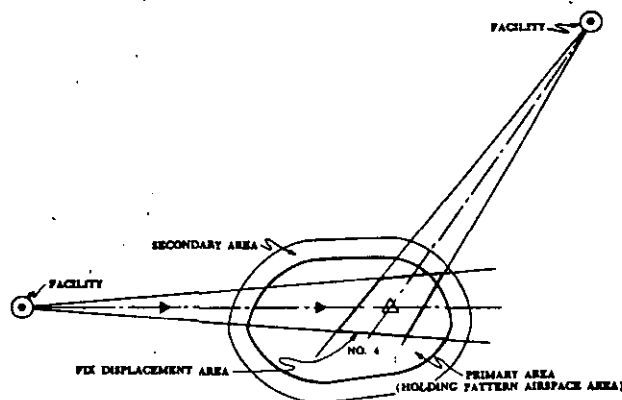


Figure 37. HOLDING PATTERN TEMPLATE APPLICATION.
Par 292.

ance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 231.

294. - 299. RESERVED.

CHAPTER 3. TAKEOFF AND LANDING MINIMUMS

300. APPLICATION. The minimums specified in this chapter are the lowest which can be approved at any location for the type facility concerned.

301. – 309. RESERVED.

Section 1. General Information

310. ESTABLISHMENT. The minimums established for a particular airport shall be the lowest permitted by the criteria contained in this Handbook. Each procedure shall specify minimums for the various conditions stated in the procedure; i.e., straight-in, circling, alternate, and takeoff, as required. The elements of minimums are the MDA (or DH) and the weather. The weather minimums shall include the visibility required by the procedure, and may include a ceiling value which is equal to or greater than the height of the MDA or DH above airport elevation. Where ceilings are not specified, the height of the straight-in MDA or DH above the highest elevation in the touchdown zone (or the airport elevation in circling approaches) shall be shown on the procedure. Alternate minimums, when specified, shall be stated as ceiling and visibility. Takeoff minimums, when specified, shall be stated as visibility only, except where the need to see and avoid an obstacle makes it necessary to specify a ceiling value. Military services may specify alternate and takeoff minimums in separate directives.

311. PUBLICATION. Minimums should be published for each approach category which can be accommodated at the airport. Where the airport landing surface is not adequate, or other restrictions exist which prohibit certain categories of aircraft from making an instrument approach at an airport, "NA" (not authorized) shall be entered in lieu of the minimums values. Approach Category "E" minimums should be published only on high altitude procedures, except where a special requirement exists for their publication on other procedures. Minimums on military procedures shall be published as prescribed by the appropriate Service.

312. – 319. RESERVED.

Section 2. Altitudes

320. MINIMUM DESCENT ALTITUDE (MDA). The MDA is the lowest altitude to which descent shall be authorized in procedures not using a glide slope. Aircraft are not authorized to descend below the MDA until the runway environment (see glossary) is in sight, and the aircraft is in a position to descend for a normal landing. The MDA shall be expressed in feet above MSL and is determined by adding the required obstacle clearance to the MSL height of the controlling obstacle in the final approach segment and circling approach area for circling approaches.

321. MDA FOR STRAIGHT-IN APPROACH. The MDA for a straight-in approach shall provide at least the minimum required clearance over obstacles in the final approach segment. It shall also be established high enough to insure that obstacles in the missed approach area do not penetrate the 40:1 missed approach surface (see Paragraph 274). The MDA shall be rounded off to the next HIGHER 20-foot increment. For example, 2104 feet becomes 2120.

322. MDA FOR CIRCLING APPROACH. The minimum height of the circling MDA above the airport (HAA) shall not be less than that shown in Paragraph 351. In addition, the MDA shall provide at least the minimum required clearance over obstacles in both the final approach segment and the circling approach area. It shall also meet the missed approach requirements specified in Paragraph 321. The MDA shall be established in 20-foot increments provided that the rounded off MDA for circling is not below the straight-in MDA and provided the ROC is maintained in the circling areas. For example, 2109 feet may become 2100 feet and 2110 feet shall become 2120 feet.

323. MINIMA ADJUSTMENTS. Raising the MDA or DH above that required for obstacle clearance may be necessary under the following conditions:

a. Precipitous Terrain. When procedures are designed for use in areas characterized by precipi-

tous terrain, in or outside of designated mountainous areas, consideration must be given to induced altimeter errors and pilot control problems which result when winds of 20 knots or more move over such terrain. Where these conditions are known to exist, required obstacle clearance in the final approach segment should be increased. Procedures specialists and approving authorities should be aware of the hazards involved and make appropriate addition, based on their experience and good judgment, to limit the time in which an aircraft is exposed to lee-side turbulence and other weather phenomena associated with precipitous terrain. This may be done by increasing the minimum altitude over the intermediate and final approach fixes so as to preclude prolonged flight at low altitudes. User comments should be solicited to obtain the best available local information.

b. Remote Altimeter Setting Source. When the altimeter setting is derived from a remote source more than 5 miles from the runway threshold, the obstacle clearance in the final approach and circling areas shall be increased by 5 feet for each mile in excess of 5 miles. **NOTE: THIS IS A MINIMUM STANDARD AND SHOULD BE USED WITH CAUTION.** A procedure based on a remote altimeter shall NOT be approved in either precipitous terrain or any other area where reasonably homogeneous weather characteristics cannot be determined. In all cases where the source of the altimeter setting is more than 5 miles from the runway threshold it should be noted on the procedure. For example, Case 1 (full time) "Use Boise, Idaho altimeter setting" or Case 2 (part time) "Use Boise, Idaho altimeter setting when control zone is not effective".

c. Excessive Length of Final Approach. When a final approach fix is incorporated in the procedure, and the distance from that fix to the nearest landing surface exceeds 6 miles, the MDA shall be increased at the rate of 5 feet for each one-tenth of a mile over 6 miles. Where a stepdown fix is incorporated in the final approach segment, the basic obstacle clearance may be applied between the stepdown fix and the MAP provided the fix is within 6 miles of the landing surface. These criteria are applicable to non-precision approach procedures only.

NOTE: *Adjustments to MDA are made after the basic obstacle clearance has been determined, but before rounding off to the published figure.*

324. DECISION HEIGHT (DH). The decision height applies only where an electronic glide slope provides the reference for descent, as in ILS or PAR. The decision height is the height, specified in feet above MSL, above the highest runway elevation in the touchdown zone at which a missed approach shall be initiated if the required visual reference has not been established. Decision heights shall be established with respect to the approach obstacle clearance requirements specified in the ILS and PAR chapters, and shall NOT be less than the HAT shown in the appropriate table in Paragraph 350.

325. - 329. RESERVED.

Section 3. Visibilities

330. ESTABLISHMENT OF VISIBILITY MINIMUMS.

a. Straight-in minimums for NONPRECISION approaches shall be established for an approach category when:

(1) The final approach course-runway alignment criteria have been met, AND

(2) The Visibility requirements of Paragraph 331 are met, AND

(3) The height of the MDA above the touchdown zone (TDZ) and the associated visibility are within the tolerances specified in Paragraph 331, AND

(4) The descent gradient from the final approach fix to the runway does not exceed the maximum specified in the applicable facility chapter of this Handbook.

b. Straight-in minimums for PRECISION approaches shall be established for an approach category when the final approach course-runway alignment criteria have been met.

c. The minimum visibility prior to applying credit for lights must be no less than the visibility required in Paragraph 331 or the distance from the MAP to the runway threshold (where the MAP is reached prior to threshold), whichever is the greater.

Table 6. EFFECT OF HAT/HAA ON VISIBILITY MINIMUMS

HAT/HAA (ft.)	250-320	321-390	391-460	461-530	531-600	601-670	671-740	741-810	811-880	881-950	951 & above
CAT A	1 mi -----									1½ -----	
CAT B	1 mi -----							1½ -----		1½ -----	
HAT/HAA	250-400		401-500		501-600		do	do	do	do	do
CAT C	1 mi		1½		1½		1½	2	2½	2½	3
HAT/HAA	250-341	342-426	427-511	512-600		do	do	do	do	do	do
CAT D	1 mi	1½	1½	1½		2	2½	2½	2½	3 -----	
HAT/HAA	250-320	321-390	391-460	461-530	531-600	do	do	do	do	do	do
CAT E	1 mi	1½	1½	1½	2	2½	2½	2½	3 -----		

This subparagraph does not apply to a procedure where the MAP is more than 2 statute miles from the airport and the procedure is noted, "Fly visual to airport" in which case the required visibility shall be at least 2 miles, but not less than the visibility specified in Table 6.

d. When straight-in minimums are not authorized, only circling MDAs and visibilities will be established. In establishing circling visibility minimums Paragraph 331 applies. These minimums shall be no lower than those specified in Paragraph 351.

e. Circling landing minimums shall NOT be lower than straight-in landing minimums.

331. EFFECT OF HAT/HAA AND FACILITY DISTANCE ON STRAIGHT-IN AND CIRCLING VISIBILITY MINIMUMS. The minimum standard visibility required for the pilot to establish visual reference in time to descend safely from the MDA and maneuver to the runway or airport varies with the aircraft category, the HAT/HAA, and the accuracy of the navigation system. Table 6 specifies the minimum standard visibility as determined by HAT/HAA. Table 6A specifies the minimum standard visibility as determined by distance from the facility to the runway.

NOTE: The higher of the visibilities derived from the tables applies.

332. DELETED.

Table 6A. EFFECT OF FACILITY DISTANCE ON VISIBILITY MINIMUMS

VOR - TACAN - LOC - LDA - ASR - NDB - LFR - DF - SDF

*Distance NM	0-10	Over 10-15	Over 15-20	Over 20-25	Over 25-30
CAT A	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1½	1½
C	1	1	1½	1½	1½
D & E	1	1½	1½	1½	2

NOTE: NDB, LFR, & DF Appr. N/A over 15 miles, ASR Appr. N/A over 20 miles. For ASR, NDB, LFR, & DF distance over 10 miles, apply 25-30 column.

**Distance facility to MAP or runway threshold, whichever is farther.*

333. RUNWAY VISUAL RANGE (RVR). Runway visual range is a system of measuring the visibility along the runway. It is an instrumentally derived value that represents the horizontal distance a pilot will see down the runway from the approach end. It is based on the sighting of either high intensity runway lights or the visual contrast of other targets, whichever yields the greater visual range.

334. RUNWAY REQUIREMENTS FOR APPROVAL OF RVR. RVR may be authorized for both precision and nonprecision approach procedures and takeoff when the following requirements are met with respect to the runway to be used.

a. Transmissometers shall be located in accordance with standards established by the approval authority (e.g., FAA Standard 008).

b. High intensity runway lights spaced at consecutive intervals of not more than 200 feet shall be operative.

c. Nonprecision instrument runway markings are required for nonprecision approaches. Precision instrument (all-weather) runway markings or

touchdown zone and centerline lighting are required for precision approaches. Where sufficient runway lengths are not available to accommodate standard all-weather markings, the approving authority will determine the runway markings to be used. Where required runway markings are not available and credit for lights is not granted, but touchdown zone and centerline lights are available, RVR equal to the visibility minimum without lights is authorized.

Table 7. COMPARABLE VALUES OF RVR AND GROUND VISIBILITY.

RVR	VIS (Statute Miles)	RVR	VIS (Statute Miles)
1600	1/4	4500	7/8
2400	1/2	5000	1
3200	5/8	6000	1-1/4
4000	3/4		

335. COMPARABLE VALUES OF RVR AND GROUND VISIBILITY. If RVR minimums for takeoff or landing are prescribed in an instrument approach procedure but RVR is not reported for the runway of intended operation, the RVR minimums shall be converted to ground visibility in accordance

Table 8. STANDARD LIGHTING SYSTEMS

ABBREV. IFR	LIGHTING SYSTEM	Oper. Coverage (Degrees)	
		Lateral (+)	Vert. (abv Hor)
ALSF-I	Standard approach light system with sequenced flashers	21.0* 12.5#	12.0* 12.5#
ALSF-II	Standard approach light system with sequenced flashers & CAT II mod.	21.0* 12.5#	12.0* 12.5#
SSALS	Simplified short approach light system	21.0	12.0
SSALF	Simplified short approach light system with sequenced flashers	21.0* 12.5#	12.0* 12.5#
SSALR	Simplified short approach light system with runway alignment indicator lights	21.0* 12.5#	12.0* 12.5#
MALS	Medium intensity approach light system	10.0	10.0*
MALSF	Medium intensity approach light system with sequenced flashers	10.0* 12.5#	10.0* 12.5#
MALSR	Medium intensity approach light system with runway alignment indicator lights	10.0* 12.5#	10.0* 12.5#
ODALS	Omnidirectional approach light system	360 #	+2 - +10#
VFR			
REIL	Runway end identifier lights	12.5	12.5
LDIN	Lead-in lighting system (can be * or #)	12.5	12.5
VASI	Visual approach slope indicators	10.0	3.5
RUNWAY LIGHT SYSTEMS			
HIRL	High intensity runway lights		
MIRL	Medium intensity runway lights		
LIRL	Low intensity runway lights		
TDZ/CL	Touchdown zone and centerline lights		

NOTE: Descriptions of lighting systems may be found in Appendix 5 and FAA Handbook 6850.2

*Steady-burning #Sequenced flashers
Par 334

Chap 3
335 DELETED

with Table 7 and observed as the applicable visibility minimum for takeoff or landing on that runway.

336. - 339. RESERVED.

Section 4. Visibility Credit for Lights

340. GENERAL. Approach lighting systems can "reach out" to the approaching pilot and make the runway environment apparent with less visibility than when such lighting is not available. This section identifies lighting systems and prescribes the operational conditions which must exist in order to reduce straight-in visibility minimums. Table 9 for civil and Table 10 for military in paragraph 350 specify the **LOWEST** visibility minimums which can result from application of this section.

341. STANDARD LIGHTING SYSTEMS. Listed in Table 8 are the types of standard lighting systems and the required operational coverage for each type.

342. OPERATIONAL CONDITIONS. Credit to reduce straight-in landing minimums for standard or equivalent approach light systems may be given when the following conditions exist for the straight-in landing runway:

a. Markings. The runway must have non-precision instrument or precision instrument (all-weather) markings as specified in Paragraph 334.c. and in the directives of the appropriate approving authority.

b. Approach Course. The final approach course must place the aircraft within the operational coverage of the lighting system at a distance from the landing threshold equal to the standard visibility required without lights. See Paragraph 330.

c. Obstacles.

(1) In order for a visibility as low as 3/4 miles to be approved no obstacle may penetrate a 20:1 slope, measured from 200 feet outward from feet of an area which is the same as the ILS-PAR final approach area.

(2) In order for visibility lower than 3/4 mile to be approved no obstacle may penetrate a 34:1

slope, measured from 200 feet outward from the runway threshold, and overlying the first 10,000 feet of an area which is the same as the ILS-PAR final approach area. See also Paragraphs 935 and 1025.

343. VISIBILITY REDUCTION. Standard visibility requirements are computed by applying the criteria contained in Paragraph 331. These requirements may be reduced by giving credit for standard or equivalent approach light systems as follows: (See Paragraph 341 and Appendix 5):

a. The provisions of Paragraphs 342, 935, or 1025, as appropriate, must be met.

b. Where the visibility required without lights does not exceed one mile, visibility as low as that specified in the appropriate table in Paragraph 350 with associated DH or HAT and lighting may be authorized.

c. For civil application, where the visibility required without lights exceeds 1 mile a reduction of 1/2 mile may be made for SSALR, MALSR or ALSF-I provided such visibility minimum is not less than that specified in Paragraph 350. Reduction for Category D aircraft in NDB approach procedures shall not exceed 1/4 mile or result in visibility minimums lower than 1 mile.

d. For military applications, where the visibility required without lights exceeds 1 mile a reduction of 1/4 mile may be made for SSALS, MALSR, or ODALS, and a reduction of 1/2 mile may be made for ALS, SSALR, or MALSR provided such visibility minimum is not less than that specified in Paragraph 350.

e. Where visibility minimums are established in order to see and avoid obstacles, visibility reductions shall not be authorized.

f. Visibility reductions are NOT cumulative.

344. OTHER LIGHTING SYSTEMS. In order for variations of standard systems, and other systems not included in this chapter to receive visibility reduction credit, the operational conditions specified in Paragraph 342 must be met. Civil airport lighting systems which do not meet known standards, or for which criteria do not exist, will be

Table 9. CIVIL STANDARD STRAIGHT-IN MINIMUMS

NON-PRECISION APPROACHES						
NON-PRECISION APPROACHES Approach Facility: LOC, VOR, LDA, NDB, SDF, ASR or PAR w/o GS						
	APPROACH LIGHT CONFIGURATION	CAT →	A - B - C		D	
		HAT ¹	VIS or RVR		VIS or RVR	
1	NO LIGHTS	250	1	5000	1	5000
2	ODALS	250	¾	4000	1	5000
3	MALS	250	¾	4000	1	5000
4	SSALS/SALS	250	¾	4000	1	5000
5	MALSR	250	½ ²	2400	1 ³	5000
6	SSALR	250	½ ²	2400	1 ³	5000
7	ALSF-I	250	½ ²	2400	1 ³	5000
8	DME Arc Any Light Configuration	500	1	5000	1	5000

¹Add 50 ft to HAT for VOR without FAF or NDB with FAF.
Add 100 ft to HAT for NDB without FAF.

²For NDB approaches, ¾ mile or RVR 4000.

³For LOC with FAF and MM, ¾ mile or RVR 4000.

PRECISION APPROACHES						
Approach Facility: Full ILS ⁴ or PAR						
	APPROACH LIGHT CONFIGURATION	CAT →	A - B - C		D	
		HAT	VIS or RVR		VIS or RVR	
9	NO LIGHTS	200	¾	4000	¾	4000
10	MALSR	200	½	2400	½	2400
11	SSALR	200	½	2400	½	2400
12	ALSF-I	200	½	2400	½	2400
13	ALSF-I-TDZ/CL MALSR-TDZ/CL SSALR-TDZ/CL	200	-	1800	-	2000
14	Any above Configuration with Inop MM (Not Applicable to PAR)	250	As above Except RVR below 2400 Not Authorized. Not authorized below RVR 4000 ¾ for CAT D.			

⁴Full ILS includes LOC, GS, OM (or FAF), and MM. With Offset LOC (max 3°), HAT is 250 and RVR below 2400 not authorized.

NOTE: HIRL is required for RVR. Runway edge lights required for night.

Table 10. MILITARY STANDARD STRAIGHT-IN MINIMUMS

Standard Approach Light Systems																	
No Lights		ALS TDZ/CL		ALS		SSALR		SALS or SSALS		MALSR		MALS		ODALS			
Precision																	
HAT	CAT	MILE	RVR ¹	MILE	RVR	MILE	RVR	MILE	RVR	MILE	RVR	MILE	RVR	MILE	RVR	MILE	RVR
100	A-E	½	24	—	12	¼	16	¼	16	¼	16	½	24	½	24	½	24
200	A-B	¾	40	½	18	½	24	½ ²	24 ²	½	24	½	24	¾	40	¾	40
200	C,D,E	¾	40	½ ²	24 ²	½ ²	24 ²	½ ²	24 ²	¾	40	½ ²	24 ²	¾	40	¾	40
250	A-E	1	50	½	24	½ ³	24 ³	½	24	¾	40	½	24	¾	40	1	50
Non-Precision																	
As Required	A-B	1	50	½	24	½	24	½	24	¾	40	½	24	¾	40	¾	40
As Required	C,D,E	1	50	¾	40	¾	40	¾	40	¾	40	¾	40	¾	40	¾	40
DME Arc Approach																	
As Required	A-E	1	50	(Reduction Below One Mile Not Authorized)													

¹ RVR shown in hundreds of feet, i.e. RVR 24 = 2400 ft.

² Minimum length of approach lights is 2000 feet.

³ For non-standard ALS lengths of:
a. 2400 to 2900 feet, use SSALR
b. 1000 to 2300 feet, use SSALS

INSTRUCTIONS FOR ESTABLISHING MILITARY STRAIGHT-IN MINIMUMS
(Use Table 10).

STEP 1.	Determine the required DH or MDA by applying criteria found in the appropriate facility chapter of this Handbook.
STEP 2.	Determine the height above touchdown zone elevation. (HAT)
STEP 3.	Determine the visibility value as follows: a. Precision Approaches. (1) HAT 250 feet or less. Enter "precision" portion of Table 10 at HAT value for aircraft approach category. Read across table to determine minimum visibility for the appropriate light system. If the HAT is not shown on the table, use the next higher HAT. (2) HAT greater than 250 feet. Use the instructions for the non-precision minimums in b. below Paragraph 331 does not apply. b. Non-Precision Approaches. Determine the basic visibility by application of criteria in Paragraph 330 and 331. If the basic visibility is 1 mile enter Table 10 with aircraft approach category being considered. Read across the table to determine minimum visibility for the appropriate light system.
STEP 4.	Establish ceiling values in 100-foot increments in accordance with Paragraphs 310.

handled in accordance with the provisions of Paragraph 141. Military lighting systems may be equated to standard systems for reduction of visibility as illustrated in Appendix 5. Where existing systems vary from the configurations illustrated there and cannot be equated to a standard system they shall be referred to the appropriate approving authority for special consideration.

345.-349. RESERVED.

Section 5. Standard Minimums

350. STANDARD STRAIGHT-IN MINIMUMS. Tables 9 and 10 specify the lowest civil and military minimums which may be prescribed for various combinations of electronic and visual navigation aids. Lower minimums based on special equipment or aircrew qualifications may be authorized only by approving authorities. Higher minimums shall be specified where required by application of criteria contained elsewhere in this Handbook.

351. STANDARD CIRCLING MINIMUMS. Table 11 specifies the lowest civil and military minimums which may be prescribed for circling approaches. See also Paragraph 330.c. The MDA established by application of the minimums specified in this paragraph may be rounded to the nearest 20 feet.

Table 11. STANDARD CIRCLING MINIMUMS.

	Approach Category		C	D	E
	A	B			
Height Above Airport Elevation (HAA) in feet	350	450	450	550	550
Visibility in Miles	1	1	1 1/2	2	2

352.-359. RESERVED.

Section 6. Alternate Minimums

360. STANDARD ALTERNATE MINIMUMS. Minimums authorized when an airport is to be used as an alternate airport appear in Table 12. The ceiling specified shall NOT be lower than the circling MDA above the airport or as specified in military directives for military operations.

Table 12. STANDARD ALTERNATE MINIMUMS.

Type of Approach Facility	Ceiling	Visibility
VOR, VORTAC, LOC, LDA, ASR, NDB, LFR	800	2
ILS or PAR	600	2

361.-369. RESERVED.

Section 7. Departures

370. STANDARD TAKEOFF MINIMUMS. Where applicable, civil standard takeoff minimums are specified by the number of engines on the aircraft. Takeoff minimums are stated as visibility only, except where the need to see and avoid an obstacle makes a ceiling value necessary. In this case the published procedure shall identify the location of the controlling obstacle. Takeoff minimums for military operations shall be as stated in the appropriate service directives.

Table 13. STANDARD CIVIL TAKEOFF MINIMUMS.

Number of Engines	Visibility (Statute Miles)
1 or 2	1
3 or more	1/2

371.-399. RESERVED.

CHAPTER 4. ON-AIRPORT VOR(NO FAF)

400. GENERAL. This chapter is divided into two sections; one for low altitude procedures and one for high altitude teardrop penetration procedures. These criteria apply to procedures based on a VOR facility located on an airport in which no final approach fix (FAF) is established. These procedures must incorporate a procedure or a penetration turn. An ON-AIRPORT facility is one which is located:

a. For Straight-In Approach. Within one mile of the nearest portion of the landing runway.

b. For Circling Approach. Within one mile of the nearest portion of the usable landing surface of the airport.

401. - 409. RESERVED.

Section 1. Low Altitude Procedures

410. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in paragraph 220.

411. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach fix is received by overheading the navigation facility. The initial approach is a procedure turn. The criteria for the procedure turn areas are contained in Paragraph 234.

412. INTERMEDIATE SEGMENT. This type of procedure has no intermediate segment. Upon completion of the procedure turn, the aircraft is on final approach.

413. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach begins where the procedure turn intersects the final approach course inbound.

a. Alignment. The alignment of the final approach course with the runway centerline determines whether a straight-in or circling approach may be established.

(1) **Straight-In.** The angle of convergence of the final approach course and the extended

runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the extended runway centerline 3000 feet outward from the runway threshold. When an operational advantage can be achieved this point of intersection may be established at any point between the runway threshold and a point 5200 feet outward from the runway threshold. Also, where an operational advantage can be achieved, a final approach course which does not intersect the runway centerline, or intersects it at a distance greater than 5200 feet from the threshold, may be established, provided such a course lies within 500 feet laterally of the extended runway centerline at a point 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 38.

(2) **Circling Approach.** When the final approach course alignment does not meet the criteria for straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to pass through any portion of the usable landing surface. See Figure 39.

b. Area. Figure 40 illustrates the final approach primary and secondary areas. The primary area is longitudinally centered on the final approach course, and is 10 miles long. The primary area is 2 miles wide at the facility and expands uniformly to 6 miles at 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility and expands uniformly to 1.34 miles on each side of the primary area at 10 miles from the facility. When the 5 mile procedure turn is used, only the inner 5 miles of the final approach area need be considered.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-in.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 300 feet. In the secondary area, 300 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum required

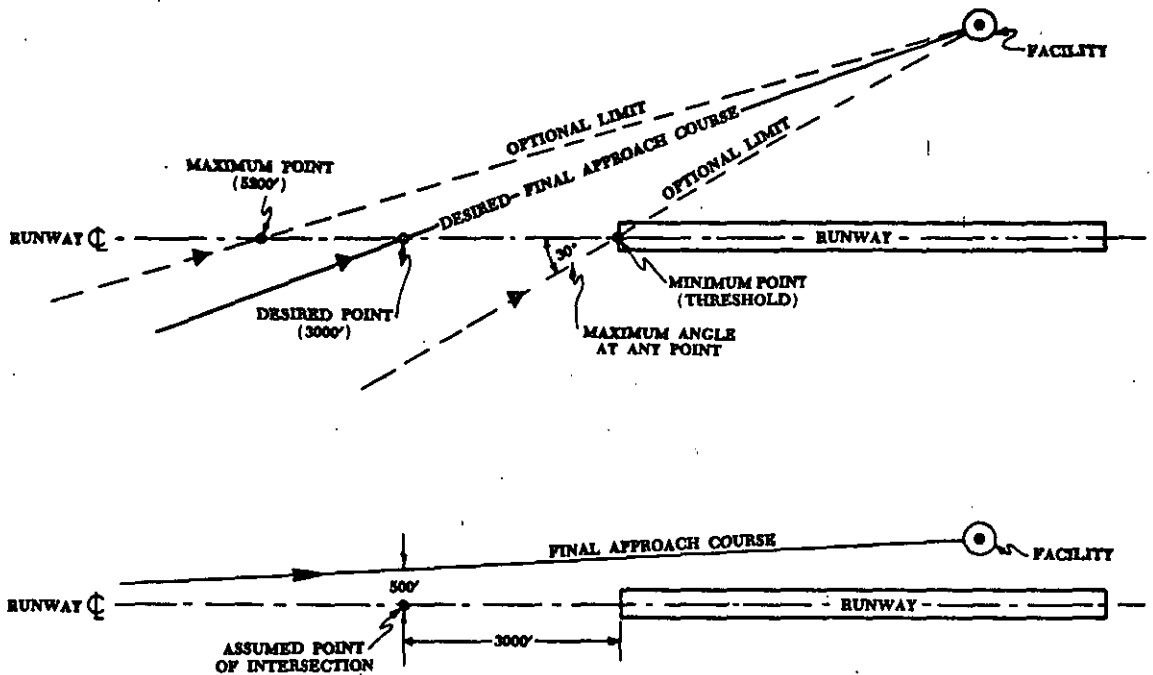


Figure 38. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport VOR, No FAF. Straight-In Approach Procedure. Paragraph 413.a.(1).

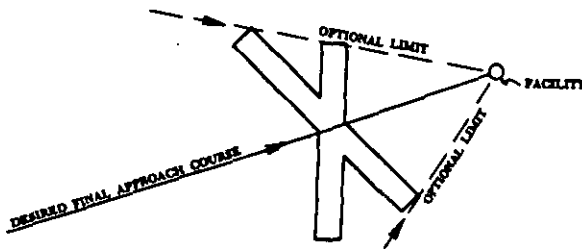


Figure 39. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport VOR. No FAF. Circling Approach Procedure. Paragraph 413.a.(2)

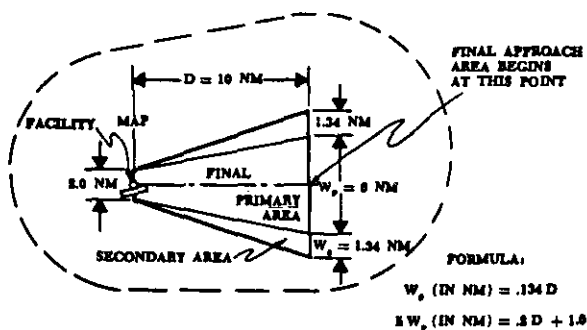


Figure 40. FINAL APPROACH PRIMARY AND SECONDARY AREAS. On-Airport VOR. No FAF. Par 413.b.

obstacle clearance at any given point in the secondary area is found in Appendix 2, Figure 126.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 413.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2 Section 6.

d. Procedure Turn Altitude (Descent Gradient). The procedure turn completion altitude shall be within 1500 feet of the MDA (1000 feet with a 5 mile procedure turn), provided the distance from the facility to the point where the final approach course intersects the runway centerline (or the first usable portion of the landing area for "circling only" procedures) does not exceed 2 miles. When this distance exceeds 2 miles, the maximum difference between the procedure turn completion altitude and the MDA shall be reduced at the rate of 25 feet for each one-tenth of a mile in excess of 2 miles.

NOTE: For those procedures in which the final approach does NOT intersect the extended runway centerline within 5200 feet of the runway threshold (see paragraph 413.a.(1)) the assumed point of intersection for computing the distance from the facility

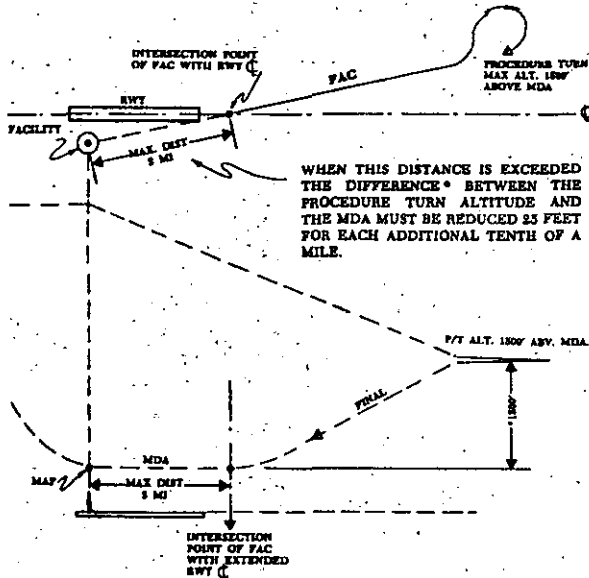


Figure 41. PROCEDURE TURN ALTITUDE. On-Airport VOR, No FAF. Par 413.d.

shall be 3000 feet from the runway threshold. See Figure 38.

e. Use of Stepdown Fix. Use of the stepdown fix (paragraph 288.c) is permitted provided the distance from the facility to the stepdown fix does not exceed 4 miles. Where the stepdown fix is used, the obstacle clearance (paragraph 413.c.(1)) may be reduced to 250 feet from the stepdown fix to the MAP. See Figure 42 below. See also Paragraph 251.

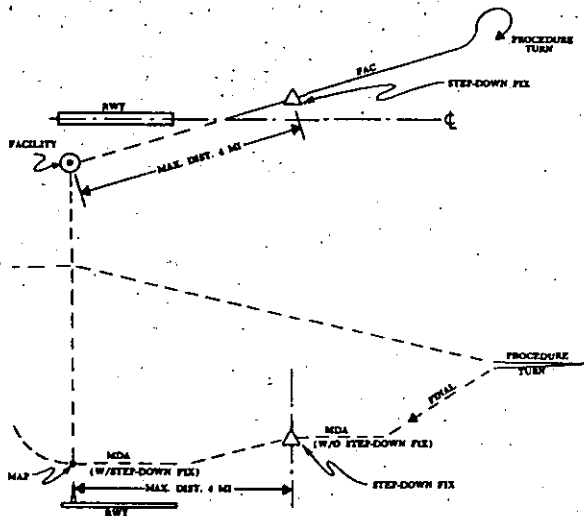


Figure 42. USE OF STEP-DOWN FIX. On-Airport VOR. No FAF. Par 413.e.

f. Minimum Descent Altitude. Criteria for determining the MDA are contained in Chapter 3.

414. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point is the facility. See Figure 42. The missed approach surface shall commence over the facility at the required height. See Paragraph 274.

415. - 419. RESERVED.

Section 2. High Altitude Teardrop Penetrations

420. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

421. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach fix is received by overheading the navigation facility. The initial approach is a teardrop penetration turn. The criteria for the penetration turn are contained in Paragraph 235.

422. INTERMEDIATE SEGMENT. This procedure has no intermediate segment. Upon completion of the penetration turn, the aircraft is on final approach.

423. FINAL APPROACH SEGMENT. An aircraft is considered to be on final approach upon completion of the penetration turn. However, the final approach segment begins on the final approach course 10 miles from the facility. That portion of the penetration procedure prior to the 10-mile point is treated as the initial approach segment. See Figure 43.

a. Alignment. Same as low altitude. (Paragraph 413.a.)

b. Area. Figure 43 illustrates the final approach primary and secondary areas. The primary area is longitudinally centered on the final approach course, and is 10 miles long. The primary area is 2 miles wide at the facility, and expands uniformly to 8 miles at a point 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility, and expands uni-

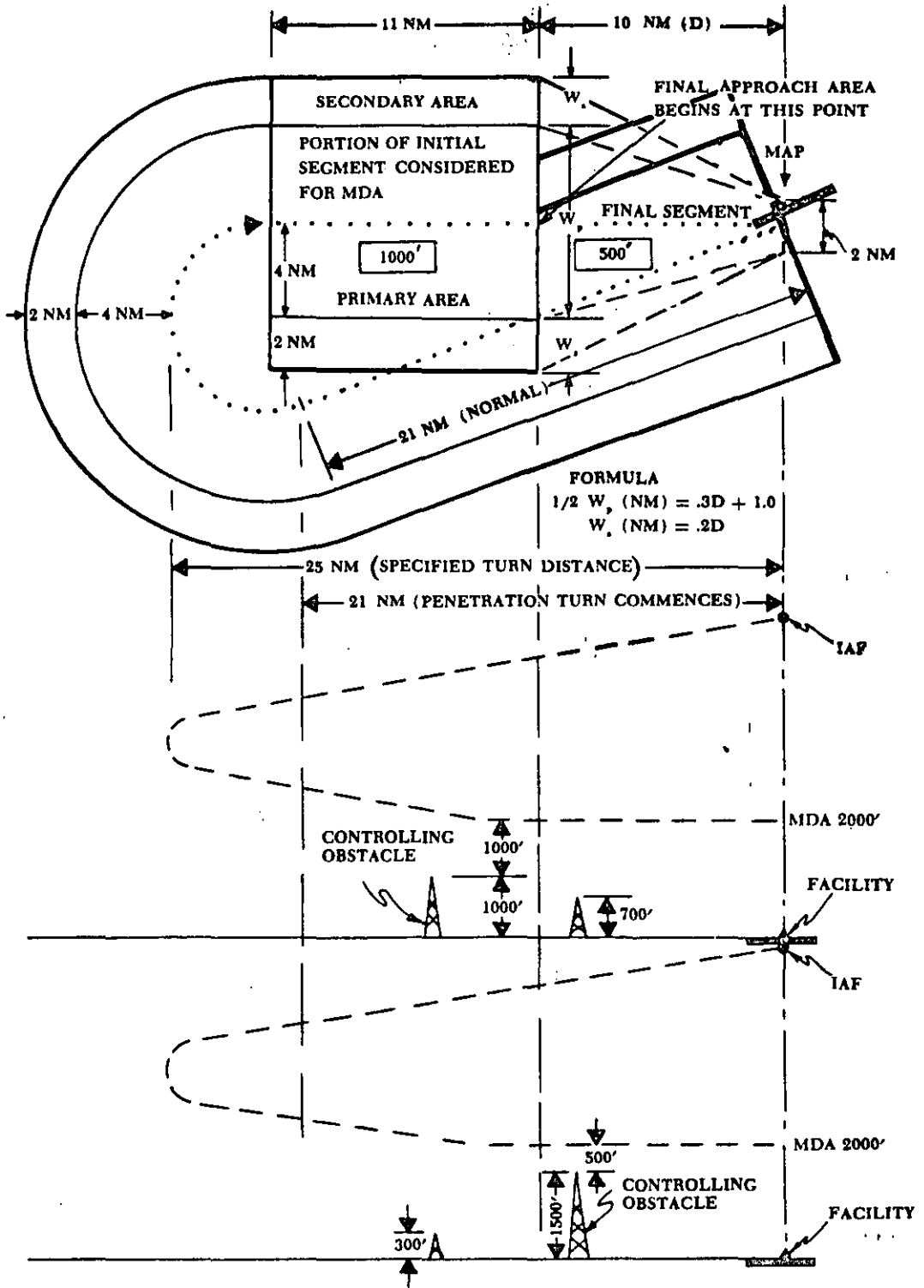


Figure 43. PENETRATION TURN. On-Airport VOR. No FAF. Par 423.

formly to 2 miles each side of the primary area at a point 10 miles from the facility.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 500 feet. In the secondary area, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum required obstacle clearance at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 123.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 423.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Penetration Turn Altitude (Descent Gradient). The penetration turn completion altitude shall be at least 1000 feet, but not more than 4000 feet above the MDA on final approach.

e. Use of Stepdown Fix. The use of the step-down fix is permitted provided the distance from the facility to the stepdown fix does not exceed 10 miles. See Paragraph 288.c.

f. Minimum Descent Altitude. In addition to the normal obstacle clearance requirement of the final approach segment (see Paragraph 423.c.), the MDA specified shall provide at least 1000 feet of clearance over obstacles in the portion of the initial approach segment between the final approach segment and the point where the assumed penetration turn track intercepts the inbound course. See Figure 43.

424. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point is the facility. See Figure 43. The missed approach surface shall commence over the facility at the required height. See Paragraph 274.

425. - 499. RESERVED.

CHAPTER 5. TACAN, VOR/DME, AND VOR WITH FAF

500. GENERAL. This chapter applies to approach procedures based on the elements of the VORTAC facility; i.e., VOR, VOR/DME, and TACAN, in which a final approach fix (FAF) is established. The chapter is divided into two sections; Section 1 for VOR procedures which do not use DME as the primary method for establishing fixes, and Section 2 for VOR/DME and TACAN procedures which use collocated, frequency paired DME as the sole method of establishing fixes. When both the VOR and TACAN azimuth elements of a VORTAC station will support it, a single procedure, identified as a VOR/DME or TACAN shall be published. Such a procedure may be flown using either a VOR/DME or TACAN airborne receiver and shall satisfy TACAN terminal area fix requirements. See Paragraph 286.d.

501. - 509. RESERVED.

Section 1. VOR with FAF

510. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

511. INITIAL APPROACH SEGMENT. Criteria for the initial approach segment are contained in Chapter 2, Section 3. See Figures 44 and 45.

512. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Criteria for the Intermediate approach segment are contained in Chapter 2, Section 4. See Figures 44 and 45.

513. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach may be made either "FROM" or "TOWARD" the facility. The final approach segment begins at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last.

a. Alignment. The alignment of the final approach course with the runway centerline determines whether a straight-in or circling-only approach may be established. The alignment criteria

differs depending on whether the facility is OFF or ON the airport. See definitions in Paragraph 400.

(1) Off-Airport Facility.

(a) Straight-In. The angle of convergence of the final approach course and the extended runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the runway centerline at the runway threshold. However, when an operational advantage can be achieved, the point of intersection may be established as much as 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 46.

(b) Circling Approach. When the final approach course alignment does not meet the criteria for a straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to any portion of the usable landing surface. See Figure 47.

(2) On-Airport Facility.

(a) Straight-In. The angle of convergence of the final approach course and the extended runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the extended runway centerline 3000 feet outward from the runway threshold. When an operational advantage can be achieved, this point of intersection may be established at any point between the threshold and a point 5200 feet outward from the threshold. Also, where an operational advantage can be achieved a final approach course which does not intersect the runway centerline, or which intersects it at a distance greater than 5200 feet from the threshold, may be established, provided that such a course lies within 500 feet laterally of the extended runway centerline at a point 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 48.

(b) Circling Approach. When the final approach course alignment does not meet the crite-

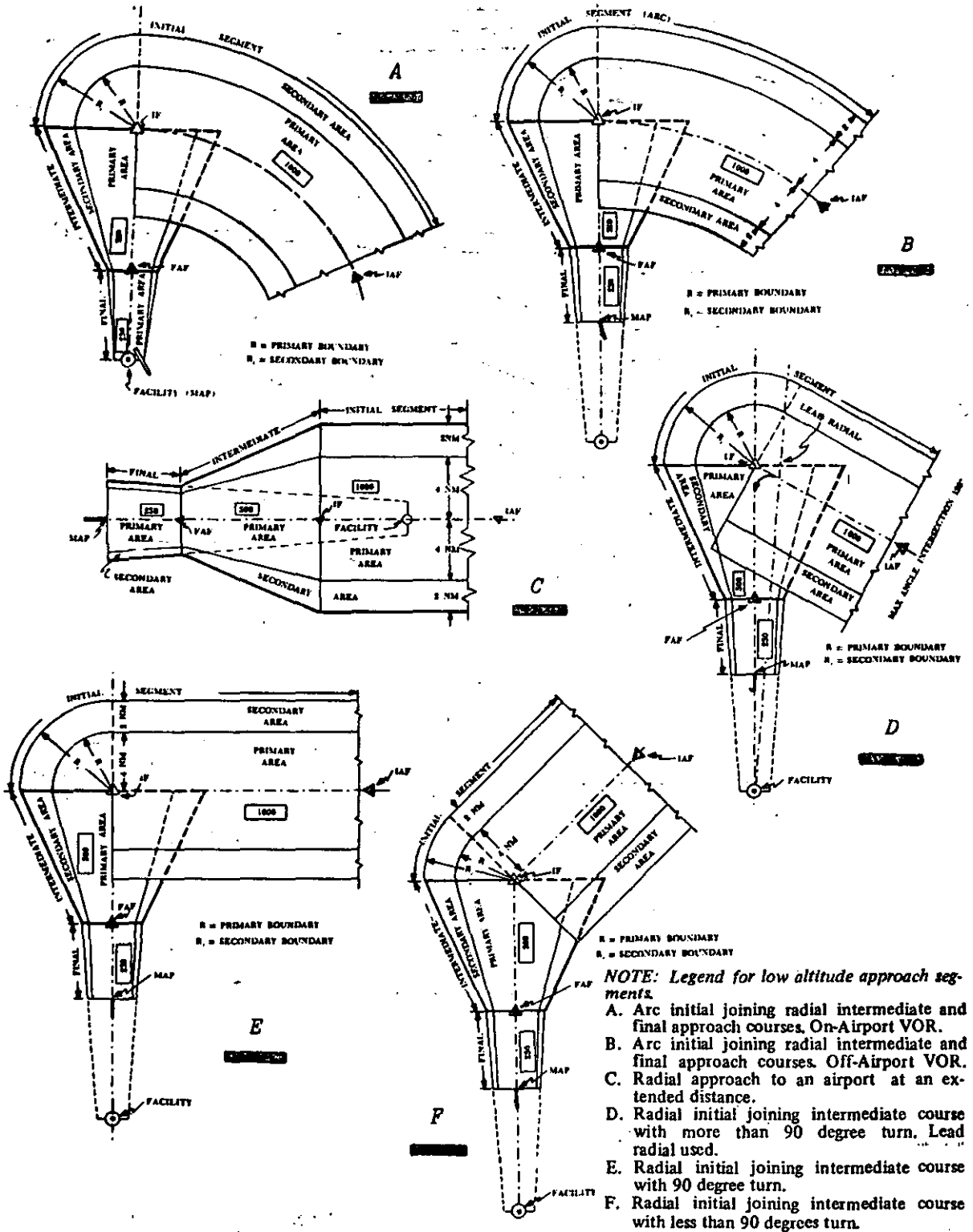


Figure 44. TYPICAL LOW ALTITUDE APPROACH SEGMENTS. VOR with FAF. Par 511 and 512.

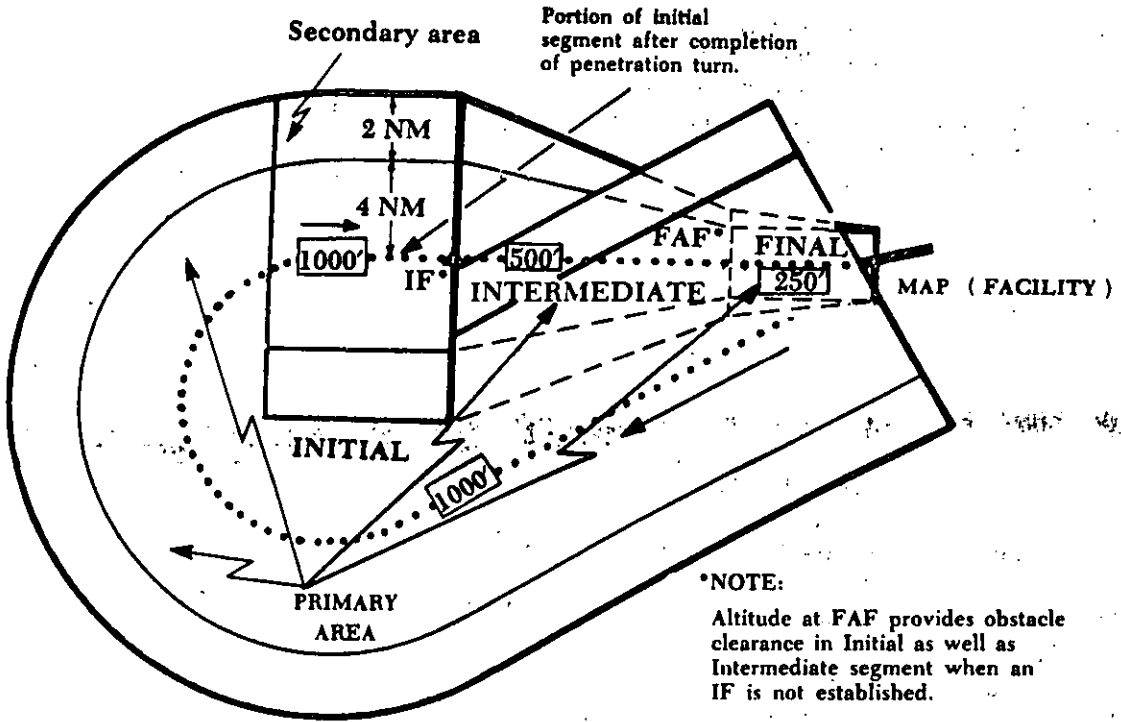


Figure 45. TYPICAL HIGH ALTITUDE SEGMENTS, VOR with FAF. Par 511 and 512.

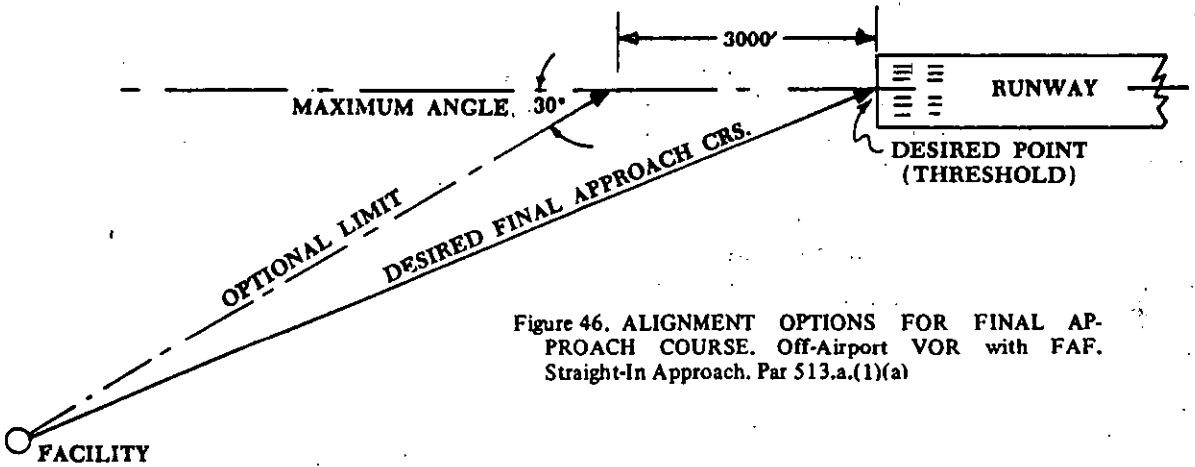
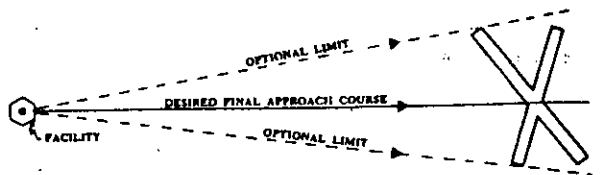


Figure 46. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. Off-Airport VOR with FAF. Straight-In Approach. Par 513.a.(1)(a)

Figure 47. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. Off-Airport VOR with FAF. Circling Approach. Par. 513.a.(1)(b).



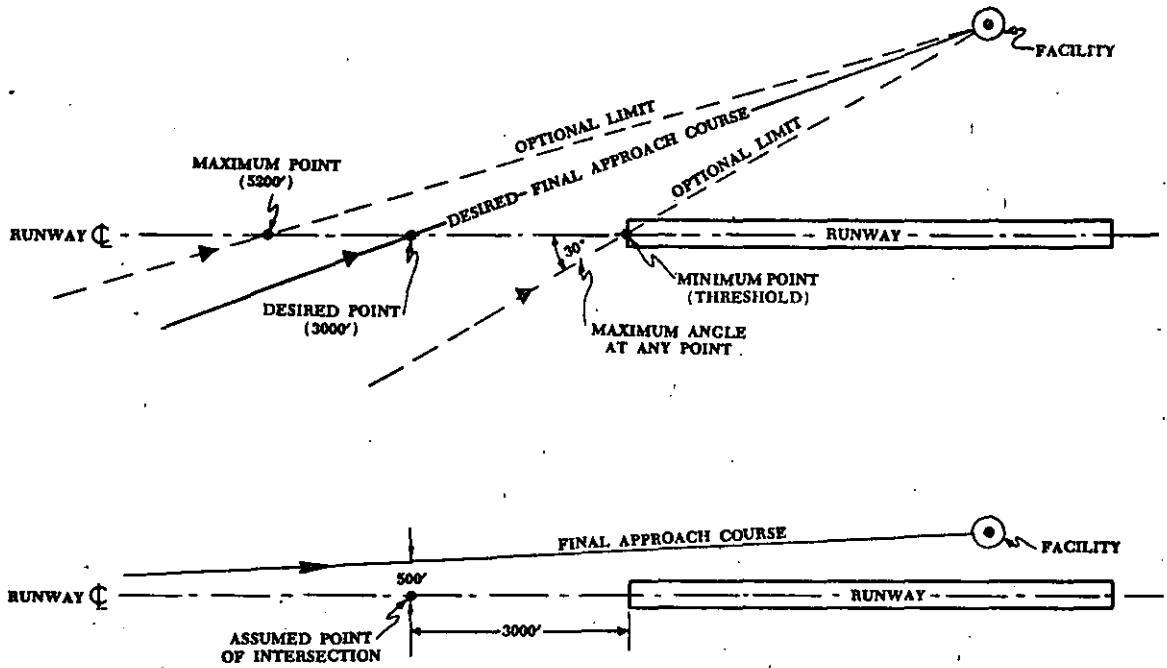


Figure 48. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport VOR with FAF. Straight-In Approach. Par 513.a.(2)(a)

ria for a straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to any portion of the usable landing surface. See Figure 49.

b. Area. The area considered for obstacle clearance in the final approach segment starts at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. It is a portion of a 30-mile long trapezoid (see Figure 50) which is made up of primary and secondary areas. The primary area is centered longitudinally on the final approach course. It is 2 miles wide at the facility, and expands uniformly to 5 miles wide at 30 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility and expands uniformly to 1 mile on each side of the primary area at 30 miles from the facility. Final approaches may be made to airports which are a maximum of 30 miles from the facility. See Figure 51. The OPTIMUM length of the final approach segment is 5 miles. The MAXIMUM length is 10 miles. The MINIMUM length of the final approach

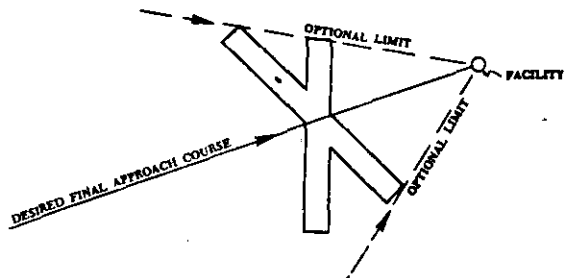


Figure 49. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport VOR with FAF. Circling Approach. Par 513.a.(2)(b).

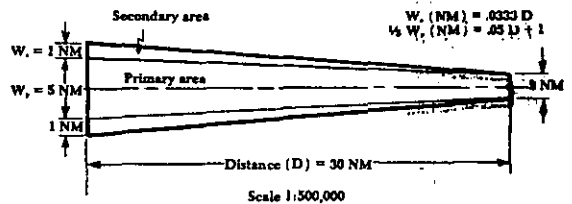


Figure 50. FINAL APPROACH TRAPEZOID. VOR with FAF. Par 513.b.

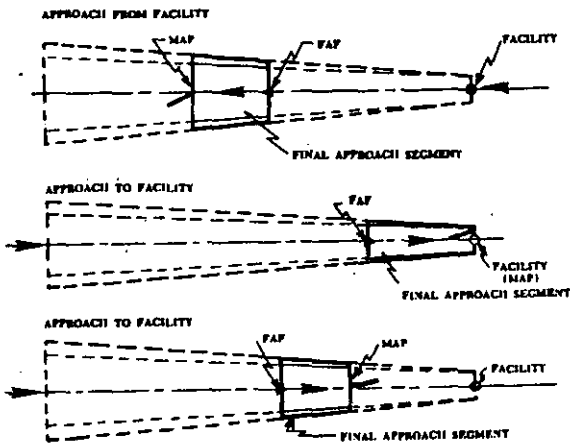


Figure 51. TYPICAL STRAIGHT-IN FINAL APPROACHES. VOR with FAF, Par 513.b.

segment shall provide adequate distance for an aircraft to make the required descent, and to regain course alignment when a turn is required over the facility. Table 14 shall be used to determine the minimum length needed to regain the course.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In Landing.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 250 feet. In the secondary area 250 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 125.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 513.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Descent Gradient. The OPTIMUM descent gradient in the final approach segment should not exceed 300 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 400 feet per mile. See also Paragraphs 251 & 288.a.

(1) **Straight-In Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the runway threshold and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the touchdown zone elevation.

Table 14. MINIMUM LENGTH OF FINAL APPROACH SEGMENT-VOR (MILES)

Approach Category	Magnitude of Turn over the Facility (Degrees)		
	10	20	30
A	1.0	1.5	2.0
B	1.5	2.0	2.5
C	2.0	2.5	3.0
D	2.5	3.0	3.5
E	3.0	3.5	4.0

NOTE: This table may be interpolated. If the minimum lengths specified in the table are not available, straight-in minimums are not authorized. See Figure 51 for typical final approach areas.

(2) **Circling Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the first usable portion of the landing surface and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the circling MDA.

e. Use of Fixes. Criteria for the use of radio fixes are contained in Chapter 2, Section 8. Where a procedure is based on a procedure turn and an on-airport facility is the procedure turn fix, the distance from the facility to the FAF shall not exceed 4 miles.

f. Minimum Descent Altitudes. Criteria for determining the MDA are contained in Chapter 3, Section 2.

514. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. For VOR procedures, the missed approach point and surface shall be established as follows:

a. Off-Airport Facilities.

(1) **Straight-In.** The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT farther from the final approach fix than the runway threshold. (See Figure 52.) The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

(2) **Circling Approach.** The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT farther from the final approach fix than the first usable portion of the landing area. The missed approach surface shall commence over the

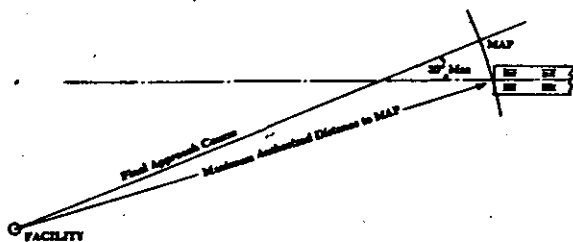


Figure 52. MISSED APPROACH POINT. Off-Airport VOR with FAF. Par 514.a.(1)

missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

b. On-Airport Facilities. The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT farther from the final approach fix than the facility. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

515. - 519. RESERVED.

Section 2. TACAN and VOR/DME

520. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

521. INITIAL SEGMENT. Due to the fixing capability of TACAN and VOR/DME a procedure turn initial approach may not be required. Criteria for initial approach segments are contained in Chapter 2, Section 3.

522. INTERMEDIATE SEGMENT. Criteria for the intermediate segment are contained in Chapter 2, Section 4.

523. FINAL APPROACH SEGMENT. TACAN and VOR/DME final approaches may be based either on arcs or radials. The final approach begins at a final approach fix and ends at the missed approach point. The missed approach point is always marked with a fix.

a. Radial Final Approach. Criteria for the radial final approach are specified in Paragraph 513.

b. Arc Final Approach. The final approach arc shall be a continuation of the intermediate arc. It

shall be specified in nautical miles and tenths thereof. Arcs closer than 7 miles (15 miles for high altitude procedures) and farther than 30 miles from the facility shall NOT be used for final approach. No turns are permitted over the final approach fix.

(1) **Alignment.** For Straight-in approaches, the final approach arc shall pass through the runway threshold when the angle of convergence of the runway centerline and the tangent of the arc does not exceed 15 degrees. When the angle exceeds 15 degrees the final approach arc shall be aligned to pass through the center of the airport and only circling minimums shall be authorized. See Figure 53.

(2) **Area.** The area considered for obstacle clearance in the arc final approach segment starts at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. It should NOT be more than 5 miles long. It shall be divided into primary and secondary areas. The primary area is 8 miles wide, and extends 4 miles on either side of the arc. A secondary area is on each side of the primary area. The secondary areas are 2 miles wide on each side of the primary area. See Figure 54.

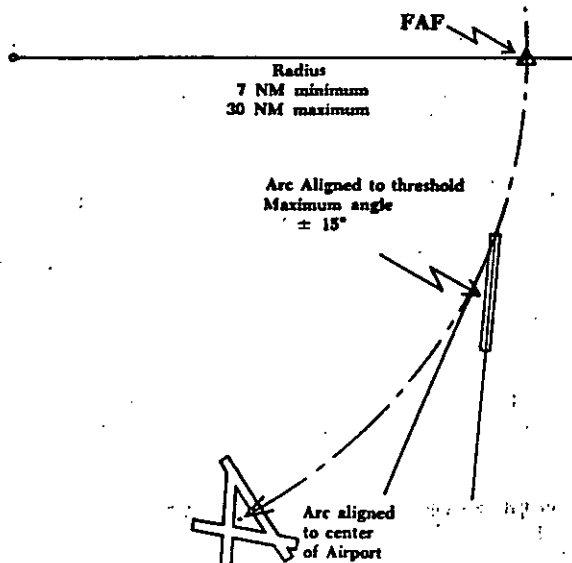


Figure 53. ARC FINAL APPROACH ALIGNMENT. Arc Aligned to Threshold. TACAN or VOR/DME. Par 523. b.(1)

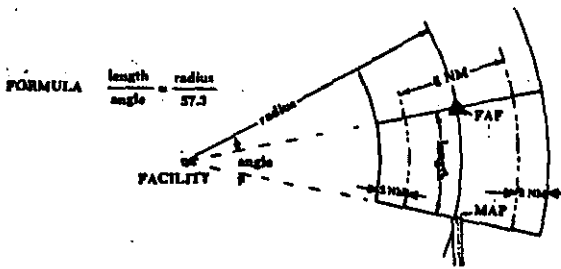


Figure 54. ARC FINAL APPROACH AREA. TACAN or VOR/DME. Par 523.b.(2)

(3) **Obstacle Clearance.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 500 feet. In the secondary area, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum required obstacle clearance at any point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 123.

(4) **Descent Gradient.** Criteria for descent gradients are specified in Paragraph 513.d.

(5) **Use of Fixes.** Fixes along an arc are restricted to those formed by radials from the VORTAC facility which provides the DME signal. Criteria for such fixes are contained in Chapter 2, Section 8.

(6) **Minimum Descent Altitude.** Straight-in MDAs shall not be specified lower than circling for arc procedures. Criteria for determining the circling MDA are contained in Chapter 3, Section 2.

524. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point shall be a radial/DME fix. The missed approach surface shall commence over the fix and at the required height. (Also See Paragraph 514.)

NOTE: The arc missed approach course may be a continuation of the final approach arc.

525. - 599. RESERVED.

CHAPTER 6. NDB PROCEDURES. ON-AIRPORT FACILITY, NO FAF

600. GENERAL. This chapter is divided into two sections: one for low altitude procedures and one for high altitude teardrop penetration procedures. These criteria apply to NDB procedures based on a facility located on the airport in which no final approach fix is established. These procedures must incorporate a procedure turn or a penetration turn. An on-airport facility is one which is located:

a. For Straight-In Approach. Within 1 mile of any portion of the landing runway.

b. For Circling Approach. Within 1 mile of any portion of the usable landing surface on the airport.

601. - 609. RESERVED.

Section 1. Low Altitude Procedures

610. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

611. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach fix is received by overheading the navigation facility. The initial approach is a procedure turn. Criteria for the procedure turn areas are contained in Paragraph 234.

612. INTERMEDIATE SEGMENT. This type of procedure has no intermediate segment. Upon completion of the procedure turn the aircraft is on final approach.

613. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach begins where the procedure turn intersects the final approach course.

a. Alignment. The alignment of the final approach course with the runway centerline determines whether a straight-in or circling-only approach may be established.

(1) Straight-In. The angle of convergence of the final approach course and the extended

runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the extended runway centerline 3000 feet outward from the runway threshold. When an operational advantage can be achieved, this point of intersection may be established at any point between the runway threshold and a point 5200 feet outward from the runway threshold. Also, where an operational advantage can be achieved a final approach course which does not intersect the runway centerline, or intersects it at a distance greater than 5200 feet from the threshold, may be established provided that such course lies within 500 feet laterally of the extended runway centerline at a point 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 55.

(2) Circling Approach. When the final approach course alignment does not meet the criteria for straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to pass through any portion of the usable landing surface. See Figure 56.

b. Area. Figure 57 illustrates the final approach primary and secondary areas. The primary area is longitudinally centered on the final approach course, and is 10 miles long. The primary area is 2.5 miles wide at the facility, and expands uniformly to 6 miles wide at 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility, and expands uniformly to 1.34 miles on each side of the primary area at 10 miles from the facility. When the 5 mile procedure turn is used, only the inner 5 miles of the final approach area need be considered.

c. Obstacle Clearance.

(1) Straight-In. The minimum obstacle clearance in the primary area is 350 feet. In the secondary area, 350 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum required obstacle clearance at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 127.

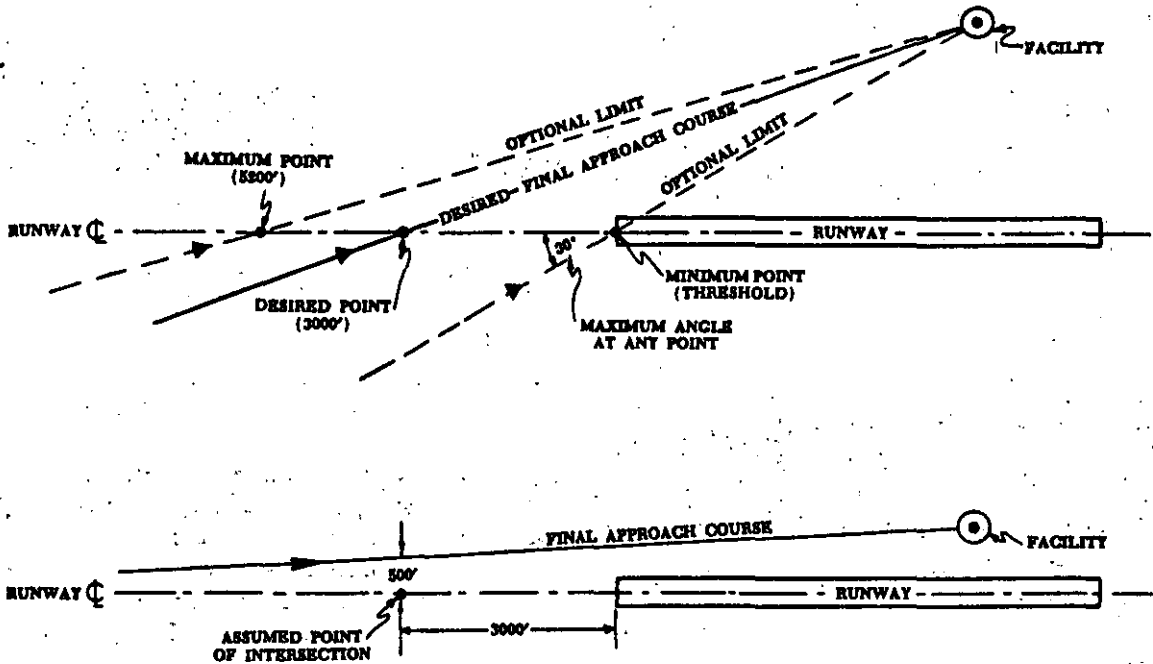


Figure 55. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport NDB. No FAF. Straight-In Procedure. Par 613.a.(1).

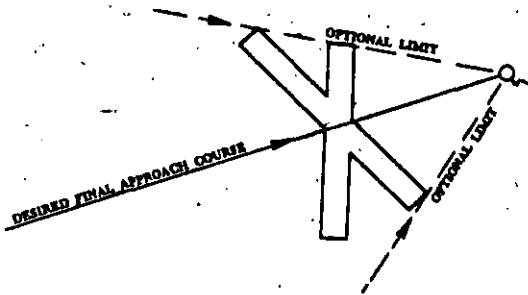


Figure 56. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport NDB. No FAF. Circling Approach. Par 613.a.(2).

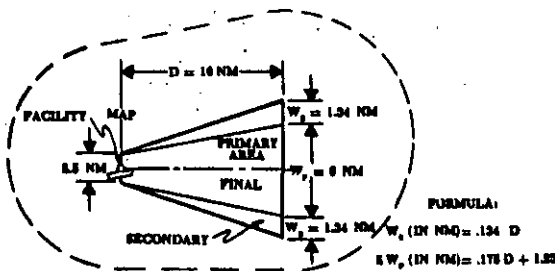


Figure 57. FINAL APPROACH PRIMARY AND SECONDARY AREAS. On-Airport NDB. No FAF. Par 613.b.

(2) Circling Approach. In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 613.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Procedure Turn Altitude (Descent Gradient). The procedure turn completion altitude shall be within 1500 feet of the MDA (1000 feet with a 5 mile procedure turn), provided the distance from the facility to the point where the final approach course intersects the runway centerline (or the first usable portion of the landing area for "circling only" procedures) does not exceed 2 miles. When this distance exceeds 2 miles, the maximum difference between the procedure turn completion altitude and the MDA shall be reduced at the rate of 25 feet for each one-tenth of a mile in excess of 2 miles.

NOTE: For those procedures in which the final approach course does not intersect the extended runway centerline within 5200 feet of the runway threshold (Paragraph 613.a.(1)), the assumed point of intersection for computing distance from the facility shall be 3000 feet from the runway threshold. See Figure 55.

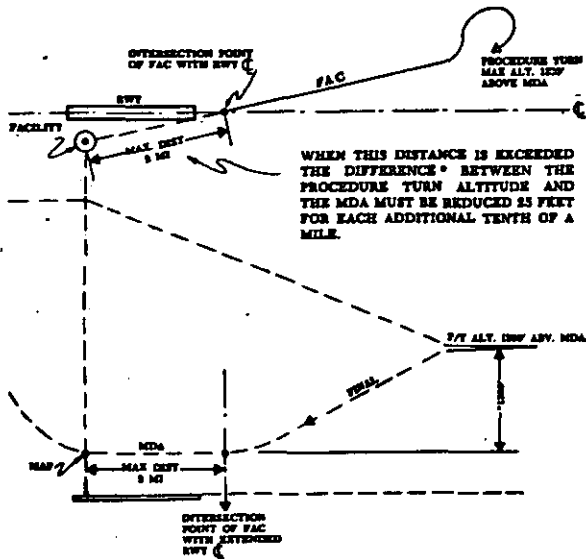


Figure 58. PROCEDURE TURN ALTITUDE. On-Airport NDB, No FAF. Par 613.d.

e. Use of Stepdown Fix. Use of the stepdown fix (Paragraph 288.c.) is permitted provided the distance from the facility to the stepdown fix does not exceed 4 miles. Where the stepdown fix is used the obstacle clearance (Paragraph 613.c.(1)) may be reduced to 300 feet from the stepdown fix to the MAP. See Figure 59, below. See also Paragraph 251.

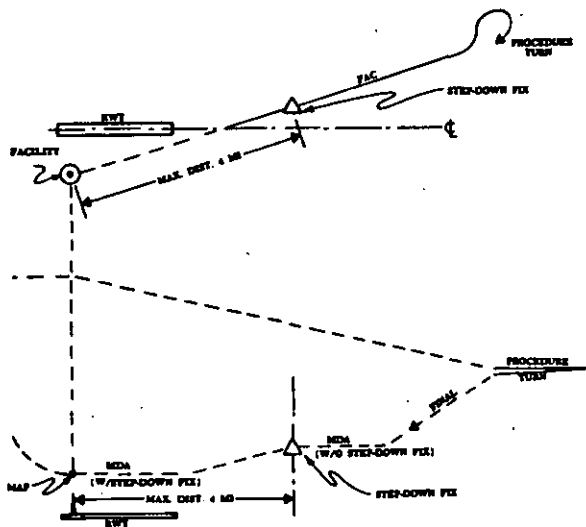


Figure 59. USE OF STEP-DOWN FIX. On-Airport NDB, No FAF. Par 613.e.

f. Minimum Descent Altitude. Criteria for determining the MDA are contained in Chapter 3, Section 2.

614. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point is the facility. See Figure 59. The missed approach surface shall commence over the facility at the required height. See Paragraph 274.

615.-619. RESERVED.

Section 2. High Altitude Teardrop Penetrations

620. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

621. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach fix is received by overheading the navigation facility. The initial approach is a teardrop penetration turn. The criteria for the penetration turn are contained in Paragraph 235.

622. INTERMEDIATE SEGMENT. The procedure has no intermediate segment. Upon completion of the penetration turn, the aircraft is on final approach.

623. FINAL APPROACH SEGMENT. An aircraft is considered to be on final approach upon completion of the penetration turn. However, the final approach segment begins on the final approach course 10 miles from the facility. That portion of the penetration procedure prior to the 10-mile point is treated as the initial approach segment. See Figure 60.

a. Alignment. Same as low altitude criteria. See Paragraph 613.a.

b. Area. Figure 60 illustrates the final approach primary and secondary areas. The primary area is longitudinally centered on the final approach course, and is 10 miles long. The primary area is 2.5 miles wide at the facility, and expands uniformly to 8 miles at 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero

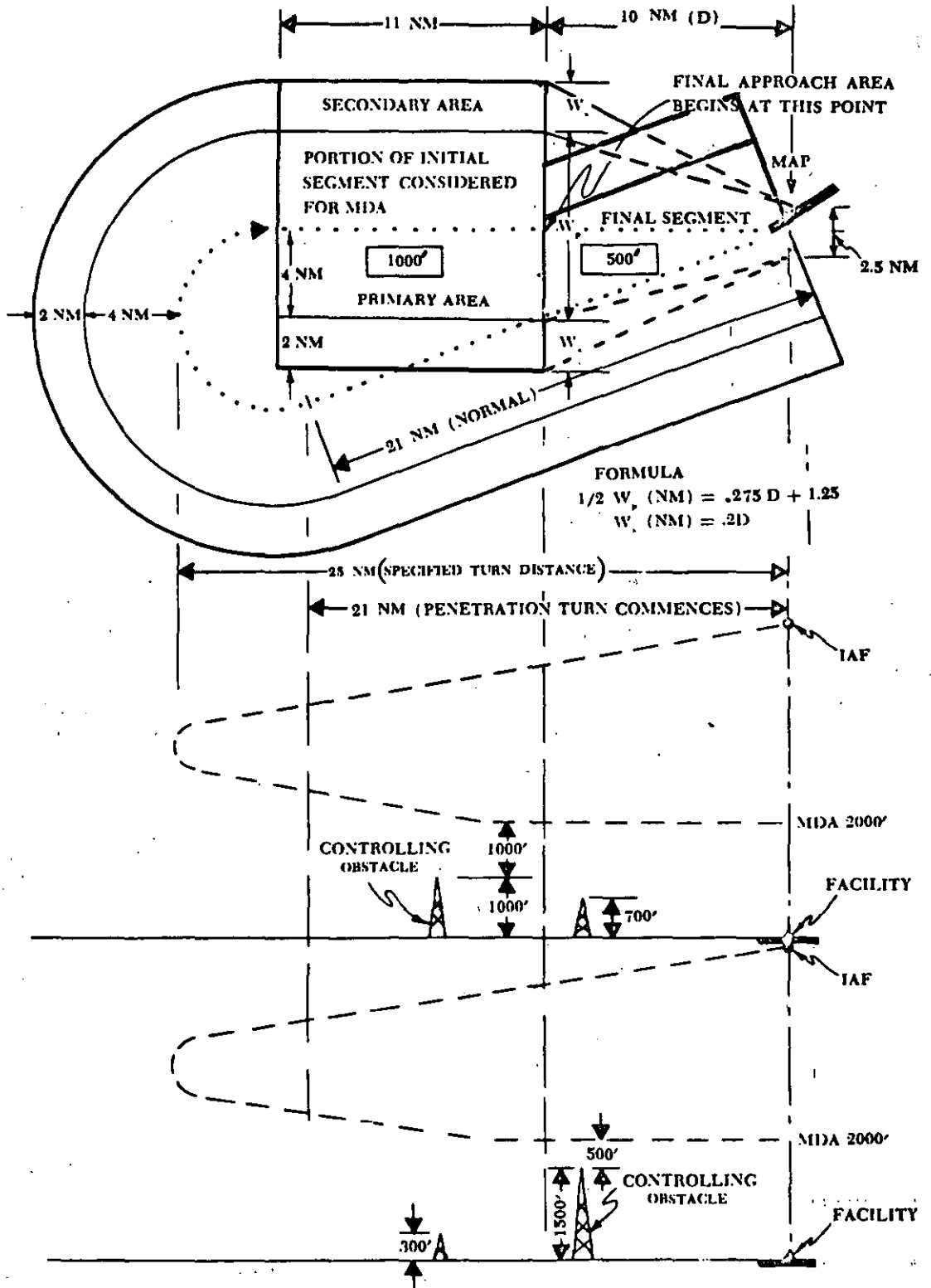


Figure 60. PENETRATION TURN. On-Airport NDB. No FAF. Par 623.

miles wide at the facility and expands uniformly to 2 miles each side of the primary area at 10 miles from the facility.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 500 feet. In the secondary area, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering to zero feet at the outer edge. The minimum required obstacle clearance at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 123.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 623.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Penetration Turn Altitude (Descent Gradient). The penetration turn completion altitude shall be at least 1000 feet, but not more than 4000 feet above the MDA on final approach.

e. Use of a Stepdown Fix. Use of a stepdown fix (Paragraph 288.c.) is permitted, provided the distance from the facility to the stepdown fix does not exceed 10 miles. See also Paragraph 251.

f. Minimum Descent Altitude. In addition to the normal obstacle clearance requirements of the final approach segment (see Paragraph 623.c.) the MDA specified shall provide at least 1000 feet of clearance over obstacles in that portion of the initial approach segment between the final approach segment and the point where the assumed penetration turn track intercepts the inbound course. See Figure 60.

624. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point is the facility. See Figure 60. The missed approach surface shall commence over the facility at the required height. See Paragraph 274.

625. - 699. RESERVED.

CHAPTER 7. NDB AND L/MF RANGE WITH FAF

700. GENERAL. This chapter is divided into three sections. Section 1 prescribes criteria for NDB procedures which incorporate a final approach fix, while Section 2 and 3 prescribe criteria for L/MF range procedures. NDB procedures shall be based only on facilities which transmit a continuous carrier. NDB procedures based on L/MF ranges shall use the NDB obstacle clearance area.

701. - 709. RESERVED.

Section 1. NDB With FAF

710. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

711. INITIAL APPROACH SEGMENT. Criteria for the initial approach are contained in Chapter 2, Section 3.

712. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Criteria for the intermediate approach segment are contained in Chapter 2, Section 4.

713. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach may be made either FROM or TOWARD the facility. The final approach segment begins at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last.

a. Alignment. The alignment of the final approach course with the runway centerline determines whether a straight-in or circling-only approach may be established. The alignment criteria differs depending on whether the facility is OFF or ON the airport. See definition in Paragraph 400.

(1) Off-Airport Facility.

(a) Straight-In. The angle of convergence of the final approach course and the extended runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the runway centerline at the runway threshold. However, when an operational advantage can be

achieved, the point of intersection may be established as much as 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 61.

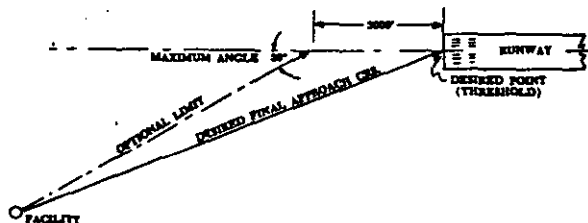


Figure 61. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. Off-Airport NDB with FAF. Straight-in Approach. Par 713.a.(1)(a).

(b) Circling Approach. When the final approach course alignment does not meet the criteria for straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to any portion of the usable landing surface. See Figure 62.

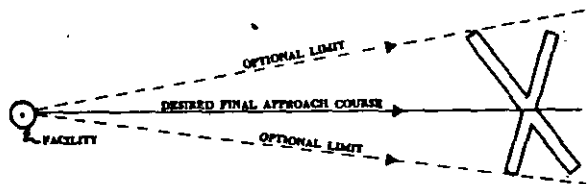


Figure 62. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. Off-Airport NDB with FAF. Circling Approach. Par 713.a.(1)(b).

(2) On-Airport Facility.

(a) Straight-in. The angle of convergence between the final approach course and the extended runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the extended runway centerline 3000 feet outward from the runway threshold. When an operational advantage can be achieved, this point of intersection may be established at any point between the runway threshold and a point 5200 feet outward from the runway threshold. Also, where an operational advantage can be achieved, a

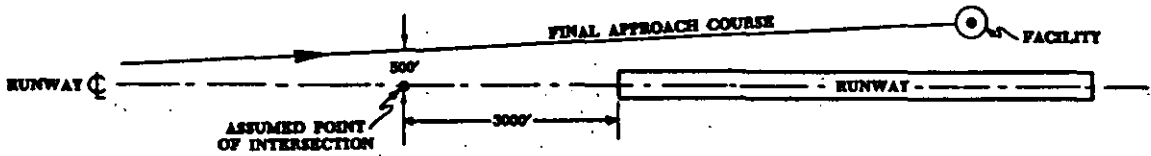
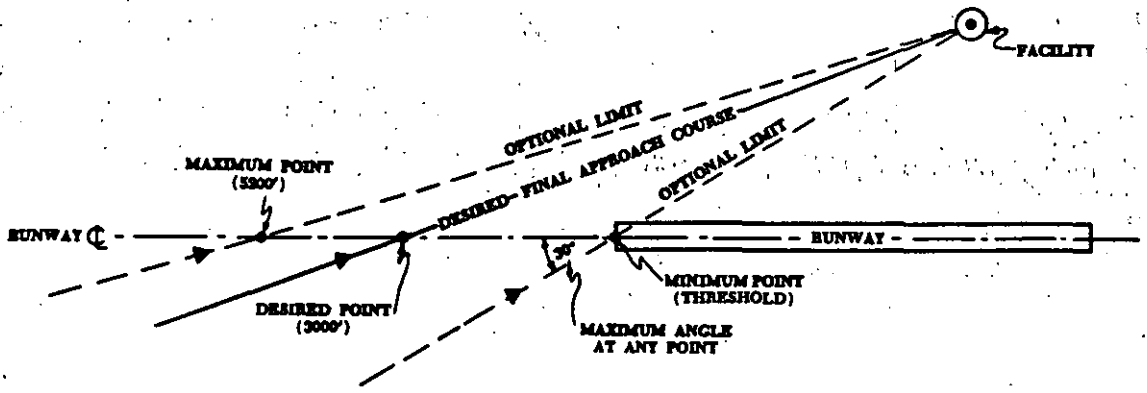


Figure 63. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH. On-airport NDB. Par 713.a.(2)(a).

final approach course which does not intersect the runway centerline, or which intersects it at a distance greater than 5200 feet from the threshold, may be established provided such a course lies within 500 feet laterally of the extended runway centerline at a point 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 63.

(b) *Circling Approach.* When the final approach course alignment does not meet the criteria for a straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to any portion of the usable landing surface. See Figure 64.

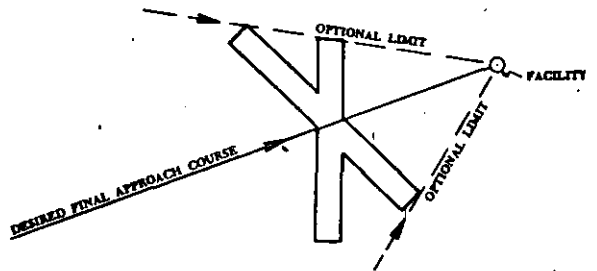


Figure 64. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. On-Airport NDB with FAF. Circling Approach. Par 713.a.(2)(b).

b. *Area.* The area considered for obstacle clearance in the final approach segment starts at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. It is a portion of a 15 mile long trapezoid (see Figure 65) which is made up of primary and secondary areas. The primary area is centered longitudinally on the final approach course. It is 2.5 miles wide at the facility and expands uniformly to 5 miles at 15 miles

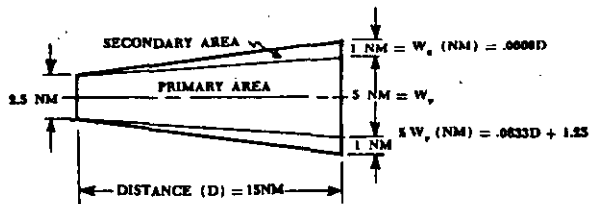


Figure 65. FINAL APPROACH TRAPEZOID. NDB with FAF. Par 713.b.

from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility, and expands uniformly to 1 mile each side of the

primary area at 15 miles from the facility. Final approaches may be made to airports which are a maximum of 15 miles from the facility. The OPTIMUM length of the final approach segment is 5 miles. The MAXIMUM length is 10 miles. The MINIMUM length of the final approach segment shall provide adequate distance for an aircraft to make the required descent, and to regain course alignment when a turn is required over the facility. The following table shall be used to determine the minimum length needed to regain the course:

Table 15. MINIMUM LENGTH OF FINAL APPROACH SEGMENT - NDB (Miles)

Approach Category	Magnitude of Turn over Facility		
	10°	20°	30°
A	1.0	1.5	2.0
B	1.5	2.0	2.5
C	2.0	2.5 <td 3.0	
D	2.5	3.0	3.5
E	3.0	3.5	4.0

NOTE: This table may be interpolated. If turns of more than 30 degrees are required, or if the minimum lengths specified in the table are not available for the procedure, straight-in minimums are NOT authorized. See Figure 66 for typical final approach areas.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 300 feet. In the secondary area 300 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering uniformly to zero feet at the outer edge. The minimum obstacle clearance at any given point in the secondary area is as shown in Appendix 2, Figure 126.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 713.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. **Descent Gradient.** The OPTIMUM descent gradient in the final approach segment should not exceed 300 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 400 feet per mile. See also Paragraphs 251 and 288.a.

(1) **Straight-in Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from

the FAF to the runway threshold and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the touchdown zone elevation.

(2) **Circling Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the first usable portion of the landing surface and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the circling MDA.

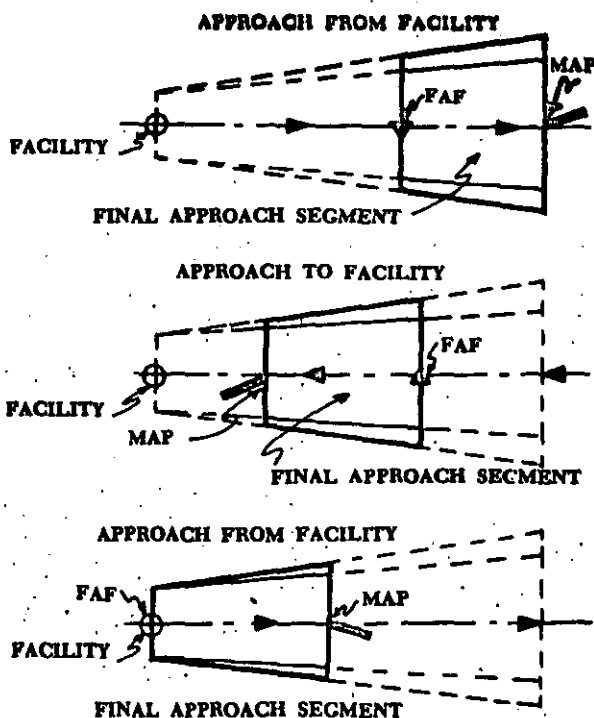


Figure 66. TYPICAL FINAL APPROACH AREAS. NDB with FAF. Par 713.b.

e. **Use of Fixes.** Criteria for the use of radio fixes are contained in Chapter 2, Section 8. Where a procedure is based on a procedure turn and an on-airport facility is the procedure turn fix, the distance from the facility to the FAF shall not exceed 4 miles.

f. **Minimum Descent Altitude.** Criteria for determining the MDA are contained in Chapter 3, Section 2.

714. **MISSED APPROACH SEGMENT.** Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point and surface shall be established as follows:

a. Off-Airport Facilities.

(1) **Straight-In.** The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT FARTHER from the FAF than the runway threshold. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274 and Figure 67.

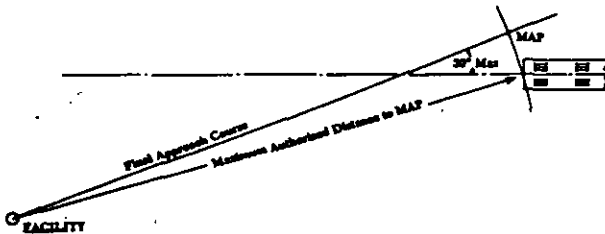


Figure 67. MISSED APPROACH POINT. Off-airport NDB with FAF, Par 714.a.(1).

(2) **Circling Approach.** The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT FARTHER from the final approach fix than the first usable portion of the landing area. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

b. On-Airport Facilities. The missed approach point is a point on the final approach course which is NOT FARTHER from the final approach fix than the facility. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

715. - 719. RESERVED.

Section 2. L/MF Range

720. GENERAL. Although the L/MF radio range is obsolescent in most areas it has a potential for continued use in others, notably Canada and the northern United States. Accordingly, this section attempts to make existing L/MF range criteria compatible with the concept upon which the remainder of these criteria are based. No attempt has been made to update the L/MF range criteria. The inclusion of these criteria in this Handbook is to permit the continued use of existing procedures.

721. RADIO RANGE COURSE IDENTIFICATION. The direction of courses of a radio range station shall be established to the nearest cardinal or sub-cardinal compass point as shown in Table 16.

Table 16. RANGE SECTOR DESIGNATIONS.

Sector of the Range Course	Course Shall be Designated as:
338° magnetic to 022° magnetic	North
023° magnetic to 067° magnetic	Northeast
068° magnetic to 112° magnetic	East
113° magnetic to 157° magnetic	Southeast
158° magnetic to 202° magnetic	South
203° magnetic to 247° magnetic	Southwest
248° magnetic to 292° magnetic	West
293° magnetic to 337° magnetic	Northwest

722. - 729. RESERVED.

Section 3. L/MF Range Criteria

730. FEEDER ROUTES. Criteria for feeder routes are contained in Paragraph 220.

731. INITIAL APPROACH SEGMENT. Criteria for the initial approach segment are contained in Chapter 2, Section 3.

732. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Criteria for the intermediate approach segment are contained in Chapter 2, Section 4. The secondary area shall taper to zero feet at the final approach fix.

733. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach begins at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. The final approach may be made either FROM or TOWARD the facility. Final approach course guidance shall be based on a course of the radio range except that final approaches may be made from the facility to an open quadrant when the distance from the facility to the airport does not exceed 3 miles.

a. Alignment. The alignment of the final approach course with the runway centerline determines whether a straight-in or circling-only approach may be established.

(1) **Straight-In.** The angle of convergence of the final approach course and the extended runway centerline shall not exceed 30 degrees. The final approach course should be aligned to intersect the runway centerline at the runway threshold. However, when an operational advantage can be achieved, the point of intersection may be established as much as 3000 feet outward from the runway threshold. See Figure 68.

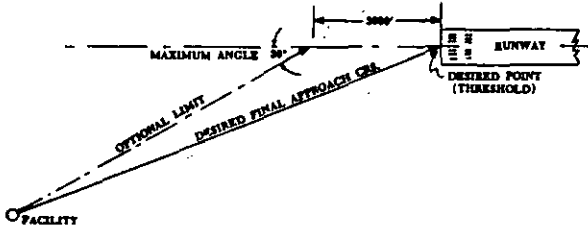


Figure 68. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. L/MF Range with FAF. Straight-In approach. Par 733.a.(1).

(2) **Circling Approach.** When the final approach course alignment does not meet the criteria for a straight-in landing, only a circling approach shall be authorized, and the course alignment should be made to the center of the landing area. When an operational advantage can be achieved, the final approach course may be aligned to any portion of the usable landing area. See Figure 69.

b. Area. The area considered for obstacle clearance in the final approach segment starts at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last. It is a portion of a rectangle which is 10 miles long and 3.4 miles wide, centered longitudinally on the final approach course. There is no secondary area. See Figure 70. Final approaches may be made to air-

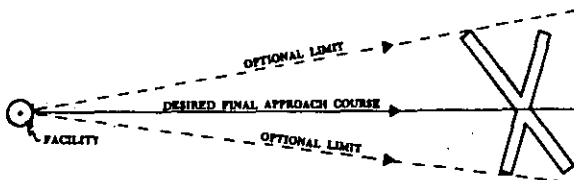


Figure 69. ALIGNMENT OPTIONS FOR FINAL APPROACH COURSE. L/MF Range with FAF. Circling approach. Par 733.a.(2).

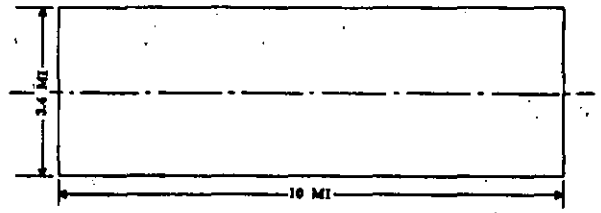


Figure 70. FINAL APPROACH OBSTACLE AREA. L/MF Range with FAF. Par 733.b.

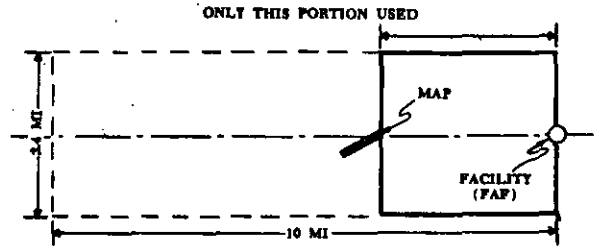


Figure 71. FINAL APPROACH SEGMENT. L/MF Range with FAF. Par 733.b.

ports which are a **MAXIMUM** of 10 miles from the facility. However, only that portion of the 10 mile rectangle which falls between the final approach fix and the missed approach point shall be considered as the final approach segment for obstacle clearance purposes. See Figure 71. The **OPTIMUM** length of the final approach segment is 5 miles. The **MAXIMUM** length is 10 miles. The **MINIMUM** length of the final approach segment shall provide adequate distance for an aircraft to make the required descent and to regain course alignment when a turn is required over the facility. The following table shall be used to determine the minimum length needed to regain course alignment.

Table 17. **MINIMUM LENGTH OF FINAL APPROACH SEGMENT (MILES) L/MFR**

Approach Category	Magnitude of Turn over the Facility		
	10°	20°	30°
A	1.0	1.5	2.0
B	1.5	2.0	2.5
C	2.0	2.5	3.0
D	2.5	3.0	3.5
E	3.0	3.5	4.0

NOTE: This table may be interpolated. If turns of more than 30 degrees are required, or if the minimum lengths specified in the table are not available for the procedure, straight-in minimums are not authorized.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** The minimum obstacle clearance in the final approach segment is 300 feet.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 733.c.(1) above, obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Descent Gradient. The **OPTIMUM** descent gradient in the final approach segment should not exceed 300 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the **MAXIMUM** permissible gradient is 400 feet per mile. See also Paragraph 251.

(1) **Straight-In.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the runway threshold and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the touchdown zone elevation.

(2) **Circling Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the first usable portion of the landing surface, and the difference in altitude between the altitude over the FAF and the circling MDA.

NOTE: *Where straight-in descent gradient criteria are exceeded, only circling MDA shall be authorized.*

e. Use of Fixes. Criteria for the use of radio fixes are contained in Chapter 2, Section 8.

f. Minimum Descent Altitude. Criteria for determining the MDA are contained in Chapter 3, Section 2.

734. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point and surface shall be established as follows:

a. Straight-In. The missed approach point is a point on the final approach course which is **NOT** farther from the FAF than the runway threshold. See Figure 66. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

b. Circling Approach. The missed approach point is a point on the final approach course which is **NOT** farther from the final approach fix than the first usable portion of the landing area. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

735. - 799. RESERVED.

CHAPTER 8. VHF/UHF DF PROCEDURES

800. GENERAL. These criteria apply to Direction Finding procedures for both high and low altitude aircraft. DF criteria shall be the same as criteria provided for ADF procedures, except as specified herein. As used in this Chapter, the word "facility" means the DF antenna site. DF approach procedures are established for use in emergency situations. However, where required by a using agency, DF may be used for normal instrument approach procedures.

801.- 809. RESERVED.

Section 1. VHF/UHF DF Criteria

810. ENROUTE OPERATIONS. Enroute aircraft under DF control follow a course to the DF station as determined by the DF controller. A minimum safe altitude shall be established which provides at least 1000 feet (2000 feet in mountainous areas) of clearance over all obstacles within the operational radius of the DF facility. When this altitude proves unduly restrictive, sector altitudes may be established to provide relief from obstacles which are clear of the area where flight is conducted. Where sector altitudes are established, they shall be limited to sectors of not less than 45 degrees in areas BEYOND a 10 mile radius around the facility. For areas WITHIN 10 miles of the facility, sectors of NOT LESS THAN 90 degrees shall be used. Because the flight course may coincide with the sector division line, the sector altitude shall provide at least 1000 feet (2000 feet in mountainous terrain) of clearance over obstacles in the adjacent sectors within 6 miles or 20 degrees of the sector division line, whichever is the greater. No sector altitude shall be specified which is lower than the procedure or penetration turn altitude or lower than the altitude for area sectors which are closer to the navigation facility.

811. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach fix is overhead the facility.

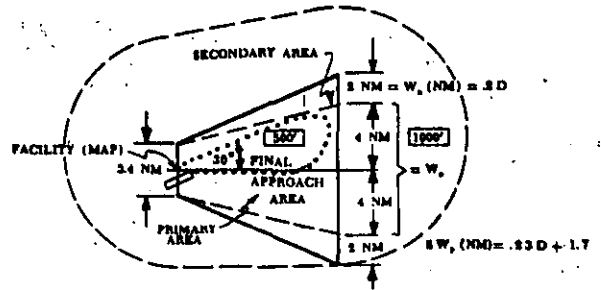


Figure 72. LOW ALTITUDE DF APPROACH AREA.
Par 811.

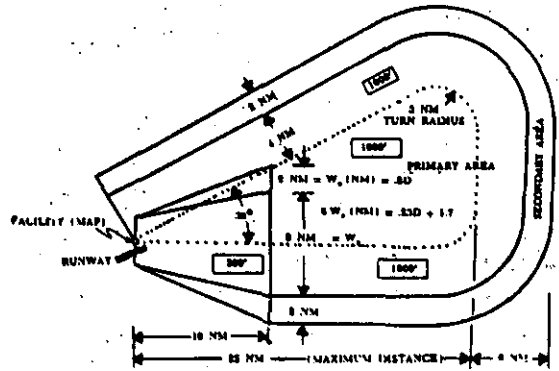


Figure 73. HIGH ALTITUDE DF APPROACH AREA.
Par 811.

a. Low Altitude Procedures. The initial approach may be either a 10 mile teardrop procedure turn or the triangular procedure illustrated in Figure 72. In either case, the 10 mile procedure turn criteria contained in Paragraph 234.a., b., c., and d. apply.

b. High Altitude Procedures. The initial approach may be either the standard teardrop penetration turn or the triangular procedure illustrated in Figure 73. When the teardrop penetration turn is used, the criteria contained in Paragraph 235.a., b., c., and d. apply. When the triangular procedure is used, the same criteria apply except that the limiting angular divergence between the outbound course and the reciprocal of the inbound course may be as much as 45 degrees.

812. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Except as outlined in this paragraph criteria for the intermediate segment are contained in Chapter 2, Section 4. An intermediate segment is used only when the DF facility is located off the airport, and the final approach is made from overhead the facility to the airport. The width of the primary intermediate area is 3.4 miles at the facility, expanding uniformly on each side of the course to 8 miles wide 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility, expanding along the primary area to 2 miles each side at 10 miles from the facility. See Figure 74.

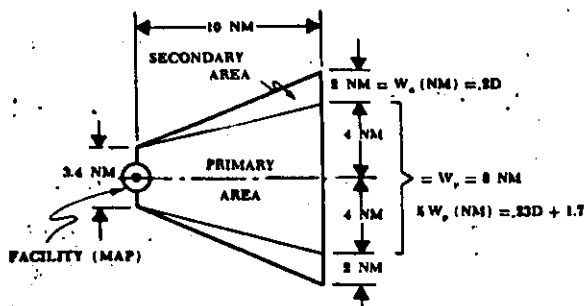


Figure 74. DF INTERMEDIATE APPROACH AREA.
Par 812.

813. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach begins at the facility for off-airport facilities or where the procedure turn intersects the final approach course for on-airport facilities (see Paragraph 400 for the definition of on-airport facilities). DF procedures shall not be developed for airports which are more than 10 miles from the DF facility. When a facility is located in excess of 6 miles from an airport, the instrument approach shall end at the facility and flight to the airport shall be conducted in accordance with visual flight rules (VFR).

a. Alignment.

(1) **On-Airport Facilities.** Paragraph 613.a.(1) and (2) apply.

(2) **Off-Airport Facilities.** Paragraph 713.a.(1)(a) and (b) apply.

b. Area.

(1) **Low Altitude Procedures.** Figure 74 illustrates the final approach primary and secondary areas. The primary area is longitudinally centered on the final approach course and is 10 miles long. The primary area is 3.4 miles wide at the facility and expands uniformly to 8 miles wide at 10 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility and expands uniformly to 2 miles on each side of the primary area at 10 miles from the facility.

(2) **High Altitude Procedures.** The area considered is identical to that described in Paragraph 623.b. and Figure 60 except that the primary area is 3.4 miles wide at the facility.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** The minimum obstacle clearance in the primary area is 500 feet. In the secondary areas, 500 feet of obstacle clearance shall be provided at the inner edge, tapering to zero feet at the outer edge. The minimum required obstacle clearance at any given point in the secondary area is shown in Appendix 2, Figure 123.

(2) **Circling Approach.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 813.c.(1), obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

d. Procedure Turn Altitude. The procedure turn completion altitude (minimum base leg altitude in triangular procedures) shall be within 1500 feet of the MDA on final approach.

e. Penetration Turn Altitude (Descent Gradient). The penetration turn altitude (minimum base leg altitude in triangular procedures) shall be at least 1000 feet but not more than 4000 feet above the MDA on final approach.

f. Minimum Descent Altitude (MDA). The criteria for determining MDA are contained in Chapter 3, Section 2, except that in high altitude procedures, the MDA specified shall provide at least 1000 feet of clearance over obstacles in that portion of the initial approach segment between the final approach segment and the point where the assumed

penetration course intercepts the inbound course. See Figure 60.

814. MISSED APPROACH SEGMENT. Criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. For on-airport facility locations, the missed approach point is the facility. For off-airport facility locations, the missed approach point is a point on the final approach course which is NOT farther from the facility than the first usable landing surface. The missed approach surface shall commence over the missed approach point at the required height. See Paragraph 274.

815. - 819. RESERVED.

Section 2. Communications

820. TRANSMISSION INTERVAL. DF navigation is based on voice transmission of heading and altitude instructions by a ground station to the aircraft. The MAXIMUM interval between transmissions is:

a. Enroute Operations. 60 Seconds.

b. From the Initial Approach Fix to Within an Estimated 30 Seconds of the Final Station Passage or Missed Approach Point. 15 Seconds.

c. Within 30 Seconds of the Final Station Passage or Missed Approach Point. 5 Seconds. (15 Seconds for Doppler DF Equip.).

821. - 829. RESERVED.

Section 3. Minimums

830. APPROACH MINIMUMS. The minimums established for a particular airport shall be as prescribed by the appropriate approving agency, but the MDA shall NOT be lower than that required for obstacle clearance on final approach and in the circling area specified in Chapter 2, Section 6.

831. - 899. RESERVED.

CHAPTER 9. INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS)

900. GENERAL. This chapter applies to approach procedures based on the Instrument Landing System (ILS).

901. DEFINITION OF TYPES.

a. ILS Category I. An ILS approach procedure which provides for approach to a decision height of not less than 200 feet.

b. ILS Category II. See Section 6. Criteria to be incorporated at a later date.

c. ILS Category III. See Section 7. Criteria to be incorporated at a later date.

d. Localizer and LDA. Approach procedures which do not use the glide slope component of the ILS.

e. Simultaneous ILS. An ILS approach procedure based on ILS installations which serve parallel runways and provides for simultaneous approaches to authorized minimums.

902. - 909. RESERVED.

Section 1. ILS Category I Components

910. SYSTEM COMPONENTS. The Category I ILS consists of the components listed below. Substitution is permitted only as specified in Paragraphs 283, 911, 912, and 930.

a. Localizer (LOC), Category I quality or better.

b. Glide Slope (GS), Category I quality or better.

c. Outer Marker (OM).

d. Middle Marker (MM).

911. COMPASS LOCATOR (LOM, LMM). Compass locator radio facilities may be installed at the outer and middle marker sites, but are not considered as basic components of the ILS. However, when installed, they may be used in lieu of the outer or middle marker.

912. DISTANCE MEASURING EQUIPMENT (DME). When installed with the ILS, DME may be used in lieu of the outer marker. When a unique operational requirement exists DME information derived from a separate facility as specified in Paragraph 282 may also be used to provide ARC initial approaches, a FAF for back course (BC) approaches, or as a substitute for the outer marker. When used as a substitute for the outer marker the fix displacement error shall NOT exceed plus or minus 1/2 mile and the angular divergence of the signal sources shall NOT exceed 6 degrees.

913. INOPERATIVE COMPONENTS. A complete Category I ILS consists of the components specified in Paragraph 910. When the localizer fails an ILS approach is not authorized. When the glide slope becomes inoperative or is not available the ILS reverts to a non-precision approach system. In this case, obstacle clearance from Paragraph 954 and the nonprecision minimums from Paragraph 350 apply. When other components become inoperative the ILS may continue in use with the landing minimums as prescribed in Paragraph 350. FAR 91.117.c. also applies to civil operations.

914. - 919. RESERVED.

Section 2. ILS Category I Criteria

920. FEEDER ROUTES. The criteria for feeder routes are contained in Chapter 2, Section 2.

921. INITIAL APPROACH SEGMENT. The criteria for the initial approach segment are contained in Chapter 2, Section 3. Procedure turns shall be specified from the outer marker wherever practical.

922. INTERMEDIATE SEGMENT. Except as stated in this paragraph, the criteria for the intermediate segment are contained in Chapter 2, Section 4. The intermediate segment begins at the point where the initial approach course intercepts the localizer course. It extends along the inbound localizer course to the FAF for localizer approaches or the glide slope intercept point for ILS approaches. The minimum length of the intermediate segment depends on the angle at which the initial approach course intersects the localizer course, and is specified in Table 18. The MAXIMUM angle of intersection shall be 90 degrees unless a lead radial as specified in Paragraph 232.a is provided and the length of the intermediate segment is increased in accordance with Paragraph 242.b. See Figure 75.

Table 18. INTERSECTION ANGLE VS. LENGTH OF INTERMEDIATE SEGMENT.

Maximum Angle of Intersection (Degrees)	Minimum Length of Segment (Miles)
15	1
30	2
45	3
60	4
75	5
90-96	6

924. ALTITUDE SELECTION. Altitudes selected for the initial approach and intermediate approach segments shall be established and provide required obstacle clearance as specified in Chapter 2. In addition, the selected altitudes shall be limited as follows:

a. Procedure Turn. The procedure turn completion altitude shall NOT be lower than the glide slope interception altitude nor more than 500 feet above the glide slope interception altitude. The glide slope interception point shall be the outer marker whenever possible.

b. High Altitude Teardrop Penetration Turn. The penetration turn completion altitude shall NOT be lower than the glide slope interception altitude nor more than 4000 feet above the glide slope interception altitude. The glide slope interception point shall be the outer marker whenever possible.

c. Other Initial Approaches. The altitude at which the localizer course is intercepted shall NOT be less than the glide slope interception altitude.

d. Intermediate Approach. The altitude shall NOT be less than the glide slope interception altitude. The glide slope interception point shall be the outer marker whenever possible. When the glide slope is inoperative, the intermediate approach altitude shall provide at least 500 feet of obstacle clearance from the point of interception of the localizer course to the outer marker or other final approach fix. The altitudes selected by application of the obstacle clearance specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 231.

925. - 929. RESERVED.

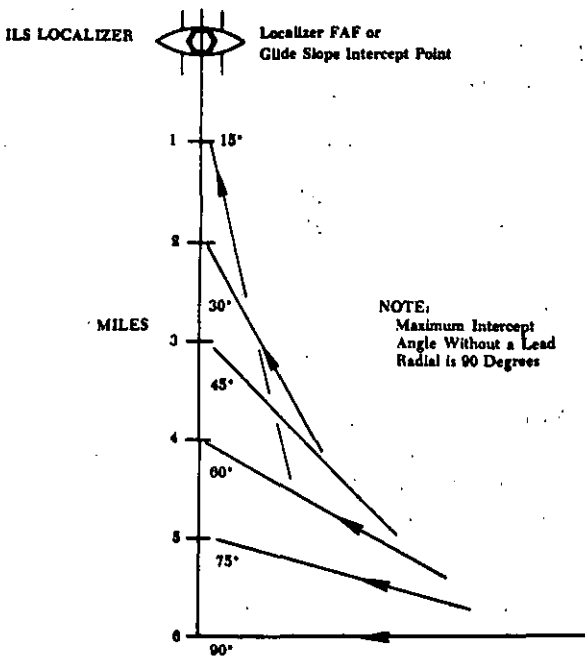


Figure 75. INTERMEDIATE SEGMENT VS. ANGLE OF INTERSECTION. ILS Category I. Par 922.

923. DESCENT GRADIENT. Even though the minimum length of the intermediate segment may be less than that specified in Chapter 2, Section 4, intermediate descent criteria specified in Paragraphs 242.d and 243.d shall be applied to at least 5 miles of flight track immediately prior to the glide slope intercept point.

Section 3. ILS Category I Final Approach

930. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach segment shall begin at the point where the glide slope is intercepted, and descent to the authorized decision height (DH) begins. Where possible, this point shall be coincidental with a designated FAF. At locations where it is not possible for the point of glide slope intercept to coincide with a designated FAF, the point of glide slope interception shall be located PRIOR to the FAF. Where a designated FAF cannot be provided, specific authorization by the approving authority is required.

a. Alignment. The final approach course must normally be aligned with the runway centerline. Where a unique operational requirement indicates a need for an offset course it may be approved provided the course intersects the runway centerline at a point 1100 to 1200 feet toward the runway threshold from the DH point on the glide slope and the angular divergence of the course does NOT exceed 3 degrees.

b. Area. The area considered for obstacle clearance in the final approach segment consists of a final approach area and transitional surfaces.

(1) **Final Approach Area.** The final approach area has the following dimensions:

(a) Length. The final approach area is 50,000 feet long measured outward along the final approach course from a point beginning 200 feet outward from the runway threshold. Where operationally required by other procedural considerations due to existing obstacles, the length may be increased as shown in Figure 76. The final approach

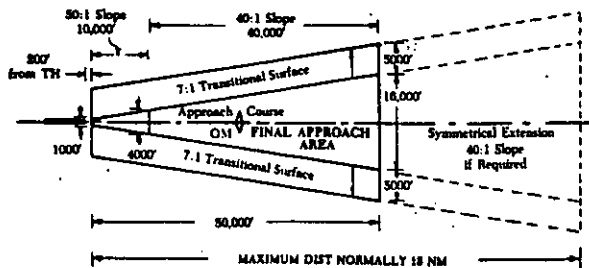


Figure 76. ILS CATEGORY I FINAL APPROACH AREA. Par 930.

area used shall only be that portion of the area which is between the glide slope interception point and the point 200 feet from the threshold.

(b) Width. The final approach area is centered on the extended runway centerline except in those cases where an offset localizer is required, as provided in Paragraph 930.a., in which case the area is centered on the final approach course. The area has a width of 1000 feet at the point 200 feet from the threshold and expands uniformly to a width of 16,000 feet at a point 50,000 feet from the point of beginning. This width further expands uniformly where greater length is required as in Paragraph 930.b.(1)(a) above (See Figure 76). The width either side of the centerline at a given distance "D" from the point of beginning can be found by using the formula $500 + .15D = 1/2W$; e.g., $500 + .15 \times 50,000 = 8000$, which is 1/2 width; therefore the total width is 16,000 feet at the 50,000 foot point.

NOTE: Where glide slope interception occurs at a distance greater than 50,200 feet from the threshold, the final approach area and the final approach surface may be extended symmetrically to a maximum distance dictated by the usability of the glide slope.

931. FINAL APPROACH OBSTACLE CLEARANCE SURFACE. The final approach obstacle surface is an inclined plane which originates at the runway threshold elevation 975 feet outward from the GPI, and which overlies the final approach area. The surface is divided into 2 sections; an inner 10,000 foot section and an outer 40,000 foot section. The slope of the surface changes at the 10,000 foot point. The exact gradient may differ according to the angle at which the glide slope is established. The 50:1 and 40:1 slopes which are applicable to the 2 1/2 degree glide slope shall be established unless other slopes must be used to assure required clearance over existing obstacles. Table 19 specifies slopes which provide the minimum required obstacle clearance for several glide slope angles. See also Paragraph 934 and 935.

932. TRANSITIONAL SURFACES. Transitional surfaces for ILS Category I are inclined planes with a slope of 7:1 which extend outward and upward

Table 19. ILS CATEGORY I GS ANGLE VS. SLOPES OF SURFACES.

GS Angle (Degrees)	Approximate Slope of Inner Section	Approximate Slope of Outer Section
2	96.5:1	61.5:1
2 1/4	66:1	48.5:1
2 1/2	50:1	40:1
2 3/4	40.5:1	34:1
3	34:1	29.5:1

NOTE: See graph, Appendix 2, Figure 132 for interpolation.

from the edge of the final approach area, starting at the height of the applicable final approach surface and extending for a lateral distance of 5000 feet at right angles to the final approach course. See Fig. 76.

933. DELETED.

934. OBSTACLE CLEARANCE OUTSIDE THE DH POINT. No obstacle should penetrate the applicable final approach obstacle clearance surface specified in Paragraph 931 or the transitional surfaces specified in Paragraph 932. The required obstacle clearance is based on the difference between the glide slope angle and the appropriate final approach surface specified in Paragraph 931. To determine the minimum required obstacle clearance in feet for any given distance "D" from the GPI, the following formulas may be used:

For "D" less than 10,975 feet, the minimum required clearance is $.02366 D + 20$ feet. See Paragraph 935.

For "D" 10,975 feet or more, the minimum required clearance is $.01866 D + 75$ feet.

The clearance provided by these formulas is a minimum requirement. Greater clearance may be necessary in the interest of safety, due to such factors as precipitous terrain or ILS installation peculiarities. The Nomograph in Figure 77 provides a simple method for determining the minimum obstacle clearance requirements. Included in Figure 77 is also an example for determining the required glide slope angle. See also Paragraph 935.

935. OBSTACLE CLEARANCE INSIDE THE DH POINT. The lowest landing minimums as specified in Paragraph 350 may be approved when no obstacle penetrates the approach surface applicable to the commissioned glide slope angle, commencing

200 feet outward from the threshold and at least 975 feet from the GPI, and extending to the MM or DH point, whichever is the farthest from the landing threshold. When penetration of this surface exists, consideration should be given to the removal of the obstacle or relocation of the landing threshold. Where the provisions of Paragraph 937 are applied to obtain the required obstacle clearance for the penetration of that portion of the approach surface specified above, the criteria specified in Paragraph 342.c.(2) are applicable. See Figure 131.

936. GLIDE SLOPE. In addition to the required obstacle clearance, the following shall apply to the selection of glide slope angle and antenna location:

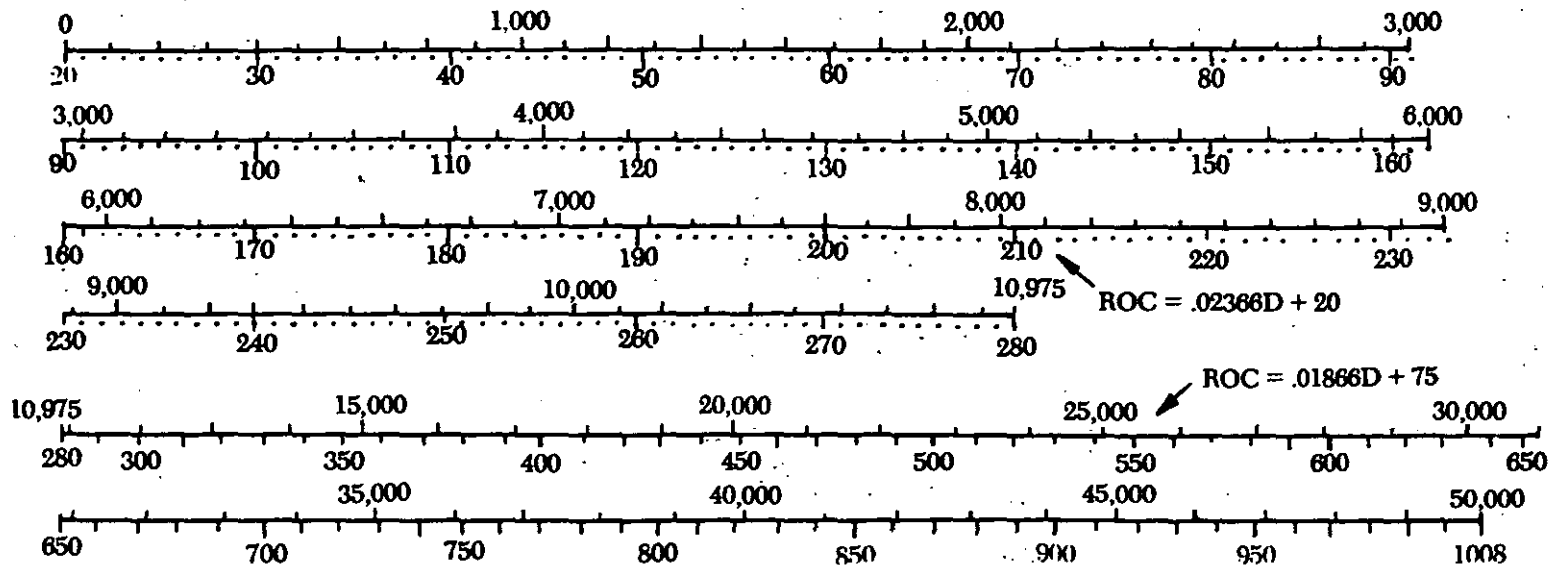
a. Glide Slope Angle.

(1) Civil ILS Facilities. All new and relocated ILS facilities will be commissioned with a 3 degree glide slope angle. Existing facilities may continue in operation without change in the established glide slope angle. Angles over 3 degrees shall not be established without Flight Standards Service, FAA, Washington, D.C. approval.

(2) Military ILS Facilities. The optimum glide slope angle is 2 1/2 degrees. Angles less than 2 degrees or more than 3 degrees shall not be established without the authorization of the approving authority.

NOTE: Where PAR serves a runway that is also served by ILS and/or VASI, the PAR, ILS, and VASI glide slope angles and RPI shall coincide. The PAR glide slope angle shall be within 0.20 of the ILS/VASI glide slope angle and the RPI shall be within plus or minus 50 feet of the ILS/RPI and/or VASI runway reference point (RRP).

b. *Glide Slope Threshold Crossing Height.* The OPTIMUM threshold crossing height is 50 feet. The MAXIMUM is 60 feet. A height as low as 32 feet for military airports may be used at locations where special consideration of the glide path angle and antenna location are required. Where the glide slope threshold crossing height exceeds 60 feet, consideration shall be given to the relocation of the landing threshold to insure effective placement of the approach light system. See Appendix 2 for a method of computing threshold crossing height.



The lowest glide slope that will provide the required obstacle clearance (ROC) over a critical obstacle is found by the formula:

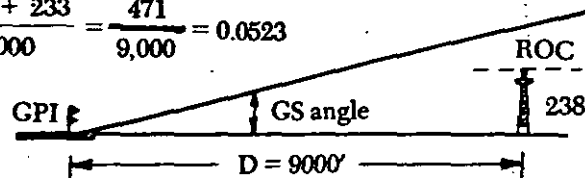
$$\text{Tan of GS angle} = \frac{\text{Obstacle height} + \text{ROC}}{\text{GPI to obstacle Distance}}$$

EXAMPLE:

Controlling obstacle is 238 feet above runway elevation and 9000 feet from the GPI. Find the minimum GS angle

From the nomograph find 233 feet opposite 9000 feet, or use the formula $(0.02366 \times 9000) + 20 = 233$

$$\text{Tan of GS angle} = \frac{238 + 233}{9000} = \frac{471}{9,000} = 0.0523$$



$$\text{Arc Tan } 0.0523 = 3.0 \text{ degrees}$$

NOTE: A method with an example of criteria application (Paragraphs 931 through 935) is included in Appendix 2.

Figure 77. ILS CATEGORY I FINAL APPROACH AREA OBSTACLE CLEARANCE. Par 934.
(This nomograph should not be used to determine ROC inside the DH or MAP. The ROC inside the DH/MAP must be computed in accordance with Appendix 2, Par 11b (1).)

c. *Antenna Mast Height.* The antenna mast or monitor should be located at a MINIMUM distance of 400 feet from the runway centerline and should not exceed 55 feet in height above the elevation of the runway centerline nearest it. A mast of over 55 feet may be permitted if the minimum distance from the runway centerline is increased by 10 feet for each foot the mast exceeds 55 feet. When a mast cannot for technical or economic reasons be located at a minimum distance of 400 feet from the runway centerline, the minimum distance may be reduced to not less than 250 feet from the centerline provided the basic mast height of 55 feet is reduced by .2D; where D is the distance inward from the 400 foot point. See Figure 78.

937. RELOCATION OF GLIDE SLOPE. Where minimum obstacle clearance cannot be obtained with a 3 degree glide slope angle, and sufficient length of runway is available, the glide slope may be moved the required distance down the runway to obtain the minimum obstacle clearance in the final approach area. Where the glide slope threshold crossing height exceeds 60 feet, consideration should be given to relocating the landing threshold to insure effective placement of the approach light system. The minimum distance between the GPI and the runway threshold is 775 feet. (No minimum GPI distance need be applied to military locations provided minimum ROC and TCH standards are met.)

938. DECISION HEIGHT (DH).

a. *Minimum Decision Height.* For ILS Category I the decision height shall be no lower than 200 feet above the touchdown zone (TDZ) elevation.

b. *Adjustment of Decision Height.*

(1) **Primary Final Approach Surface.** When minimum obstacle clearance cannot be obtained with a 3 degree glide slope angle, and the approving authority will not approve an angle in excess of 3 degrees, and the runway length does not permit a compensating adjustment, the decision height shall be increased accordingly. To establish the minimum decision height which can be authorized, extend a line horizontally outward from the top of each penetrating obstacle, parallel with the runway centerline, to a point of interception with the established final approach obstacle clearance surface. From the controlling point, extend a line vertically to a point of intersection with the glide slope. The height at the point of intersection with the glide slope is the minimum decision height, except that application of this method need not require a decision height that is more than 250 feet above the obstacle. This decision height shall not be less than 250 feet. See Figure 79:

(2) **Transitional Surface.** Where minimum obstacle clearances cannot be met in the tran-

FORMULA

$55' - .2D = \text{Permissible Height}$
(D = Dist in from 400' point)

PERMISSIBLE MAST HEIGHTS ABOVE RUNWAY CENTERLINE ELEVATION

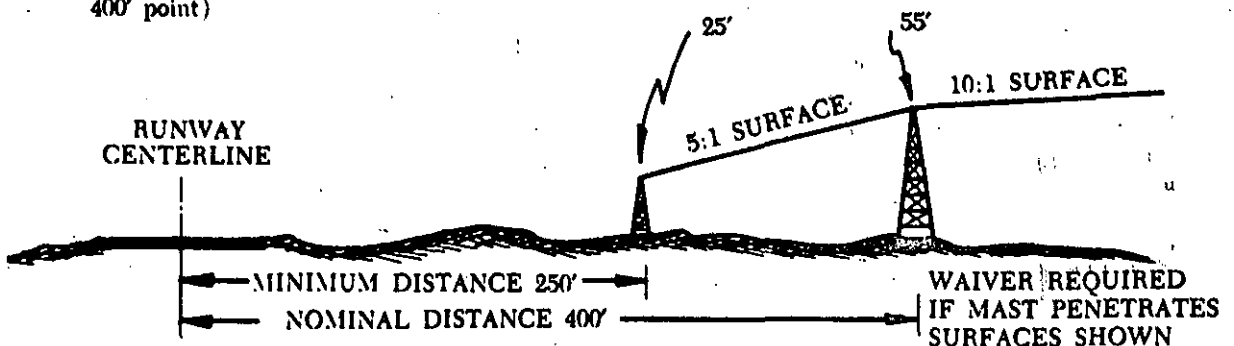


Figure 78. GLIDE SLOPE ANTENNA LOCATION VS. HEIGHT, Par 936.c.

sitional surfaces, and when deemed necessary, consideration will be given to an adjustment in the decision height commensurate with the degree of interference presented by the particular obstacle or obstacles. See Figure 79.

939. RESERVED.

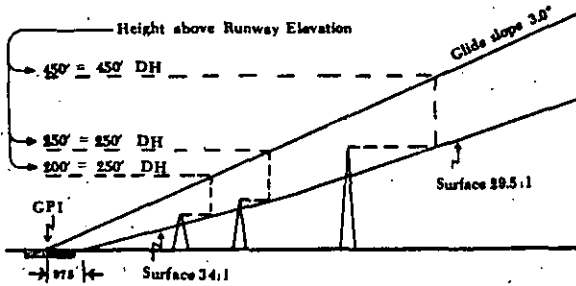


Figure 79. ADJUSTMENT OF DECISION HEIGHT. Par 938.

Section 4. ILS Category I Missed Approach

940. MISSED APPROACH SEGMENT. The missed approach segment begins at the missed approach point and ends at an appropriate point or fix where initial approach or enroute obstacle clearance is provided. Missed approach procedures shall be based on positive course guidance where possible.

941. MISSED APPROACH POINT (MAP). The missed approach point is a point on the final approach course where the height of the glide slope equals the authorized decision height.

942. STRAIGHT MISSED APPROACH. The straight missed approach area (maximum of 15 degree turn from final approach course) starts at the missed approach point. The length of the area is 15 miles, measured along the missed approach course. The area has a width equal to that of the final approach area at the missed approach point and a width equal to that of the initial approach area at a point 15 miles from the MAP. The missed approach area is divided into 2 sections.

a. Section 1 starts at the MAP and is longitudinally centered on the missed approach course. It has the same width at the MAP as the final approach area. The total width increases to 1 mile at a point 1.5 miles from the MAP.

b. Section 2 starts at the end of Section 1 and is centered on a continuation of the Section 1 course. The width increases uniformly from 1 mile at the beginning to 2 miles at a point 13.5 miles from the beginning. A secondary area for reduction of obstacle clearance is identified within Section 2. The secondary area is zero miles wide at the beginning and increases uniformly to 2 miles wide at the end of Section 2. Positive course guidance is required to reduce obstacle clearance in the secondary areas. See Figure 80.

943. TURNING MISSED APPROACH. Where turns of less than 15 degrees are required in a missed approach procedure, the provisions of Paragraph 942.a. and b. apply. Where turns of MORE than 15 degrees are required, they shall be specified to commence at an altitude which is at least 400 feet above the elevation of the touchdown zone. Altitudes required prior to commencing a turn shall be specified in the published procedure. Such turns are assumed to commence at the point where Section 2 begins. The flight track and obstacle clearance radii used shall be as specified in Table 5, Paragraph 275. The inner boundary line shall commence at the edge of Section 1 opposite the MAP. The outer and inner boundary lines shall flare to the width of the initial approach area 13.5 miles from the beginning of Section 2. Secondary areas for reduction of obstacle clearance are identified within Section 2. The secondary areas begin after completion of the turn. They are zero miles wide at the beginning and increase uniformly to 2 miles wide at the end of Section 2. Positive course guidance is required to

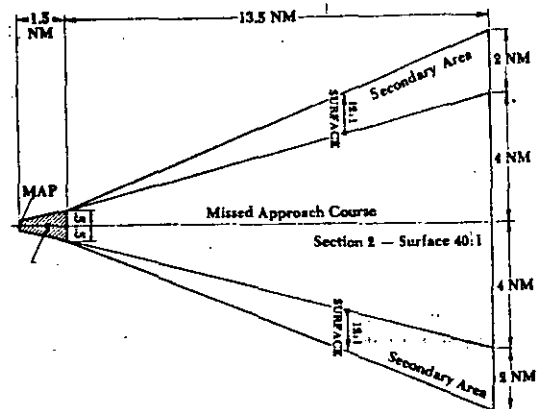


Figure 80. ILS STRAIGHT MISSED APPROACH AREA. Par 942.

reduce obstacle clearance in the secondary area. See Figure 81.

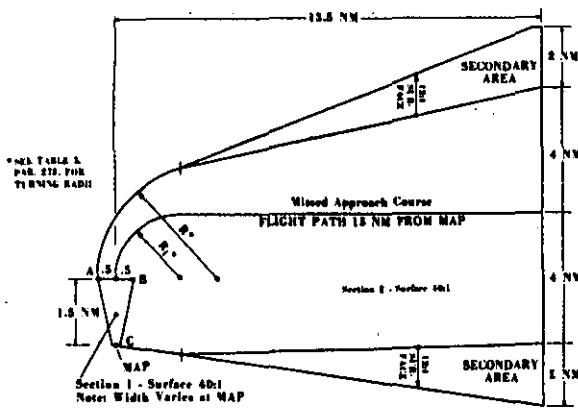


Figure 81. ILS TURNING MISSED APPROACH AREA.
Par 943.

944. MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE.

a. Straight Missed Approach Area. No obstacle in Section 1 or Section 2 may penetrate a 40:1 surface which originates at the MAP at the height of the final approach obstacle clearance surface, but not more than 250 feet below the DH, and which overlies the entire missed approach area.

b. Turning Missed Approach Area. Section 1 obstacle clearance is the same as that for straight missed approaches. To determine the obstacle clearance requirements in Section 2, the dividing line between Section 1 and 2 is identified as "A-B-C". The height of the missed approach surface over any obstacle in Section 2 is determined by measuring the distance from the obstacle to the nearest point on line A-B-C and computing the height according to the 40:1 ratio, starting at the height of the missed approach surface at the end of Section 1.

c. Secondary Areas. Where secondary areas are considered, no obstacle may penetrate a 12:1 surface which slopes outward and upward from the missed approach surface.

d. Discontinuance. Where the 40:1 surface reaches a height of 1000 feet below the missed approach altitude (Paragraph 270) further application of the surface is not required.

Par 943

945. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. If a straight climb to an altitude greater than 400 feet is necessary prior to commencing a missed approach turn, a combination straight and turning missed approach area must be constructed. The straight portion of this missed approach area is divided into Sections 1 and 1A. The portion in which the turn is made is Section 2.

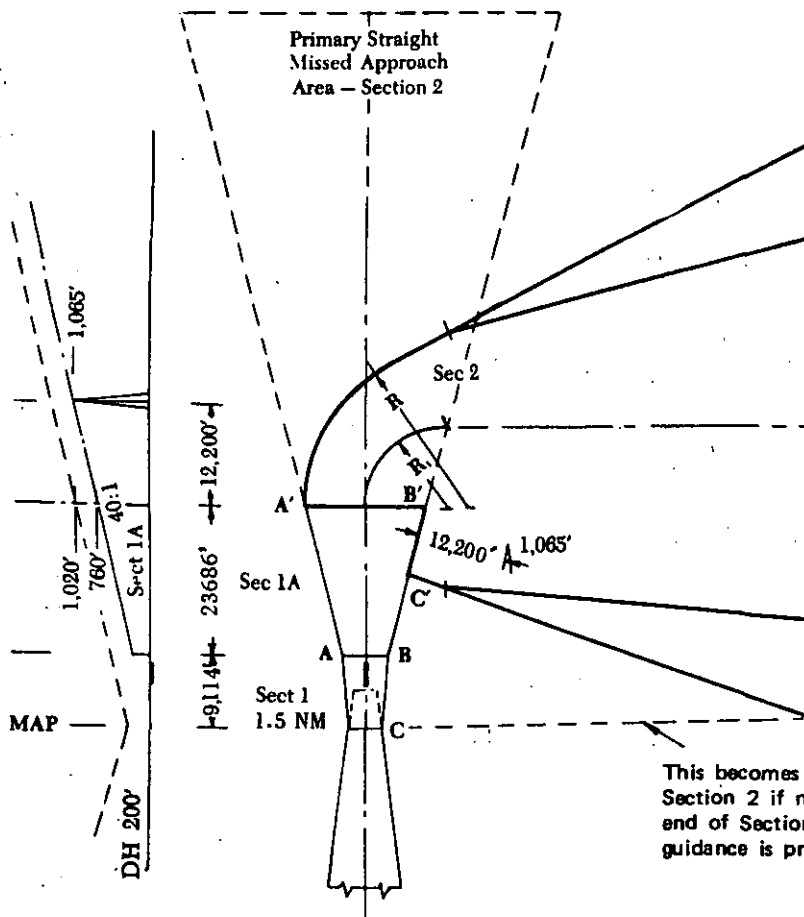
a. Straight Portion. Sections 1 and 1A correspond respectively to Sections 1 and 2 of the normal straight missed approach area and are constructed as specified in Paragraph 942 except that Section 1A has no secondary areas. Obstacle clearance is provided as specified in Paragraph 944.b. The length of Section 1A is determined as shown in Figure 82 and relates to the need to climb to a specified altitude prior to commencing the turn. The line A'-B' marks the end of Section 1A. Point C' is 9000 feet from the end of Section 1A. (See Figure 82.)

b. Turning Portion. Section 2 is constructed as specified in Paragraph 943 except that it begins at the end of Section 1A instead of the end of Section 1. To determine the height which must be attained before commencing the missed approach turn, first identify the controlling obstacle on the side of Section 1A to which the turn is to be made. Then measure the distance from this obstacle to the nearest edge of the Section 1A area. Using this distance as illustrated in Figure 82, determine the height of the 40:1 slope at the edge of Section 1A. This height plus 250 feet (rounded off to the next higher 20 foot increment) is the height at which the turn should be started. Obstacle clearance requirements in Section 2 are the same as those specified in Paragraph 944.b. except that Section 2 is expanded to start at Point C if no fix exists at the end of Section 1A or if no course guidance is provided in Section 2 (See Figure 82.)

946.-949. RESERVED.

Section 5. Localizer and LDA

950. FEEDER ROUTES, INITIAL APPROACH, AND INTERMEDIATE SEGMENTS. These criteria are contained in Paragraphs 920, 921, 922, and 923.



EXAMPLE:

DH is 200' MSL.

A 1065' controlling obstacle is 12200' from the near edge of Sec. 1A.

A 40:1 surface which clears the obstacle has a height of 760' MSL at the near edge of Section 1A.

$$12200' + 40' = 305'$$

$$1065' - 305' = 760'$$

To determine minimum altitude at which the missed approach aircraft may start the turn add 250' obstacle clearance and round up the sum to the next higher 20' increment.

$$760' + 250' = 1010'$$

$$\text{Rounded up} = 1020'$$

To climb 820' from DH 200' to the turning altitude (1020' MSL) at the 40:1 climb gradient requires 32800'. Sec. 1 is 9114' long; therefore, Section 1A is required to be 23686' long.

This becomes the boundary of Section 2 if no fix exists at the end of Section 1A or if no course guidance is provided in Section 2.

Figure 82. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. Par 945.

951. USE OF LOCALIZER ONLY. Where no usable glide slope is available, a localizer-only (front or back course) approach may be approved, provided the approach is made on a localizer from a final approach fix located within 10 miles of the runway threshold. Criteria in this section are also applicable to procedures based on localizer type directional aids (LDA). Back course procedures shall not be based on courses which exceed 6 degrees in width and shall not be approved for offset localizers.

952. ALIGNMENT. Localizers which are aligned within 3 degrees of the runway alignment shall be identified as localizers. If the alignment exceeds 3 degrees, they will be identified as LDA facilities.

The alignment of the course for LDA facilities shall meet the final approach alignment criteria for VOR on-airport facilities. See Chapter 5, Paragraph 513, and Figure 48.

953. AREA. The final approach area and transitional surface dimensions are as specified in Paragraph 930. However, only that portion of the final approach area which is between the FAF and the runway need be considered as the final approach segment for obstacle clearance purposes. The optimum length of the final approach segment is 5 miles. The **MINIMUM** length of the final approach segment shall be sufficient to provide adequate distance for an aircraft to make the required descent. The area shall be centered on the final approach course and shall commence at the runway threshold. For

LDA procedures the final approach area shall commence at the facility and extend to the FAF. The MAP for LDA procedures shall not be farther from the FAF than a point adjacent to the landing threshold perpendicular to the final approach course.

954. OBSTACLE CLEARANCE. The minimum obstacle clearance in the final approach area shall be 250 feet. In addition, the MDA established for the final approach area shall assure that no obstacles penetrate the transitional surfaces. The transitional surfaces in localizer-only type approaches begin at a height not less than 250 feet below the MDA.

955. DESCENT GRADIENT. The OPTIMUM descent gradient for a localizer only approach should not exceed 300 feet per mile. The MAXIMUM descent gradient and method of computation shall be as specified in Paragraph 513.d.

956. MINIMUM DESCENT ALTITUDE. Because no glide slope is associated with a localizer-only approach, the lowest altitude on final approach is specified as an MDA, not a decision height (DH). The MDA adjustments specified in Paragraph 323 shall be considered.

957. MISSED APPROACH SEGMENT. The criteria for the missed approach segment are contained in Paragraphs 942, 943, and 945. The missed approach point is on the final approach course not farther from the final approach fix than the runway threshold (first usable portion of the landing area for circling approach). The missed approach surface shall commence over the MAP at the required height. See Paragraph 274.

958. - 959. RESERVED.

Section 6. ILS Category II

960. - 969. RESERVED.

Section 7. ILS Category III

970. - 979. RESERVED.

Section 8. RESERVED.

980. - 989. RESERVED.

Section 9. Simultaneous ILS Procedures

990. GENERAL. Simultaneous ILS approach procedures, using ILS installations parallel to each other, may be authorized when the minimum standards in this Section and Section 1 are met.

991. SYSTEM COMPONENTS. Simultaneous ILS approach procedures require the following basic components:

a. An ILS specified in Section 1 of this chapter for each runway. Adjacent markers of the separate systems shall be separated sufficiently to preclude interference at altitudes intended for use.

b. ATC radar to monitor approaches (ASR-4 or equivalent) when simultaneous operations are authorized.

c. Airborne 75 mhz (or ADF) and localizer receivers operating simultaneously, and airborne receivers to monitor required voice frequencies continuously.

NOTE: When system components are inoperative or not installed the minimums for the runway served shall be pursuant to Paragraph 913.

992. RUNWAY SEPARATION. Simultaneous approaches require a minimum of 4300 feet of separation between parallel runway centerlines where simultaneous operations are authorized. When less than 4300 feet is available, prescribed separation by ATC shall be provided.

993. FEEDER ROUTES. The criteria for feeder routes are contained in Chapter 2, Section 2.

994. INITIAL APPROACH SEGMENT. The criteria for the initial approach segment are contained in Chapter 2, Section 3. The initial approach shall be made from a facility or satisfactory radio fix by radar vector. Procedure and penetration turns shall not be authorized.

a. *Altitude Selection.* The altitudes established for initial approach, in addition to obstacle clearance requirements, shall provide vertical separation.

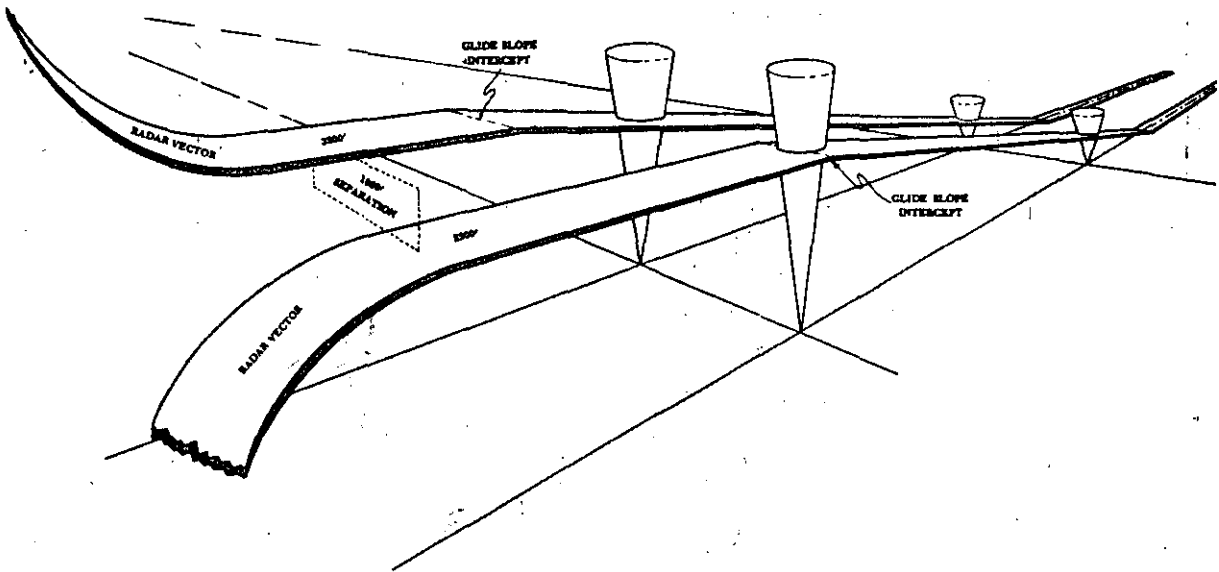


Figure 96. INITIAL APPROACH SEGMENT, SIMULTANEOUS ILS. Par 994.

ration of 1000 feet between glide slope interception altitudes for the two systems. See Figure 96.

b. Localizer Interception Point. The localizer interception point shall be established in accordance with Paragraph 922 except that the angle of interception shall not exceed 30 degrees. See Figure 96.

995. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Except as stated in this paragraph, the criteria for the intermediate segment of simultaneous ILS procedures are contained in Chapter 2, Section 4. The intermediate segment begins at the point where the initial approach intercepts the localizer course. It extends along the inbound localizer course to the final approach fix. See Paragraph 930.

996. FINAL APPROACH SEGMENT. Except as stated in this paragraph, criteria for the final approach segment are contained in Section 3 of this chapter. A "Zone of No Transgression" 2000 feet wide, and not less than 1150 feet from each runway centerline, shall be established whenever simultaneous operations are authorized.

997. MISSED APPROACH SEGMENT. Except as stated in this paragraph, the criteria for missed

approach are contained in Section 4 of this chapter. The missed approach shall specify a straight ahead climb to at least 400 feet above the touchdown zone; then, a divergence of at least 45 degrees shall be provided between the two missed approach headings as soon as practical after reaching 400 feet and until the missed approach and/or limitation fixes are reached. A missed approach shall be established for each of the simultaneous systems and shall be the same as the missed approach for the single ILS procedure.

998. - 999. RESERVED.

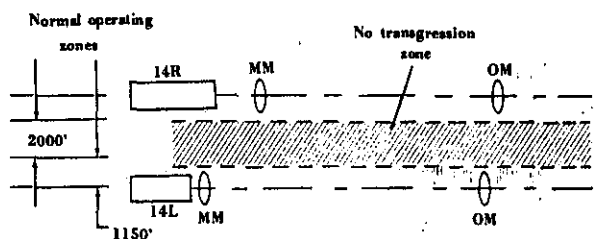


Figure 97. SIMULTANEOUS ILS "NO TRANSGRESSION AND NORMAL OPERATING ZONES." Par 996.

CHAPTER 10. RADAR PROCEDURES

1000. GENERAL. This chapter applies to approach procedures based on the use of ground and airborne radar. Four types of radar procedures are covered:

a. Precision Approach Radar. A radar display of azimuth, range, and glide slope information, which provides for precision approaches to a runway.

b. Airport Surveillance Radar. A radar installation with a display of azimuth and range, which provides a radar vectoring capability for final approach to an airport.

c. Simultaneous Radar Procedures. A radar or radars which serve parallel runways and provide for simultaneous approaches to authorized minimums.

d. Airborne Radar. A radar installation in an aircraft with a display of azimuth and range which provides a capability for an instrument approach when used with appropriate terrain, reflector, or transponder return.

1001. - 1009. RESERVED.

Section 1. Precision Approach Radar (PAR)

1010. SYSTEM COMPONENTS. A PAR system consists of a precision approach radar facility which meets the requirements for the operating agency.

1011. INOPERATIVE COMPONENTS. Failure of azimuth and range information renders the entire PAR inoperative. When the glide slope feature becomes inoperative, the PAR reverts to a non-precision approach system and non-precision minimums (Paragraph 350) apply. In this case, obstacle clearance shall be as specified in Paragraph 953 for localizer and LDA approaches. Where runway markings do not exist or are not distinguishable,

higher minimums shall be established unless otherwise determined by the approving authority.

1012. LOST COMMUNICATION PROCEDURES. The PAR procedure shall include instructions for the pilot to follow in the event of a loss of communications with the radar controller. Alternate lost communications procedures shall be established for use where multiple approaches are authorized.

1013. FEEDER ROUTES AND INITIAL APPROACH SEGMENTS. Navigational guidance for feeder routes and initial segments may be provided by Surveillance radar, other navigation facilities, or a combination thereof. When radar is used as the primary means of navigational guidance, the criteria specified in Section 4 of this chapter shall apply. When other navigational facilities are used as the primary means of navigational guidance, the criteria specified in Chapter 2, Sections 2 and 3 shall apply as appropriate.

1014. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Navigational guidance in the intermediate segment may be provided by ASR, PAR, other navigation facilities, or combination thereof. Except as stated in this paragraph, the criteria for the intermediate segment are contained in Chapter 2, Section 4. The intermediate segment begins at the point where the initial approach course intercepts an extension of the final approach course. This extension is the intermediate course. It extends along the inbound final approach course to the point of interception of the glide path. The minimum length of the intermediate segment depends on the angle at which the initial approach course intercepts the intermediate, and is specified in Table 20. The MAXIMUM angle of interception shall be 90 degrees.

1015. DESCENT GRADIENT. Even though the minimum length of the intermediate segment may be less than that specified in Chapter 2, Section 4, intermediate descent criteria specified in Paragraphs 242.d and 243.d shall be applied to at least 5 miles of

Table 20. INTERMEDIATE SEGMENT ANGLE OF INTERCEPT VS. SEGMENT LENGTH.

Maximum Angle (Degrees)	Minimum Length (Miles)
15	1
30	2
45	3
60	4
75	5
90	6

NOTE: This table may be interpolated.

flight track immediately prior to the glide slope intercept point.

1016. ALTITUDE SELECTION. Altitudes selected for the initial approach and intermediate approach segments shall be established, and provide required obstacle clearance as specified in Chapter 2. In addition, the selected altitudes shall NOT be less than the glide slope interception altitude. Where PAR and ILS serve the same runway, the glide slope interception altitude shall be the same for both, and the point of interception shall be the outer marker wherever possible.

1017. - 1019. RESERVED.

Section 2. PAR Final Approach

1020. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach segment begins at the final approach fix (FAF). The FAF in PAR procedures is the point where interception of the glide slope occurs. The point of glide slope interception shall NOT be less than 3 miles from the landing threshold. When the glide slope is inoperative, the FAF is a point on the final approach course within 5 miles of the landing threshold but not less than the distance required by descent gradient criteria. Wherever possible the FAF for procedures without a glide slope should coincide with the FAF for PAR.

a. Alignment. The final approach course shall be aligned with the runway centerline.

b. Area. The area considered for obstacle clearance in the final approach segment consists of a final approach area and transitional surfaces (See

Paragraph 1022). The final approach area has the following dimensions:

(1) **Length.** The final approach area is 50,000 feet long, measured outward along the final approach course from a point beginning 200 feet outward from the runway threshold. Where operationally required by other procedural considerations due to existing obstacles, the length may be increased as shown in Figure 98. The final approach area used shall only be that portion of the area which is between the glide slope interception point and the point 200 feet from the runway threshold.

(2) **Width.** The final approach area is centered on the extended runway centerline. The area has a total width of 1000 feet at the point 200 feet from the threshold and expands uniformly to a total width of 16,000 feet at a point 50,000 feet from the point of beginning. This width further expands uniformly where a greater length is required as in (1) above. See Figure 98. The width either side of the centerline at a given distance "D" from the point of beginning can be found by using the formula $500 + .15D = 1/2W$. For example, if D is 50,000 feet; $500 + .15 \times 50,000 = 8000$, which is 1/2 the width. Therefore, the total width is 16,000 feet at the 50,000 foot point.

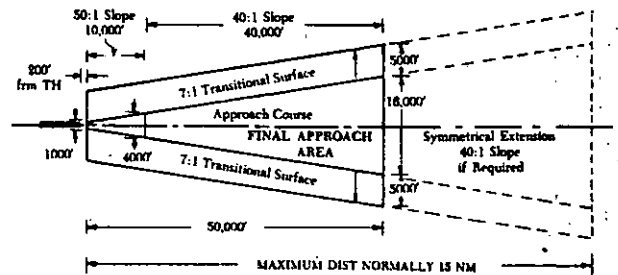


Figure 98. PAR FINAL APPROACH AREA. Par 1020.b.

NOTE: Where glide slope interception occurs at a distance greater than 50,200 feet from the threshold, the final approach area and the final approach surface may be extended symmetrically to a maximum distance dictated by the usability of the glide slope.

1021. FINAL APPROACH OBSTACLE CLEARANCE SURFACE. The final approach obstacle clearance surface is an inclined plane which originates at the runway threshold elevation 975 feet outward from the GPI, and which overlies the final approach area. The surface is divided into two sections, an inner 10,000 foot section and an outer 40,000 foot section. The slope of the surface changes at the 10,000 foot point. The exact gradient may differ according to the angle at which the glide slope is established. The 50:1 and 40:1 slopes which are applicable to the 2-1/2 degree glide slope shall be established unless other slopes must be used to assure required clearance over existing obstacles. Table 21 specifies the slopes which provide required obstacle clearance for several glide slope angles. See also Paragraph 1025.

1022. TRANSITIONAL SURFACES. Transitional surfaces for PAR are inclined planes with a slope of 7:1 which extend outward and upward from the edges of the final approach area, starting at the height of the applicable final approach surface and extending for a lateral distance of 5000 feet at right angles to the runway centerline. See Figure 98.

1023. DELETED.

1024. OBSTACLE CLEARANCE OUTSIDE THE DH POINT. No obstacle should penetrate the applicable final approach obstacle clearance surface specified in Paragraph 1020 or the transitional surfaces specified in Paragraph 1022. The required obstacle clearance is based on the difference between the glide slope angle and the appropriate final approach surface specified in Paragraph 1021. To determine the minimum required obstacle clearance

Table 21. GS ANGLE VS. FINAL APPROACH SURFACE SLOPE RATIOS.

GS Angle (Degrees)	Approximate Slope of Inner Section	Approximate Slope of Outer Section
2	96.5:1	61.5:1
2 1/4	66:1	48.5:1
2 1/2	50:1	40:1
2 3/4	40.5:1	34:1
3	34:1	29.5:1

NOTE: See graph, Appendix 2, Figure 132 for interpolation.

in feet at any distance "D" from the GPI the following formula may be used:

For "D" less than 10,975 feet, the minimum required clearance is $.02366 D + 20$ feet. See also Paragraph 1025.

For "D" 10,975 feet or over, the minimum required clearance is $.01866 D + 75$ feet.

NOTE: The clearance provided by the formula is a MINIMUM requirement. Obstacle clearance greater than 500 feet need not be applied unless required in the interest of safety due to such factors as precipitous terrain or PAR installation peculiarities. The Nomograph in Figure 99 provides a simple method of determining the minimum obstacle clearance requirements. Also included in Figure 99 is an example of a method for determining the required glide slope angle. For additional obstacle limitations see Paragraph 1025.

1025. OBSTACLE CLEARANCE INSIDE THE DH POINT. The lowest landing minimums as specified in Paragraph 350 may be approved when no obstacles penetrate the approach surface applicable to the commissioned glide slope angle, commencing 200 feet outward from the threshold and at least 975 feet from the GPI, and extending to the DH point. When penetration of this surface exists, consideration should be given to the removal of the obstacle or relocation of the landing threshold. Where the provisions of Paragraph 1027 and 1028 are applied to obtain the required obstacle clearance for the penetration of that portion of the approach surface specified above, the criteria specified in Paragraph 342.c.(2) are applicable. See Figure 131.

1026. GLIDE SLOPE. In addition to the required obstacle clearance, the following shall apply to the selection of the glide slope angle and antenna location.

a. Glide Slope Angle. The optimum glide slope angle is 2-1/2 degrees. Angles less than 2 degrees or more than 3 degrees shall not be established without the authorization of the approving authority. Where PAR serves a runway that is also served by ILS and/or VASI, the PAR, ILS, and VASI glide slope angles and RPI shall coincide. The

PAR glide slope angle shall be within 0.20 of the ILS/VASI glide slope angle and the RPI shall be within plus or minus 50 feet of the ILS/RPI and/or VASI runway reference point (RRP).

b. Glide Slope Threshold Crossing Height.

The optimum threshold crossing height is 50 feet. The MAXIMUM height is 60 feet. A height as low as 32 feet for military airports may be used at locations where special considerations of the glide path angle and antenna location are required. Where the glide slope threshold crossing height exceeds 60 feet, consideration shall be given to the relocation of the landing threshold to insure effective placement of the approach light system. See Appendix 2 for a method of computing the threshold crossing height.

1027. RELOCATION OF GLIDE SLOPE.

Where minimum obstacle clearance cannot be obtained with a 3 degree glide slope angle, and sufficient length of runway is available, the glide slope may be moved the required distance down the runway to obtain the minimum obstacle clearance in the final approach area. Where the glide slope threshold crossing height exceeds 60 feet, consideration should be given to relocating the landing threshold to insure effective placement of the approach light system. The minimum distance between the GPI and the runway threshold is 775 feet. (No minimum GPI distance need be applied to military locations provided minimum ROC and TCH standards are met.)

1028. DECISION HEIGHT (DH).

a. Minimum Decision Height. For PAR the decision height above the touchdown zone shall be no lower than 100 feet for military procedures and 200 feet for civil procedures.

b. Adjustment of Decision Height.

(1) Primary Final Approach Surface.

When minimum obstacle clearance cannot be obtained with a 3 degree glide slope angle, and the approving authority will not approve an angle in excess of 3 degrees, and the runway length does not permit a compensating adjustment, the decision height shall be increased accordingly. To establish the minimum decision height which can be authorized, extend a line horizontally outward from the top of each penetrating obstacle, parallel with the

runway centerline, to a point of interception with the established final approach obstacle clearance surface. From the controlling point, extend a line vertically to a point of interception with the glide slope. The height at the point of intersection with the glide slope is the minimum decision height, except that application of this method need not require a decision height that is more than 250 feet above the obstacle. This decision height shall not be less than 250 feet. See Figure 79.

(2) Transitional Surface. Where minimum obstacle clearances cannot be met in the transitional surfaces, and when deemed necessary, consideration will be given to an adjustment in the decision height commensurate with the degree of interference presented by the particular obstacle or obstacles. See Figure 79.

1029. RESERVED.

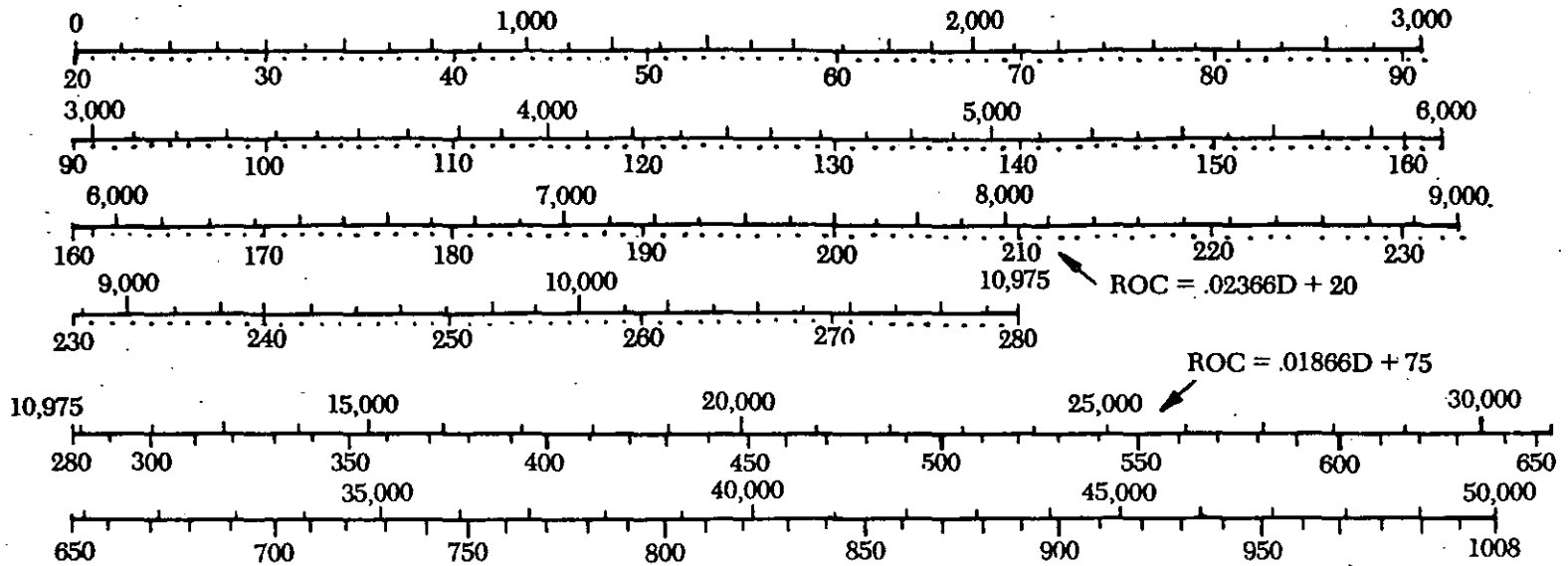
Section 3. PAR Missed Approach

1030. MISSED APPROACH SEGMENT. The missed approach segment begins at the missed approach point and ends at an appropriate point or fix where initial approach or enroute obstacle clearance is provided. Missed approach procedures shall be based on positive course guidance where possible.

1031. MISSED APPROACH POINT (MAP). The missed approach point is a point on the final approach course where the height of the glide slope is equal to the authorized decision height.

1032. STRAIGHT MISSED APPROACH. The straight missed approach area (maximum of 15 degree turn from final approach course) starts at the MAP. The length of the area is 15 miles measured along the missed approach course. The area has a width equal to that of the final approach area at the missed approach point and a width equal to that of the initial approach area at a point 15 miles from the MAP. The missed approach area is divided into 2 sections.

a. Section 1 starts at the MAP and is longitudinally centered on the runway centerline. It has the same width at the MAP as the final approach area. The total width increases to 1 mile at a point 1.5 miles from the MAP.



The lowest glide slope that will provide the required obstacle clearance (ROC) over a critical obstacle is found by the formula:

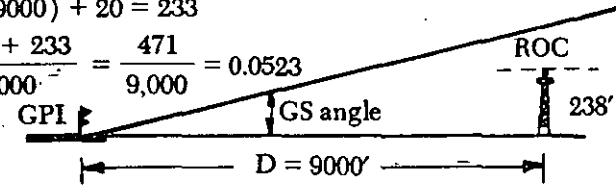
$$\text{Tan of GS angle} = \frac{\text{Obstacle height} + \text{ROC}}{\text{GPI to obstacle Distance}}$$

EXAMPLE:

Controlling obstacle is 238 feet above runway elevation and 9000 feet from the GPI. Find the minimum GS angle

From the nomograph find 233 feet opposite 9000 feet, or use the formula $(0.02366 \times 9000) + 20 = 233$

$$\text{Tan of GS angle} = \frac{238 + 233}{9000} = \frac{471}{9,000} = 0.0523$$



$$\text{Arc Tan } 0.0523 = 3.0 \text{ degrees}$$

NOTE: A method with an example of criteria application (Paragraphs 1021 through 1025) is included in Appendix 2.

Figure 99. PAR OBSTACLE CLEARANCE NOMOGRAPH. Par 1024

b. *Section 2* starts at the end of *Section 1* and is centered on a continuation of the *Section 1* course. The width increases uniformly from 1 mile at the beginning to 12 miles at a point 13.5 miles from the beginning. A secondary area for reduction of obstacle clearance is identified within *Section 2*. The secondary area is zero miles wide at the beginning and increases uniformly to 2 miles wide at the end of *Section 2*. Positive course guidance is required to reduce obstacle clearance in the secondary area. See Figure 100.

1033. TURNING MISSED APPROACH. Where turns of more than 15 degrees are required in a missed approach procedure, they shall begin at an altitude which is at least 400 feet above the elevation of the touchdown zone. Such turns are assumed to begin at the point where *Section 2* begins. The flight track and obstacle clearance radii used shall be as specified in Table 5, paragraph 275. To determine the length of *Section 1*:

- a. Add 400 feet to touchdown zone elevation.
- b. Round to next higher 100 foot increment.
- c. Subtract the decision height value from the result of steps a & b.
- d. Divide the result by 152 to obtain the required length of *Section 1* in nautical miles.
- e. Minimum length of *Section 1* shall be 1.5 NM.

The width at the end of *Section 1* is determined by symmetrically extending *Section 1* to the required

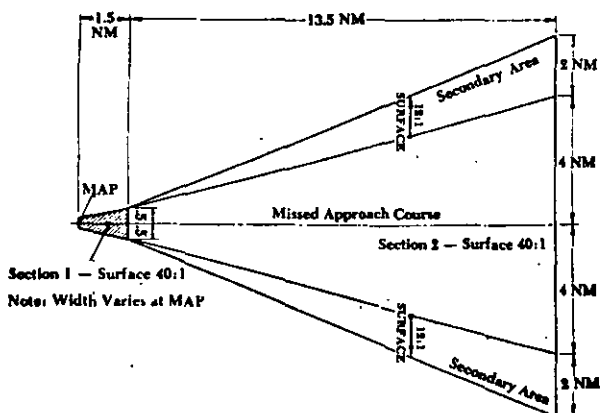


Figure 100. PAR STRAIGHT MISSED APPROACH AREA.
Par 1032.b.

Par 1032

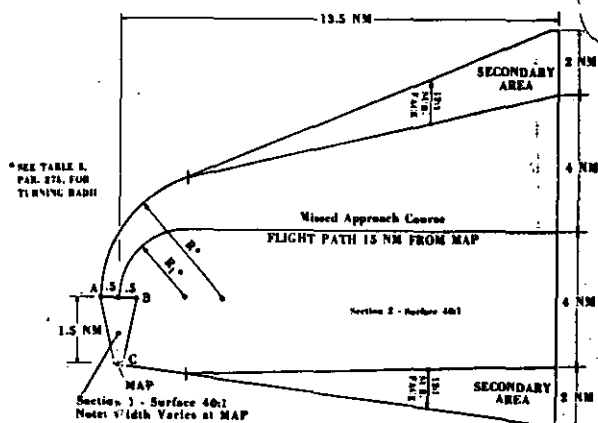


Figure 101. PAR TURNING MISSED APPROACH AREA.
Par 1033

length. The inner boundary of *Section 2* shall begin at the edge of *Section 1* opposite the MAP. The outer and inner boundary lines shall flare to the width of the initial approach area at 15 NM from the MAP measured along the flight path. Secondary areas for reduction of obstacle clearance are identified within *Section 2*. The secondary areas begin after completion of the turn. They are zero miles wide at the point of beginning and increase uniformly to 2 miles wide at the end of *Section 2*. Positive course guidance is required to reduce obstacle clearance in the secondary areas. See Figure 101.

1034. MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE.

a. *Straight Missed Approach Area.* No obstacle in *Section 1* or *Section 2* may penetrate a 40:1 surface which originates at the MAP at the height of the final approach surface, but not more than 250 feet below the DH, and which overlies the entire missed approach area.

b. *Turning Missed Approach Area.* *Section 1* obstacle clearance is the same as that for straight missed approaches. To determine the obstacle clearance requirements in *Section 2*, the dividing line between *Section 1* and *2* is identified as "A-B-C". The height of the missed approach surface over any obstacle in *Section 2* is determined by measuring the distance from the obstacle to the nearest point on line A-B-C, and computing the height according to the 40:1 ratio, starting at the height of the missed approach surface at the end of *Section 1*.

1035. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. If a straight climb to an altitude greater than 400 feet is necessary prior to commencing a missed approach turn, a combination straight and turning missed approach area must be constructed. The straight portion of this missed approach area is divided into Sections 1 and 1A. The portion in which the turn is made is Section 2.

a. Straight Portion. Sections 1 and 1A correspond respectively to Sections 1 and 2 of the normal straight missed approach area and are constructed as specified in Paragraph 1032 except that Section 1A has no secondary areas. Obstacle clearance is provided as specified in Paragraph 1034.b. The length of Section 1A is determined as shown in Figure 102 and relates to the need to climb to a specified altitude prior to commencing the turn. The line A'-B' marks the end of Section 1A. Point C' is 9000 feet from the end of Section 1A (see Figure 102).

b. Turning Portion. Section 2 is constructed as specified in Paragraph 1033 except that it begins at the end of Section 1A instead of the end of Section 1. To determine the height which must be attained before commencing the missed approach turn, first identify the controlling obstacle on the side of Section 1A to which the turn is to be made. Then measure the distance from this obstacle to the nearest edge of the Section 1A area. Using this distance as illustrated in Figure 102 determine the height of the 40:1 slope at the edge of Section 1A. This height plus 250 feet (rounded off to the next higher 20 foot increment) is the height at which the turn should be started. Obstacle clearance requirements in Section 2 are the same as those specified in Paragraph 1034.b except that Section 2 is expanded to start at Point C if no fix exists at the end of Section 1A or if no course guidance is provided in Section 2 (see Figure 102).

1036. - 1039. RESERVED.

Section 4. Airport Surveillance Radar (ASR)

1040. GENERAL. This section applies to approach procedures based on the use of ASR. ASR may be

used to provide primary navigation guidance within the operational coverage of the radar. ASR approaches may be established where the coverage and alignment tolerances specified in the U.S. Standard Flight Inspection Manual can be met and the airport is not more than 20 miles from the radar antenna.

1041. INITIAL APPROACH SEGMENT. The initial approach segment begins at the position the aircraft is in when radar contact is established, and ends at the intermediate fix. Radar guidance may be used in pre-established patterns or may be provided by diverse vectors issued by the radar controller.

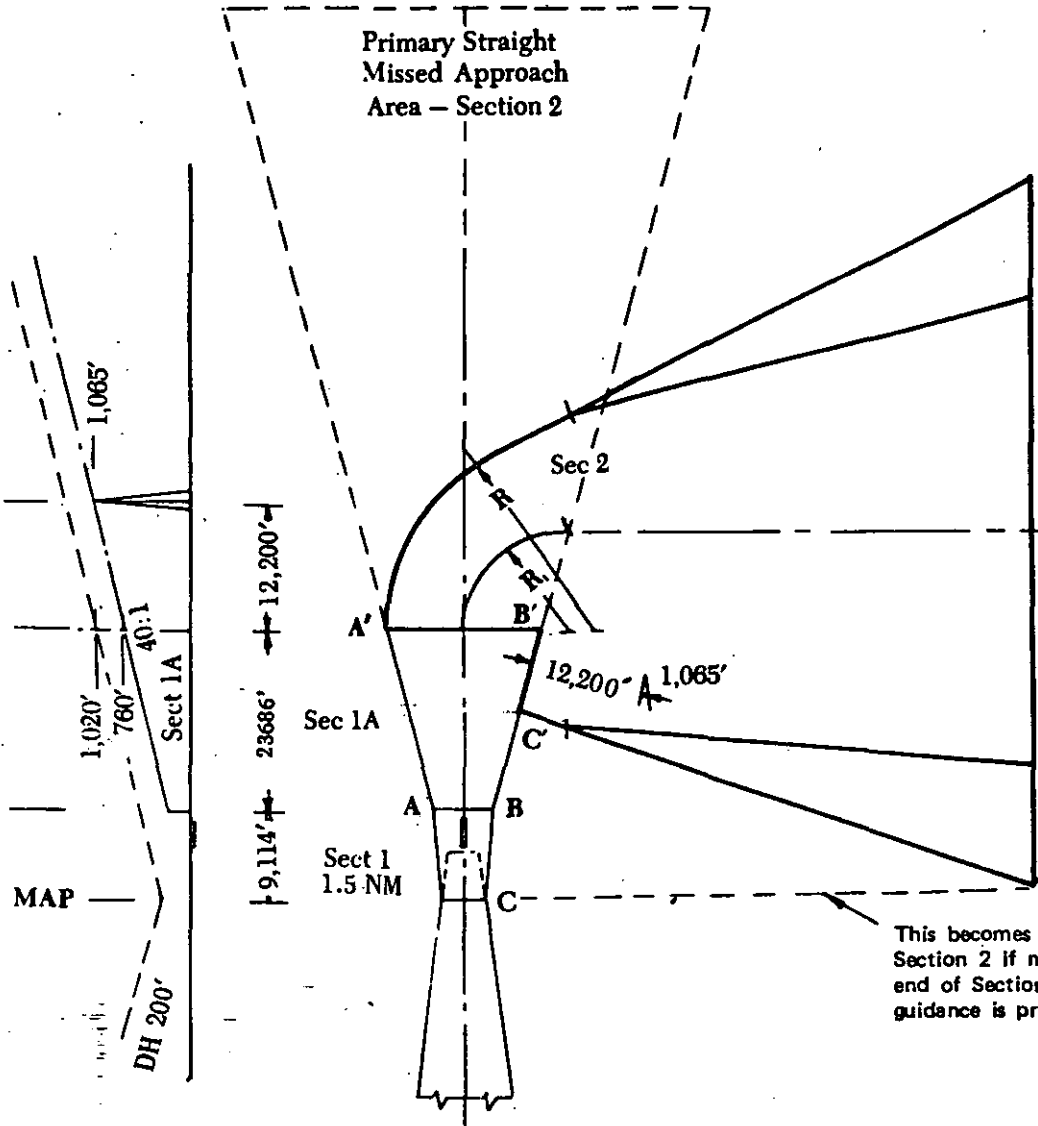
a. Radar Patterns. Radar patterns shall begin at an established fix or point which permits positive radar identification.

(1) **Alignment.** The initial approach course, or courses, shall be selected to coincide with aircraft maneuvering capability and to satisfy air traffic flow requirements. The angle at which the initial approach course joins the intermediate course shall not exceed 90 degrees.

(2) **Area.** The area considered for obstacle clearance is 3 miles (5 miles at distances greater than 40 miles from the radar antenna) either side of the designated pattern course. There is no secondary area. The area has no specific maximum or minimum length. However, the initial approach must be long enough to permit the altitude loss required by the procedure at the authorized descent gradient.

NOTE: Air Route Surveillance Radar (ARSR) may be used to provide course guidance up to and including the intermediate fix or point.

(3) **Obstacle Clearance.** A minimum of 1000 feet of clearance shall be provided over all obstacles in the initial approach area. Clearance over a prominent obstacle which is displayed as a permanent echo on the radar scope may be discontinued after the aircraft has been observed to pass the obstacle. Allowance for precipitous terrain should be made as specified in Paragraph 323. The altitudes selected by application of the obstacle clearance criteria specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 1043.



EXAMPLE:
DH is 200' MSL.

A 1065' controlling obstacle is 12200' from the near edge of Sec. 1A.

A 40:1 surface which clears the obstacle has a height of 760' MSL at the near edge of Section 1A.

$$12200' + 40' = 305'$$

$$1065' - 305' = 760'$$

To determine minimum altitude at which the missed approach aircraft may start the turn add 250' obstacle clearance and round up the sum to the next higher 20' increment.

$$760' + 250' = 1010'$$

$$\text{Rounded up} = 1020'$$

To climb 820' from DH 200' to the turning altitude (1020' MSL) at the 40:1 climb gradient requires 32800'. Sec. 1 is 9114' long; therefore, Section 1A is required to be 23686' long.

This becomes the boundary of Section 2 if no fix exists at the end of Section 1A or if no course guidance is provided in Section 2.

Figure 102. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. Par 1035.

after the aircraft has been observed to pass the obstacle. Allowance for precipitous terrain should be made as specified in Paragraph 323. The altitudes selected by application of the obstacle clearance criteria specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 1043.

(4) **Descent Gradients.** The OPTIMUM descent gradient in the initial approach is 250 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 500 feet per mile. The OPTIMUM descent gradient for high altitude penetrations is 800 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 1000 feet per mile.

b. Diverse Vectors. Navigation guidance of an aircraft by diverse vectors issued by the radar controller may commence upon positive radar identification.

(1) **Alignment.** Diverse vectors issued by the controller are selected to coincide with aircraft maneuvering capability and to satisfy air traffic flow requirements.

(2) **Area.** The area considered for obstacle clearance shall be the entire area within the operational coverage of the radar. This area may be sub-divided to gain relief from obstacles which are clear of the area in which flight is to be conducted. There is no prescribed limit on the size, shape, or orientation of these sub-divisions; however, they shall be designed to emphasize simplicity and safety in radar air traffic control applications.

(3) **Obstacle Clearance.** A minimum of 1000 feet of clearance shall be provided over all obstacles within the operational coverage of the radar or within the appropriate subdivision where subdivisions have been established. Altitudes established for use shall also provide 1000 feet of clearance over all obstacles outside of the subdivision within 3 miles of the subdivision boundary (5 miles at distances greater than 40 miles from the antenna). Clearance over a prominent obstacle which is displayed as a permanent echo on the radar scope may be discontinued after the aircraft has been observed to pass the obstacle. Allowance for precipitous terrain should be made as specified in Paragraph 323. The altitudes selected by application of the obstacle

clearance criteria specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 1043.

(4) **Descent Gradient.** The OPTIMUM descent gradient in the initial approach is 250 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 500 feet per mile. The OPTIMUM descent gradient for high altitude penetrations is 800 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the MAXIMUM permissible gradient is 1000 feet per mile.

1042. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. The intermediate segment begins at the radar fix where the initial approach course intersects an extension of the final approach course. This extension is the intermediate course, and the point of intersection is the intermediate fix. The intermediate segment extends along the intermediate course inbound to the point where final approach descent commences. This point is the final approach fix.

a. Alignment. The intermediate course is an extension of the final approach course.

b. Area. The width of the intermediate segment is 3 miles either side of the course at the intermediate fix. It tapers to the width of the final approach area at the final approach fix. There are no secondary areas. The length of the intermediate segment shall not exceed 15 miles. The minimum length of the intermediate segment depends on the angle at which the initial approach course intercepts the intermediate course, and is specified in the table below. The MAXIMUM angle of interception shall be 90 degrees.

c. Obstacle Clearance. A minimum of 500 feet of clearance shall be provided over all obstacles in

Table 22. INTERCEPTION ANGLE VS. LENGTH OF INTERMEDIATE SEGMENT.

Maximum Angle of Interception (Degrees)	Minimum Length of Segment (Miles)
15	1
30	2
45	3
60	4
75	5
90	6

NOTE: This Table may be interpolated. See Figure 75.

the intermediate area. Allowance for precipitous terrain should be made as specified in Paragraph 323. Clearance over a prominent obstacle which is displayed as a permanent echo on the radar scope may be discontinued after the aircraft has been observed to pass the obstacle. The altitudes selected by the application of the obstacle clearance criteria specified in this paragraph may be rounded to the nearest 100 feet. See Paragraph 1043.

d. Descent Gradient. Because the intermediate segment is used to prepare the aircraft speed and configuration for entry into the final approach segment, the descent gradient should be as flat as possible. The OPTIMUM descent gradient should not exceed 150 feet per mile. The MAXIMUM descent gradient is 300 feet per mile. When the length of the intermediate segment is less than specified in Paragraph 242, intermediate descent criteria shall be applied to at least 5 miles of flight track immediately prior to the FAF.

1043. ALTITUDE SELECTION. Altitudes selected for the initial and intermediate approach segments shall be established in 100 foot increments. For example, 1149 feet may become 1100 feet; and 1150 feet shall become 1200 feet.

1044. FINAL APPROACH SEGMENT. The final approach begins at the final approach fix, which is a radar fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last.

a. Alignment. The final approach course shall be aligned on the extended runway centerline for

straight-in approach and to the center of the airport for circling approach. When an operational advantage can be achieved, the final approach course for circling may be aligned to any portion of the usable landing surface.

b. Area. The area considered for obstacle clearance begins at the final approach fix and ends at the runway or missed approach point, whichever is encountered last, and is centered on the final approach course. The minimum length of the final approach area shall be 3 miles. The maximum length should not exceed 6 miles. See Figure 103. The width of the primary area (W_p) is based on a formula which provides 2 miles of width at the radar antenna, increasing to 6 miles of width at a distance (D) of 20 miles from the radar antenna. The formula is $1/2W_p = 0.1D + 1$ mile. There are no secondary areas. See Figure 104.

c. Obstacle Clearance.

(1) **Straight-In.** A minimum of 250 feet of clearance shall be provided over all obstacles in the final approach area, except that where a prominent obstacle which is displayed as a permanent echo on the radar scopes exists it need not be considered for obstacle clearance after the aircraft is observed to have passed the obstacle. Allowance for precipitous terrain as specified in Paragraph 323 should be made.

(2) **Circling.** In addition to the minimum requirements specified in Paragraph 1044.c.(1) obstacle clearance in the circling area shall be as prescribed in Chapter 2, Section 6.

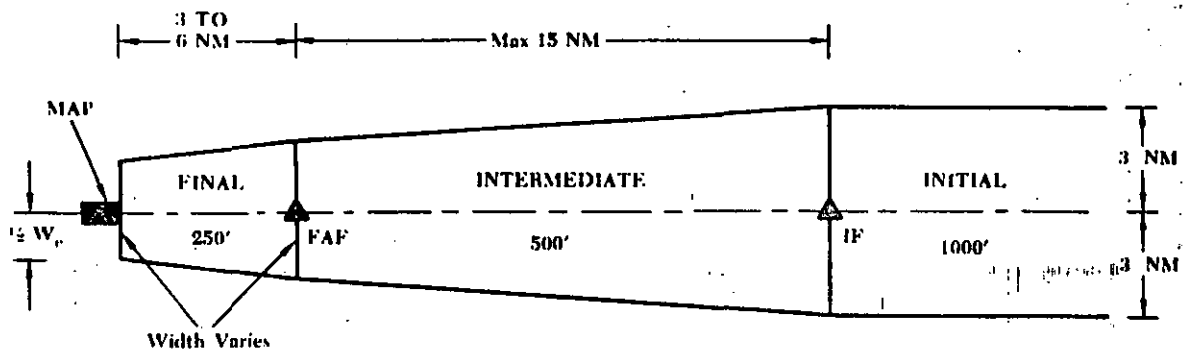
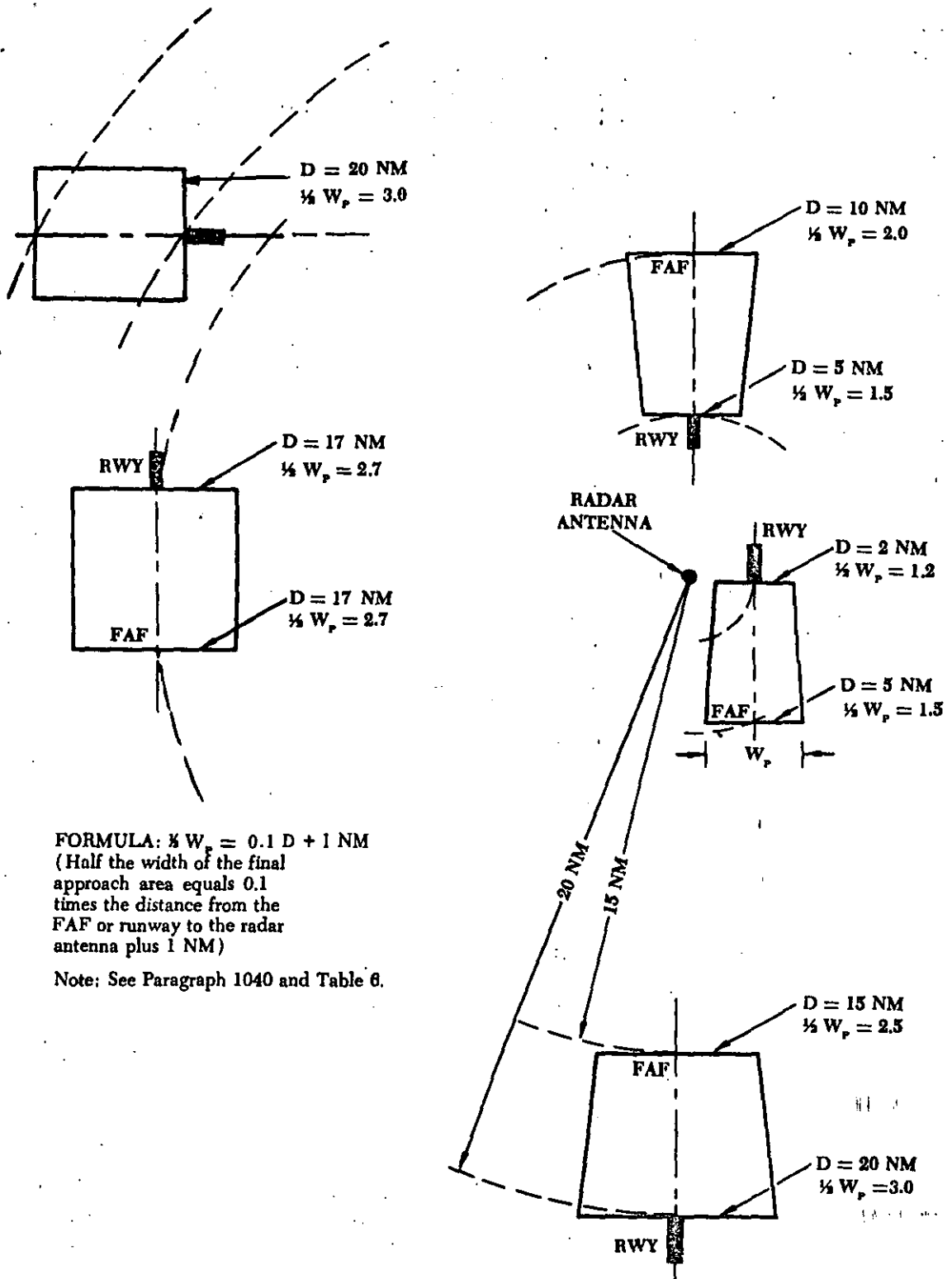


Figure 103. TYPICAL ASR APPROACH SEGMENTS. Par 1044.b.



FORMULA: $\frac{1}{2} W_p = 0.1 D + 1 \text{ NM}$
 (Half the width of the final approach area equals 0.1 times the distance from the FAF or runway to the radar antenna plus 1 NM)

Note: See Paragraph 1040 and Table 6.

Figure 104. EXAMPLES OF ASR FINAL APPROACH AREA DIMENSIONS. Par 1044.b.

1044.d. DESCENT GRADIENT. The OPTIMUM descent gradient is 300 feet per mile. The MAXIMUM descent gradient is 400 feet per mile.

(1) **Straight-In Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the runway threshold and the difference between the altitude over the FAF and TDZ elevation.

(2) **Circling Approach.** The descent gradient shall be computed using the distance from the FAF to the MAP and the difference between the altitude over the FAF and MDA.

1045. DEVIATION FROM ESTABLISHED RADAR PATTERNS. Whenever it is necessary to deviate from established radar patterns, obstacle clearance prescribed in Paragraph 1041.b. for diverse vectors shall be provided by approved radar vectoring charts.

1046. RADAR MONITOR. The use of ASR to monitor aircraft flying a published procedure based on another navigation system is encouraged to increase accuracy and expedite air traffic flow. However, no reduction in obstacle clearance may be made as a result of such monitoring. This does not preclude establishment of radar fixes in such published procedures for the purpose of permitting descent to a lower altitude.

1047. LOST COMMUNICATION PROCEDURES. The ASR procedure shall include instructions for the pilot to follow in the event of loss of communications with the radar controller. Alter-

nate lost communication procedures shall be established for use where multiple approaches are authorized.

1048. MISSED APPROACH SEGMENT. The criteria for the missed approach segment are contained in Chapter 2, Section 7. The missed approach point is on the final approach course not farther from the final approach fix than the runway threshold (first usable portion of the landing area for circling approach). The missed approach surface shall commence over the MAP at the required height. See Paragraph 274.

1049. RESERVED.

Section 5. Simultaneous PAR Procedures

1050. GENERAL. Where facilities and equipment are available to support the requirement, PAR approach procedures to parallel runways may be established. The criteria specified in Chapter 9, Section 9, for simultaneous ILS procedures shall be used as a guideline in developing such procedures.

1051.-1059. RESERVED.

Section 6. Airborne Radar Procedures

1060. GENERAL. Airborne radar procedures will be developed and published for military use at a later date.

1061.-1099. RESERVED.

CHAPTER 11. HELICOPTER PROCEDURES

Section 1. Administrative

1100. GENERAL. This chapter contains criteria for application to "Helicopter only" procedures. These criteria are based on the premise that helicopters are approach Category A aircraft with special maneuvering characteristics. The intent, therefore, is to provide relief from those portions of other TERPs chapters which are more restrictive than the criteria specified herein. However, any criteria contained elsewhere in other chapters of this document may be applied to helicopter only procedures when an operational advantage may be gained.

a. Identification of Inapplicable Criteria. Criteria contained elsewhere in this document normally apply to helicopter procedures. Where this chapter changes such criteria, the changed material is identified. Circling approach and high altitude penetration criteria do not apply to helicopter procedures.

b. Use of Existing Facilities. Helicopter-only procedures based on existing facilities may be developed using criteria contained in this chapter.

1101. TERMINOLOGY. The following terms are peculiar to helicopter procedures and are defined as follows:

a. HAL. Height above landing area elevation.

b. HAS. Height above the Surface. The height of the MDA above the highest terrain/surface within a 5200 feet radius of the MAP in Point in Space procedures.

c. Landing Area as used in helicopter operations refers to the portion of the heliport or airport runway used, or intended to be used for the landing and takeoff of helicopters.

d. Landing Area Boundary (LAB). The beginning of the landing area of the heliport or runway.

e. Point in Space Approach is an instrument approach procedure to a point in space, identified as

a Missed Approach Point, which is not associated with a specific landing area within 2600 feet of the MAP.

f. Touchdown zone as used in helicopter procedures is identical to the landing area.

1102. DELETED.

1103. TYPE OF PROCEDURE. HELICOPTER ONLY PROCEDURES are designed to meet low altitude straight-in requirements ONLY.

1104. FACILITIES FOR WHICH CRITERIA ARE NOT PROVIDED. This chapter does not include criteria for procedures predicated on L/MF Range, VHF/UHF/DF, area navigation or microwave ILS. Procedures utilizing L/MF Range or VHF/UHF/DF may be developed in accordance with the appropriate chapters of this document. Criteria for procedures utilizing airborne radar (ARA), area navigation and microwave ILS with high glide path angle or selectable glide path angle capability will be developed at a later date.

1105. PROCEDURE IDENTIFICATION. Helicopter only procedures shall bear an identification which includes the term "COPTER," the type of facility providing final approach course guidance, and a numerical identification of the final approach course, e.g., COPTER VOR 090, COPTER NDB 270, COPTER PAR 327, COPTER ASR 327, etc. If the procedure includes an arc final approach, the word "ARC" will be used, and will be followed by a sequential number, e.g., COPTER VORTAC ARC 1, COPTER VOR/DME ARC 2, COPTER TACAN ARC 3, etc.

NOTE: Where separate procedures at the same location use the same type of facility and same final approach course such procedures will be differentiated by adding an alphabetical suffix.

Section 2. General Criteria

1106. APPLICATION. These criteria are based on the unique maneuvering capability of the helicopter at airspeeds not exceeding 90 knots.

1107. POINT IN SPACE APPROACH. Where the center of the landing area is not within 2600' of the MAP, an approach procedure to a point in space may be developed using any of the facilities for which criteria are provided in this chapter. In such procedures the point in space and the missed approach point are identical and upon arrival at this point, helicopters must proceed under visual flight rules (or special VFR in control zone as applicable) to a landing area or conduct the specified missed approach procedure. The published procedure shall be noted to this effect and also should identify available landing areas in the vicinity by noting the course and distance from the MAP to each selected landing area. Point in space approach procedures will not contain alternate minima.

1108. APPROACH CATEGORIES. When helicopters use instrument flight procedures designed for fixed wing aircraft, approach Category "A" approach minima shall apply regardless of helicopter weight.

1109. PROCEDURE CONSTRUCTION. Paragraph 214 applies except for the reference to circling approach.

1110. DESCENT GRADIENT. The descent gradient criteria specified in other chapters of this document do not apply. The optimum descent gradient in all segments of helicopter approach procedures is 400 feet per mile. Where a higher descent gradient is necessary, the recommended maximum is 600 feet per mile. However, where an operational requirement exists a gradient of as much as 800 feet per mile may be authorized provided the gradient used is depicted on approach charts. See special procedure turn criteria in Paragraph 1112.

1111. INITIAL APPROACH SEGMENTS BASED ON STRAIGHT COURSES AND ARCS WITH POSITIVE COURSE GUIDANCE. Paragraph 232 is changed as follows:

a. Alignment.

(1) Courses. The two-mile lead radial specified in Paragraph 232.a.(1) is reduced to 1 mile. See Figure 3.

(2) Arcs. The minimum arc radius specified in Paragraph 232.a.(2) is reduced to 4 miles. The 2-mile lead radial may be reduced to 1 mile. See Figure 10.

1112. INITIAL APPROACH BASED ON PROCEDURE TURN. Paragraph 234 applies except for all of subparagraph d and the number 300 in subparagraph e.(1) which is changed to 600. Since helicopters operate at approach Category A speeds the 5-mile procedure turn will normally be used. However, the larger 10- and 15-mile areas may be used if considered necessary.

a. Descent Gradient. Because the actual length of the track will vary with environmental conditions and pilot technique, it is not practical to specify a descent gradient solely in feet per mile for the procedure turn. Instead the descent gradient is controlled by requiring the procedure turn completion altitude to be as close as possible to the final approach fix altitude. The difference between the procedure turn completion altitude and the altitude over the final approach fix shall not be greater than those shown in Table 23.

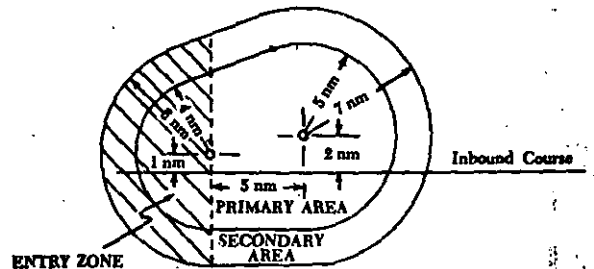


Figure 105. HELICOPTER PROCEDURE TURN AREA. Par 1112.

Table 23. PROCEDURE TURN COMPLETION ALTITUDE DIFFERENCE. Par 1112.

Type Procedure Turn	Altitude Difference
15 mile PT from FAF	Within 6000 ft of alt over FAF
10 mile PT from FAF	Within 4000 ft of alt over FAF
5 mile PT from FAF	Within 2000 ft of alt over FAF
15 mile PT, no FAF	Not Authorized
10 mile PT, no FAF	Within 4000 ft of MDA on Final
5 mile PT, no FAF	Within 2000 ft of MDA on Final

1113. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT BASED ON STRAIGHT COURSES. Paragraph 242 is changed as follows:

a. Alignment. The provisions of Paragraph 242.a. apply with the exception that the intermediate course shall not differ from the final approach course by more than 60 degrees.

b. Area.

(1) **Length.** The OPTIMUM length of the intermediate approach segment is 2 miles. The minimum length is 1 mile and the recommended maximum is 5 miles. A distance greater than 5 miles should not be used unless an operational requirement justifies the greater distance. When the angle at which the initial approach course joins the intermediate course exceeds 30 degrees (see Figure 3), the MINIMUM length of the intermediate course is as shown in Table 24.

1114. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT BASED ON AN ARC. Paragraph 243 is changed as follows: Arcs with a radius of less than 4 miles or more than 30 miles from the navigation facility shall not be used.

a. Area.

(1) **Length.** The OPTIMUM length of the intermediate approach segment is 2 miles. The minimum length is 1 mile and the recommended maximum is 5 miles. A distance greater than 5 miles should not be used unless an operational requirement justifies the greater distance. When the angle at which the initial approach course joins the intermediate course exceeds 30 degrees (see Figure 3), the

Table 24. MINIMUM INTERMEDIATE COURSE LENGTH
(Not applicable to PAR and ILS.)

Angle (degrees)	Minimum Length (miles)
30	1.0
60	2.0
90	3.0
120	4.0

NOTE: This table may be interpolated.

MINIMUM length of the intermediate course is as shown in Table 24.

1115. INTERMEDIATE SEGMENT WITHIN A PROCEDURE TURN SEGMENT. Paragraph 244.b. is changed as follows: The normal procedure turn distance is 5 miles from the fix or from the facility. This produces an intermediate segment 5 miles long. The portion of the intermediate segment considered for obstacle clearance will always have the same length as the procedure turn distance. A distance greater than 5 miles should not be used unless an operational requirement justifies the greater distance. See Figure 13, Paragraph 244.

1116. FINAL APPROACH. Paragraph 250 applies except that the word runway is understood to include landing area and the reference to circling approach does not apply. The final approach course in precision approach procedures shall be aligned as indicated in Paragraphs 1152 and 1159. For nonprecision procedures final approach course alignment shall be as follows:

a. Approaches to a Landing Area. The final approach course should be aligned so as to pass through the landing area. Where an operational advantage can be achieved, a final approach course which does not pass through the landing area may be established, provided such a course lies within 2600 feet of the center of the landing area at the MAP.

b. Point in Space Approaches. The final approach course should be aligned to provide for the most effective operational use of the procedure consistent with safety.

1117. MISSED APPROACH POINT. Paragraph 272 is changed to state that the specified distance may not be more than the distance from the final approach fix to a point not more than 2600 feet from the center of the landing area. The MAP may be located more than 2600 feet from the landing area, provided the minimum visibility agrees with the increased distance; e.g., MAP 3800' from landing area, basic visibility is 3/4 mile. See Figure 108. For point in space approaches the MAP is on the final approach course at the end of the final approach area.

1118. STRAIGHT MISSED APPROACH AREA. Paragraph 273 applies with the exception

that the length of the primary and secondary missed approach area is reduced from 15 miles to 7.5 miles and will have the width of the appropriate airway at termination.

1119. STRAIGHT MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. Paragraph 274 applies except that "TDZ or airport elevation" is changed to "landing area elevation"; the slope of the missed approach surface is changed from 40:1 to 20:1; and the secondary area slope is changed from 12:1 to 4:1.

1120. TURNING MISSED APPROACH AREA. The provisions of Paragraph 275 apply with the exception that when applying missed approach criteria shown in Figures 19 through 24, and Table 5, change all flight path lengths to 7.5 miles, missed approach surface slope to 20:1, secondary slopes to 4:1, obstacle clearance radius (R) to 1.3 miles and flight path radius (R₁) to 4000 feet (.66 miles). The area width will expand uniformly to the appropriate airway width.

1121. TURNING MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. All missed approach areas described in Paragraph 276 and depicted in Figures 25 and 26 will be adjusted for helicopter operation using the values shown in Paragraph 1120. The area width will expand uniformly to the appropriate airway width.

1122. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH. Paragraph 277 applies except that the values shown in Paragraph 1120 shall be used and point B is relocated to a position abeam the MAP. The area width will expand uniformly to the appropriate airway width. See Figure 106.

1123. HOLDING ALIGNMENT. The provisions of Paragraph 291 apply with the exception that when the final approach fix is a facility, the inbound holding course shall not differ from the final approach course by more than 90 degrees.

1124. HOLDING AREA. Paragraph 292 applies except that the minimum size pattern is No. 1.

Section 3. Takeoff and Landing Minimums

1125. APPLICATION. The minimums specified in this section apply to Helicopter Only procedures.

1126. ALTITUDES. Chapter 3, Section 2, is changed as follows:

a. In Paragraph 320 "runway environment" is understood also to mean "landing area environment."

b. In Paragraph 321 reference to 40:1 is changed to 20:1.

c. Paragraph 322 does not apply.

d. Paragraphs 324, 938 and 1028 apply except that a DH of 100 feet may be approved without approach lights; the tables in Paragraph 350 do not apply, and Table 29 in Paragraph 1167 governs the establishment of the DH.

1127. VISIBILITY. Chapter 3, Section 3, is changed as follows:

a. Paragraphs 330 and 331 do not apply.

b. *Straight-In Minimums.*

(1) *Nonprecision Approaches* (landing area within 2600 feet of MAP). The minimum visibility required prior to applying credit for lights may not be less than the visibility associated with the HAL as specified in Table 25.

(2) *Precision Approaches.* The minimum visibility authorized prior to applying credit for lights is 1/2 mile (2400 RVR).

c. *Point in Space Approaches.* The minimum visibility prior to applying credit for lights is 3/4 mile. If the HAS exceeds 800', the minimum no-lights visibility shall be 1 mile. No credit for lights will be authorized unless an approved visual lights guidance system is provided. See also Paragraph 344. Alternate minimums are not authorized. Table 25 does not apply.

EXAMPLE

MDA is 360' MSL based on obstacles in the approach area. A 1098' MSL controlling obstacle is 1 mile (6076') from the near edge of Section 1.

A 20:1 surface which clears the obstacle has a height of 794' MSL at the near edge of Section 1.

6076 Divided by 20 Equals 304 1098 Minus 304 Equals 794

To determine minimum altitude at which the missed approach aircraft may start the turn add 250' obstacle clearance and round up the sum to the next higher 20' increment.

794' Plus 250' Equals 1044' rounded up Equals 1060' MSL

To climb 700' from MDA 360' MSL to the turning altitude (1060' MSL) at the 20:1 climb gradient requires 14,000'. This is the minimum length of Section 1.

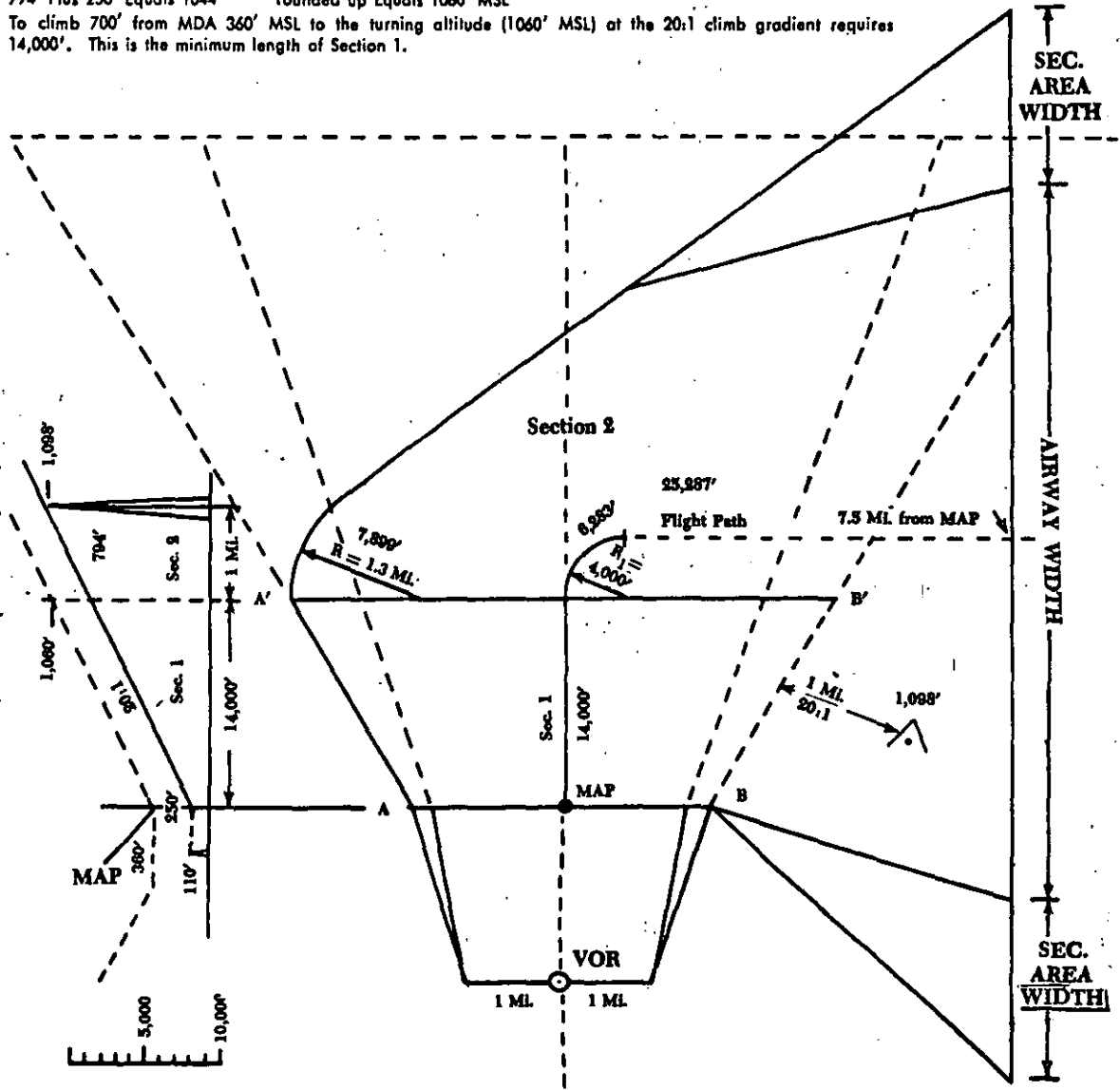


Figure 106. COMBINATION MISSED APPROACH AREA. Paragraph 1122.

1128. VISIBILITY CREDIT. Where visibility credit for lighting facilities is allowed for fixed wing operations, the same type credit should be considered for helicopter operations. The approving authority will grant credit on an individual case basis

until such time as a standard for helicopter approach light systems is established. The concepts stated in Paragraph 342 apply except that heliport markings may be substituted for the runway marking requirements specified therein. The minimum visibility

Table 25. EFFECT OF HAL HEIGHT ON VISIBILITY MINIMUMS. Par. 1127a.

HAL	250-600 ft.	601-800 ft.	More than 800 ft.
Visibility Minimum (Mi)	1/2	3/4	1

authorized prior to applying credit for lights may be reduced by 1/4 mile for both precision and nonprecision procedures where approved approach light systems are operative. In addition, in precision approach procedures where RVR is approved and minimums have been reduced to 1/4 mile, 1200 RVR may also be authorized.

1129. TAKEOFF MINIMUMS. Paragraph 370 does not apply. Helicopter takeoff minimums will be in accordance with the appropriate Federal Aviation Regulations and Military Regulations.

Section 4. On-Heliport VOR (No FAF)

1130. GENERAL. Paragraph 400 does not apply. These criteria apply to procedures based on a VOR facility located within 2600 feet of the center of the landing area in which no final approach fix is established. These procedures must incorporate a procedure turn.

1131. INITIAL AND INTERMEDIATE SEGMENTS. These criteria are contained in Section 2 of this chapter.

1132. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 413 does not apply except as noted below. The final approach begins where the procedure turn intersects the final approach course inbound.

a. Alignment. Paragraph 1116.a. applies.

b. Area. The primary area is longitudinally centered on the final approach course. The MINIMUM length is 5 miles. This may be extended if an operational requirement exists. The primary area is 2 miles wide at the facility, and expands uniformly to 4 miles wide at 5 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility and expands uniformly to .67 miles on each side of the primary area at 5 miles from the facility. See Figure 107.

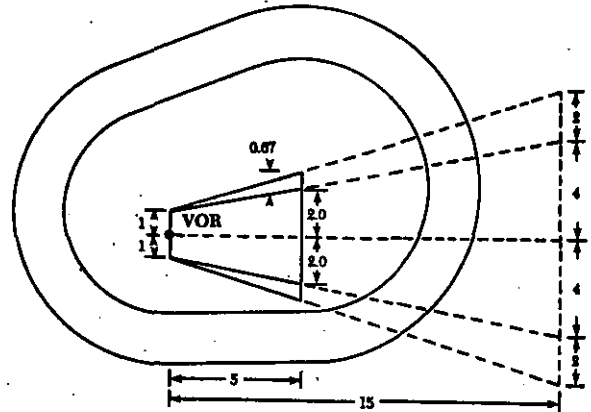


Figure 107. FINAL APPROACH PRIMARY AND SECONDARY AREA. On-Heliport VOR, No FAF. Par. 1132.b. See also Figure 105.

c. Obstacle Clearance. Paragraph 413.c.(1) applies.

d. Procedure Turn Altitude. The procedure turn completion altitude shall be in accordance with Table 23.

e. Use of Stepdown Fix. Paragraph 413.e. applies except that 4 miles is changed to 2.5 miles.

f. Minimum Descent Altitude. Criteria for determining MDA are contained in Section 3 of this chapter and Chapter 3.

Section 5. TACAN, VOR/DME, and VOR With FAF

1133. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 513 does not apply except as noted below.

a. Alignment. Paragraphs 1116.a. and b. apply.

b. Area. Paragraph 513.b. applies except that portion which refers to the minimum length of the final approach segment. The minimum length of the final approach segment is shown in Table 26.

Table 26. MINIMUM LENGTH OF FINAL APPROACH SEGMENT (MILES)

Magnitude of Turn Over the Facility		
30°	60°	90°
1.0	2.0	3.0

NOTE: This table may be interpolated.

c. *Obstacle Clearance.* Paragraph 513.c.(1) applies.

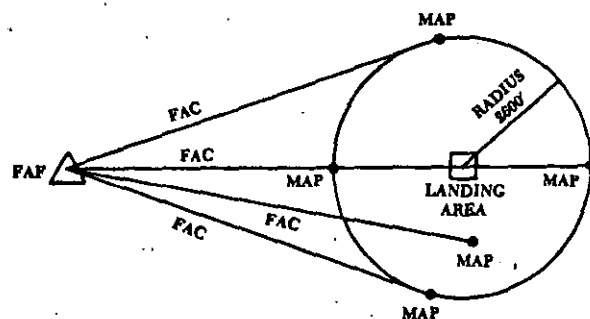
1134. RESERVED

1135. MISSED APPROACH POINT. The identification of the MAP in Paragraph 514 is changed as follows: The missed approach point is a point on the final approach course which is not farther than 2600 feet from the center of the landing area. See Figure 108. For point in space approaches the MAP is on the final approach course at the end of the final approach area.

1136. ARC FINAL APPROACH SEGMENT RADIUS. Paragraph 523.b. does not apply. The final approach arc shall be a continuation of the intermediate arc. It shall be specified in nautical miles and tenths thereof. The minimum arc radius on final approach is 4 miles.

1137. ARC FINAL APPROACH SEGMENT ALIGNMENT. Paragraph 523.b.(1) does not apply. The final approach arc should be aligned so as to pass through the landing area. Where an operational advantage can be achieved, a final approach course which does not pass through the landing area may be established provided the arc lies within 2600 ft. of the landing area at the MAP.

1138. RESERVED.



MISSED APPROACH POINT OPTIONS

Figure 108. MISSED APPROACH POINTS. Off-Heliport VOR with FAF. Par. 1135.

Section 6. ON-HELIPORT NDB, No FAF

1139. GENERAL. Paragraph 600 does not apply. These criteria apply to procedures based on an NDB facility located within 2600 feet of the center of the

landing area in which no final approach fix is established. These procedures must incorporate a procedure turn.

1140. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 613 does not apply except as noted below. The final approach begins where the procedure turn intersects the final approach course, inbound.

a. *Alignment.* Paragraph 1116.a. applies.

b. *Area.* The primary area is longitudinally centered on the final approach course. The MINIMUM length is 5 miles. This may be extended if an operational requirement exists. The primary area is 2.5 miles wide at the facility, and expands uniformly to 4.25 miles wide at 5 miles from the facility. A secondary area is on each side of the primary area. It is zero miles wide at the facility, and expands uniformly to .67 miles wide on each side of the primary area at 5 miles from the facility. Figure 109 illustrates the primary and secondary areas.

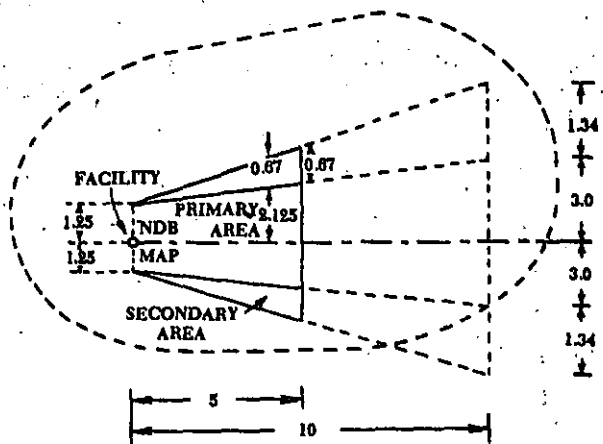


Figure 109. FINAL APPROACH PRIMARY AND SECONDARY AREAS. On-Heliport NDB. No FAF. Paragraph 1140.

c. *Obstacle Clearance.* Paragraph 613.c.(1) applies.

d. *Procedure Turn Altitude (Descent Gradient).* The procedure turn completion altitude shall be in accordance with Table 23.

e. *Use of Stepdown Fix.* Paragraph 613.e. applies except that 4 miles is changed to 2.5 miles.

f. *Minimum Descent Altitude.* Criteria for determining the MDA are contained in Section 3 of this chapter and Chapter 3.

Section 7. NDB Procedures with FAF

1141. GENERAL. These criteria apply to procedures based on an NDB facility which incorporates a final approach fix.

1142. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 713 does not apply except as noted below:

a. Alignment. Paragraphs 1116.a. and b. apply.

b. Area. Paragraph 713.b. applies except that portion which refers to the minimum length of the final approach segment. The minimum length is specified in Table 26.

c. Obstacle Clearance. Paragraph 713.c.(1) applies.

1143. MISSED APPROACH POINT. The identification of the MAP in Paragraph 714 is changed as follows: The missed approach point is a point on the final approach course which is not farther than 2600 feet from the center of the landing area. See Figure 108. For point in space approaches, the MAP is on the final approach course at the end of the final approach area.

Section 8. RESERVED.

1144. - 1149. RESERVED.

Section 9. ILS Procedures

1150. GENERAL. Chapter 9 is changed as noted in this section. These criteria apply to the present design of instrument landing systems (on airport) only.

1151. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Paragraph 922 applies with the exception that Table 27 specifies the minimum length of the intermediate segment based on the angle of intersection of the initial approach course with the localizer course.

1152. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 930 applies except that glide slope intercep-

tion need not occur prior to the FAF normally used for fixed wing operations.

a. The optimum length of the final approach course is 3.0 miles. The minimum length is 2.0 miles. A distance in excess of 4.0 miles should not be used unless a special operational requirement exists.

b. Final Approach Termination. The final approach shall terminate at a landing point (runway) or at a hover point between the Decision Height and the GPI. Where required, visual hover/taxi routes will be provided to the terminal area.

1153. MISSED APPROACH AREA. Normally existing missed approach criteria will be utilized for helicopter operations. However, if an operational advantage can be gained, the areas described in Paragraphs 1168 through 1171 may be substituted.

1154. MICROWAVE ILS. Additional criteria will be developed to exploit the capabilities of the microwave ILS which is now under development. It is expected that this new equipment will provide glide slope angles in the range from 3 to 12 degrees and the flexibility to satisfy special aircraft and ground siting requirements.

1155. LOCALIZER AND LDA. Section 5 of Chapter 9 is changed as noted in this paragraph.

a. Alignment. Paragraph 952 applies except that LDA alignment shall be as specified in paragraphs 1116.a. and b.

b. Area. Paragraph 953 applies except that portion which refers to the minimum length of the final approach segment. The minimum length of the final approach segment is shown in Table 26.

c. Missed Approach Point. The identification of the MAP in Paragraph 957 is changed as follows: The missed approach point is a point on the final approach course which is not farther than 2600 feet from the landing area. See Figure 108. For point-in-space approaches, the MAP is on the final approach course at the end of the final approach area.

Section 10. Precision Approach Radar (PAR)

1156. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Paragraph 1014 applies with the exception that Table 27 specifies the minimum length of the intermediate segment based on the angle of intersection of the initial approach course with the intermediate course.

Table 27. INTERMEDIATE SEGMENT ANGLE OF INTERCEPT VS. SEGMENT LENGTH. Paragraph 1156.

Angle (Degrees)	Minimum Length (Miles)
30	1
60	2
90	3

NOTE: This table may be interpolated.

1157. RESERVED.

1158. FINAL APPROACH SEGMENT. The provisions of Paragraph 1020.b.(1) and (2) do not apply. The minimum distance from the glide slope intercept point to the GPI is 2 miles.

1159. FINAL APPROACH ALIGNMENT. Paragraph 1020.a. applies with the exception that a final approach course shall be aligned to a landing area. Where required, visual hover/taxi routes shall be established leading to terminal areas.

1160. FINAL APPROACH AREA.

a. Length. The final approach area is 25,000 feet long, measured outward along the final approach course from the GPI. Where operationally required for other procedural considerations or for existing obstacles, the length may be increased or decreased symmetrically, except when glide slope usability would be impaired or restricted. See Figure 110.

b. Width. The final approach area is centered on the final approach course. The area has a total width of 500 feet at the GPI and expands uniformly to a total width of 8000 ft. at a point 25,000 ft.

outward from the GPI. The widths are further uniformly expanded or reduced where a different length is required as in Paragraph 1160.a. above. See Figure 110. The width either side of the centerline at a given distance "D" from the point of beginning can be found by using the formula $250 + .15D = 1/2 \text{ width}$.

1161. RESERVED.

1162. FINAL APPROACH OBSTACLE CLEARANCE SURFACE. Paragraph 1021 does not apply. The final approach obstacle clearance surface is divided into two sections.

a. Section 1. This section originates at the GPI and extends for a distance of 775 feet in the direction of the FAF. It is a level plane, the elevation of which is equal to the elevation of the GPI.

b. Section 2. This section originates 775 feet outward from the GPI. It connects with Section 1 at the elevation of the GPI. The gradient of this section varies with the glide path angle used.

(1) To identify the glide slope angle and associated final approach surface gradient to clear obstacles in Section 2:

(a) Determine the distance "D" from the GPI to the controlling obstacle and the height of the controlling obstacle above the GPI.

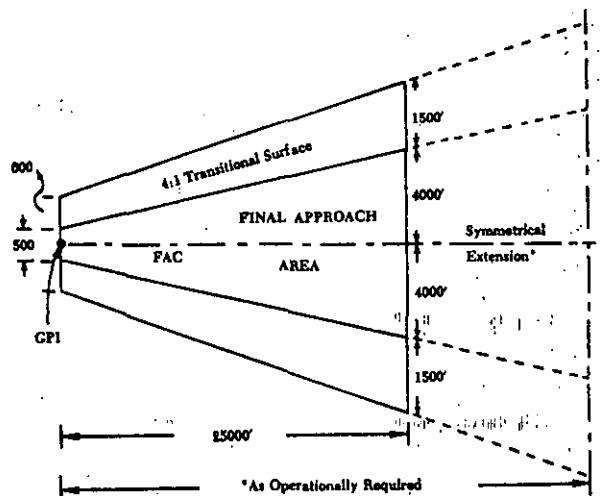


Figure 110. PAR FINAL APPROACH AREA. Par 1159 and 1160

Table 28. FINAL APPROACH GLIDE SLOPE – SURFACE SLOPE ANGLES.
Par. 1162.b.

Glide Slope Angle (Degrees)	Less Than 3	3	4	5	6	7	8	12
Section 2 obstacle clearance surface gradient (degrees)	*	1.65	2.51	3.37	4.23	5.09	5.95	9.39

NOTE: This table may be interpolated.
* See Par 1165.a.

(b) Enter these values in the formula:

$$\text{TAN. ANGLE} = \frac{\text{Obstacle height}}{\text{D-775}}$$

(c) Convert the tangent angle. This is the angle of the Section 2 approach surface gradient measured at the height of the GPI.

(d) The minimum glide slope angle required is found in Table 28.

1163. TRANSITIONAL SURFACES. Paragraph 1022 does not apply. Transitional surfaces for PAR are inclined planes with a slope of 4:1 which extend outward and upward from the edges of the final approach surfaces. They start at the height of the applicable final approach surface, and are perpendicular to the final approach course. They extend laterally 600 feet at the GPI and expand uniformly to a width of 1500 feet at 25,000 feet from the GPI.

1164. OBSTACLE CLEARANCE. Paragraph 1024 does not apply. No obstacle should penetrate the applicable final approach surfaces specified in Paragraph 1162 or the transitional surfaces specified in Paragraph 1163. Obstacle clearance requirements greater than 500 feet need not be applied unless required in the interest of safety due to precipitous terrain or radar system peculiarities.

NOTE: The terrain in Section 1 may rise at a gradient of 75:1 without adverse effect on minimums provided the surface is free of obstacles.

1165. GLIDE SLOPE. Required obstacle clearance is specified in Paragraph 1164. In addition, consideration shall be given to the following in the selection of the glide slope angle:

a. If angles less than 3 degrees are established, the obstacle clearance requirements shall be arrived at in accordance with Paragraphs 1024 and 1025.

b. Angles greater than 6 degrees shall not be established without authorization of the approving authority. The angle selected should be no greater than that required to provide obstacle clearance.

c. Angles selected should be increased to the next higher tenth of a degree, e.g., 4.71 degrees becomes 4.8; 4.69 degrees becomes 4.7.

1166. RELOCATION OF THE GLIDE SLOPE. Paragraph 1027 does not apply. The GPI shall normally be located at the arrival edge of the landing area. If obstacle clearance requirements cannot be satisfied, or if other operational advantages will result, the GPI may be moved into the landing area provided sufficient landing area is available forward of the displaced or relocated GPI.

1167. ADJUSTMENT OF DH. An adjustment is required whenever the angle to be used exceeds 3.8 degrees. See Table 29. This adjustment is necessary to provide ample deceleration distance between the DH point and the landing area.

1168. MISSED APPROACH OBSTACLE CLEARANCE. No obstacle may penetrate a 20:1 missed approach surface which overlies the missed

Table 29. MINIMUM DH – GS ANGLE RELATIONSHIP.
Par. 1167.

GS Angle (degrees)	up to 3.80	3.81 to 5.70	Over 5.70
Minimum DH (feet)	100	150	200

approach areas illustrated in Figures 113, 114 and 115. The missed approach surface originates at the GPI. However, to gain relief from *existing* obstacles in the missed approach area the point at which the surface originates may be relocated as far backward from the GPI as a point on the final approach course which is directly below the MAP. In such cases the surface originates at a height below the DH as specified in Table 30. See Figure 112.

NOTE: When penetration of the 20:1 surface originating at the GPI occurs, an upward adjustment to the DH equal to the maximum penetration of the surface should be considered.

1169. STRAIGHT MISSED APPROACH AREA. The straight missed approach (maximum of 15 degree turn from final approach course) area starts at the MAP and extends to 7.5 miles.

a. Primary Area. This area is divided into three sections.

(1) Section 1A is a continuation of the final approach area. It starts at the MAP and ends at the GPI. It has the same width as the final approach area at the MAP.

(2) Section 1B is centered on the missed approach course. It begins at the GPI and extends to a point 1 mile from the MAP outward along the missed

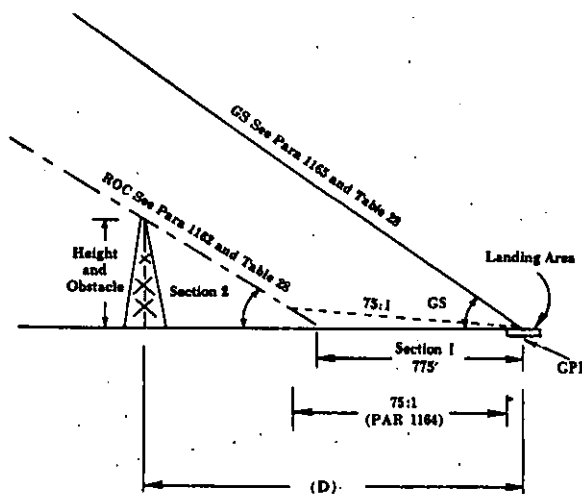
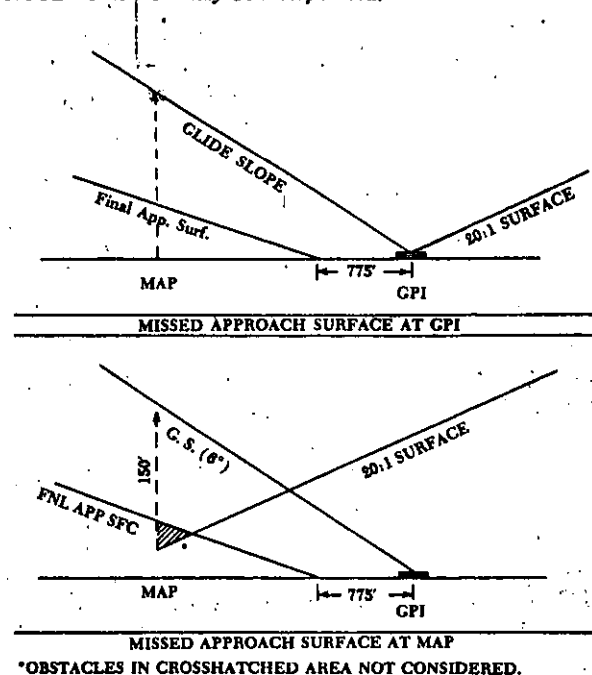


Figure 111. FINAL APPROACH AREA SURFACE AND OBSTACLE CLEARANCE. Paragraphs 1162 and 1164.

Table 30. BEGINNING POINT OF MISSED APPROACH SURFACE. Par. 1168.

GS Angle (Degrees)	3	6	9
Dist. below DH point (feet)	100	150	200

NOTE: This table may be interpolated.



*OBSTACLES IN CROSSHATCHED AREA NOT CONSIDERED.

Figure 112. MISSED APPROACH SURFACE OPTIONS (Par 1168)

approach course. It has a beginning width the same as the final approach area at the MAP and expands uniformly to 4000 feet at 1 mile from the MAP.

(3) Section 2 is centered on the continuation of the Section 1B course. It begins 1 mile from the MAP and ends 7.5 miles from the MAP. It has a beginning width of 4000 feet, expanding uniformly to a width equal to that of an initial approach area at 7.5 miles from the MAP.

b. Secondary Area. The secondary area begins at the MAP, where it has the same width as the final approach secondary area. In Section 1A the width remains constant from the MAP to the GPI, after which it increases uniformly to the appropriate airway width at 7.5 miles from the MAP. See Figure 113.

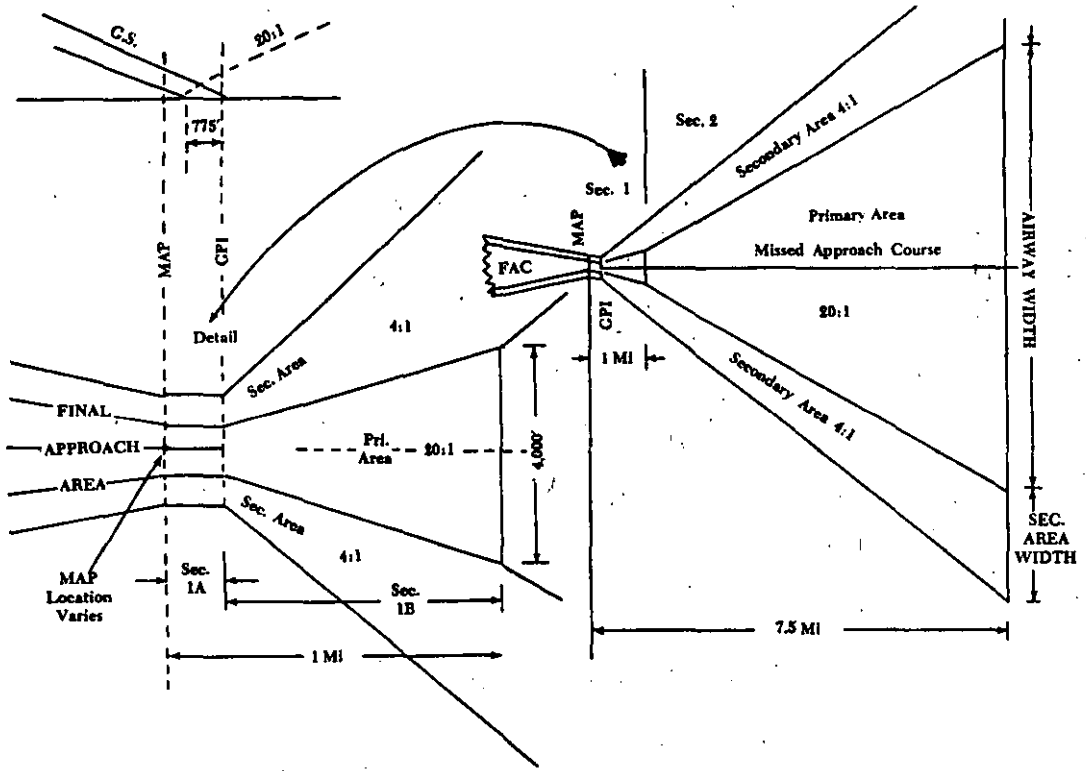


Figure 113. STRAIGHT MISSED APPROACH.

1170. TURNING MISSED APPROACH AREA. Where turns of more than 15 degrees are required in a missed approach procedure, they shall commence at an altitude which is at least 400 feet above the elevation of the landing area. Such turns are assumed to commence at the point where Section 2 begins. The turning flight track radius shall be 4000 feet (.66 miles).

a. Primary Area. The outer boundary of the Section 2 primary area shall be drawn with a 1.3 mile radius. The inner boundary shall commence at the beginning of Section 1B. The outer and inner boundary shall flare to the width of an initial approach area 7.5 miles from the MAP.

b. Secondary Area. Secondary areas for reduction of obstacle clearance are identified with Section 2. The secondary areas begin after comple-

tion of the turn. They are zero miles wide at the point of beginning and increase uniformly to the appropriate airway width at the end of Section 2. Positive course guidance is required to reduce obstacle clearance in the secondary area. See Figure 114.

1171. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH AREA. If a straight climb to an altitude greater than 400 feet is necessary prior to commencing a missed approach turn, a combination straight and turning missed approach area must be constructed. The straight portion of this missed approach area is divided into Sections 1 and 2A. The portion in which the turn is made is Section 2B.

a. Straight Portion. Sections 1 and 2A correspond respectively to Sections 1 and 2 of the normal straight missed approach area and are constructed

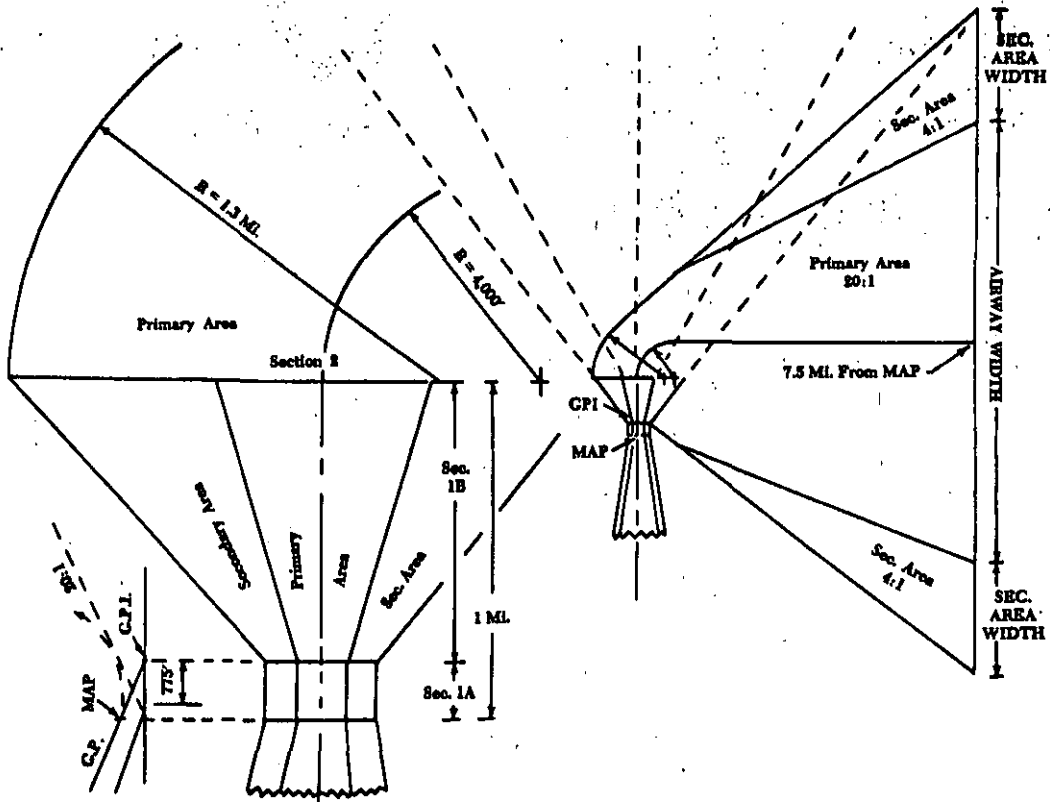


Figure 114. TURNING MISSED APPROACH AREA.
Par 1170.

as specified in Paragraph 1169 except that Section 2A has no secondary areas. Obstacle clearance is provided as specified in Paragraph 1119. The length of Section 2A is determined as shown in Figure 115, and relates to the need to climb to a specified altitude prior to commencing the turn. The line A'-B' marks the end of Section 2A. Point C' is 5300 feet from the end of Section 2A.

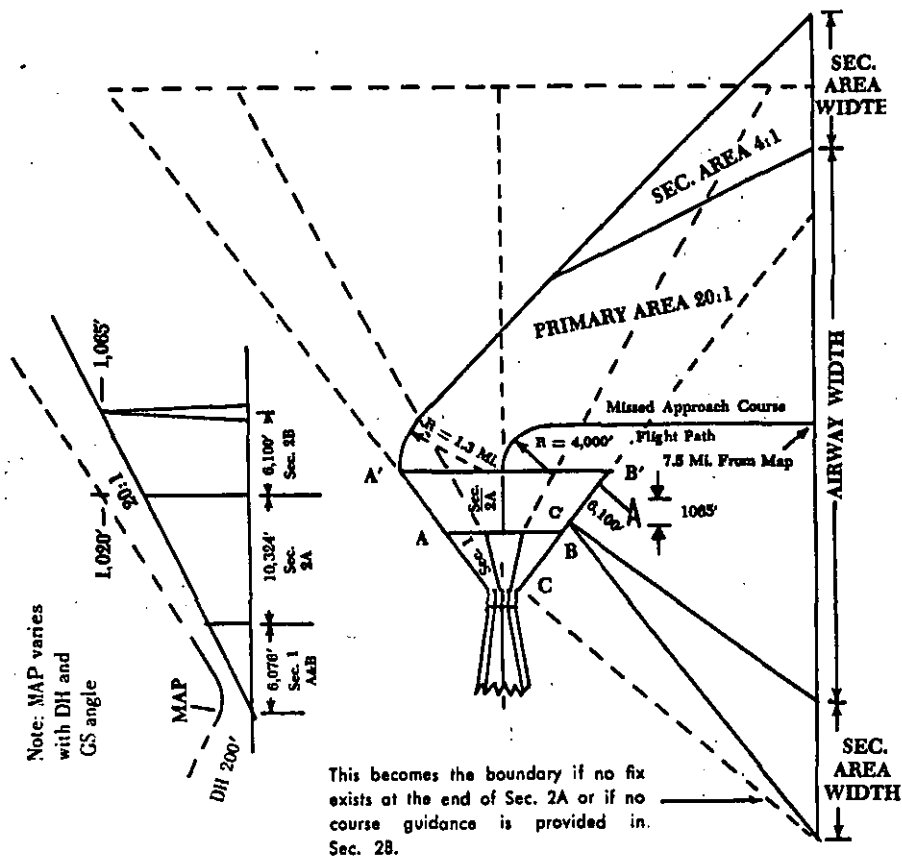
b. Turning Portion. Section 2B is constructed as specified in Paragraph 1169 except that it begins at the end of Section 2A instead of the end of Section 1. To determine the height which must be attained before commencing the missed approach turn, first identify the controlling obstacle on the side of Section 2A to which the turn is to be made. Then measure the distance from this obstacle to the nearest edge of the Section 2A area. Using this distance as illustrated in Figure 115, determine the height of

the 20:1 slope at the edge of Section 2A. This height plus 250 feet (rounded off to the next higher 20 foot increment) is the height at which the turn should be started. Obstacle clearance requirements in Section 2B are the same as those specified in Paragraph 1121 except that Section 2B is expanded to start at Point C if no fix exists at the end of Section 2A or if no course guidance is provided in Section 2 (see Figure 115).

NOTE: The missed approach areas expand uniformly to the appropriate airway width.

Section 11. Airport Surveillance Radar (ASR)

1172. INITIAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 1041.a.(1) applies except that 90 degrees is changed to 120 degrees.



EXAMPLE:
DH is 200' MSL.
A 1065' controlling obstacle is 6100' from the near edge of Sec. 2A.
A 20:1 surface which clears the obstacle has a height of 760' MSL at the near edge of Section 2A.
 $6100' + 20' = 305'$
 $1065 - 305 = 760'$
To determine minimum altitude at which the missed approach aircraft may start the turn add 250' obstacle clearance and round up the sum to the next higher 20' increment.
 $760' + 250' = 1010'$
Rounded up = 1020'
To climb 820' from DH 200' to the turning altitude (1020' MSL) at the 20:1 climb gradient requires 16,400'. Sec. 1 is 6076' long; therefore Section 2A is required to be 10,324' long.

Figure 115. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING MISSED APPROACH. Paragraph 1171.

1173. INTERMEDIATE APPROACH SEGMENT. Paragraph 1042.b. applies with the exception that the maximum angle of intercept is changed to 120 degrees and Table 24 is used to determine the required minimum length of the intermediate segment.

1174. FINAL APPROACH SEGMENT. Paragraph 1044 applies except for subparagraphs a., c.(2) and d.

a. Alignment. Paragraphs 1116.a. and b. apply.

1175. MISSED APPROACH POINT. The identification of the MAP in Paragraph 1048 is changed as follows. The missed approach point is a point on the final approach course which is not farther than 2600 feet from the center of the landing area. See Figure 108. For point in space approaches the MAP is on the final approach course at the end of the final approach area.

1176.-1199. RESERVED.

CHAPTER 12. DEPARTURE PROCEDURES

1200. GENERAL. These criteria specify the obstacle clearance requirements to be applied to diverse departures, departure routes, and standard instrument departures (SIDs). Obstacle identification surfaces (OIS) of 40:1 are used. A climb gradient of 200 feet per NM will provide at least 48 feet per NM of clearance above objects which do not penetrate the OIS. Objects which penetrate the OIS are obstacles and shall be considered in the departure procedure by specifying a flight path which will safely avoid the obstacle(s) or by specifying a climb gradient greater than 200 feet per NM that will provide 48 feet of required obstacle clearance (ROC) for each NM of the flight path. Takeoff ceiling and visibility minimums shall be established for those departures specifying a climb gradient.

1201. APPLICATION. Diverse departure criteria (paragraph 1202) shall be applied to all runways authorized by the approving authority for instrument departures. Application of diverse departure criteria may result in the need to develop specific departure routes to avoid obstacles (paragraph 1203).

1202. DIVERSE DEPARTURES. At many airports, a prescribed departure route is not required for ATC purposes nor as the only suitable route to avoid obstacles. In spite of this, there may be obstacles in the vicinity of the airport that should be considered in determining that restrictions to departures are to be prescribed in a given sector(s). The areas and surfaces described herein are to be used to identify such obstacles. Sectors shall be described by bearings and distance from the airport reference point which diverge at least 15° either side of the controlling obstacle. Departure restrictions shall be published as described in paragraph 1207a.

a. Zone 1.

(1) **Area.** The area begins at the departure end of the runway (DER) and has a beginning width of 1000 feet (± 500 feet from centerline). The area splays 15° on each side of the extended runway centerline for a distance of 2 NM from the DER. See Figure 116A.

(2) **Obstacle Identification Surface.** A 40:1 OIS overlies Zone 1. It begins no higher than 35 feet above the elevation of the DER and rises in the direction of departure.

b. Zone 2.

(1) **Area.** Zone 2 extends radially from a point on the runway centerline located 2000 feet from the start end of the runway. It is centered on the extended takeoff surface centerline and excludes Zone 1. It extends the distance necessary for the 40:1 OIS to reach the minimum altitude authorized for en route operations. See Figure 116B.

(2) **Obstacle Identification Surface.** A 40:1 OIS overlies Zone 2 and has a beginning height equal to the height of the OIS at the end of Zone 1. Distance measurements to an obstacle shall be made

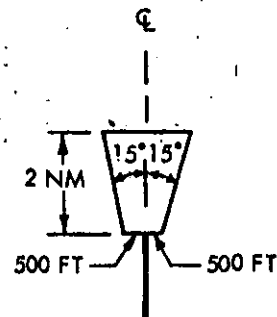


Figure 116A. ZONE 1 DIVERSE DEPARTURE.

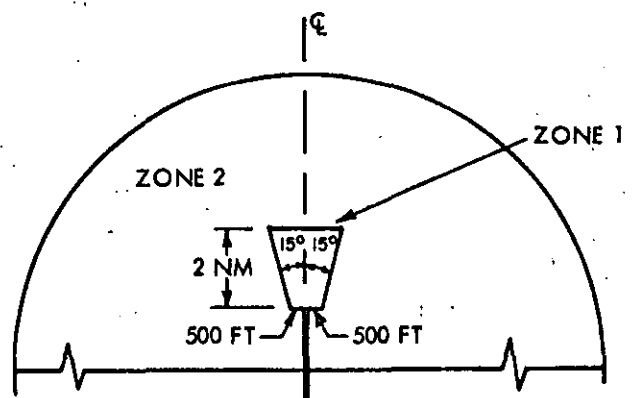


Figure 116B. ZONE 2 DIVERSE DEPARTURE.

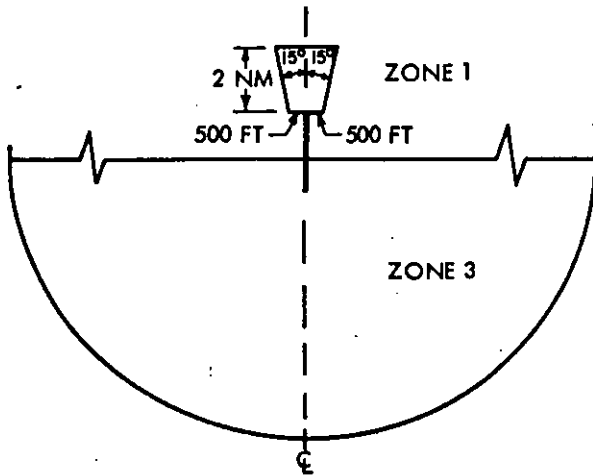


Figure 116C. ZONE 3 DIVERSE DEPARTURE.

from the runway edge or edge of Zone 1, whichever is the shorter distance.

c. Zone 3.

(1) Area. Zone 3 covers the area in the direction opposite to the takeoff, beginning 2000 feet from the start end of the runway. It provides clearance for 180° turn departures and extends the distance necessary for the 40:1 OIS to reach the minimum altitude authorized for en route operations. See Figure 116C.

(2) Obstacle Identification Surface. A 40:1 OIS overlies Zone 3 and begins 400 feet above airport elevation along the runway edge and rises therefrom.

1203. DEPARTURE ROUTES. There are three basic types of departure routes: straight, turning, and

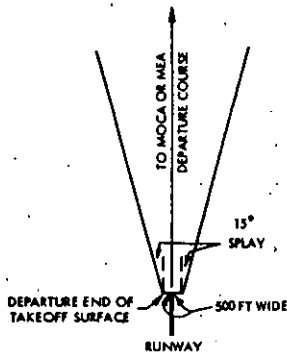


Figure 116D. STRAIGHT DEPARTURE AREA WITHOUT COURSE GUIDANCE.

combination straight and turning. Departure routes shall be based on positive course guidance acquired within 10 NM from the DER on straight departures and within 5 NM after completion of turns on departures requiring turns. Surveillance radar, when available, may be used to provide positive course guidance.

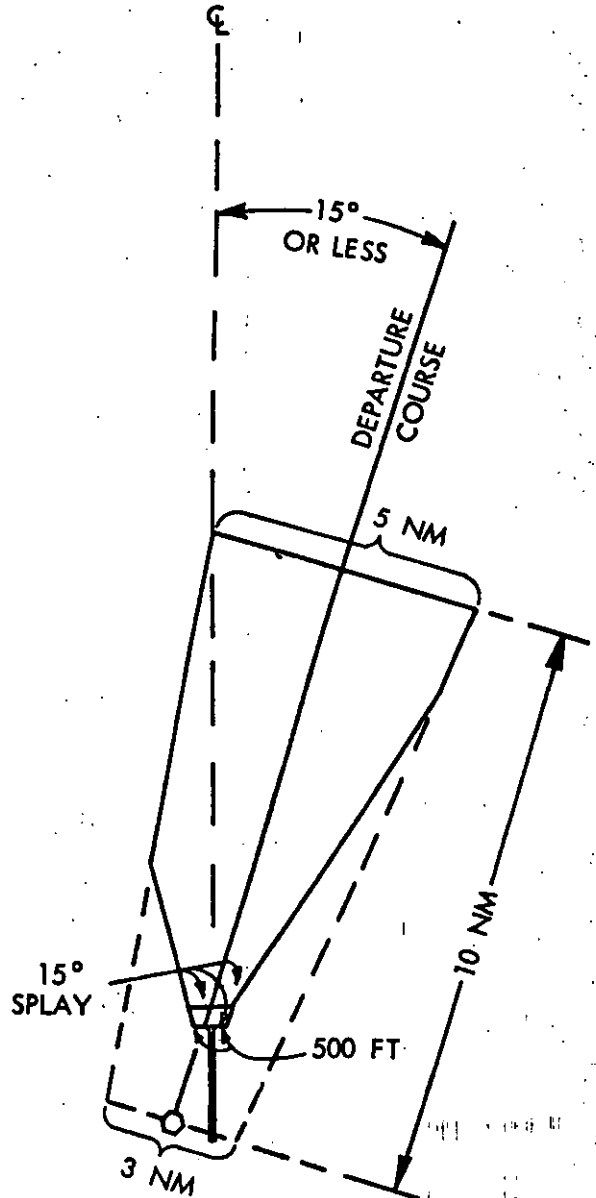


Figure 116E. STRAIGHT DEPARTURE WITH COURSE GUIDANCE FROM ON AIRFIELD FACILITY.

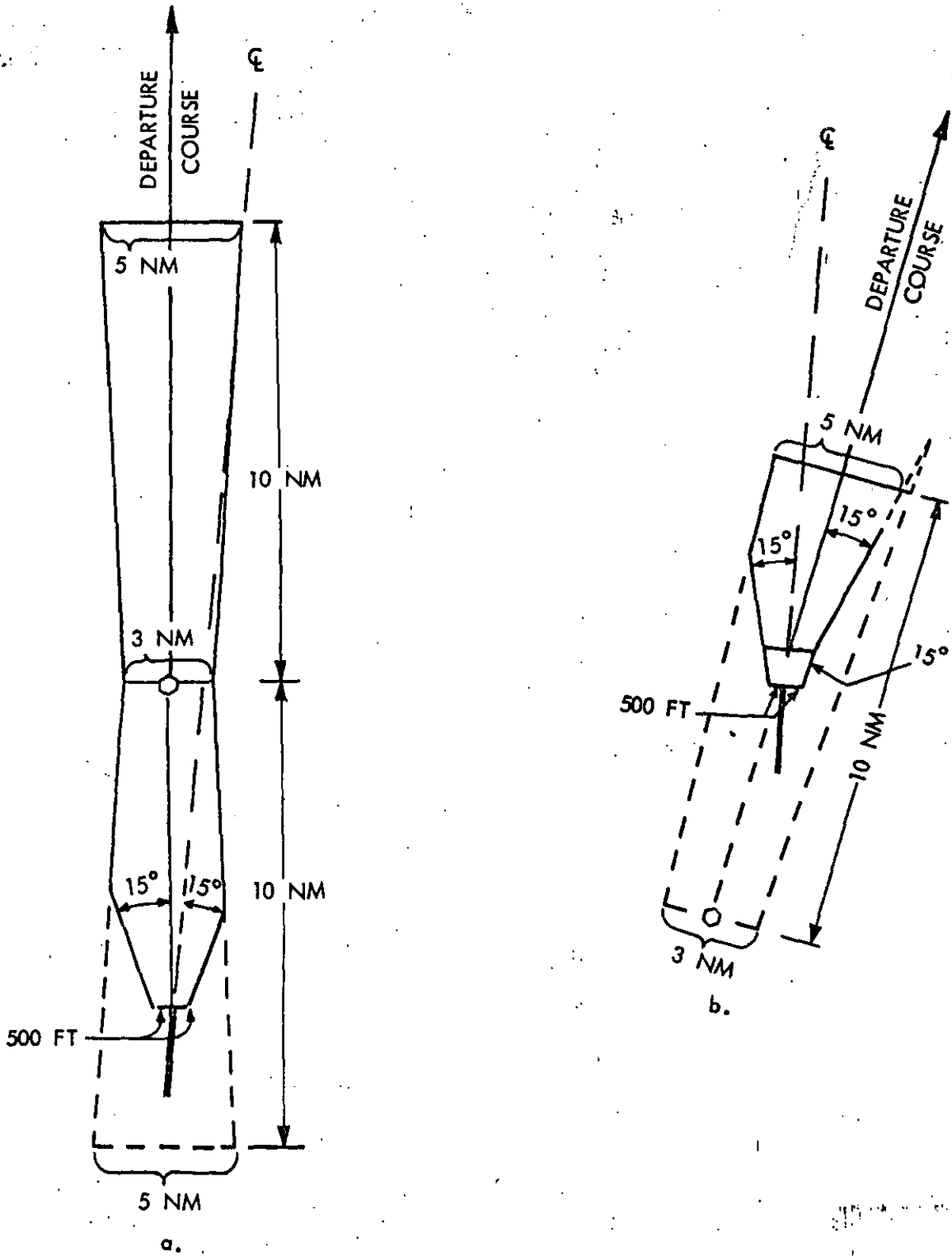


Figure 116F. STRAIGHT DEPARTURE WITH COURSE GUIDANCE FROM ON AIRFIELD FACILITY.

a. *Straight Departures.* A straight departure is one in which the initial departure course is within 15° of the alignment of the takeoff surface. Additionally, the departure course must intersect the runway centerline extended within 2 NM from the DER or the departure course must lie within 500 feet laterally of the runway centerline at the DER. See Figures 116D, 116E, 116F, 116G, and 116H. When the initial departure course is to a facility, a maneuvering segment is provided under the provisions of paragraph 1203a(1)(b).

(1) *Area.* The area begins at the departure end of the runway. It is based on the departure course

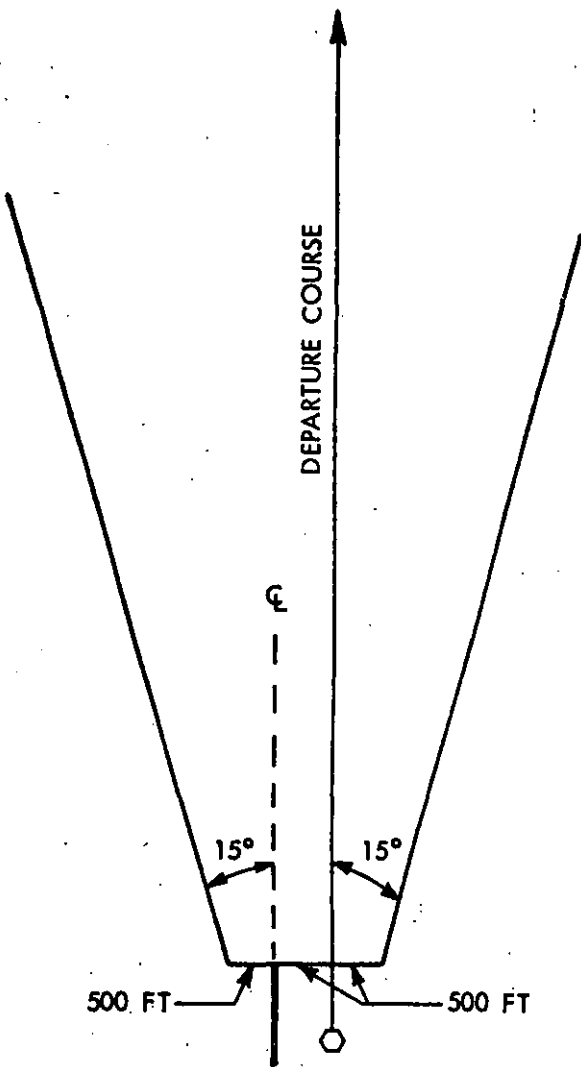


Figure 116G. STRAIGHT DEPARTURE WITH OFFSET DEPARTURE COURSE.

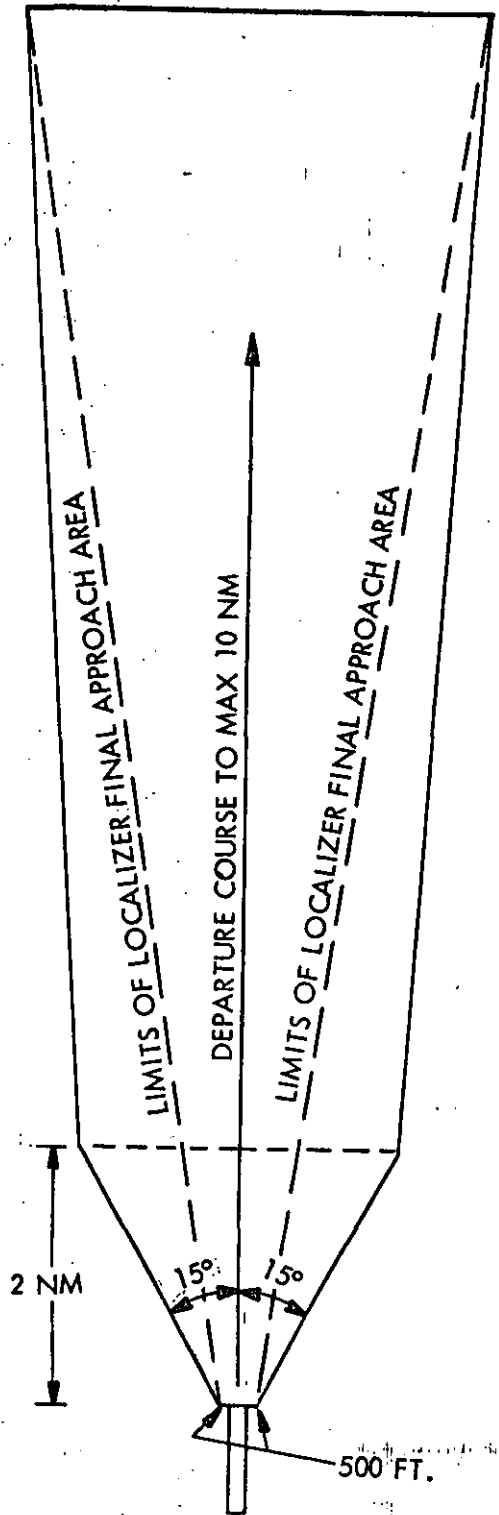


Figure 116H. DEPARTURE AREA WHEN LOCALIZER IS USED FOR COURSE GUIDANCE.

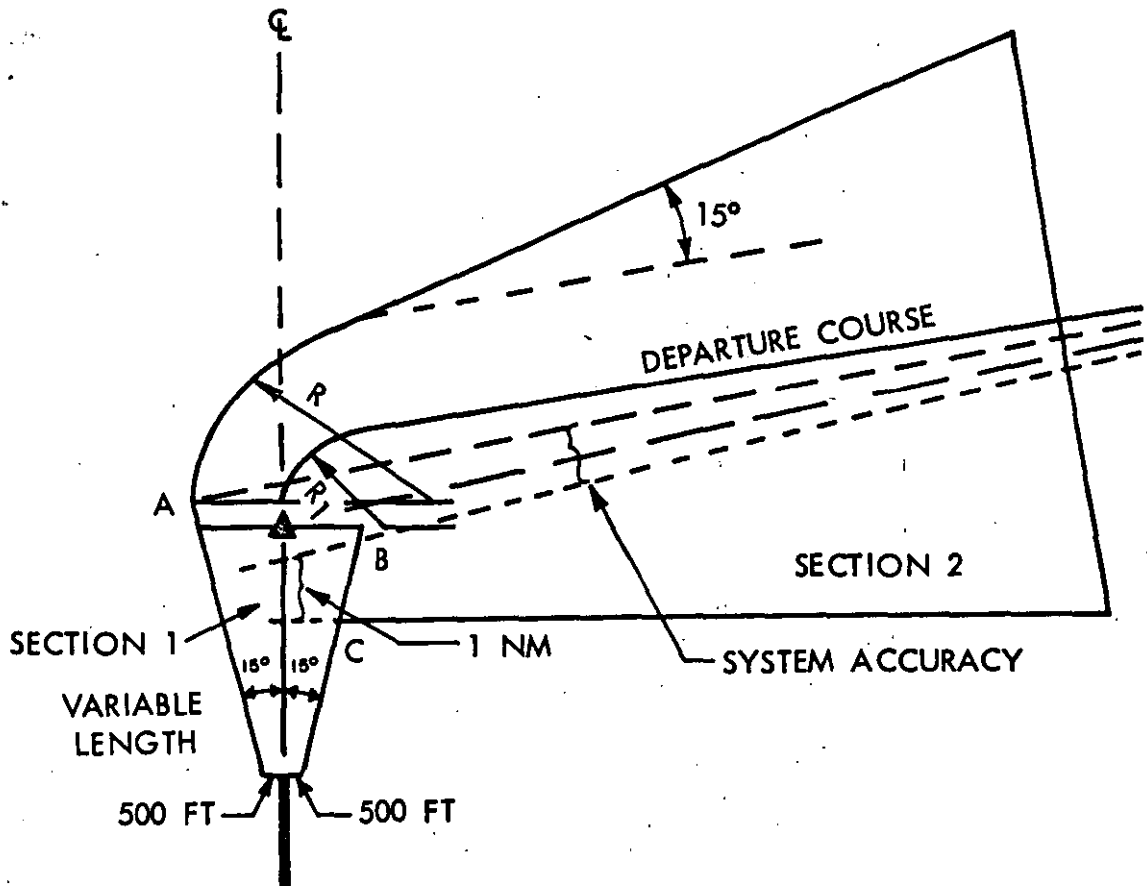


Figure 116L. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING DEPARTURE.

error or along track accuracy plot plus 1 NM. Where the turn is specified to commence at an altitude, the outer boundary radius begins at the end of Section 1, and the inner boundary line begins at the edge of the 15° splay area abeam the DER. The outer boundary line shall splay 15 degrees from the departure course beginning at the point abeam the point where the turn is completed. The inner boundary line is drawn from the point of beginning to a point which is the same distance abeam the departure course as the outer boundary is at the end of the departure.

(c) Where a turn is required to intercept a radial/bearing to proceed to or from a facility, alternate area construction is necessary. See Figure 116M. The appropriate flight track radius will join the radial/bearing and the runway centerline extended. The arc will be drawn from a point on the bisector of the angle between the runway centerline extended and the plotted position of the radial/bearing. Section 1 ends at the point of tangency of the extended center-

line and the arc. The inner boundary begins at the near edge of Section 1 at a point 1 NM prior to the end of that section. The outer boundary begins at the intersection of the extended 15° splay line of Section 1 and the plotted position of the radial/bearing. The splay of Section 2 terminates when the width reaches that of the primary en route structure. Thereafter, en route width criteria apply.

(2) Obstacle Identification Surface.

(a) Section 1. A 40:1 OIS overlies the straight departure area. It begins no higher than 35 feet above the elevation of the DER and rises in the direction of departure.

(b) Section 2. The dividing lines between Sections 1 and 2 are identified as "AB, BC." A 40:1 OIS overlies Section 2. It has the same height as the Section 1 OIS at the dividing line AB and rises in the direction of the departure course.

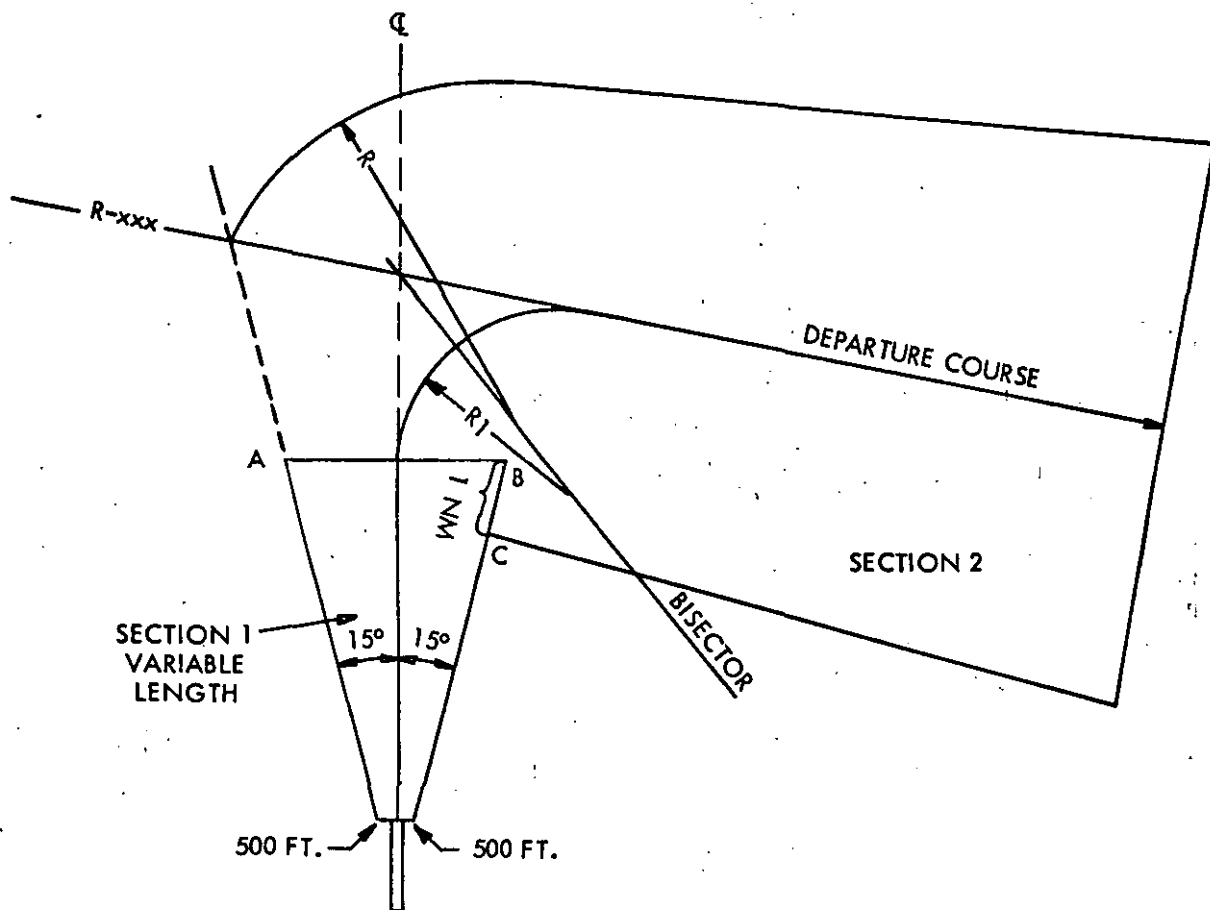


Figure 116M. COMBINATION STRAIGHT AND TURNING DEPARTURE (TO INTERCEPT RADIAL OR BEARING).

1204. EARLY TURNS. Some obstacles, because of location and height (causing excessively high climb gradients), may require a turn as soon as practicable after takeoff (less than 400 feet above airport elevation). Where this condition exists, Zones 1, 2, and 3 of paragraph 1202 (see Figures 116A, 116B, and 116C) shall be used with the following exceptions. The Zone 2 OIS begins at an elevation 50 feet above the elevation of the airport and the Zone 3 OIS (if utilized) begins 200 feet above the elevation of the airport. Measurements in Zones 2 and 3 shall be made to the obstacle from the runway edge. Early turns, when developed, shall be subject to the conditions of paragraph 1207c.

1205. CLIMB GRADIENTS. Climb gradients shall include 48 feet per NM required obstacle clearance. When precipitous terrain is a factor, consideration shall be given to increasing the obstacle clearance (see paragraph 323a). Gradients shall be specified to

an altitude or fix at which a gradient of more than 200 feet per NM is no longer required.

a. Diverse Departures. In cases where departure routes are not required to avoid obstacles, but obstacles exist in a sector(s) such as a mountain range, the required gradient shall be computed from the origin of the Zone 2 or 3 OIS (as applicable) direct to the obstacle. The altitude to which the climb gradient must be maintained is based on the obstacle plus ROC requiring the highest altitude in that sector.

b. Departure Routes. Climb gradients shall be computed from the elevation of the OIS at the DER along the shortest possible flight path within the obstacle clearance area to the obstacle.

c. Early Turns. When an early turn is required toward an obstacle in either Zone 2 or 3, the gradient

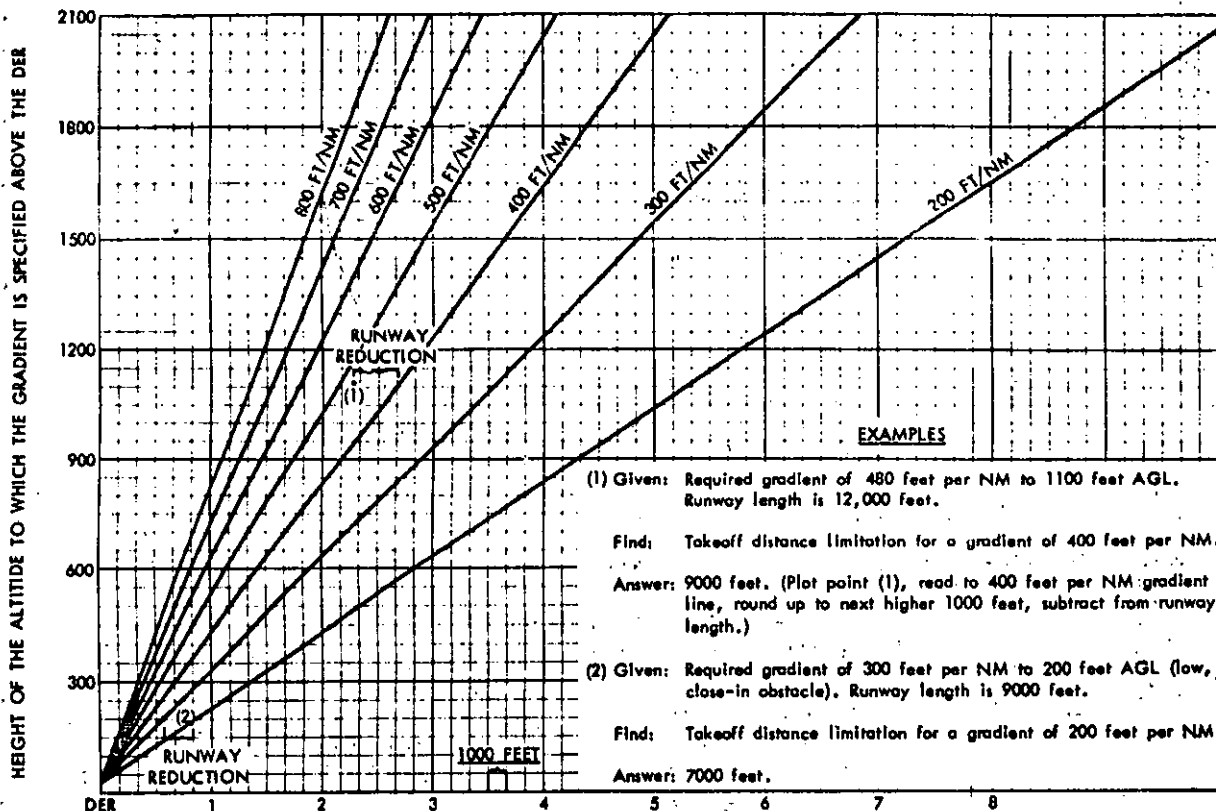


Figure 116N. DISTANCE FROM DER (NM) & RUNWAY REDUCTION (1000'S OF FEET).

will be computed from the origin of the Zone 2 or 3 OIS (as applicable) direct to the obstacle.

3,000 feet MSL (750 feet per minute at 150K, 1,000 feet per minute at 200K).

d. *Climb gradients to 200 feet above DER or less shall not be specified.* These gradients would normally be caused by low, close-in obstacles. The provisions of paragraph 1205e should be applied and/or a note published stating that the obstacle(s) exist and should be considered by the pilot.

1206. END OF DEPARTURE. The departure area terminates at a point where the 40:1 OIS, measured along the flight track, reaches the minimum altitude authorized for en route operations or radar vectoring, whichever is applicable.

e. When a climb gradient in excess of 400 feet per NM would be required, a reduction in that gradient for aircraft which use less than the full length of the runway shall be provided. A chart is available to reduce the computed gradient. See Figure 116N.

1207. PUBLISHED INFORMATION. The minimum information to be published for departure procedures is specified as follows:

f. When a climb gradient is specified, it shall be parenthetically stated in climb rate expressed in feet per minute for average ground speeds of 150K, 200K, and additionally at elevations above 5,000 feet MSL at 250K. Example: climb gradient is 300 feet per NM to

a. *Diverse Departures.* Departure restrictions shall be expressed as sectors to be avoided or sectors in which climb gradients and/or minimum altitudes are specified to enable an aircraft to safely overfly an obstacle. When more than one sector is involved, the climb gradient selected shall be the highest in any sector that may be expected to be overflown. The

altitude to which the gradient is specified must permit the aircraft to continue at 200 feet per NM minimum through that sector, a succeeding sector, or to an en route altitude. A fix may also be designated to mark the point at which a climb gradient in excess of 200 feet per NM is no longer required.

b. Departure Routes. A departure route must specify all courses, points, fixes, and altitudes required in the procedure. When obstacles must be overflown, minimum crossing altitudes and climb gradient information shall be provided for all departures requiring a climb gradient greater than 200 feet per NM. The altitude or fix at which a climb gradient in excess of 200 feet per NM is no longer required shall also be specified.

c. Early Turns. The early turn shall be expressed as a turn to a heading or to intercept a course as soon as practicable. When obstacles exist in Zone 1, a minimum ceiling value of 400 feet and a visibility value of at least one mile shall be published. In the event an early turn must be made toward an obstacle within 6 NM of the departure runway, and if no positive course guidance is available, a suitable climb gradient shall be published.

d. The resultant takeoff distance limitation when the provisions of paragraph 1205e are applied.

e. Ceiling and visibility minimums imposed in accordance with paragraph 1208.

f. When departures are limited to Categories A and B aircraft, the procedure shall be clearly annotated.

1208. REQUIRED CEILING AND VISIBILITY MINIMUMS. Procedures requiring a climb gradient in excess of 200 feet per NM shall also specify a ceiling and visibility to be used as an alternative for aircraft incapable of achieving the gradient. The ceiling value shall be the 100-foot increment above the controlling obstacle or above the altitude required over a specified point from which a 40:1 gradient will clear the obstacle. Ceilings of 200 feet or less shall not be specified. The visibility value shall be at least one mile.

1209.-1299. RESERVED.

1. APPENDIX APPLICATION. The material contained in these appendices applies to support criteria contained in the several chapters of the handbook. Appendix material includes:

a. Appendix 1, Paragraph 2. Glossary. A listing of special terms and abbreviations to explain their meaning and application to procedures and criteria.

b. Appendix 2. Procedures Charts. These charts depict secondary area obstacle problems, solutions, methods of computing glide slope threshold crossing heights, glide slope antenna location, applications of ILS/PAR obstacle clearance criteria, and an analysis of obstacle clearances.

c. Appendix 3. This appendix contains lists of Figures, a list of Tables, and a list of References to other publications.

d. Appendix 4. Tangents. A complete list of tangents for angles from 0.0 to 9.0 degrees in hundredths of degrees for application in solving glide slope problems.

e. Appendix 5. Approach Lighting. This appendix contains descriptions of standard approach lighting systems and lists of other systems which may be given the same visibility credit in the development of military procedures.

f. Appendix 6. Alphabetical Index.

2. GLOSSARY. Definitions shown in this glossary apply to Terminal Instrument Procedures Criteria in this Handbook.

AL Approach and Landing (Chart).

Angle of Divergence (Minimum) The smaller of the angles formed by the intersection of two courses, radials, bearings, or combinations thereof.

Approach Surface Baseline An imaginary horizontal line at threshold elevation.

Approving Authority Headquarters representatives of the various signatory authorities shown in the Foreword, Page iv.

BC Back Course (Localizer).

Circling Approach Area The area in which aircraft circle to land under visual conditions after completing an instrument approach.

Controlling Obstacle The highest obstacle relative to a prescribed plane within a specified area.

Note: In precision approach procedures where obstacles penetrate the approach surface, the controlling obstacle is the one which results in the requirement for the highest decision height (DH).

Dead Reckoning The estimating or determining of position by advancing an earlier known position by the application of direction and speed data. For example, flight based on a heading from one VORTAC azimuth and distance fix to another is dead reckoning.

Diverse Vector An instruction issued by a radar controller to fly a specific course which is not a part of a predetermined radar pattern. Also referred to as a "random vector".

Decision Height (DH) The height, specified in MSL, above the highest runway elevation in the touchdown zone at which a missed approach shall be initiated if the required visual reference has not been established. This term is used only in procedures where an electronic glide slope provides the reference for descent, as in ILS or PAR.

DME Arc A course, indicated as a constant DME distance, around a navigation facility which provides distance information.

DME Distance The line of sight distance (slant range) from the source of the DME signal to the receiving antenna.

FAC Final Approach Course.

FAF Final Approach Fix.

Flight Inspection In-flight investigation and certification of certain operational performance characteristics of electronic and visual navigation facilities by an authorized inspector in conformance with the U.S. Standard Flight Inspection Manual.

Gradient A slope expressed in feet per mile, or as a ratio of the horizontal to the vertical distance. For example, 40:1 means 40 feet horizontally to 1 foot vertically.

GPI Ground Point of Intercept. A point in the vertical plane on the runway centerline at which it is assumed that the straight line extension of the glide slope intercepts the runway approach surface baseline.

HAA Height above airport elevation.

HAT Height above touchdown zone elevation.

IAC Initial Approach Course.

IAF Initial Approach Fix.

IC Intermediate Course.

IF Intermediate Fix.

JAL High Altitude Approach and Landing (Chart).

LOC Localizer. The component of an ILS which provides lateral guidance with respect to the runway centerline.

LDA Localizer type directional aid. A facility of comparable utility and accuracy to a LOC, but which is not part of a full ILS and may not be aligned with the runway.

MAP Missed Approach Point (Paragraph 272).

MDA Minimum Descent Altitude (Paragraph 320).

MHA Minimum Holding Altitude.

NDB(ADF) A combined term which indicates that a nondirectional beacon (NDB) provides an electronic signal for use with airborne automatic direction finding (ADF) equipment.

Obstacle An existing object, object of natural growth, or terrain at a fixed geographical location, or which may be expected at a fixed location within

a prescribed area, with reference to which vertical clearance is or must be provided during flight operation. For example, with reference to mobile objects, a moving vehicle 17 feet high is assumed to be on an Interstate highway, 15 feet high on other highways, and 23 feet high on a railroad track, except where limited to certain heights controlled by use or construction. The height of a ship's mast is assumed according to the types of ships known to use an anchorage.

Obstacle Clearance The vertical distance between the lowest authorized flight altitude and a prescribed surface within a specified area.

Obstacle Clearance Boxes **500** when used in figures which depict approach segments these boxes indicate the obstacle clearance requirements in feet.

Operational Advantage An improvement which benefits the users of an instrument procedure. Achievement of lower minimums or authorization for a straight-in approach with no derogation of safety are examples of an operational advantage. Many of the options in TERPs are specified for this purpose. For instance, the flexible final approach course alignment criteria may permit the ALS to be used for reduced visibility credit by selection of the proper optional course.

Optimum Most favorable. As used in TERPs, optimum identifies the value which should be used wherever a choice is available.

Positive Course Guidance A continuous display of navigational data which enables an aircraft to be flown along a specific course line.

Precipitous Terrain Terrain characterized by steep or abrupt slopes.

Precision and Nonprecision These terms are used to differentiate between navigational facilities which provide a combined azimuth and glide slope guidance to a runway (Precision) and those which do not. The term nonprecision refers to facilities without a glide slope, and does not imply an unacceptable quality of course guidance.

Primary Area The area within a segment in which full obstacle clearance is applied.

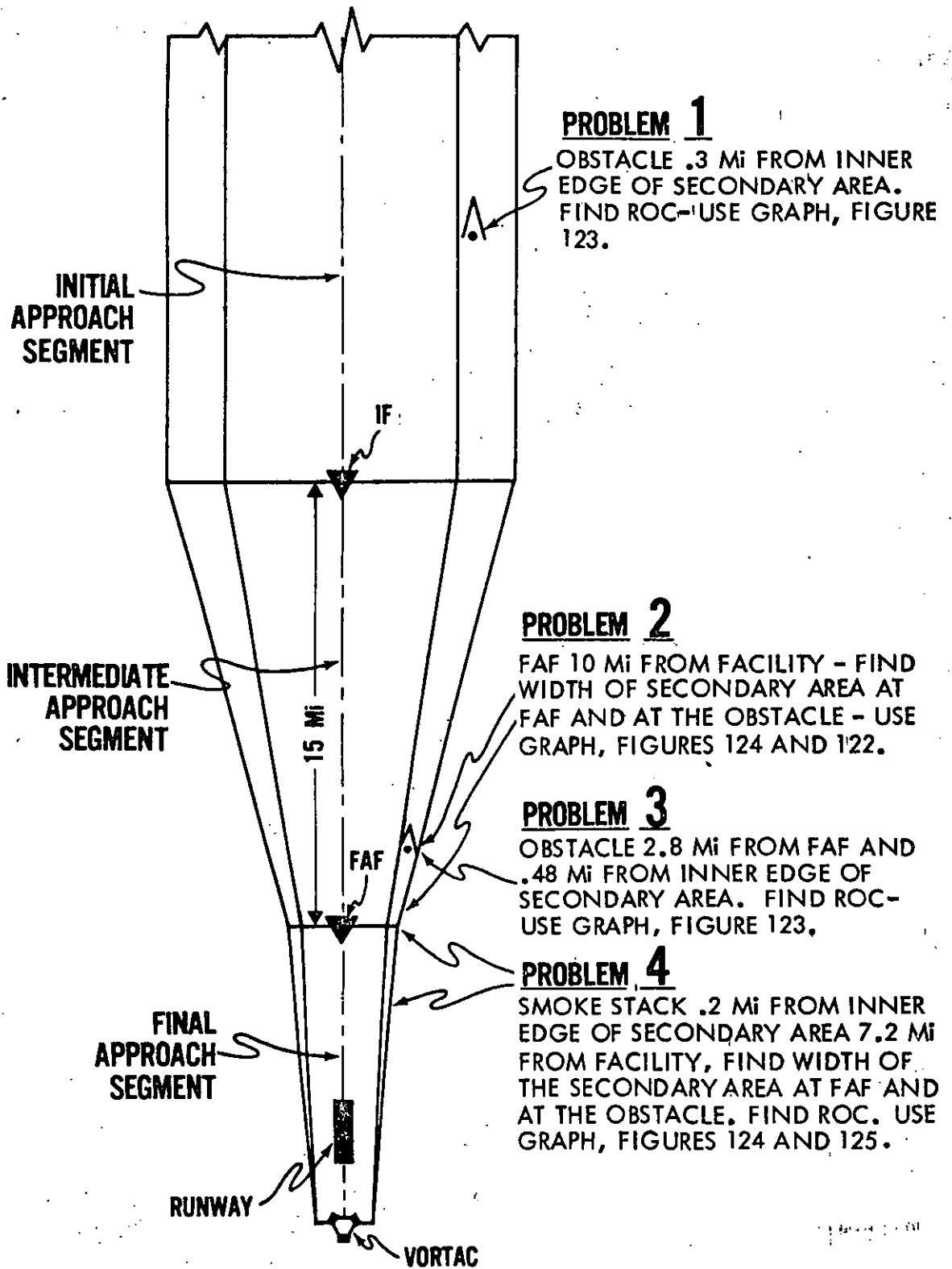


Figure 121. SECONDARY AREA OBSTACLE PROBLEMS. Par 2 Appendix 2.

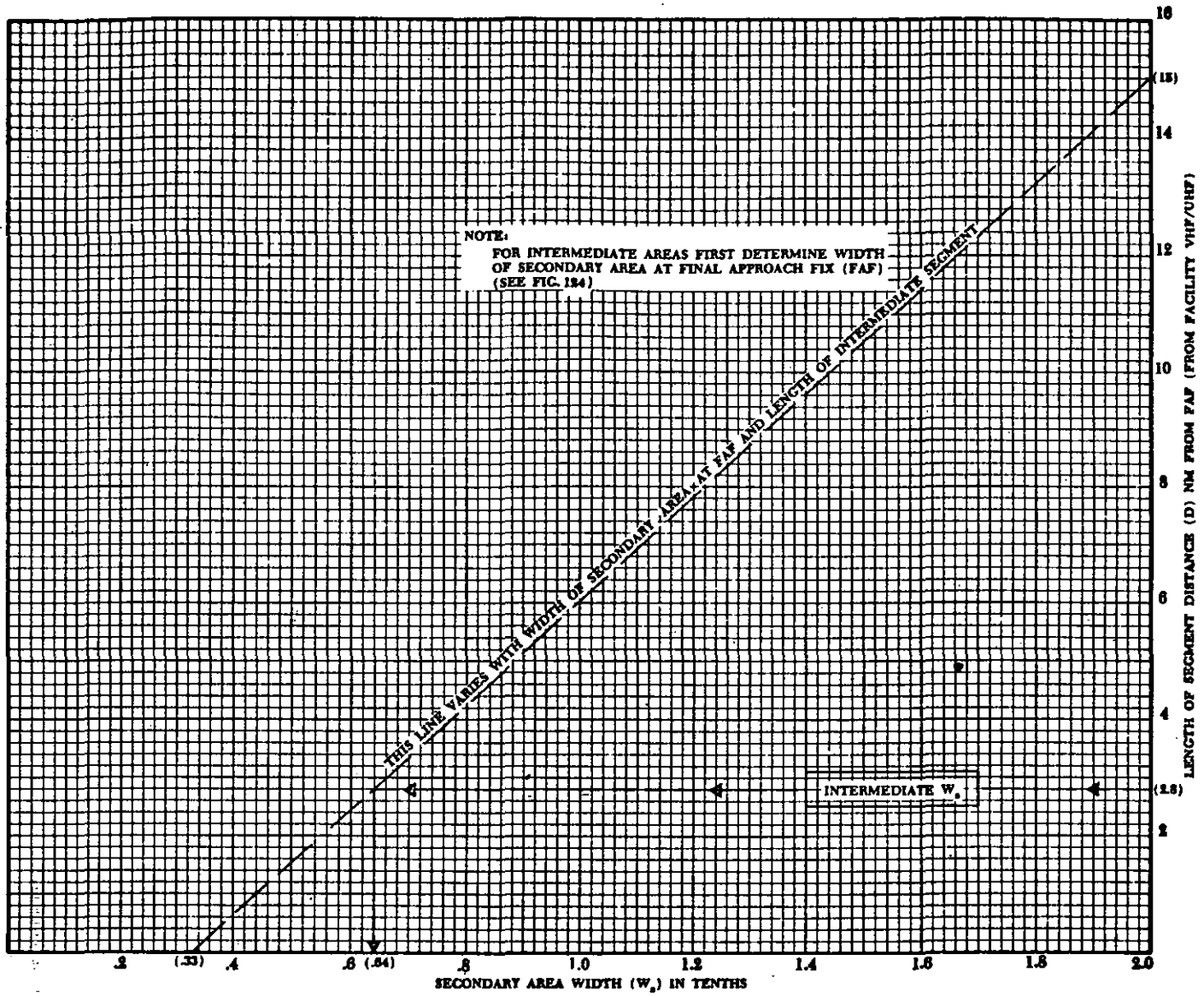


Figure 122. WIDTH OF INTERMEDIATE APPROACH SECONDARY AREA. Par 3, Appendix 2.

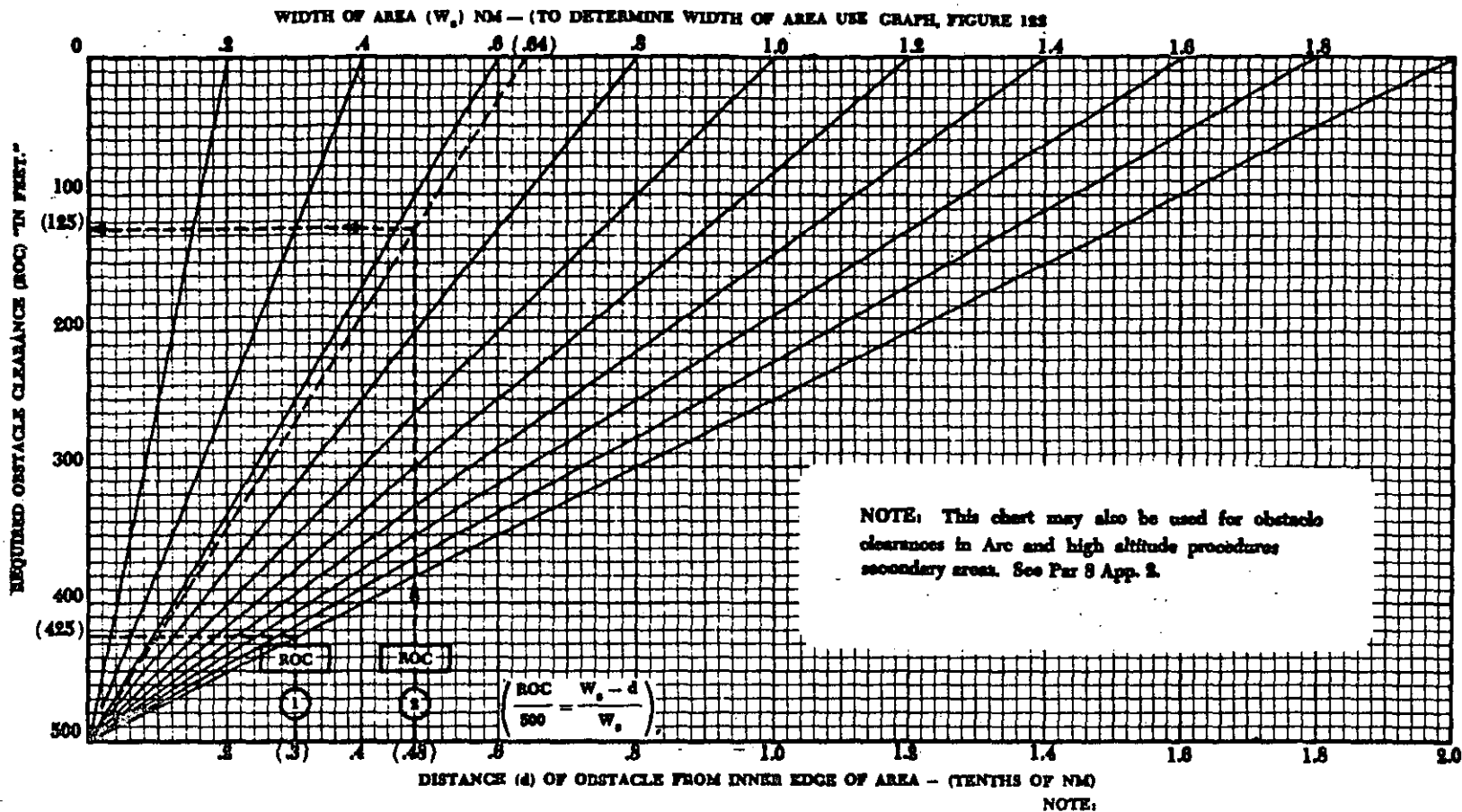


Figure 123. INITIAL AND INTERMEDIATE SECONDARY AREA OBSTACLE CLEARANCE. Par 4 and 5, Appendix 2. (Also applies to holding pattern secondary areas).

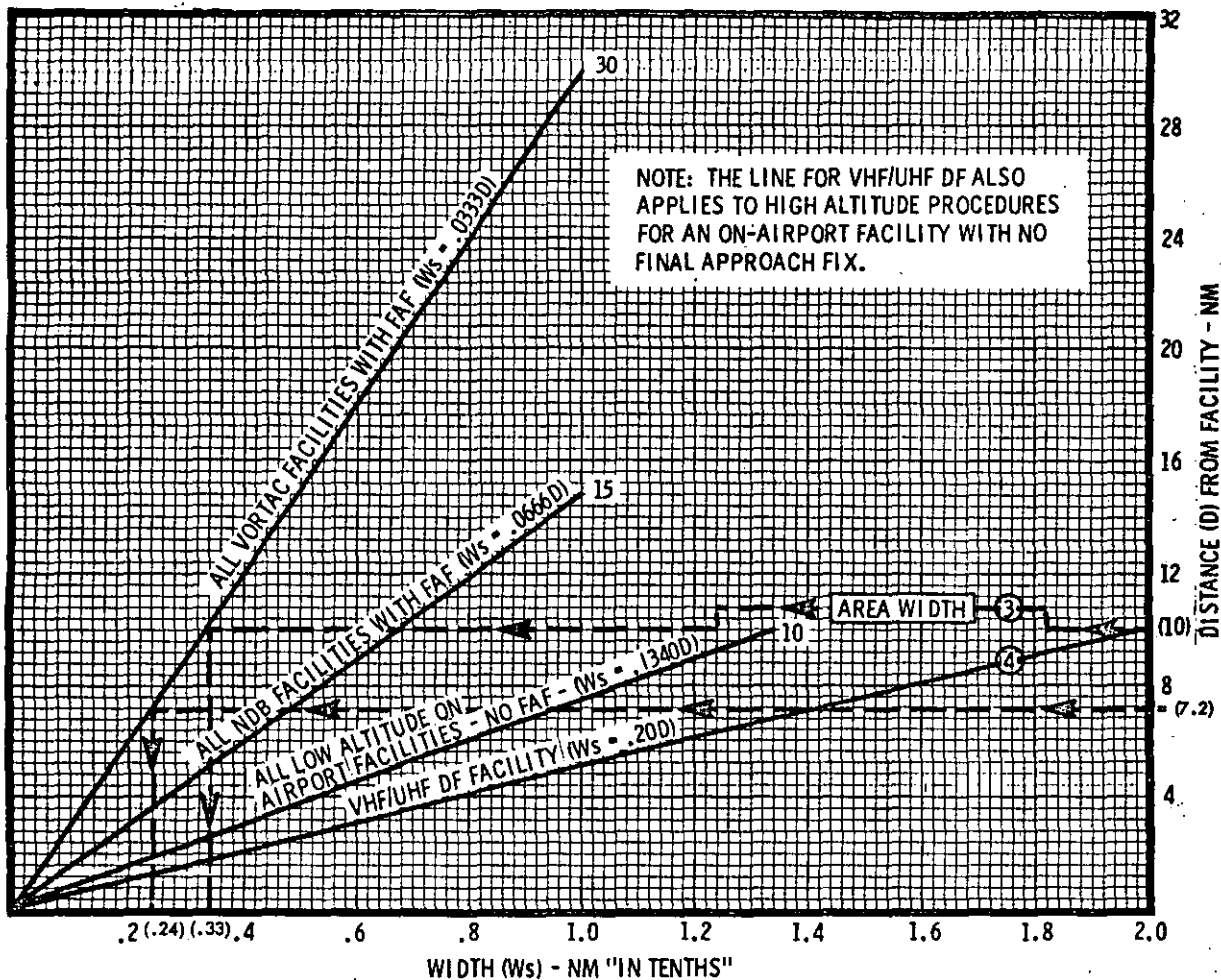


Figure 124. WIDTH OF FINAL APPROACH SECONDARY AREA. Par 6, Appendix 2.

(2) Proceed horizontally to a point of intersection with the slant line for VORTAC with FAF.

(3) Drop vertically from the intersection point to read the width of the secondary area at the FAF (.33 miles).

c. *Problem 4.* In a procedure based on a VOR with FAF an obstacle is 7.2 miles from the facility. Find the width of the secondary area at the obstacle location.

d. *Solution.*

(1) Enter the graph in Figure 124 at 7.2 on the distance from facility scale.

(2) Proceed horizontally to a point of intersection with the slant line for VORTAC with FAF.

(3) Drop vertically from the intersection point to read the width of the secondary area (.24 miles).

NOTE: Figure 124 can be used to find the width of the final approach secondary area for the several conditions and facilities which are included in the figure.

7. FINAL APPROACH SECONDARY AREA OBSTACLE CLEARANCE. The graph in Figure 125 is used to determine the required obstacle clearance in the final approach secondary area. Figure 125 applies only to procedures which require primary area obstacle clearance of 250 feet. Subsequent Figures 126 and 127 apply to procedures in which the primary area obstacle clearance is 300 and 350 feet respectively.

WIDTH OF AREA (W_s) TO DETERMINE WIDTH USE GRAPH FIG. 124

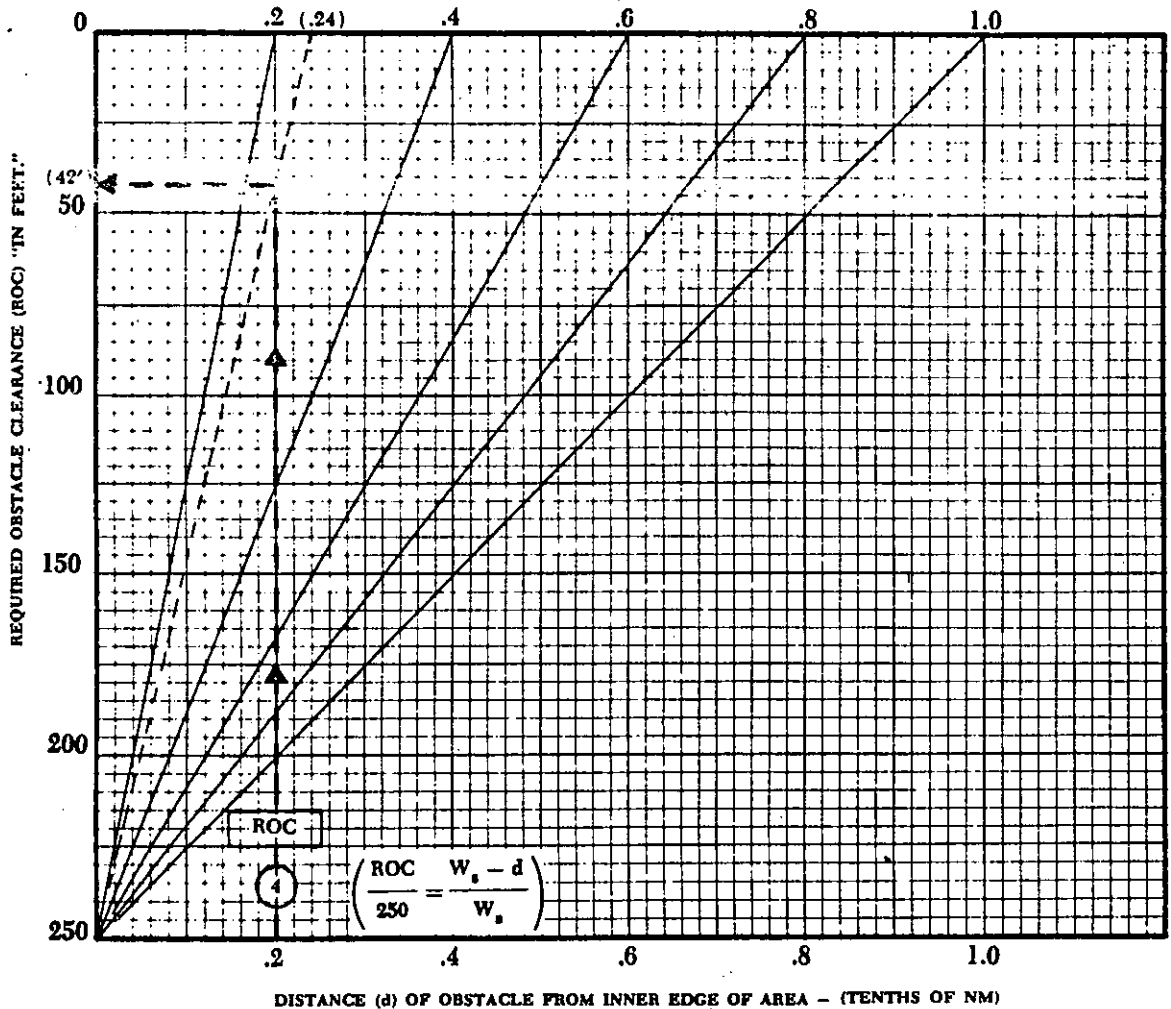


Figure 125. FINAL APPROACH SECONDARY AREA OBSTACLE CLEARANCE.
VOR/DME or TACAN with FAF. Par 7, App. 2.

a. *Problem 4.* In a procedure based on a VOR with FAF an obstacle is in the secondary area .2 miles from the inner edge and 7.2 miles from the facility. Find the ROC.

b. *Solution.* From Figure 124 we have determined the width of the secondary area at the obstacle location (.24 miles).

(1) Enter the graph in Figure 125 on the bottom scale at the distance the obstacle is from the inner edge (.2 miles).

(2) Proceed vertically to intersect with the appropriate area width slant line (.24 miles).

(3) Move left horizontally and read the ROC (42 feet).

8. UHF/VHF DF AND HIGH ALTITUDE PENETRATION. (No FAF). The required obstacle clearance in the final approach areas can be determined by the method prescribed in Paragraphs 6 and 7 of Appendix 2. However, the graph in Figure 123 must be used in lieu of the graph in Figure 127.

9. COMPUTING GLIDE SLOPE THRESHOLD CROSSING HEIGHT.

a. *Definitions.*

(1) **Straight Line Extension of Glide Slope.** The assumed path which the glide slope would

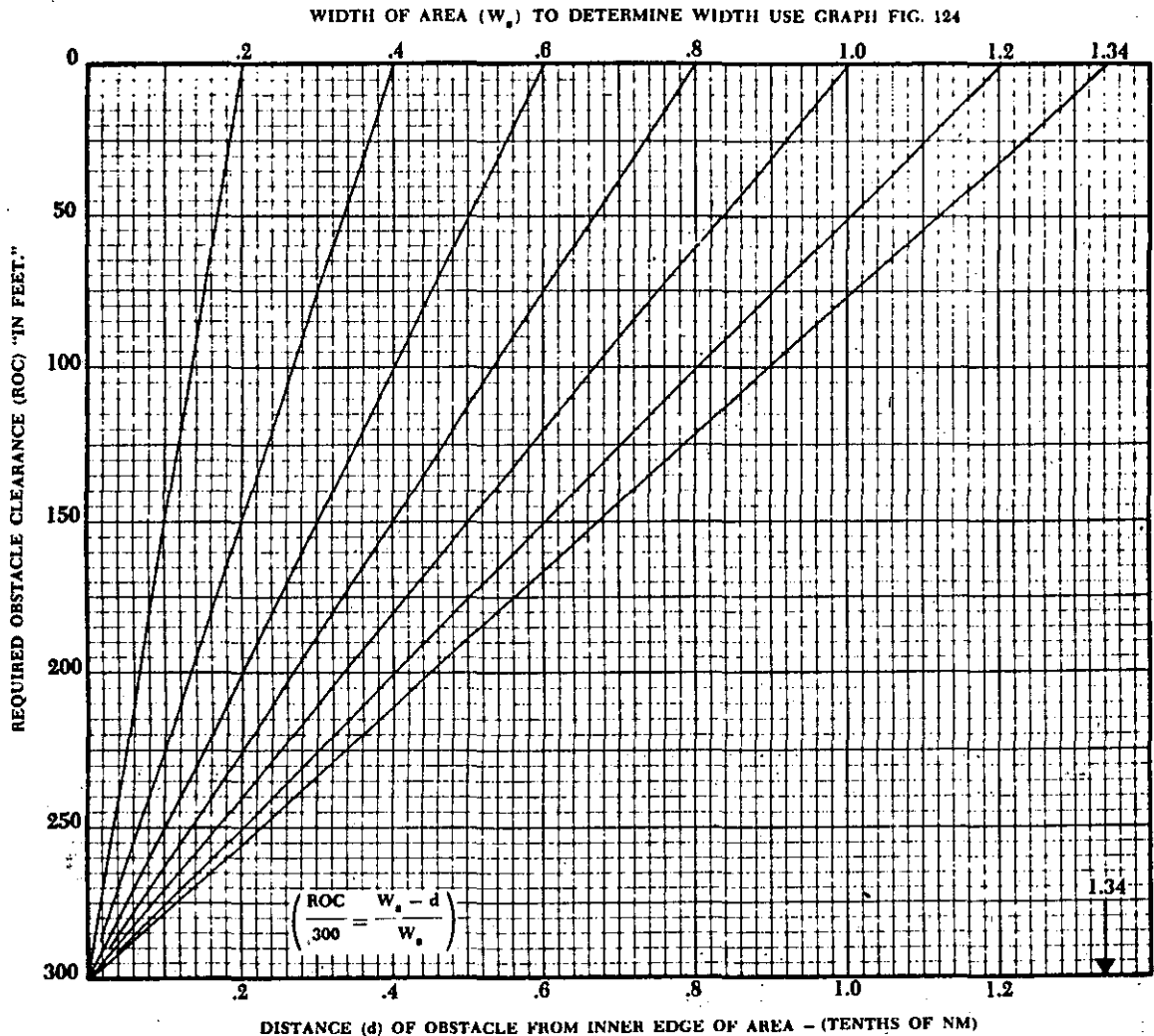


Figure 126. FINAL APPROACH SECONDARY AREA OBSTACLE CLEARANCE. VOR without FAF and NDB with FAF, Par 7, Appendix 2.

follow if it were a straight line in space from a point over the outer marker to a point of interception with the approach surface baseline.

(2) **Threshold Crossing Height (TCH).** The height of the straight line extension of the glide slope above the runway at the threshold.

(3) **Established Glide Slope Angle.** The angle of the glide slope as determined by the currently effective commissioning flight check. Flight inspection will provide information concerning the height of the glide slope at the outer marker, middle marker

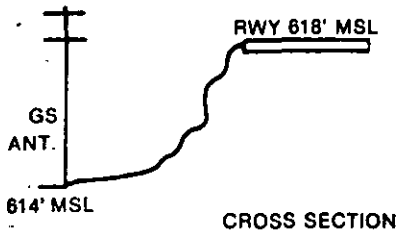
or other point of known distance from the runway threshold on final approach.

(4) **Runway Point of Intercept (RPI).** The point where the extended glide slope intercepts the runway centerline on the runway surface.

b. Computation Method. The glide slope threshold crossing height is computed as follows: (See Figure 128).

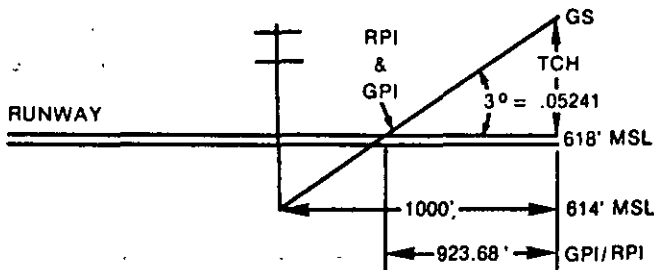
(1) Multiply " D_1 " (the distance in feet from the GPI to a point abeam the runway threshold "T") by the tangent of the established glide slope angle. The result is the TCH.

RPI/GPI/TCH COMPUTATIONS FOR ILS WITH RAPIDLY DROPPING TERRAIN



ILS ANTENNA ELEVATION IS MEASURED AT THE ANTENNA PAD (PROPOSED OR ESTABLISHED) WHEN TERRAIN DROPS OFF RAPIDLY FROM RUNWAY TO ANTENNA.

RUNWAYS WITH ZERO SLOPE



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT TO TH) - (TH ELEV-ANT ELEV)$$

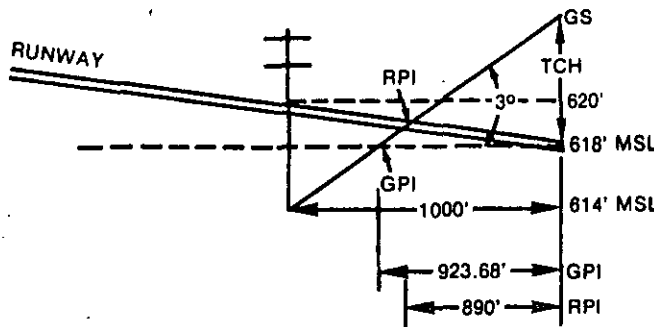
$$TCH = (.05241) (1000) - (618-614) = 48.41'$$

$$GPI = TCH + TAN GS$$

$$GPI = 48.41 + .05241 = 923.68'$$

$$RPI = GPI$$

POSITIVE SLOPING RUNWAYS



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT TO TH) - (TH ELEV-ANT ELEV)$$

$$TCH = (.05241) (1000) - (618-614) = 48.41'$$

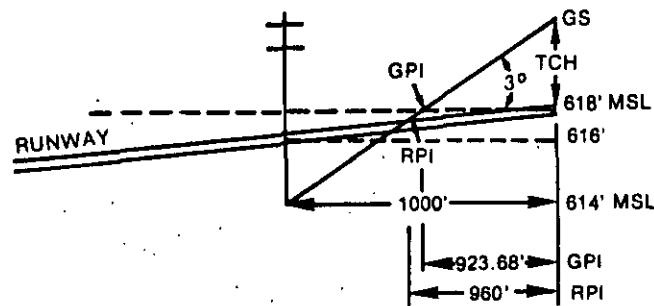
$$GPI = TCH + TAN GS$$

$$GPI = 48.41 + .05241 = 923.68'$$

$$RPI = \frac{(TCH) (DIST ANT FROM TH)}{TCH + (RWY CROWN ELEV ABEAM ANT - ANT ELEV)}$$

$$RPI = \frac{(48.41) (1000)}{48.41 + (620-614)} = 890'$$

NEGATIVE SLOPING RUNWAYS



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT TO TH) - (TH ELEV - ANT ELEV)$$

$$TCH = (.05241) (1000) - (618-614) = 48.41'$$

$$GPI = TCH + TAN GS$$

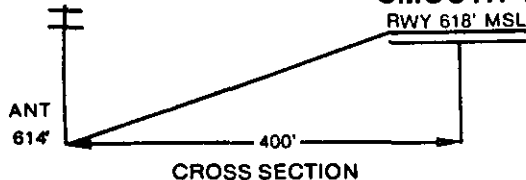
$$GPI = 48.41 + .05241 = 923.68'$$

$$RPI = \frac{(TCH) (DIST ANT FROM TH)}{TCH + (RWY CROWN ELEV ABEAM ANT - ANT ELEV)}$$

$$RPI = \frac{(48.41) (1000)}{48.41 + (616-614)} = 960'$$

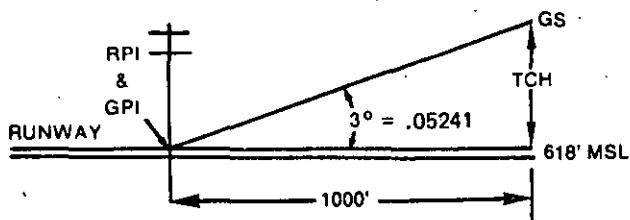
Figure 129. RPI/GPI/TCH COMPUTATIONS FOR ILS WITH RAPIDLY DROPPING TERRAIN. Par 10, Appendix 2.

RPI/GPI/TCH COMPUTATIONS FOR ILS WITH RELATIVELY SMOOTH TERRAIN AND PAR



THE ILS GS ANTENNA IS ASSUMED TO BE AT RUNWAY CROWN ELEVATION WHEN TERRAIN FROM RUNWAY TO ANTENNA SITE (PROPOSED OR ESTABLISHED) HAS A RELATIVELY SMOOTH AND UNIFORM GRADIENT.

RUNWAY WITH ZERO SLOPE



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT FROM TH)$$

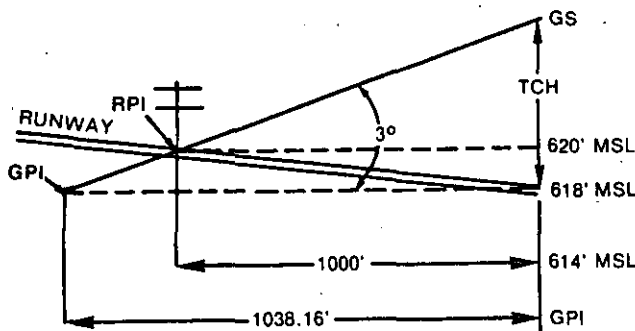
$$TCH = (.05241) (1000) = 52.41'$$

$$GPI = TCH + TAN GS$$

$$GPI = 52.41 + .05241 = 1000'$$

$$RPI = GPI$$

POSITIVE SLOPING RUNWAYS



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT FROM TH) - (TH ELEV - RWY CROWN ELEV ABEAM ANT)$$

$$TCH = (.05241) (1000) - (618-620) = 54.41'$$

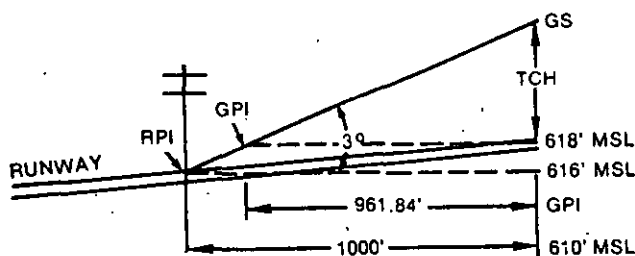
$$GPI = TCH + TAN GS$$

$$GPI = 54.41 + .05241 = 1038.16'$$

$$RPI = \frac{TCH + (TH ELEV - RWY CROWN ELEV ABEAM ANT)}{TAN GS}$$

$$RPI = \frac{54.41 + (618-620)}{.05241} = 1000'$$

NEGATIVE SLOPING RUNWAYS



$$TCH = (TAN GS) (DIST ANT FROM TH) - (TH ELEV - RWY CROWN ELEV ABEAM ANT)$$

$$TCH = (.05241) (1000) - (618-616) = 50.41'$$

$$GPI = TCH + TAN GS$$

$$GPI = 50.41 \div .05241 = 961.84'$$

$$RPI = \frac{TCH + (TH ELEV - RWY CROWN ELEV ABEAM ANT)}{TAN GS}$$

$$RPI = \frac{50.41 + (618-616)}{.05241} = 1000'$$

Note: GPI has same elevation as end of runway. RPI is the point where the extended glide path intercepts the runway centerline.

FIGURE 129 A

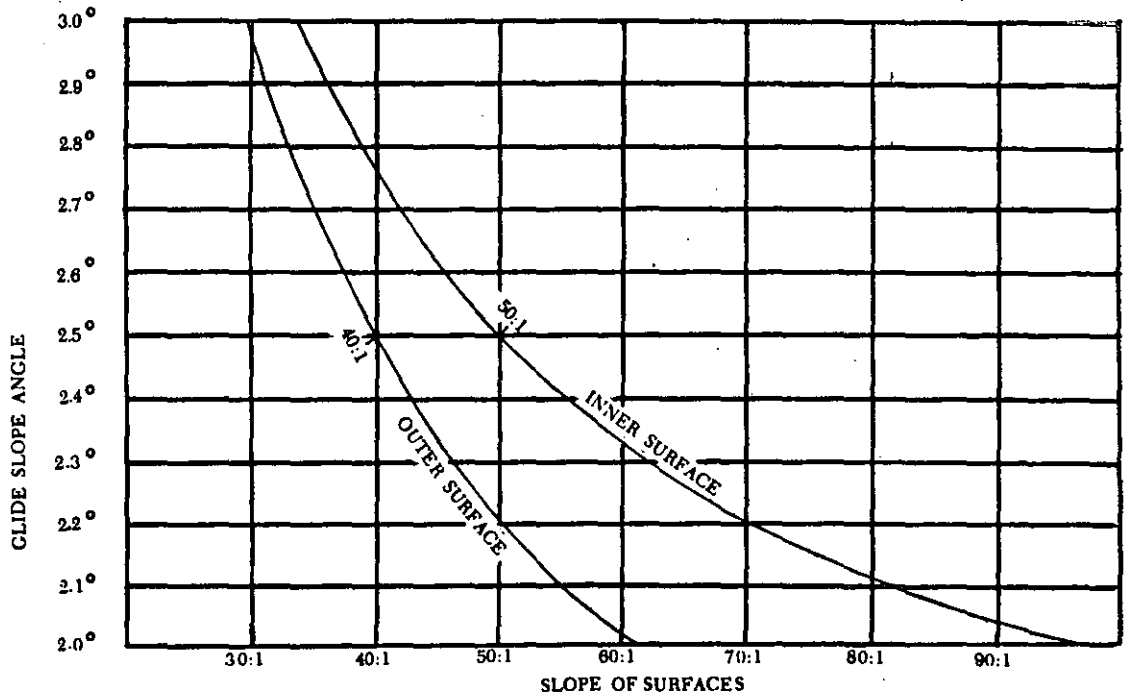


Figure 132. GS ANGLE VS. SLOPE OF SURFACES. Par 931, 1021, and App 2, Par 11.

(3) Zone 2 ROC.

$$D = 1145 + 8000 = 9145 \text{ feet.}$$

$$ROC = .02366D + 20$$

$$= (.02366 \times 9145) + 20$$

$$= 216 + 20 = \underline{236 \text{ feet.}}$$

Actual Clearance

$$"C" = D (\tan \text{GS angle}) - \text{Obstacle height}$$

$$= (9145 \times .04366) - 228$$

$$= 399 - 228 = \underline{171 \text{ feet. (Note Violation)}}$$

(4) Zone 3 ROC.

$$D = 1145 + 20,000 = 21,145 \text{ feet.}$$

$$ROC = .01866D + 75$$

$$= (.01866 \times 21,145) + 75$$

$$= 395 + 75 = \underline{470 \text{ feet.}}$$

Actual Clearance

$$"C" = D (\tan \text{GS angle}) - \text{Obstacle height}$$

$$= (21,145 \times .04366) - 450$$

$$= 923 - 450 = \underline{473 \text{ feet.}}$$

d. Analysis. It is noted that violations to ROC criteria exist in Zones 1 and 2.

(1) Zone 1. Violation could be corrected by:

(a) Raising the GS angle.

$$S(i) = \frac{D(t)}{\text{Obstacle height}}$$

$$= \frac{1000}{22}$$

$$= 45.5 \text{ (or } 45.5:1)$$

Minimum angle from Figure 132 = 2.62 degrees.

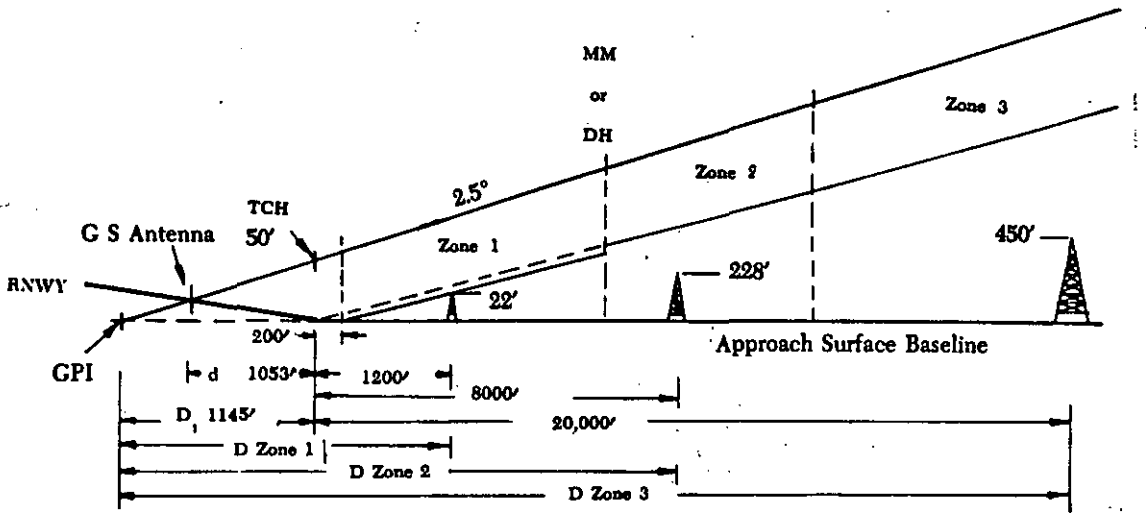


Figure 133. APPLICATION OF OBSTACLE CLEARANCE CRITERIA. App 2, Par 12.

(b) Or, by retaining the 2.5 degree GS angle and displacing the threshold.

GPI and the runway threshold. To do this, we must first determine the correct D based upon obstacle height and the ROC at the new D:

$$\begin{aligned} \text{Minimum } D(t) &= S(i) (D \tan \text{GS angle} - \text{Actual Clearance}) \\ &= (50) \times (2345 \times .04366) - 80 \\ &= 50 \times (102-80) \\ &= 50 \times 22 = 1100 \text{ feet. Requires displacement of threshold 100 feet.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D (\text{in Zone 2}) &= \frac{\text{Obstacle Height} + 20}{.02} \\ &= \frac{228 + 20}{.02} = 12,400' \end{aligned}$$

Since the new D_1 is greater than 10,975', this movement of the GS would cause the obstacle to fall in Zone 3. Therefore, further analysis would require Zone 3 treatment.

(2) Zone 2. Violation could be corrected by:

(a) Raising the GS angle.

$$\begin{aligned} \text{Minimum GS angle} &= \frac{\text{ROC} + \text{Obstacle height}}{D} \\ (\text{arc tan}) &= \frac{236 + 228}{9145} \\ &= .05074 (\text{arc tan}) \end{aligned}$$

Table of tangents shows the angle for .05074 to be 2.91 degrees.

$$\begin{aligned} D (\text{in Zone 3}) &= \frac{\text{Obstacle Height} + 75}{.025} \\ &= \frac{228 + 75}{.025} = \frac{303}{.025} \end{aligned}$$

$$D = 12120'$$

$$\begin{aligned} \text{Minimum } D_1 &= D - 8000 \\ &= 12120 - 8000 \\ &= 4120 \text{ feet} \end{aligned}$$

(b) Or, by retaining the 2.5 degree glide slope and increasing the distance D_1 between the

It should be noted that once the GPI is changed a recalculation of all ROC's must be performed and a new sketch made.

However, for the purpose of this analysis the new ROC for this obstacle will be computed and checked.

$$\begin{aligned} \text{ROC} &= .01866D + 78 = (.01866 \times 12120) + 78 \\ &= 226' + 78 \\ &= 301' \end{aligned}$$

Actual Clearance

$$\begin{aligned} C &= D (\tan \text{GS angle}) - \text{obstacle height} \\ &= (12120 \times .04366) - 228 \\ &= 529 - 228 \\ &= 301' \end{aligned}$$

e. Conclusions. The above analysis shows that one of the following must be done to satisfy the Zone 1 and 2 ROC criteria, while limiting the glide slope angle to a maximum of 3 degrees and the TCH to a maximum of 60 feet:

(1) Increase the GS angle to 2.91 degrees without changing the position of the GPI. This will also increase the TCH to 58.2 feet:

$$\begin{aligned} \text{TCH} &= D_1 (\tan \text{GS angle}) \\ &= 1145 \times .05084 \\ &= \underline{58.2 \text{ feet.}} \end{aligned}$$

(2) Change the GS angle and reselect the GPI as follows: See Paragraph 11.d.(2)(b) above.

(a) When the GS angle is 3 degrees, the minimum D_1 to clear obstacles in Zones 1 and 2 would be 833 feet. However, this would provide a TCH of only 44.7 feet, which is below that desired.

(b) When the GS angle is 3 degrees and D_1 is 954 feet, a TCH of 50 feet is obtained. A recalculation of the ROC in Zone 3 will be required if this solution is chosen since D was decreased from the original.

(c) When the GS angle is 2.95 degrees and the minimum D_1 is 1004 feet, a TCH of 51.7 feet is obtained. A recalculation of the Zone 3 ROC will also be required if this solution is chosen.

(d) When the GS angle is 2.9 degrees and the minimum D_1 is 1159 feet, a TCH of 58.7 feet is obtained. It will also satisfy ROC requirements in Zone 3.

f. Recommendation. By analysis of the various solutions it can be concluded that the GS angle of 2.95, D_1 of 1004 feet, and TCH of 51.7 feet found in 11.e.(2)(c) above would provide the best solution since it satisfies the TCH requirement and all obstacle clearance requirements as well. Therefore, it is offered as the best recommendation.

1. REFERENCES

c. FAA Directives.

a. Federal Aviation Regulations.

- FAR 77 Objects Affecting Navigable
Airspace.
- FAR 97 Standard Instrument Approach
Procedures.
- FAR 121 Certification & Operations: Air
Carriers and Commercial Opera-
tors of Large Aircraft.
- FAR 171 Non-Federal Navigation
Facilities.

b. FAA Advisory Circulars.

- AC 70/7460-1D Obstruction Marking and
Lighting.
- AC 90-45A Approval of Area Navigation
Systems for Use in the U.S. Na-
tional Airspace System.
- AC 90-70 Straight-in nonprecision instru-
ment approach procedures vi-
sual descent point (VDP).
- AC 91-14B Altimeter Setting Sources
- AC 91-16 Category II Operations - Gen-
eral Aviation Airplanes.
- AC 95-1 Airway and Route Obstruction
Clearances.
- AC 120-28A Criteria for Approval of Cate-
gory IIIa Landing Weather
Minima.
- AC 120-29 Criteria for Approving Category
I and Category II Landing Min-
ima for FAR 121 Operators.
- AC 150/5300-2C Airport Design Standards - Site
Requirements for Terminal Nav-
igational Facilities.
- AC 150/5340-1D Marking of Paved Areas on
Airports.
- AC 150/5340-4B Installation Details for Runway
Centerline and TDZ Lighting
Systems.
- AC 150/5340-13B High Intensity Lighting
Systems.
- AC 150/5340-14B Economy Approach Lighting
Aids.
- AC 150/5340-16B MIRL System and Visual Ap-
proach Slope Indicators for Util-
ity Airports.

- 1010.3A Selection Order; Runway CL &
TDZ Lighting.
- 1010.11 Selection Order; Separation of
Parallel Runways for Simultane-
ous ILS Approaches.
- 1010.39A Selection Order; Category II
ALS.
- 1010.43 Selection Order; MALS.
- 1010.52 Selection Order; Lead-In Light-
ing System.
- 1010.55 Selection Order; US National
Aviation System for the VOR-
TAC System.
- 6700.1 Non-Federal Navigational
Facilities.
- 6700.10B Non-Federal Navigational
Facilities.
- 6700.12B Criteria for FAA Assumption of
Non-federal Navigational and
Air Traffic Control Facilities.
- 6850.2 Visual Guidance Lighting
System.
- 6990.3 Implementation of Standard
FAA STD-008 "Siting and In-
stallation Standards for RVR
Equipment for Category I & II
Operations."
- 7130.3 Holding Pattern Criteria.
- 7230.13 U.S. Air Force Special Training
Instrument Approach
Procedures.
- 7232.5D Reduced Hours of Operation for
Airport Traffic Control Towers.
- 7400.2B Procedures for Handling Air-
space Cases.
- OA P 8200.1 U.S. Standard Flight Inspection
Manual.
- 8200.28A Simplified Directional Facilities.
- 8260.1 Designated RVR Runway.
- 8260.15A U.S. Army Terminal Instrument
Procedures Service.
- 8260.18A Establishing Requirements for
Visual Approach Aids.
- 8260.19 Flight Procedures and Airspace.
- 8260.24B Category I ILS Threshold Cross-
ing Height.

8260.26	Establishing and Scheduling Instrument Approach Procedure Effective Dates	8430.6A	Air Carrier Operations Inspector's Manual.
8260.27	Effect of Runway Markings on SIAP Visibility Minimums.	8430.10B	IFR Approval of Private-Use Microwave Landing Systems.
8260.28	IFR Approval of the Interim Standard Microwave Landing System (ISMLS).	<i>d. Other</i>	
8430.1A	Operations Inspection & Surveillance Procedures - Air Taxi Operators & Commercial Operators of Small Aircraft.	IACC No. 4	U.S. Government Specifications for Flight Information Publications - Low Altitude Instrument Approach Procedure.

1. TABLE OF TANGENTS

Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent
0.0 =	.00000	1.36 =	.02374	1.82 =	.03178	2.28 =	.03981
0.1 =	.00175	1.37 =	.02392	1.83 =	.03195	2.29 =	.03999
0.2 =	.00349	1.38 =	.02409	1.84 =	.03213	2.3 =	.04016
0.3 =	.00524	1.39 =	.02426	1.85 =	.03230	2.31 =	.04034
0.4 =	.00698	1.4 =	.02444	1.86 =	.03247	2.32 =	.04051
0.5 =	.00873	1.41 =	.02461	1.87 =	.03265	2.33 =	.04069
0.6 =	.01047	1.42 =	.02479	1.88 =	.03282	2.34 =	.04086
0.7 =	.01222	1.43 =	.02496	1.89 =	.03300	2.35 =	.04104
0.8 =	.01396	1.44 =	.02514	1.9 =	.03317	2.36 =	.04121
0.9 =	.01571	1.45 =	.02531	1.91 =	.03335	2.37 =	.04139
1.0 =	.01746	1.46 =	.02549	1.92 =	.03352	2.38 =	.04156
1.01 =	.01763	1.47 =	.02566	1.93 =	.03370	2.39 =	.04174
1.02 =	.01780	1.48 =	.02584	1.94 =	.03387	2.4 =	.04191
1.03 =	.01798	1.49 =	.02601	1.95 =	.03405	2.41 =	.04209
1.04 =	.01815	1.5 =	.02619	1.96 =	.03422	2.42 =	.04226
1.05 =	.01833	1.51 =	.02636	1.97 =	.03440	2.43 =	.04244
1.06 =	.01850	1.52 =	.02654	1.98 =	.03457	2.44 =	.04261
1.07 =	.01868	1.53 =	.02671	1.99 =	.03475	2.45 =	.04279
1.08 =	.01885	1.54 =	.02688	2.0 =	.03492	2.46 =	.04296
1.09 =	.01903	1.55 =	.02706	2.01 =	.03510	2.47 =	.04314
1.1 =	.01920	1.56 =	.02723	2.02 =	.03527	2.48 =	.04331
1.11 =	.01938	1.57 =	.02741	2.03 =	.03545	2.49 =	.04349
1.12 =	.01955	1.58 =	.02758	2.04 =	.03562	2.5 =	.04366
1.13 =	.01972	1.59 =	.02776	2.05 =	.03579	2.51 =	.04384
1.14 =	.01990	1.6 =	.02793	2.06 =	.03597	2.52 =	.04401
1.15 =	.02007	1.61 =	.02811	2.07 =	.03614	2.53 =	.04419
1.16 =	.02025	1.62 =	.02828	2.08 =	.03632	2.54 =	.04436
1.17 =	.02042	1.63 =	.02846	2.09 =	.03649	2.55 =	.04454
1.18 =	.02060	1.64 =	.02863	2.1 =	.03667	2.56 =	.04471
1.19 =	.02077	1.65 =	.02881	2.11 =	.03684	2.57 =	.04489
1.2 =	.02095	1.66 =	.02898	2.12 =	.03702	2.58 =	.04506
1.21 =	.02112	1.67 =	.02916	2.13 =	.03719	2.59 =	.04523
1.22 =	.02130	1.68 =	.02933	2.14 =	.03737	2.6 =	.04541
1.23 =	.02147	1.69 =	.02950	2.15 =	.03754	2.61 =	.04558
1.24 =	.02165	1.7 =	.02968	2.16 =	.03772	2.62 =	.04576
1.25 =	.02182	1.71 =	.02985	2.17 =	.03789	2.63 =	.04593
1.26 =	.02199	1.72 =	.03003	2.18 =	.03807	2.64 =	.04611
1.27 =	.02217	1.73 =	.03020	2.19 =	.03824	2.65 =	.04628
1.28 =	.02234	1.74 =	.03038	2.2 =	.03842	2.66 =	.04646
1.29 =	.02252	1.75 =	.03055	2.21 =	.03859	2.67 =	.04663
1.30 =	.02269	1.76 =	.03073	2.22 =	.03877	2.68 =	.04681
1.31 =	.02287	1.77 =	.03090	2.23 =	.03894	2.69 =	.04698
1.32 =	.02304	1.78 =	.03108	2.24 =	.03912	2.7 =	.04716
1.33 =	.02322	1.79 =	.03125	2.25 =	.03929	2.71 =	.04733
1.34 =	.02339	1.8 =	.03143	2.26 =	.03946	2.72 =	.04751
1.35 =	.02357	1.81 =	.03160	2.27 =	.03964	2.73 =	.04768

Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent
2.74=	.04786	3.22=	.05626	3.7 =	.06467	4.18=	.07308
2.75=	.04803	3.23=	.05643	3.71=	.06484	4.19=	.07326
2.76=	.04821	3.24=	.05661	3.72=	.06502	4.2 =	.07344
2.77=	.04838	3.25=	.05678	3.73=	.06519	4.21=	.07361
2.78=	.04856	3.26=	.05696	3.74=	.06537	4.22=	.07379
2.79=	.04873	3.27=	.05713	3.75=	.06554	4.23=	.07396
2.8 =	.04891	3.28=	.05731	3.76=	.06572	4.24=	.07414
2.81=	.04908	3.29=	.05748	3.77=	.06589	4.25=	.07431
2.82=	.04926	3.3 =	.05766	3.78=	.06607	4.26=	.07449
2.83=	.04943	3.31=	.05783	3.79=	.06624	4.27=	.07466
2.84=	.04961	3.32=	.05801	3.8 =	.06642	4.28=	.07484
2.85=	.04978	3.33=	.05818	3.81=	.06660	4.29=	.07501
2.86=	.04996	3.34=	.05836	3.82=	.06677	4.3 =	.07519
2.87=	.05013	3.35=	.05854	3.83=	.06695	4.31=	.07537
2.88=	.05031	3.36=	.05871	3.84=	.06712	4.32=	.07554
2.89=	.05048	3.37=	.05889	3.85=	.06730	4.33=	.07572
2.9 =	.05066	3.38=	.05906	3.86=	.06747	4.34=	.07589
2.91=	.05083	3.39=	.05924	3.87=	.06765	4.35=	.07607
2.92=	.05101	3.4 =	.05941	3.88=	.06782	4.36=	.07624
2.93=	.05118	3.41=	.05959	3.89=	.06800	4.37=	.07642
2.94=	.05136	3.42=	.05976	3.9 =	.06817	4.38=	.07659
2.95=	.05153	3.43=	.05994	3.91=	.06835	4.39=	.07677
2.96=	.05171	3.44=	.06011	3.92=	.06852	4.4 =	.07695
2.97=	.05188	3.45=	.06029	3.93=	.06870	4.41=	.07712
2.98=	.05206	3.46=	.06046	3.94=	.06887	4.42=	.07730
2.99=	.05223	3.47=	.06064	3.95=	.06905	4.43=	.07747
3.0 =	.05241	3.48=	.06081	3.96=	.06923	4.44=	.07765
3.01=	.05258	3.49=	.06099	3.97=	.06940	4.45=	.07782
3.02=	.05276	3.5 =	.06116	3.98=	.06958	4.46=	.07800
3.03=	.05293	3.51=	.06134	3.99=	.06975	4.47=	.07817
3.04=	.05311	3.52=	.06151	4.0 =	.06993	4.48=	.07835
3.05=	.05328	3.53=	.06169	4.01=	.07010	4.49=	.07853
3.06=	.05346	3.54=	.06186	4.02=	.07028	4.5 =	.07870
3.07=	.05363	3.55=	.06204	4.03=	.07045	4.51=	.07888
3.08=	.05381	3.56=	.06221	4.04=	.07063	4.52=	.07905
3.09=	.05398	3.57=	.06239	4.05=	.07080	4.53=	.07923
3.1 =	.05416	3.58=	.06256	4.06=	.07098	4.54=	.07940
3.11=	.05433	3.59=	.06274	4.07=	.07115	4.55=	.07958
3.12=	.05451	3.6 =	.06291	4.08=	.07133	4.56=	.07976
3.13=	.05468	3.61=	.06309	4.09=	.07151	4.57=	.07993
3.14=	.05486	3.62=	.06327	4.1 =	.07168	4.58=	.08011
3.15=	.05503	3.63=	.06344	4.11=	.07186	4.59=	.08028
3.16=	.05521	3.64=	.06362	4.12=	.07203	4.6 =	.08046
3.17=	.05538	3.65=	.06379	4.13=	.07221	4.61=	.08063
3.18=	.05556	3.66=	.06397	4.14=	.07238	4.62=	.08081
3.19=	.05573	3.67=	.06414	4.15=	.07256	4.63=	.08099
3.2 =	.05591	3.68=	.06432	4.16=	.07273	4.64=	.08116
3.21=	.05608	3.69=	.06449	4.17=	.07291	4.65=	.08134

Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent
4.66=	.08151	5.14=	.08995	5.62=	.09840	6.1 =	.10687
4.67=	.08169	5.15=	.09013	5.63=	.09858	6.11=	.10705
4.68=	.08186	5.16=	.09030	5.64=	.09876	6.12=	.10722
4.69=	.08204	5.17=	.09048	5.65=	.09893	6.13=	.10740
4.7 =	.08221	5.18=	.09066	5.66=	.09911	6.14=	.10758
4.71=	.08239	5.19=	.09083	5.67=	.09928	6.15=	.10775
4.72=	.08257	5.2 =	.09101	5.68=	.09946	6.16=	.10793
4.73=	.08274	5.21=	.09118	5.69=	.09964	6.17=	.10811
4.74=	.08292	5.22=	.09136	5.7 =	.09981	6.18=	.10828
4.75=	.08309	5.23=	.09154	5.71=	.09999	6.19=	.10846
4.76=	.08327	5.24=	.09171	5.72=	.10017	6.2 =	.10863
4.77=	.08345	5.25=	.09189	5.73=	.10034	6.21=	.10881
4.78=	.08362	5.26=	.09206	5.74=	.10052	6.22=	.10899
4.79=	.08380	5.27=	.09224	5.75=	.10069	6.23=	.10916
4.8 =	.08397	5.28=	.09242	5.76=	.10087	6.24=	.10934
4.81=	.08415	5.29=	.09259	5.77=	.10105	6.25=	.10952
4.82=	.08432	5.3 =	.09277	5.78=	.10122	6.26=	.10969
4.83=	.08450	5.31=	.09294	5.79=	.10140	6.27=	.10987
4.84=	.08468	5.32=	.09312	5.8 =	.10158	6.28=	.11005
4.85=	.08485	5.33=	.09330	5.81=	.10175	6.29=	.11022
4.86=	.08503	5.34=	.09347	5.82=	.10193	6.3 =	.11040
4.87=	.08520	5.35=	.09365	5.83=	.10211	6.31=	.11058
4.88=	.08538	5.36=	.09382	5.84=	.10228	6.32=	.11075
4.89=	.08555	5.37=	.09400	5.85=	.10246	6.33=	.11093
4.9 =	.08573	5.38=	.09418	5.86=	.10263	6.34=	.11111
4.91=	.08591	5.39=	.09435	5.87=	.10281	6.35=	.11128
4.92=	.08608	5.4 =	.09453	5.88=	.10299	6.36=	.11146
4.93=	.08626	5.41=	.09470	5.89=	.10316	6.37=	.11164
4.94=	.08643	5.42=	.09488	5.9 =	.10334	6.38=	.11181
4.95=	.08661	5.43=	.09506	5.91=	.10352	6.39=	.11199
4.96=	.08679	5.44=	.09523	5.92=	.10369	6.4 =	.11217
4.97=	.08696	5.45=	.09541	5.93=	.10387	6.41=	.11234
4.98=	.08714	5.46=	.09558	5.94=	.10405	6.42=	.11252
4.99=	.08731	5.47=	.09576	5.95=	.10422	6.43=	.11270
5.0 =	.08749	5.48=	.09594	5.96=	.10440	6.44=	.11287
5.01=	.08766	5.49=	.09611	5.97=	.10457	6.45=	.11305
5.02=	.08784	5.5 =	.09629	5.98=	.10475	6.46=	.11323
5.03=	.08802	5.51=	.09647	5.99=	.10493	6.47=	.11341
5.04=	.08819	5.52=	.09664	6.0 =	.10510	6.48=	.11358
5.05=	.08837	5.53=	.09682	6.01=	.10528	6.49=	.11376
5.06=	.08854	5.54=	.09699	6.02=	.10546	6.5 =	.11394
5.07=	.08872	5.55=	.09717	6.03=	.10563	6.51=	.11411
5.08=	.08890	5.56=	.09735	6.04=	.10581	6.52=	.11429
5.09=	.08907	5.57=	.09752	6.05=	.10599	6.53=	.11447
5.1 =	.08925	5.58=	.09770	6.06=	.10616	6.54=	.11464
5.11=	.08942	5.59=	.09787	6.07=	.10634	6.55=	.11482
5.12=	.08960	5.6 =	.09805	6.08=	.10652	6.56=	.11500
5.13=	.08978	5.61=	.09823	6.09=	.10669	6.57=	.11517

Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent
6.58=	.11535	7.06=	.12385	7.54=	.13236	8.02=	.14090
6.59=	.11553	7.07=	.12402	7.55=	.13254	8.03=	.14107
6.6 =	.11570	7.08=	.12420	7.56=	.13272	8.04=	.14125
6.61=	.11588	7.09=	.12438	7.57=	.13290	8.05=	.14143
6.62=	.11606	7.1 =	.12456	7.58=	.13307	8.06=	.14161
6.63=	.11623	7.11=	.12473	7.59=	.13325	8.07=	.14179
6.64=	.11641	7.12=	.12491	7.6 =	.13343	8.08=	.14196
6.65=	.11659	7.13=	.12509	7.61=	.13361	8.09=	.14214
6.66=	.11677	7.14=	.12527	7.62=	.13378	8.1 =	.14232
6.67=	.11694	7.15=	.12544	7.63=	.13396	8.11=	.14250
6.68=	.11712	7.16=	.12562	7.64=	.13414	8.12=	.14268
6.69=	.11730	7.17=	.12580	7.65=	.13432	8.13=	.14286
6.7 =	.11747	7.18=	.12597	7.66=	.13449	8.14=	.14303
6.71=	.11765	7.19=	.12615	7.67=	.13467	8.15=	.14321
6.72=	.11783	7.2 =	.12633	7.68=	.13485	8.16=	.14339
6.73=	.11800	7.21=	.12651	7.69=	.13503	8.17=	.14357
6.74=	.11818	7.22=	.12668	7.7 =	.13521	8.18=	.14375
6.75=	.11836	7.23=	.12686	7.71=	.13538	8.19=	.14392
6.76=	.11853	7.24=	.12704	7.72=	.13556	8.2 =	.14410
6.77=	.11871	7.25=	.12722	7.73=	.13574	8.21=	.14428
6.78=	.11889	7.26=	.12739	7.74=	.13592	8.22=	.14446
6.79=	.11907	7.27=	.12757	7.75=	.13609	8.23=	.14464
6.8 =	.11924	7.28=	.12775	7.76=	.13627	8.24=	.14481
6.81=	.11942	7.29=	.12793	7.77=	.13645	8.25=	.14499
6.82=	.11960	7.3 =	.12810	7.78=	.13663	8.26=	.14517
6.83=	.11977	7.31=	.12828	7.79=	.13681	8.27=	.14535
6.84=	.11995	7.32=	.12846	7.8 =	.13698	8.28=	.14553
6.85=	.12013	7.33=	.12864	7.81=	.13716	8.29=	.14571
6.86=	.12031	7.34=	.12881	7.82=	.13734	8.3 =	.14588
6.87=	.12048	7.35=	.12899	7.83=	.13752	8.31=	.14606
6.88=	.12066	7.36=	.12917	7.84=	.13769	8.32=	.14624
6.89=	.12084	7.37=	.12934	7.85=	.13787	8.33=	.14642
6.9 =	.12101	7.38=	.12952	7.86=	.13805	8.34=	.14660
6.91=	.12119	7.39=	.12970	7.87=	.13823	8.35=	.14678
6.92=	.12137	7.4 =	.12988	7.88=	.13841	8.36=	.14695
6.93=	.12154	7.41=	.13005	7.89=	.13858	8.37=	.14713
6.94=	.12172	7.42=	.13023	7.9 =	.13876	8.38=	.14731
6.95=	.12190	7.43=	.13041	7.91=	.13894	8.39=	.14749
6.96=	.12208	7.44=	.13059	7.92=	.13912	8.4 =	.14767
6.97=	.12225	7.45=	.13076	7.93=	.13930	8.41=	.14785
6.98=	.12243	7.46=	.13094	7.94=	.13947	8.42=	.14802
6.99=	.12261	7.47=	.13112	7.95=	.13965	8.43=	.14820
7.0 =	.12278	7.48=	.13130	7.96=	.13983	8.44=	.14838
7.01=	.12296	7.49=	.13147	7.97=	.14001	8.45=	.14856
7.02=	.12314	7.5 =	.13165	7.98=	.14018	8.46=	.14874
7.03=	.12332	7.51=	.13183	7.99=	.14036	8.47=	.14892
7.04=	.12349	7.52=	.13201	8.0 =	.14054	8.48=	.14909
7.05=	.12367	7.53=	.13219	8.01=	.14072	8.49=	.14927

Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent	Degrees	Tangent
8.5 =	.14945	8.63 =	.15177	8.76 =	.15409	8.89 =	.15642
8.51 =	.14963	8.64 =	.15195	8.77 =	.15427	8.9 =	.15660
8.52 =	.14981	8.65 =	.15213	8.78 =	.15445	8.91 =	.15677
8.53 =	.14999	8.66 =	.15231	8.79 =	.15463	8.92 =	.15695
8.54 =	.15016	8.67 =	.15249	8.8 =	.15481	8.93 =	.15713
8.55 =	.15034	8.68 =	.15266	8.81 =	.15499	8.94 =	.15731
8.56 =	.15052	8.69 =	.15284	8.82 =	.15517	8.95 =	.15749
8.57 =	.15070	8.7 =	.15302	8.83 =	.15534	8.96 =	.15767
8.58 =	.15088	8.71 =	.15320	8.84 =	.15552	8.97 =	.15785
8.59 =	.15106	8.72 =	.15338	8.85 =	.15570	8.98 =	.15803
8.6 =	.15124	8.73 =	.15356	8.86 =	.15588	8.99 =	.15821
8.61 =	.15141	8.74 =	.15374	8.87 =	.15606	9.0 =	.15838
8.62 =	.15159	8.75 =	.15392	8.88 =	.15624		

1. APPROACH LIGHTING. Existing approach lighting other than the U.S. standard installations may be considered equivalent to the standard systems for the purpose of continued use provided certain characteristics exist, as stated in Paragraph 344, for the development of minimums authorizations for MILITARY procedures. This appendix is offered as a guide to the determination of equivalency.

2. STANDARD ALS. Type ALSF - I*.

a. System Description. The standard U.S. ALS consists of a number of light bars installed symmetrically about the extended runway centerline starting at the landing threshold and extending a distance of 3000 feet outward into the approach zone. The longitudinal spacing of these light bars is 100 feet. The configurational layout, dimensions, and aiming details are depicted in FAA Handbook 6850.2. The system provides roll guidance, a distinctive marker at 1000 feet, and a distinctive threshold. See Figure 134. The U.S. military 200-watt Approach Light Systems (ALS) are equivalent to the U.S. Standard Approach Light Systems (ALSF - I).

b. Equivalent Systems. When the characteristics described in 2.a. above exist in the following systems, the appropriate visibility reductions may be applied to MILITARY instrument approach procedures and FAR 121 operations at foreign airports.

Type*	Description
B	U.S. Configuration B.
BN	NATO Standard C.
G	Navy Composite (U.S.)
J	Calvert (British)
O	Centerline High Intensity (Europe)
T	Centre Row DOT Standard High Intensity (Canada)

*See Paragraph 2 note.

NOTE: "Type" refers to the system identification letters assigned to approach lighting as shown in the Interagency Air Cartographic Committee (IACC) Specification IACC No. 4. These identification let-

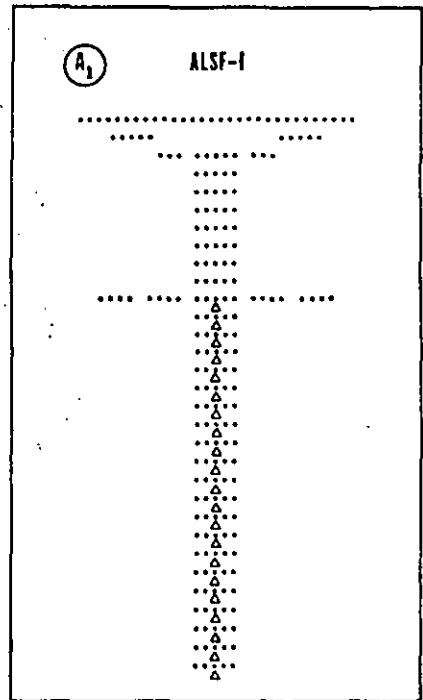


Figure 134. STANDARD U.S. ALS TYPE A1. Par 2, Appendix 5.

ters are shown on the Approach Lighting Legend Sheets published with Civil and Military Instrument Approach Procedures. See Figure 135.

3. SALS. Type A2.

a. System Description. The Short Approach Light System (SALS) is an installation which consists of the inner 1500 feet of the standard ALS Type A1 described in Paragraph 2 of this appendix. The system provides roll guidance, a distinctive marker at 1000 feet from the threshold, and a distinctive threshold. See Figure 136.

b. Equivalent Systems. When the characteristics described in Paragraph 3.a. above exist in the following systems, the appropriate visibility reductions may be applied to MILITARY instrument approach procedures and to FAR 121 operations at foreign airports. See also FAA Handbook 8430.6A Par 459.e.(2). See Figure 137.

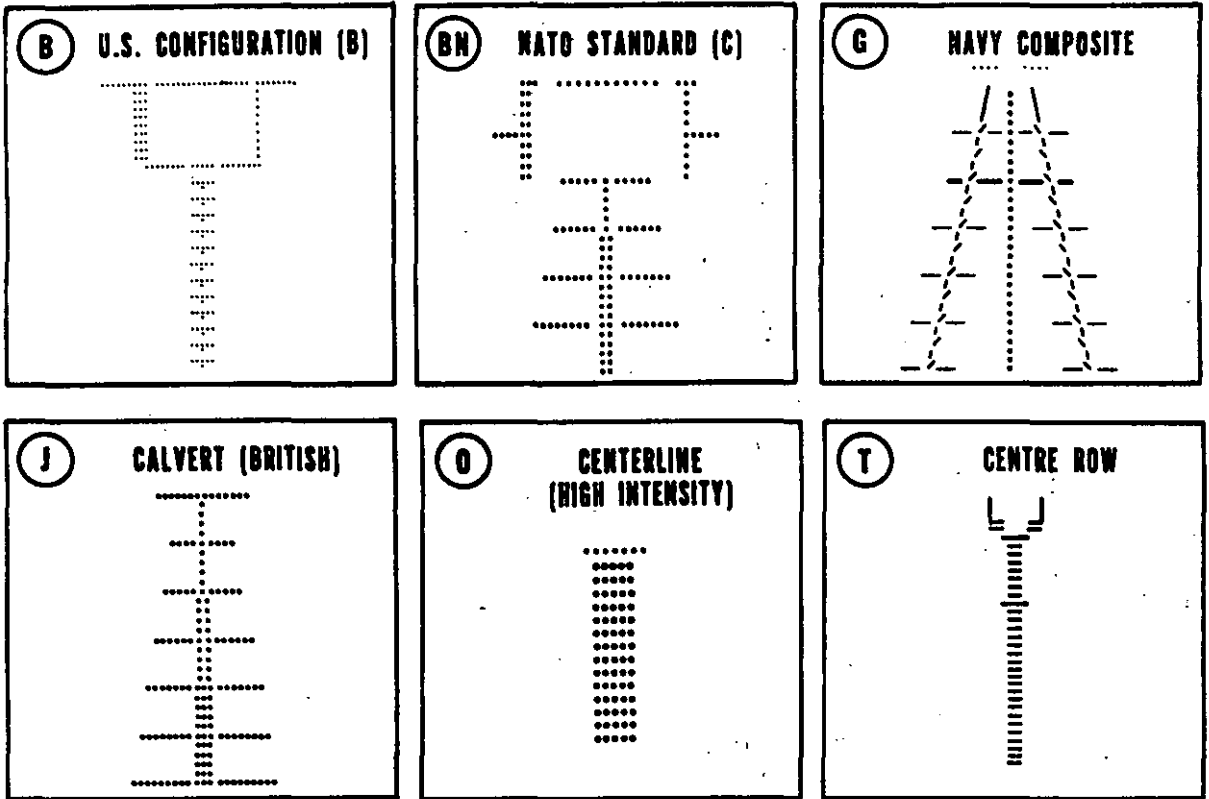


Figure 135. SYSTEMS EQUIVALENT TO U.S. STANDARD A₁. Par 3, App. 5.

A₂

SALS

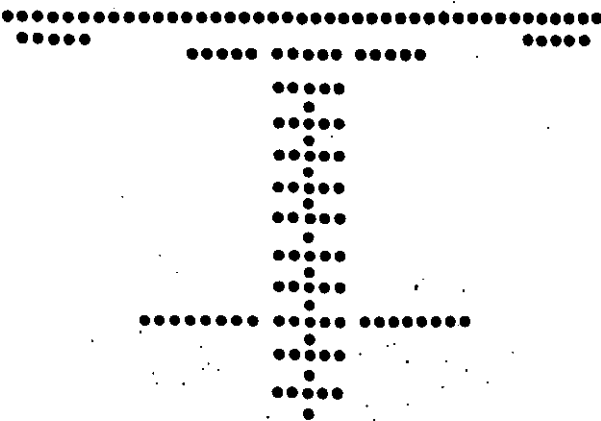


Figure 136. U.S. SHORT ALS (SALS) A₂

Type* Description

BL	Centre Row Navy High Intensity (Canada)
BO	Centre Row Modified Calvert (Canada)
BP	Centre and Double Row Interrupted Mod. Calvert (Canada)
BQ	Centre & Double Row RCAF Standard (Canada)
F	Left Row High Intensity (U.S.)

*See Paragraph 2 note.

4. SSALS:

a. *System Description.* The Simplified Short Approach Light System is a simplified version of the systems described in Paragraphs 2 and 3 of this

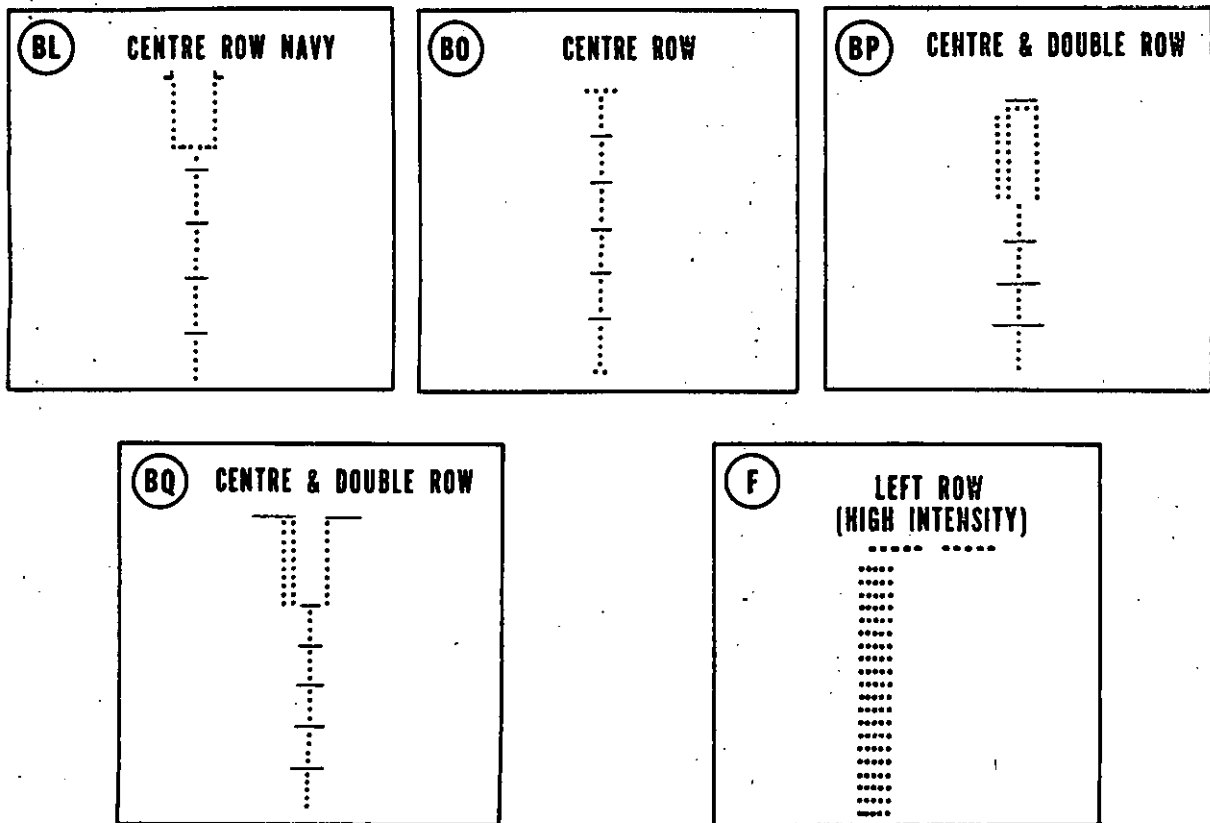


Figure 137. SYSTEMS EQUIVALENT TO U.S. A2. Par 3, App. 5.

appendix. It consists of seven light bars arranged symmetrically about the extended runway centerline, with the first bar located 200 feet out from the runway threshold and the remaining bars spaced at 200 foot intervals. The entire system thus extends approximately 1400 feet outward into the approach zone. Installation criteria may be found in Handbook 6850.2. Characteristics are directional guidance, some roll guidance, and an indication of the 1000 foot distance point from the runway threshold. See Figure 138.

b. *Equivalent Systems.* When the characteristics described in 4.a. above exist in the following systems, the appropriate visibility reductions may be applied to MILITARY instrument approach procedures. See Figure 139.

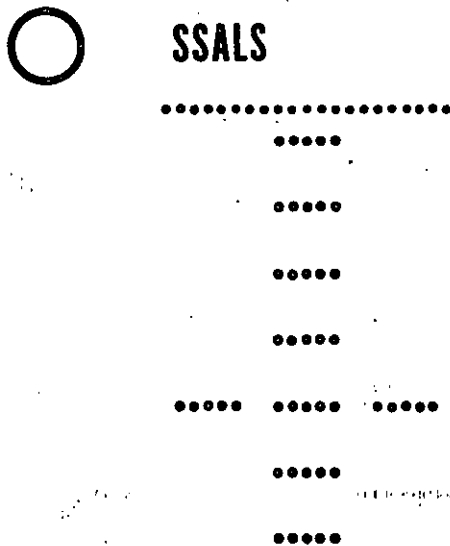


Figure 138. U.S. STANDARD SSALS.

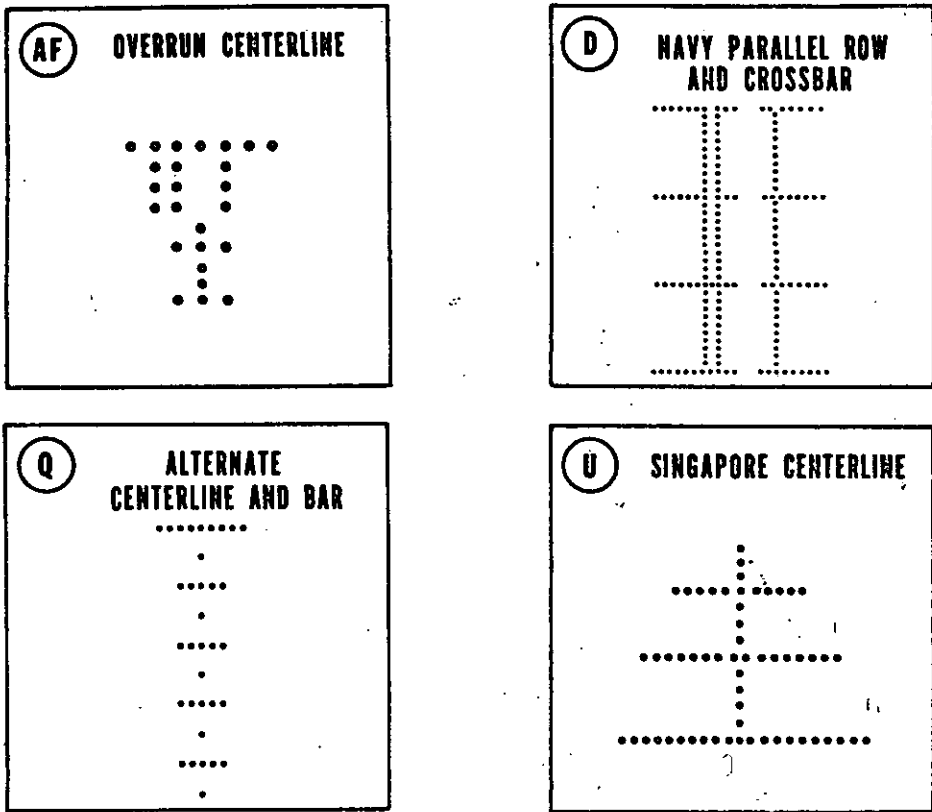


Figure 139. SYSTEMS EQUIVALENT TO U.S. (S)SALS. Par 4, App. 5.

Type*	Description
AF	Overrun Centerline High Intensity (Europe)
D	Navy Parallel Row and Crossbar (U.S.)
Q	Alternate Centerline and Bar (Europe)
U	Singapore Centerline (S.E. Asia)

*See Paragraph 2, Appendix 5 Note.

5. SSALR

a. *System Description.* This system consists of seven light bars and eight sequenced flasher lights which are arranged along the extended runway centerline as prescribed in Handbook 6850.2. The light bars are spaced at approximately 200 feet starting 200 feet (plus-or-minus 20) from the landing runway threshold. Flashers start approximately 200 feet from the farthest light bar and extend outward to make the total system extend approximately 3000

SSALR

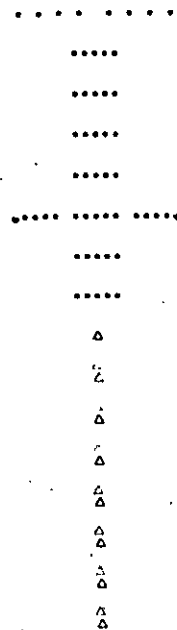


Figure 140. SSALR
Par 5, App. 5.

feet outward in the approach zone. Characteristics are directional guidance, some roll guidance, and an indication of the 1000 foot distance from the runway threshold.

b. Equivalent Systems. Systems equivalent to SSALR are the same as listed in Paragraph 3. of this Appendix and shown in Figure 137.

6. MALS.

a. System Description. The Medium Intensity ALS consists of seven light stations spaced 200 feet apart along the extended runway centerline. The first light is 200 feet from the threshold, the last 1400 feet outward into the approach zone. The system is essentially the same as the SSALS described in Paragraph 4, of this Appendix, except for a lower light intensity. Installation criteria may be found in Handbook 6850.2 and AC 150/5340-14B and description details in FAA Order 1010.43. Characteristics are directional guidance, some roll guidance, and an indicator of the 1000 foot distance from the runway threshold. See figure 141. The MALSF is the same as MALS but equipped with three sequenced flashers at locations where approach area identification problems exist. In MALSF a flasher is located 1000', 1200' and 1400' from the runway threshold.

b. Equivalent Systems. When the characteristics described in Paragraph 6.a. above exist in the following systems, the appropriate visibility reductions may be applied to MILITARY instrument approach procedures. See Figure 142.

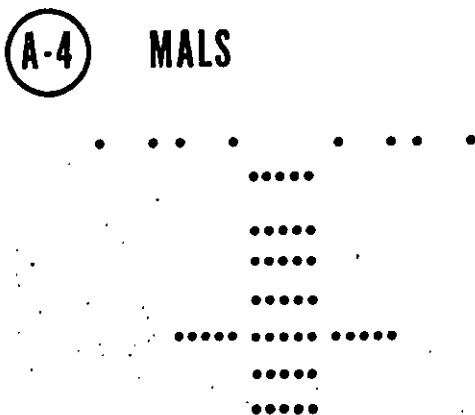


Figure 141. MEDIUM INTENSITY ALS. Par 6, App. 5.

Type* Description

AI	Centerline and Bar (South America)
BJ	Bulawayo Left Row Bars (Rhodesia)
C	Neon Ladder (U.S.)
E	Two Parallel Rows (U.S.)
I	Air Force Overrun (U.S.)
N	Narrow Multi-Cross (British)
R	Champagne Tree (Congo)
Y	Whenuapai Centerline and Bar (Australia-N.Z.)
Z	Nandi Pyramid (Fiji-N.Z.)

*See Paragraph 2 note.

7. RAIL.

a. System Description. The Runway Alignment Indicator Light System consists of a number of sequenced flashing lights installed on the extended runway centerline. The first light is installed approximately 200 feet outward from the runway threshold, and the light units extend outward from that point into the approach zone at approximately 200 foot intervals. It provides runway identification and directional guidance, but does not provide roll guidance or distance-from-threshold information. See Figure 143.

b. Equivalent Systems. When the characteristics described in 7.a. above exist in the following systems, the appropriate visibility reductions may be applied to MILITARY instrument approach procedures. See Figure 144.

Type* Description

AA	Palmerston Cross (New Zealand)
BD	Changi Double Cross (British)
BF	Centre Row RCAF (Canada)
BG	Left Single Row (Canada)
BR	Portable Approach Strokes (U.S.)
L	Left Single Row (Europe)
M	Single Row Centerline (Europe-Asia-South America)
S	Cross (Europe-Africa)
W	Cisneros Arrow (Spanish Sahara)
X	Centerline, Two Cross Bars (Europe-Africa)

*See Paragraph 2 note, this Appendix.

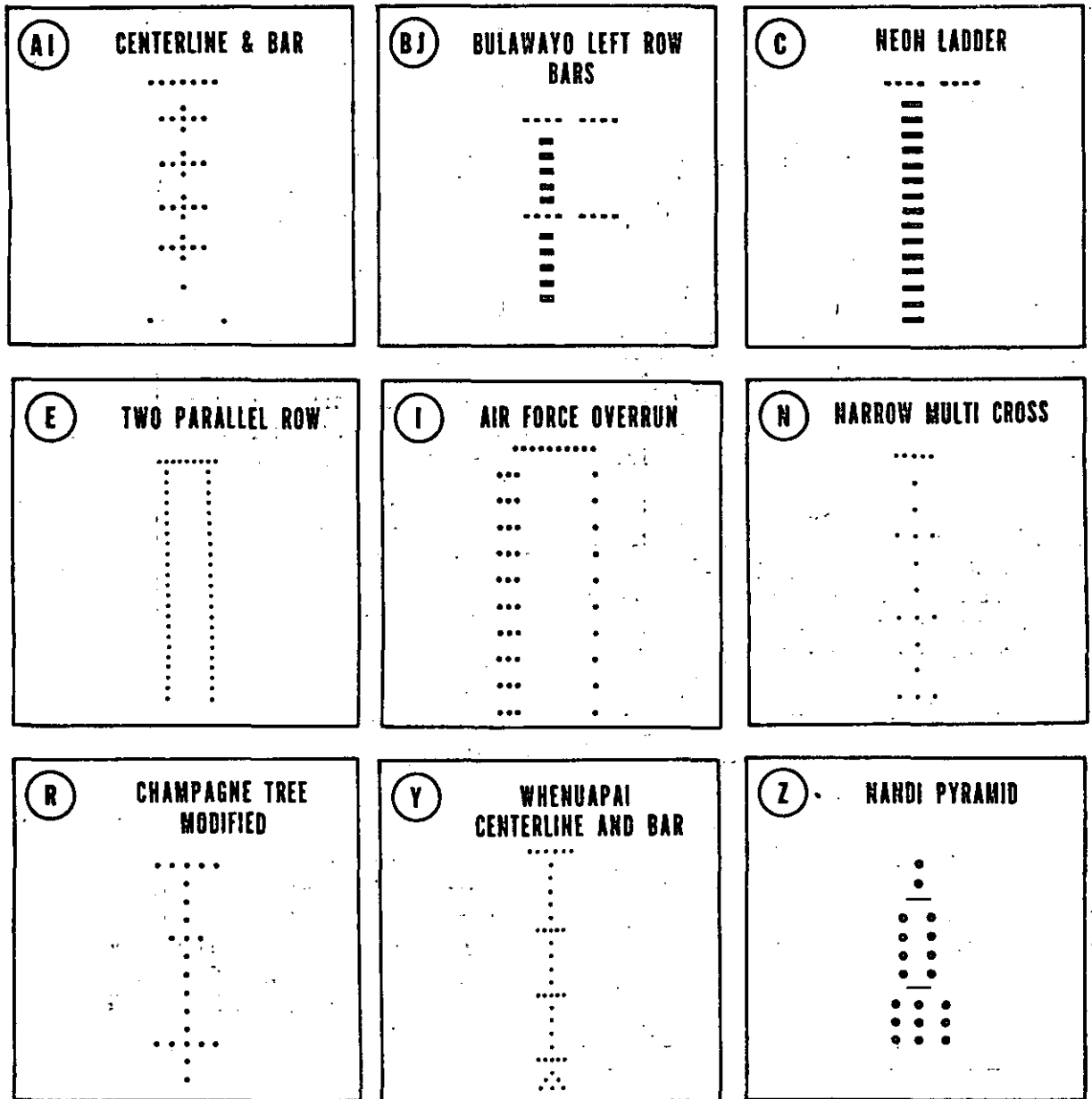


Figure 142. SYSTEMS EQUIVALENT TO U.S. MALS. Par 6, App. 5.

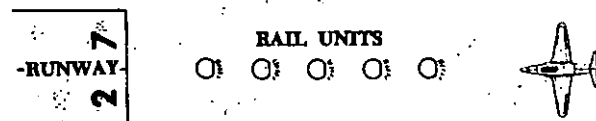


Figure 143. RUNWAY ALIGNMENT INDICATOR SYSTEM.
Par 7, App. 5.

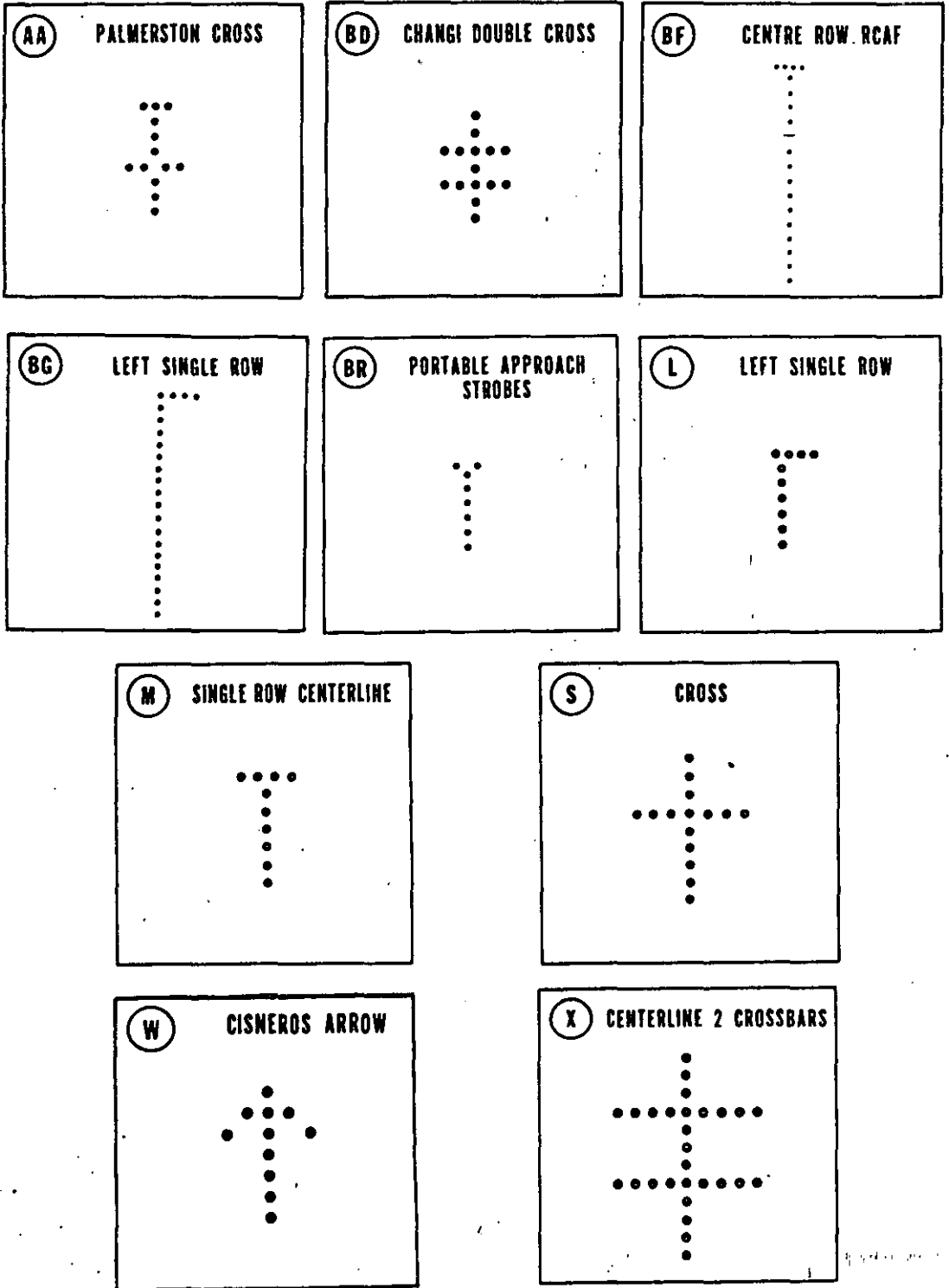


Figure 144. SYSTEMS EQUIVALENT TO U.S. RAIL. Par 7, App. 5.

8. LDIN.

a. *System Description.* The Lead-In-light system is a flashing (or distinctive) lighting system with light units in groups of at least three positioned in a curved path to a runway threshold. The system provides only directional information, with no usable distance information, and no roll guidance. Reduction on visibility for LDIN is not presently authorized. See Figure 145.

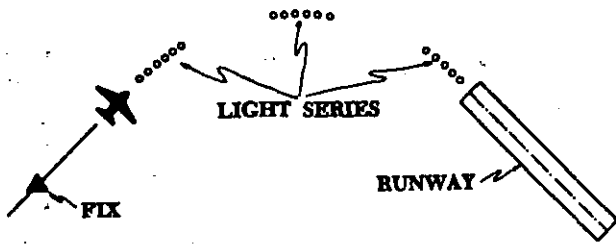


Figure 145. LEAD-IN LIGHT SYSTEM. Par 8, App. 5.

b. *Equivalent Systems.* The following systems are considered to be equivalent to the LDIN system. See Figure 146.

Type*	Description
AB	Bent Tee (New Zealand)
BE	Hong Kong Curve (British)

*See Paragraph 2 note, this appendix.

9. ILS CATEGORY II ALS. The approach lighting system for ILS Category II consists essentially of

a standard ALS as described in Paragraph 2 of this appendix, with the addition of red barrettes on each side of the centerline in the inner 1000 feet, a cross bar at 500 feet and at the 1000 foot distance from the threshold, and white rather than red centerline barrettes at 100 and 200 feet from the threshold. The system is detailed in FAA Order 1010.39A. See Figure 147.

10. MALSR This system consists of the standard MALS installation with the standard RAIL added beyond the MALS outermost light to extend the system to approximately 3000 feet. Installation criteria may be found in Handbook 6850.2. See Figure 148.

11. REIL. The Runway End Identifier Light System consists of a pair of condenser discharge fixtures identical to the sequenced flasher light system units utilized with the ALS, SSALS, and MALS. The optimum location for the fixtures is at the runway threshold, 40 feet out on each side, measured from the runway edge. System descriptions may be found in AC-150/5300-2C, AC-150/5340-14B, and Handbook OA P 8200.1. See Figure 149.

12. ODALS.

a. *System Description.* The system consists of seven strobe lights located in the approach area of a runway. Five of these strobes are located on the extended runway centerline starting 300 feet from the runway landing threshold and each 300-foot interval out to and including 1,500 feet from the threshold. The other two strobes are located on the sides of the runway landing threshold. The strobe

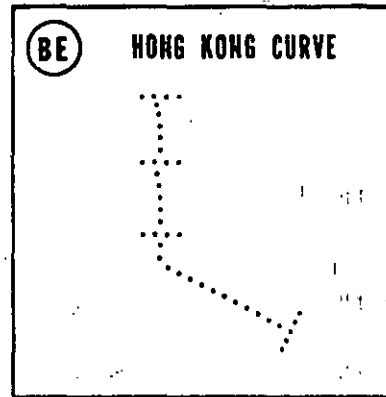
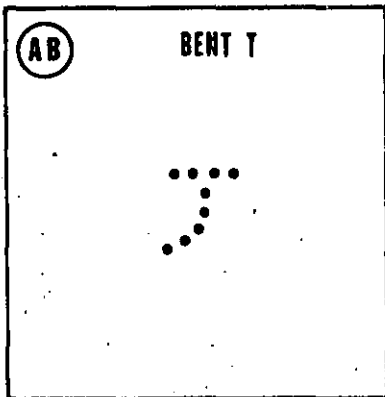


Figure 146. SYSTEMS EQUIVALENT TO THE U.S. LDIN. Par 8, App. 5.

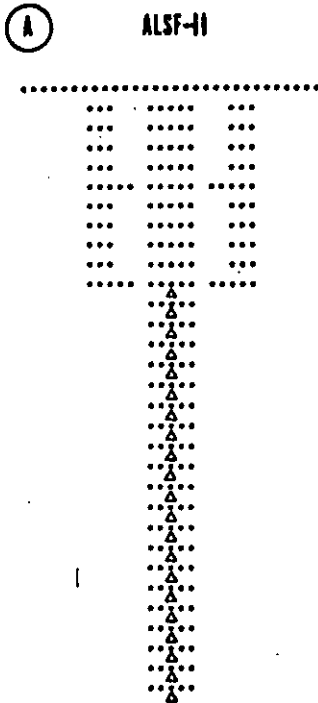


Figure 147. ILS CATEGORY II APPROACH LIGHTS (ALSF-II). Par 9, App. 5.

A-3 MALSR

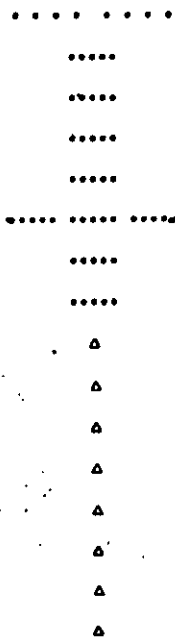


Figure 148. MALSR SYSTEM. Par 10, App. 5.

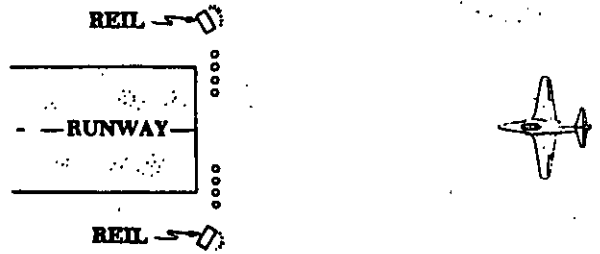


Figure 149. RUNWAY END IDENTIFIER LIGHTS. Par 11, App. 5.

lights flash in sequence toward the runway at a rate of once per second with the two units located at the runway end flashing simultaneously. The strobes have three intensity steps. See Figure 150.

13. HIRL. High Intensity Runway Lights are used to outline the edges of paved runways during periods of darkness and low visibility. The light units are elevated and equipped with lenses which project two main light beams. Standards for design, installation, and maintenance are found in AC-150/5340-13A.

14. MIRL. Medium Intensity Runway Lights are elevated and omnidirectional fixtures, with clear lenses. They may be used to light paved runways or unpaved landing strips. Standards for design, installation, and maintenance may be found in AC-150/5340-16A.

15. TDZ/CL. The runway centerline light system consists of bidirectional fixtures installed at 50 foot intervals from threshold to threshold. The touch-down Zone light system consists of 3000 feet of unidirectional three-light barrettes disposed symmetrically about the row of centerline lights. The barrettes are spaced longitudinally at 100 foot intervals. The system is similar to the in-runway portion of the military IVALA. Details of installation may be found in AC-150/5340-4B.

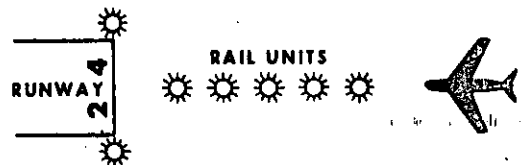


Figure 150. OMNIDIRECTIONAL APPROACH LIGHT SYSTEM (ODALS). Par 12, App. 5.

ALPHABETICAL INDEX

NDB Approach	.See NDB
NDB Procedures	.See NDB
AL	.A1-2
ALS	.A5-2
ALS for ILS Category II	.A5-9
ASR Procedures	.1040
Adjustment of DH, ILS	.938
Adjustment of DH, PAR	.1028
Adjustment to MDA	.323
Administrative Information	.Par 1
Air Force Procedures Issuance	.171
Air Traffic, Coordination of Procedures	.150
Airborne Radar	.1000, 1060
Airborne Receiver Performance	.Foreword
Air-ground Communications Required	.122
Airport Surveillance Radar	.See ASR
Airports, Requirements for Procedures	.122
Airspace Action, Coordination of Procedures	.150
Airspeeds, Units Used	.210
Alignment, Approach Course	.342
Alignment, Arc Initial Course	.232
Alignment, Arc Intermediate Approach Segment	.243
Alignment, ASR Diverse Vectors	.1041
Alignment, ASR Final	.1044
Alignment, ASR Initial	.1041
Alignment, ASR Intermediate	.1042
Alignment, Circling Final Approach Area	.260
Alignment, DF Final	.813
Alignment, DR Initial Approach Segment	.233
Alignment, Final Approach, VOR	.413, 423
Alignment, Holding	.291
Alignment, ILS Final	.930
Alignment, Initial and Intermediate Segments	.232
Alignment, L/MFR Final	.733
Alignment, Localizer	.952
Alignment, Missed Approach	.271
Alignment, NDB Final Approach	.613, 623, 713
Alignment of Initial Approach Segments	.232
Alignment Options, NDB Final	.613, 713
Alignment, PAR Final	.1020
Alignment, Procedure Turn Initial Approach Segment	.234
Alignment, Straight Initial Course	.232
Alignment, Straight Intermediate Approach Segments	.242
Alignment, Tacan Arc Final	.523
Alignment, Teardrop Penetration Initial Approach	.235
Alignment, VOR Final	.513
Alignment, VOR/DME Arc Final	.523

Alignment, Vortac Arc Final . . . . .	.523
ALSF-I . . . . .	.341
Alternate Minimums . . . . .	.360
Alternate Missed Approach Procedure . . . . .	.270
Altitude Difference, Procedure Turn Completion . . . . .	.234
Altitude, Emergency Safe . . . . .	.221
Altitude, Initial, ILS . . . . .	.924
Altitude, Intermediate Approach . . . . .	.924
Altitude Loss, Penetration Turn Initial Approach . . . . .	.235
Altitude, Minimum Descent	See MDA
Altitude, Minimum, Initial Approach . . . . .	.231
Altitude, Minimum Safe . . . . .	.221
Altitude, Minimum Safe, DF . . . . .	.810
Altitude, Minimum Sector . . . . .	.221
Altitude, Missed Approach . . . . .	.270
Altitude, Penetration Turn . . . . .	.423, 924
Altitude, Penetration Turn, DF . . . . .	.813
Altitude, Procedure Turn, NDB . . . . .	.613, 623
Altitude, Procedure Turn Completion . . . . .	.234
Altitude, Procedure Turn, DF . . . . .	.813
Altitude, Procedure Turn, ILS . . . . .	.924
Altitude Selection . . . . .	.231
Altitude Selection, ASR . . . . .	.1043
Altitude Selection, ILS . . . . .	.924
Altitude Selection, Initial Approach . . . . .	.231
Altitude Selection, Intermediate Approach . . . . .	.241
Altitude Selection, PAR . . . . .	.1016
Altitude Selection, Simultaneous ILS . . . . .	.994
Altitude, Units Used . . . . .	.210
Altitudes, Emergency Safe . . . . .	.221
Altitudes, Minimum Safe . . . . .	.221
Altitudes, Minimum Sector . . . . .	.221
Analysis of Obstacle Clearance	A2-12
Angle, Glide Slope, PAR . . . . .	.1026
Angle, ILS Glide Slope . . . . .	.936
Angle of Convergence, NDB Final . . . . .	.613
Angle of Divergence	A1-2
Angle of Divergence, Holding Fix . . . . .	.287
Angle of Divergence, Teardrop Procedure Turn . . . . .	.234
Angle of Intercept, DR Initial Segment . . . . .	.233
Angle of Intercept, PAR . . . . .	.1014
Angle of Interception, Initial and Intermediate Segments . . . . .	.232
Angle of Interception, Simultaneous ILS Localizer . . . . .	.994
Angle of Intersection, ILS . . . . .	.923
Antenna Mast Height, ILS . . . . .	.936
Application of Appendix	A1-1
Application of Approach Category . . . . .	.213
Approach Categories . . . . .	.212
Approach Category Application . . . . .	.213
Approach, Circling	4, 260

Approach Course Alignment	342
Approach, Final	250
Approach, Initial	See Initial Approach
Approach, Intermediate	See Intermediate Approach
Approach, Light Plane	A1-1
Approach, Lighting	A5-1
Approach Lights, Visibility Credit	340
Approach Minimums, DF	830
Approach, Missed	See Missed Approach
Approach, Simultaneous	4
Approach, Precision	4
Approach Procedures	4
Approach Segments, Typical	230, 240
Approach, Straight-in	4
Approach Surface Baseline	A1-2, A2-9, A2-11
Approval, Nonstandard Procedures	141
Approval of Procedures	122
Approving Authority	A1-2
Arc, DME	A1-2
Arc Final Approach Tacan	523
Arc Final Approach, VOR/DME	523
Arc Final Approach, Vortac	523
Arc, Initial Approach	232
Arc, Intermediate Approach Segment	240, 243
Area, Arc Intermediate Approach Segment	243
Area, ASR Final	1044
Area, ASR Initial	1041
Area, ASR Intermediate	1042
Area, Circling Approach	A1-2, 260
Area, DF Final	813
Area, DR Initial Approach Segment	233
Area, Diverse Vectors, ASR	1041
Area, Final Approach Obstacle Clearance, L/MFR	733
Area, Final Approach, VOR	413, 423
Area, ILS Final	930
Area, Initial Approach Segment	232
Area, Intermediate (With Procedure Turn)	244
Area, Localizer & LDA Final	953
Area, Missed Approach, ILS	944
Area, NDB Final Approach	613, 623
Area, Obstacle Clearance, Holding	292
Area, Obstacle Clearance, NDB	713
Area, Obstacle Clearance, VOR	513
Area, PAR Final	1020
Area, PAR Missed Approach	1033
Area, Procedure Turn	234
Area, Straight Intermediate Approach Segment	242
Area, Tacan Arc Final	523
Area, Teardrop Penetration Initial Approach	235
Area, Turning Missed Approach	275

Area, VOR/DME Arc Final	.523
Area, Vortac Arc Final	.523
Areas, Procedure Turn	.234
Army Procedures Issuance	.171
ARSR Fixes	.283
ARSR, Use as Course Vector	.283
ASR Fixes	.283
ASR Procedures	.1000
ASR, Use as a Course Vector	.211
Authorities, Approving	Foreword, A1-2
BC	.A1-2
Baseline, Approach Surface	.A1-2, A2-9, A2-11
Bearings, Units Used	.210
Cancellation of Directives	.2
Cancellation of Procedures	.123
Categories of Aircraft for Approach	.212
Changes to Procedures	.142
Circling Alignment, L/MFR Final	.733
Circling Alignment, VOR	.513
Circling	.4
Circling Approach Area	.A1-2
Circling Approach Area Not Considered for Obstacle Clearance	.261
Circling Approach Minimums	.323
Circling Approach, Missed Approach Point	.514
Circling Approach, NDB	.613, 713
Circling Approach, VOR	.400, 413
Circling Descent Gradient	.513
Circling Descent Gradient, L/MFR	.733
Circling Descent Gradient, NDB Final	.713
Circling Final Approach	.260
Circling Minimums	.322, 351
Circling Missed Approach, L/MFR	.713
Circling NDB Approach	.600
Circling NDB Missed Approach	.714
Circling NDB Obstacle Clearance	.613
Circling NDB Procedures	.600
Circling Obstacle Clearance, ASR	.1044
Circling Obstacle Clearance, L/MFR	.733
Circling Obstacle Clearance, NDB	.623
Circling Obstacle Clearance, VOR	.413, 423, 513
Civil Airport Procedures Responsibility	.130
Civil Airports, Coordination of Procedures	.150
Civil Procedures, Coordination Conflicts	.151
Civil Procedures Issuance	.171
Civil Takeoff Minimums	.370
Clearance, Obstacle	.See Obstacle Clearance
Coast Guard Procedures Issuance	.171
Combination Missed Approach, ILS	.945
Combination Missed Approach Obstacle Clearance	.277
Combination Missed Approach, PAR	.1035

COMLO	911
Common Information	.210
Communications, DF Procedure	.820
Communications for PAR	.1012
Communications Loss for ASR	.1047
Communications Required for Procedures	.122
Compass Locator	.911
Component Failure, PAR	.1011
Components, ILS	.913
Components, ILS Cat I	.910
Computing TCH	.A2-9
Construction of Procedure	.214
Controlling Obstacle	.A1-2
Convergence Angle, NDB Final	.613
Convergence, NDB Final	.713
Coordination Conflicts	.151
Coordination of Procedures	.123, 130, 150, 172
Course Divergence, Penetration Turn Initial Approach	.235
Course, Straight, Initial Approach, Angle of Intersection	.232
Course, Units Used	.210
Criteria, ILS Category I	.920
DF & High Altitude Penetration	.A2-8
DF Procedures	.800, 810
DH	.324, A1-2
DH Adjustment, PAR	.1028
DH, ILS	.938
DH, PAR	.1028
DME	.912
DME Accuracy	.286
DME Arc	.A1-2
DME Distance	.A1-2
DME Fixes	.282
Dead Reckoning	.A1-2
Dead Reckoning Initial	.233
Decision Height	.See DH
Definition of ILS Type	.901
Departure Minimums	.370
Departure Procedures	.4, 1200
Descent Altitude, Minimum	.See MDA
Descent Fix	.288
Descent Fix Distance	.288
Descent Gradient	.513
Descent Gradient, Approach Segment	.288
Descent Gradient, Arc Initial Segment	.232
Descent Gradient, ASR	.1044
Descent Gradient, ASR Diverse Vectors	.1041
Descent Gradient, ASR Intermediate	.1042
Descent Gradient, DR Initial Segment	.233
Descent Gradient for Final Approach	.252
Descent Gradient, ILS	.923

Descent Gradient, Initial Approach Area . . . . .	.232, 235
Descent Gradient, Intermediate Approach Segment . . . . .	.243
Descent Gradient, L/MFR . . . . .	.733
Descent Gradient, Localizer & LDA Final . . . . .	.955
Descent Gradient, NDB . . . . .	.623, 713
Descent Gradient, Procedure Turn Initial Approach . . . . .	.234
Descent Gradient, PAR . . . . .	.1015
Descent Gradient, Straight Intermediate Segment . . . . .	.242
Descent Gradient, Tacan Arc Final . . . . .	.523
Descent Gradient, VOR . . . . .	.413
Descent Gradient VOR/DME Arc Final . . . . .	.523
Descent Gradient, VOR Final . . . . .	.423
Descent Gradient, Vortac Arc Final . . . . .	.523
Descent Gradients, ASR Initial . . . . .	.1041
Deviation from Established Radar Patterns . . . . .	.1045
Discontinuance of ILS Missed Approach Obstacle Clearance . . . . .	.944
Discontinuance of PAR Missed Approach Obstacle Clearance . . . . .	.1034
Displacement, Fix . . . . .	.281, 284, 285, 286
Distance & Bearing Information . . . . .	.210
Distance & Divergence, Penetration Turn . . . . .	.235
Distance, DME	A1-2
Distance Effect on Visibility Minimums . . . . .	.331
Distance, Holding Fix Facility . . . . .	.287
Distance, Penetration Turn Initial Approach Area . . . . .	.235
Distance, Procedure Turn . . . . .	.234
Distance, Procedure Turn vs. Intermediate Segment . . . . .	.244
Distances, Units Used . . . . .	.235
Distribution (U.S.A., USAF)	Page viii
Distribution (U.S.N., USMC, USCG)	Page vii
Divergence Angle, Holding Fix . . . . .	.287
Divergence Angle, Teardrop Procedure Turn . . . . .	.234
Diverse Vectors, ASR . . . . .	.1041
Effective Date of Procedures . . . . .	.172
Eligibility, Civil Airports . . . . .	.120
Eligibility for Procedures . . . . .	.120
Eligibility, Military . . . . .	.120
Elimination of Procedure Turn . . . . .	.234
Emergency Dissemination of Procedures . . . . .	.150, 172
Emergency Safe Altitude . . . . .	.221
End of Missed Approach . . . . .	.278
Enroute Operations . . . . .	.220
Entry Zone, Procedure Turn . . . . .	.234
Equivalents, ALS	A5-2
Equivalents, SALS	A5-3
Equivalents to LDIN	A5-8
Equivalents to MALS	A5-6
Equivalents to RAIL	A5-7
Equivalents SSALS	A5-4
Equivalents to SSALR	A5-3, A5-5
Established GS Angle	A2-9

Existing Procedures	. . . . .	3
FAC	. . . . .	A1-2
FAF	. . . . .	A1-2
Feeder Routes 220, 410, 420, 510, 520, 610, 620, 710, 730, 920, 950, 993, 1013		
Final Approach, ASR	. . . . .	.1044
Final Approach Secondary Area Width	. . . . .	A2-7
Final Approach Segments	. . . . .	A2-11
Final Approach, DF	. . . . .	.813
Final Approach Fix Error	. . . . .	.287
Final Approach, ILS	. . . . .	.930
Final Approach, L/MFR	. . . . .	.733
Final Approach Length, Effect on MDA	. . . . .	.323
Final Approach NDB	. . . . .	.613, 623
Final Approach - Only One Specified	. . . . .	.250
Final Approach, PAR	. . . . .	.1020
Final Approach Secondary Area Obstacle Clearance	. . . . .	A2-7
Final Approach Segment	. . . . .	.250
Final Approach Segment, Visual Portion	. . . . .	.251
Final Approach Segment, L/MFR	. . . . .	.733
Final Approach Segment, Parallel ILS	. . . . .	.996
Final Approach Segment, VOR (Low ALT)	. . . . .	.413
Final Approach Segment, VOR (High ALT)	. . . . .	.423
Final Approach Obstacle Clearance Surface	. . . . .	A2-11
Final Approach, Tacan	. . . . .	.523
Final Approach Trapezoid, NDB	. . . . .	.713
Final Approach, VOR	. . . . .	.513
Final Approach, VOR/DME	. . . . .	.523
Final Approach, Vortac	. . . . .	.523
Final Secondary Area	. . . . .	A2-6
Fix, DME	. . . . .	.282
Fix, Descent	. . . . .	.288
Fix, Displacement	. . . . .	.281, 284, 285, 286
Fix Distance, Descent	. . . . .	.288
Fix Error, Final Approach	. . . . .	.287
Fix Formed by Intersection	. . . . .	.281
Fix, Holding	. . . . .	.287
Fix, Initial Approach	. . . . .	.230, 287
Fix, Intermediate	. . . . .	.287
Fix Obstacle Clearance	. . . . .	.288
Fix, Obstacles Close-in	. . . . .	.289
Fix, Stepdown	. . . . .	.288
Fix Stepdown, NDB	. . . . .	.613, 623
Fix, Terminal Area	. . . . .	.280
Fixes for L/MFR	. . . . .	.733
Fixes, NDB Final	. . . . .	.713
Fixes, Radar	. . . . .	.283
Fixes, Tacan Arc Final	. . . . .	.523
Fixes, Use of	. . . . .	.513
Fixes, VOR/DME Arc Final	. . . . .	.523
Fixes, Vortac Arc Final	. . . . .	.523

Flight Inspection	.A1-2
Flight Levels, Units Used	.210
Formulation of Procedures	.140
GPI	.A1-2, A2-7
GS Angle	.A2-9
GS Antenna Height, ILS	.936
GS Antenna Location	.A2-9
GS Relocation, ILS	.937
GS Relocation, PAR	.1027
Glide Slope Extension	.A2-9
Glide Slope, ILS	.936
Glide Slope, PAR	.1026
Glossary	.A1-2
Gradient, Descent	.See Descent Gradient
Ground Point of Intercept	.A2-11
Ground System Performance	.Foreword
Guidance, Positive, Course, Requirements	.211
HAA	.A1-2
HAT	.A1-2
Height, Antenna Mast, ILS	.936
Height, Threshold Crossing, ILS	.936
HELICOPTER PROCEDURES	.1100
Adjustment of DH PAR	.1167
Altitudes	.1126
Application	.1106, 1125
Approach Categories	.1108
ARC Final Approach Segment Alignment, TACAN, VOR/DME and VOR with FAF	.1137
ARC Final Approach Segment Radius, TACAN, VOR/DME and VOR with FAF	.1136
Combination Straight and Turning Missed Approach	.1122
Combination Straight and Turning Missed Approach PAR	.1171
Descent Gradient	.1110
Facilities for Which Criteria Are Not Provided	.1104
Final Approach	.1116
Final Approach Alignment PAR	.1159
Final Approach Area PAR	.1160
Final Approach Segment ASR	.1174
Final Approach Segment ILS	.1152
Final Approach Segment NDB, No FAF	.1140
Final Approach Segment NDB with FAF	.1142
Final Approach Segment on Heliport VOR (No FAF)	.1132
Final Approach Segment PAR	.1158
Final Approach Segment, TACAN, VOR/DME and VOR with FAF	.1133
Final Approach Surface PAR	.1162
Glide Slope PAR	.1165
Holding Alignment	.1123
Holding Area	.1124
Initial and Intermediate Segments on Heliport VOR (No FAF)	.1131
Initial Approach Segment ASR	.1172

Initial Approach Segment Based on Procedure Turn	1112
Initial Approach Segments Based on Straight Courses and Arcs with Positive Course Guidance	1111
Intermediate Approach Segment ASR	1173
Intermediate Approach Segment Based on an Arc	1114
Intermediate Approach Segment Based on Straight Courses	1113
Intermediate Approach Segment ILS	1151
Intermediate Approach Segment PAR	1156
Intermediate Segment within a Procedure Turn Segment	1115
Localizer and LDA	1155
Microwave ILS	1154
Missed Approach Area ILS	1153
Missed Approach Obstacle Clearance PAR	1168
Missed Approach Point	1117
Missed Approach Point ASR	1175
Missed Approach Point NDB with FAF	1143
Missed Approach Point, TACAN, VOR/DME and VOR with FAF	1135
Obstacle Clearance PAR	1164
Point in Space Approach	1107
Procedure Construction	1109
Procedure Identification	1105
Relocation of the Glide Slope PAR	1166
Straight Missed Approach Area	1118
Straight Missed Approach Obstacle Clearance	1119
Straight Missed Approach PAR	1169
Takeoff Minimums	1129
Terminology	1101
Transitional Surfaces PAR	1163
Turning Missed Approach Area	1120
Turning Missed Approach PAR	1170
Turning Missed Approach Obstacle Clearance	1121
Type of Procedure	1103
Visibility	1127
Visibility Credit	1128
High Altitude Penetration	A2-8
High Altitude Penetrations	Chap 4, Sect 2
HIRL for RVR Approval	334
Holding	290
Holding at Initial Fix	230
Holding Fix	287
Holding Obstacle Clearance	293
Holding Obstacle Clearance Area	292
Holding Pattern as Initial Segment	230
Holding Pattern Over Final Approach Fix	234
Holding Pattern Over Intermediate Fix	234
Holding Patterns	290
IAC	A1-2
IAF	A1-2
IAF, Initial Approach Fix	230
IC	A1-2

IF	A1-2
Identification, Radio Range	721
ILS	900
ILS Category I	901
ILS Category II	960
ILS Category II ALS	A3-9
ILS Category III	970
ILS Criteria	930
ILS GS Angle vs. Slope of Surface	931
ILS/PAR Obstacle Clearance	A2-11
ILS Procedures, Simultaneous	990
Initial Altitudes, ILS	924
Initial Approach	230
Initial Approach Altitude Selection	231
Initial Approach Area, Penetration Turn	235
Initial Approach, ASR	1041
Initial Approach, DF	811
Initial Approach, ILS	921
Initial Approach, L/MFR	732
Initial Approach, Localizer & LDA	950
Initial Approach, NDB	611, 621, 711
Initial Approach, Simultaneous ILS	994
Initial Approach Penetration Turn Altitude	235
Initial Approach Segment Based on Procedure Turn	234
Initial Approach Segment, VOR	411, 421, 511
Initial Fix	287
Initial Secondary Area Obstacle Clearance	A2-5
Initial Segment, PAR	1013
Initial Segment Tacan	521
Initial Segment VOR/DME	521
Initial Segment, Vortac	521
Initial Segments	230
Initiation of Missed Approach	270
Inoperative Components, ILS	913
Inoperative Components, PAR	1011
Instrument Landing System	See ILS
Intercept Angle, DR Initial Approach Segment	233
Interception Angle, Simultaneous ILS	994
Intermediate Approach	240
Intermediate Approach Altitude	924
Intermediate Approach, DF	812
Intermediate Approach, ILS	922
Intermediate Approach, L/MFR	732
Intermediate Approach, NDB	612, 621, 712
Intermediate Approach Segment, Arc	243
Intermediate Approach, Straight	242
Intermediate Approach VOR	412
Intermediate Fix	287
Intermediate, Localizer & LDA	950
Intermediate Secondary Area	A2-3

Intermediate Secondary Area Obstacle Clearance	A2-4
Intermediate Segment, ASR	.1042
Intermediate Segment, NDB	.612
Intermediate Segment, PAR	.1014
Intermediate Segment, Simultaneous ILS	.995
Intermediate Segment, Tacan	.522
Intermediate Segment, VOR (Low ALT)	.412
Intermediate Segment, VOR (High ALT)	.422
Intermediate Segment, VOR/DME	.522
Intermediate Segment, Vortac	.522
Intermediate Segment Within a Procedure Turn Segment	.244
Intersection Angle, Arc Initial Approach	.232
Intersection Angle, ILS	.923
Intersection Angle, Initial to Intermediate Segments	.232
Intersection Angle, Straight Initial Segment	.232
Intersection Fix	.281
Intersection Fix Displacement	.285
Issuance of Procedures	.171
JAL	A1-2
Jurisdiction for Procedures	.131
LDA	.901, A1-2
LDA Procedures	.950
LDIN	.341, A5-8
LF Accuracy	.285
L/MF Range	.700, 720
LMM	.911
LOC	A1-2
LOM	.911
Landing System, Instrument	See ILS
Lateral Distance of GS Antenna	A2-9
Lead Radial, Arc Initial Approach Segment	.232
Lead Radial, Arc Initial Segment	.232
Length, Arc Intermediate Approach Segment	.243
Length, ASR Final	.1044
Length, ASR Intermediate	.1042
Length, DR Initial Approach Segment	.233
Length, Final Approach Segment, L/MFR	.733
Length, Final Approach Segment, VOR	.513
Length, ILS Final Approach Area	.930
Length, Initial Approach Segment	.232
Length, Intermediate, ILS	.923
Length, Intermediate Segment (with Procedure Turn)	.244
Length, NDB Final Approach Course	.713
Length, PAR Final	.1020
Length, Straight Intermediate Approach Segment	.242
Lighting & Marking Obstacles	.122
Lighting, Approach	A5-1
Lighting Required for Procedures	.122
Lighting Systems	.341
Lights, Visibility Credit	.340

Localizer Accuracy . . . . .	.285
Localizer Approach . . . . .	.901
Localizer Interception Simultaneous ILS . . . . .	.994
Localizer Only, Use . . . . .	.951
Localizer Procedures . . . . .	.950
Location of GS Antenna . . . . .	.936, A2-9
Lost Communications, ASR . . . . .	.1047
Low Altitude NDB Procedures . . . . .	.610
Low Altitude Procedures, VOR . . . . .	.410
Lowest Minimums, ILS . . . . .	.935
MALS . . . . .	.341, A5-6
MALSR . . . . .	.341, A5-10
MAP	A1-2
MAP, ILS . . . . .	.941
MAP, NDB . . . . .	.714
MAP, PAR . . . . .	.1031
MAP, VOR . . . . .	.514
MDA . . . . .	.320, 513, A1-2
MDA Adjustment . . . . .	.323
MDA, Arc Procedures . . . . .	.523
MDA, DF . . . . .	.813
MDA Effect on Visibility Minimums . . . . .	.331
MDA for Circling Approach . . . . .	.322, 351
MDA for Straight-in Approach . . . . .	.321
MDA, L/MFR . . . . .	.733
MDA, Localizer & LDA . . . . .	.956
MDA, NDB Procedures . . . . .	.613, 623, 713
MDA, VOR . . . . .	.413, 423
MHA	A1-2
Maneuvering Zone, Procedure Turn . . . . .	.234
Marker Beacon Accuracy . . . . .	.286
Marking & Lighting Obstacles . . . . .	.122
Marking of Runways . . . . .	.342
Maximum Intermediate Segment Length (with Procedure Turn) . . . . .	.244
Measurement, Units of . . . . .	.210
Military Airports, Coordination of Procedures . . . . .	.150
Military Airports, Procedures Responsibility . . . . .	.130
Military Minimums . . . . .	.350
Military Procedures at Civil Airports, Responsibility . . . . .	.130
Military Procedures Coordination Conflicts . . . . .	.151
Military Procedures, Nonstandard . . . . .	.141
Military Takeoff Minimums . . . . .	.370
Minimum Altitude, Intermediate Segment . . . . .	.241
Minimum Arc Radius, Initial Approach . . . . .	.232
Minimum DH, ILS . . . . .	.938
Minimum DH, PAR . . . . .	.1028
Minimum Descent Altitude	See MDA
Minimum Length, Intermediate Course . . . . .	.242
Minimum Length, L/MFR Final . . . . .	.733
Minimum Length of NDB Final Approach Segment . . . . .	.713

Minimum Obstacle Clearance in Initial Approach . . . . .	.235
Minimum Safe Altitude . . . . .	.221
Minimum Safe Altitude, DF . . . . .	.810
Minimum Sector Altitude . . . . .	.221
Minimum Straight Intermediate Course Length . . . . .	.242
Minimums, Alternate . . . . .	.360
Minimums, Approach, Aircraft Category Descriptions . . . . .	.312
Minimums, Circling . . . . .	.351
Minimums, DF . . . . .	.830
Minimums, Departure . . . . .	.370
Minimums, Establishment . . . . .	.310
Minimums, ILS . . . . .	.935
Minimums, Military . . . . .	.350
Minimums, PAR Final . . . . .	.1025
Minimums, Standard . . . . .	.350
Minimums, Takeoff . . . . .	.370
Minimums, Takeoff & Landing . . . . .	.300
MIRL	A5-13
Missed Approach . . . . .	.270
Missed Approach Area, Combination . . . . .	.277
Missed Approach Alignment . . . . .	.271
Missed Approach, ASR . . . . .	.1048
Missed Approach, DF . . . . .	.814
Missed Approach, End . . . . .	.278
Missed Approach 40:1 Surface . . . . .	.274
Missed Approach, ILS . . . . .	.940, 942, 943
Missed Approach ILS, Combination . . . . .	.945
Missed Approach, L/MFR . . . . .	.734
Missed Approach, Localizer & LDA . . . . .	.957
Missed Approach, NDB . . . . .	.614, 624, 714
Missed Approach Obstacle Clearance . . . . .	.274
Missed Approach Obstacle Clearance, ILS . . . . .	.944
Missed Approach Obstacle Clearance, PAR . . . . .	.1034
Missed Approach, Overhead a Fix . . . . .	.287
Missed Approach, PAR . . . . .	.1030
Missed Approach, Simultaneous ILS . . . . .	.997
Missed Approach Point . . . . .	.272
Missed Approach Segment . . . . .	.514, 524
Missed Approach, Turning . . . . .	.725
Missed Approach, VOR . . . . .	.413, 424, 514
NDB	A1-2
NDB(ADF) Procedures . . . . .	.600, 700, 710
Navigation Facility, Requirement for Procedure . . . . .	.122
Navy & Marine Corps Procedures Issuance . . . . .	.171
No Transgression Zone, Simultaneous ILS . . . . .	.996
Nonprecision	A1-2
Non-precision Approach Minimums . . . . .	.330
Non-standard Lighting Systems . . . . .	.344
Non-standard Procedures . . . . .	.141
Notams, Use for Procedures . . . . .	.150, 172

Obstacle	A1-2
Obstacle Clearance	.342, A1-2
Obstacle Clearance, Arc Intermediate Segment	.243
Obstacle Clearance Area, Holding	.292
Obstacle Clearance Area, NDB	.713
Obstacle Clearance Area, VOR	.513
Obstacle Clearance Areas, Penetration Turn Initial Approach	.235
Obstacle Clearance, ASR	.1044
Obstacle Clearance, ASR Diverse Vectors	.1041
Obstacle Clearance, ASR Initial	.1041
Obstacle Clearance, ASR Intermediate	.1042
Obstacle Clearance Analysis	A2-10
Obstacle Clearance Boxes	A1-2
Obstacle Clearance, Circling Final Approach	.260
Obstacle Clearance Criteria ILS/PAR	A2-10
Obstacle Clearance, DF Final	.813
Obstacle Clearance, DR Initial Segment	.233
Obstacle Clearance, Emergency Safe Altitude	.221
Obstacle Clearance, Facility Sectors	.221
Obstacle Clearance, Final Approach Secondary	A2-7
Obstacle Clearance, Holding	.293
Obstacle Clearance, ILS	.934
Obstacle Clearance, Initial Approach Area	.232
Obstacle Clearance, Initial Secondary Area	A2-5
Obstacle Clearance, Intermediate Secondary Area	A2-4
Obstacle Clearance, L/MFR Final	.733
Obstacle Clearance, Localizer & LDA Final	.954
Obstacle Clearance, Minimum Safe Altitude	.221
Obstacle Clearance, Minimum Sector Altitude	.221
Obstacle Clearance, Missed Approach, ILS	.944
Obstacle Clearance, NDB	.623
Obstacle Clearance, NDB Final	.613, 713
Obstacle Clearance, PAR Final	.1024
Obstacle Clearance, PAR Missed Approach	.1034
Obstacle Clearance Past a Fix	.288
Obstacle Clearance, Procedure Turn Initial	.234
Obstacle Clearance, Secondary Area	A2-4, A2-5, A2-7
Obstacle Clearance, Sector, DF	.810
Obstacle Clearance, Straight Intermediate Approach Segment	.242
Obstacle Clearance, Straight Missed Approach	.274
Obstacle Clearance, Tacan Arc Final	.523
Obstacle Clearance, Turning Missed Approach	.276
Obstacle Clearance, VOR	.413, 513
Obstacle Clearance, VOR/DME Arc Final	.523
Obstacle Clearance, Vortac Arc Final	.523
Obstacle Clearance, Penetration Turn Initial Approach	.235
Obstacle, Controlling	A1-2
Obstacle Marking & Lighting	.122
Obstacle Problems	A2-2
Obstacles Close-in to Fix	.289

Obstacles, Secondary Areas	A2-2
Obstructions to Procedures . . . . .	.122
Off-Airport Facilities, Missed Approach . . . . .	.514
On-Airport Facilities, Missed Approach Point . . . . .	.514
On-Airport VOR, No FAF . . . . .	.400
Operational Advantage	A1-2
Optimum	A1-2
PAR . . . . .	.1000
PAR Missed Approach . . . . .	.1030
PAR, Simultaneous . . . . .	.1050
PAR Procedures . . . . .	.1010
PAR System Components . . . . .	.1010
Penetration Turn Altitude DF . . . . .	.813
Penetration Turn Altitude, Initial Approach . . . . .	.235
Penetration Turn Altitude, VOR . . . . .	.423
Penetration Turn Distance vs. Divergence . . . . .	.235
Penetration Turn, ILS . . . . .	.924
Penetration Turn Initial Approach Obstacle Clearances . . . . .	.235
Penetration Turn, NDB . . . . .	.623
Penetration Turn Table . . . . .	.235
Penetration Turn, VOR . . . . .	.423
Penetrations as Initial Segments . . . . .	.230
Pilotage Error Standards	Foreword
Positive Course Guidance for Final Approach . . . . .	.250
Positive Course Guidance in Missed Approach . . . . .	.273
Positive Course Guidance, Requirements . . . . .	.211
Precipitous Terrain, Effect on MDA . . . . .	.323, A1-2
Precision Approach . . . . .	.4, A1-2
Precision Approach Minimums . . . . .	.323
Precision Approach Radar . . . . .	.See PAR
Primary Area	A1-2
Private Procedures, Eligibility . . . . .	.120
Procedure Construction . . . . .	.214
Procedure, Missed Approach . . . . .	.270
Procedure Segments . . . . .	.214
Procedure Turn Altitude DF . . . . .	.813
Procedure Turn Altitude, NDB . . . . .	.613
Procedure Turn Altitude, VOR . . . . .	.413
Procedure Turn Area . . . . .	.234
Procedure Turn as Initial Segment . . . . .	.230
Procedure Turn Completion Altitude Difference . . . . .	.234
Procedure Turn Distance . . . . .	.234
Procedure Turn, Elimination . . . . .	.234
Procedure Turn, ILS . . . . .	.924
Procedure Turn, Initial Descent Gradient . . . . .	.234
Procedure Turn, Point of Origin . . . . .	.234
Procedures, Airport Requirements . . . . .	.122
Procedures Approval . . . . .	.122
Procedures Cancellation . . . . .	.123
Procedures, Changes to . . . . .	.142

Procedures, Communications Required	122
Procedures, Coordination	123, 130, 150, 172
Procedures, Departure	4
Procedures, Dissemination by Notam	150, 172
Procedures, Effective Date	170
Procedures, Eligibility	120
Procedures, Emergency Dissemination	150, 172
Procedures, Formulation	140
Procedures, Issuance	171
Procedures, Jurisdiction	131
Procedures, Lighting Required	122
Procedures, Military, Nonstandard	141
Procedures, Navigation Facility Requirement	122
Procedures, Nonstandard	141
Procedures, Notams for	150
Procedures, Obstacle Marking & Lighting	122
Procedures, Obstructions to	122
Procedures, Publication	170
Procedures, Requests	121
Procedures, Responsibility	130
Procedures, Retention	123
Procedures, Submission	170
Procedures, Types	4
Procedures, Weather Information Required	122
Publication of Minimums	311
Publication of Procedures	170
Purpose of TERPs	1
ROC	A1-2, A2-4, A2-9
Radar Accuracy	286
Radar, Airborne	1060
Radar, Airport Surveillance	See ASR
Radar Fix	283
Radar Monitor	1046
Radar Pattern Deviation ASR	1045
Radar Patterns, ASR	1041
Radar, Precision Approach	See PAR
Radar Procedures	1000
Radial Final Approach, Tacan	523
Radial Final Approach VOR/DME	523
Radial Final Approach Vortac	523
Radials, Units Used	210
Radius, Arc, Initial Segment	232
Radius, Arc Intermediate Approach Segment	243
Radial Intermediate Segment	240
RAIL	341, A5-7
Random Vector	A1-2
Range Approach	720
Range, L/M Course Ident	721
Range, Runway Visual	See RVR
Range Sector Designations	714

Reckoning, Dead	A1-2
References	A3-5
REIL	A5-11
Relocation of GS, PAR	1027
Requests for Procedures	121
Remote Altimeter Source, Effect on MDA	323
Responsibility for Procedures	130
Retention of Procedures	123
Review, Annual	Foreword
Rounding MDA	321, 322
Runway Environment	A1-2
Runway Lights for RVR Approval	334
Runway Markings	334, 343
Runway Requirements for RVR	334
Runway Separation, Parallel ILS	992
Runway Visual Range	See RVR
RVR	333
RVR Approval, Runway Requirements	334
RVR Substitute Values	335
RVR Units Used	210
SSALS	341, A5-4
SSALR	341, A5-5
SALS	A5-3
Scope of TERPs	1
Secondary Area	A1-2, A2-1, A2-3
Secondary Area, Missed Approach, ILS	944
Secondary Area Obstacle Clearance, Final Approach	A2-7
Secondary Area Obstacle Clearance, Initial	A2-5
Secondary Area Obstacle Clearance, Intermediate	A2-4
Secondary Area Width, Final Approach	A2-6
Secondary Areas	A2-1
Sector Altitudes, Minimum	221
Segment	A1-2
Segment, Initial	230
Segment, Intermediate Approach	240
Segment Length, PAR	1014
Segments of a Procedure	214
Selection, Altitude	231
Service Volume	A1-2
Simultaneous Approach	4
Simultaneous ILS	901
Simultaneous ILS Procedures	990
Simultaneous PAR	1050
Simultaneous Radar Procedures	1000
Size-Circling Final Approach Area	260
Size, Penetration Turn Initial Approach Area	235
Slope, ILS Surfaces	931
Special Procedures Cancellation	123
Speeds, Units Used	210
Standard ALS	A5-2

Standard Lighting System	341
Standard Minimums	350
Station Passage Fix Error	286
Stepdown Fix	288
Stepdown Fix in Final Approach Segment	251
Stepdown Fix, NDB	613, 623
Stepdown Fix, VOR	413, 423
Straight-in Alignment, L/MFR, Final	733
Straight-in Alignment, NDB Final	613
Straight-in Alignment VOR	513
Straight-in Approach	4
Straight-in Approach Minimums	321
Straight-in Approach Missed Approach Point	514
Straight-in Approach, VOR	400
Straight-in Descent Gradient	513
Straight-in Descent Gradient, L/MFR	733
Straight-in Descent Gradient, NDB	713
Straight-in Final Approach Alignment, VOR	713
Straight-in Minimums	330, 350
Straight-in Missed Approach, L/MFR	734
Straight-in NDB Alignment	613
Straight-in NDB Approach	600
Straight-in NDB Final	713
Straight-in NDB Missed Approach	714
Straight-in NDB Obstacle Clearance	613
Straight-in NDB Procedures	600
Straight-in Obstacle Clearance, ASR	1044
Straight-in Obstacle Clearance, L/MFR	733
Straight-in Obstacle Clearance, NDB	623
Straight-in Obstacle Clearance, NDB Final	713
Straight-in Obstacle Clearance, VOR	413, 423, 513
Straight Intermediate Approach Segment	242
Straight Line Extension of GS	A2-9
Straight Missed Approach	273
Straight Missed Approach, ILS	942, 944
Straight Missed Approach, PAR	1032, 1034
Submission of Procedures	170
Surface, ILS Final Approach	931
Surface, PAR Final	1021
System Accuracy Factors	Foreword
System Components, ILS	910
System Components, PAR	1010
System Components, Simultaneous ILS	991
TCH	A2-9
TCH, ILS	936
TCH, PAR	1026
TDZ	A1-2, A5-14
Tacan Procedures	500
Takeoff Minimums	370
Tangents	A4-1

Teardrop Penetration Initial Approach	.235
Teardrop Penetration, VOR	.420
Teardrop Procedure Turn, Angle of Divergence	.234
Terminal Area Fixes	.280
Terrain, Precipitous	A1-2
Threshold Crossing Height, ILS	.936
Touchdown Zone	A1-2
Touchdown Zone Elevation	A1-2
Transition Level	A1-2
Transitional Surface, PAR	.932
Transitional Surfaces, ILS	.932
Transmission Interval, DF	.820
Transmissometer Locations, RVR	.334
Turn, Penetration	See Penetration Turn
Turn, Procedure	See Procedure Turn
Turning Missed Approach Area	.275
Turning Missed Approach, ILS	.943, 944
Turning Missed Approach Obstacle Clearance	.276
Turning Missed Approach, PAR	.1033, 1034
Types of Procedures	.4
UHF/VHF DF & High Altitude Penetration	A2-8
Units of Measurement	.210
Unstandard Lighting Systems	.344
Variations of Lighting Systems	.344
Vector, Diverse	A1-2
Vector, Random	A1-2
Vectors, ASR, Diverse	.1041
Visibilities, Units Used	.210
Visibility Credit for Lights	.340
Visibility Minimums	.330
Visibility Reduction	.343
Visibility Recuotion, Operational Conditions	.342
Visibility Values for RVR	.335
Visual Portion of the Final Approach Segment	.251
Volume, Service	A1-2
VOR, On Airport, No FAF	.400
VOR Procedures	.500
VOR/DME Procedures	.500
VOR/TACAN Accuracy	.285
Vortac Procedures	.523
Weather Information Required	.122
Width, Arc Intermediate Approach Segment	.243
Width, ASR Final	.1044
Width, ASR Intermediate	.1042
Width, DR Initial Approach Segment	.233
Width, ILS Final Approach Area	.930
Width, Initial Approach Segment	.232
Width, Intermediate Segment (with Procedure Turn)	.244
Width of Final Approach Secondary Area	A2-6
Width of Intermediate Secondary Area	A2-3

Width, PAA Final	.1030
Width, Straight Intermediate Segment	.342
Width, Straight Missed Approach Area	.273
Width, Turning Missed Approach Area	.275
Zone of No Transgression, Simultaneous ILS	.990



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE 1986
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

C O N F E R E N C I A :

"CRITERIOS POLITICOS Y SOCIALES PARA LA
EVALUACION DE PROYECTOS".

LIC. ALBERTO RODRIGUEZ OLIVER.

MEXICO, D.F.

CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS 1910-1985

PERIODO Y AEROPUERTOS	AÑO	ORIGEN DE RECURSOS	TIPO DE OBRA
1910 - 1935 -			
TOTAL : 23 Aeropuertos.			
Aeropuerto Internacional de la Cd. de México	1910	federal	nuevo *
Chihuahua, Chih.	1913	federal	nuevo
Hermosillo, Son.	1913	federal	nuevo *
Hermosillo, Son.	1913	federal	nuevo *
Mazatlán, Sin.	1913	federal	nuevo *
Tampico, Tamps.	1916	federal	nuevo *
San Luis Potosí, S.L.P.	1916	federal	nuevo
Tuxpan, Ver.	1926	privado	nuevo
Veracruz, Ver.	1926	privado	nuevo *
Saltillo, Coah.	1926	privado	nuevo
Monterrey, N.L.	1926	privado	nuevo *
Matamoros, Tamps.	1926	privado	nuevo *
Nuevo Laredo, Tamps.	1926	privado	nuevo *
Mérida, Yuc.	1926	privado	nuevo *
Minatitlan, Ver.	1926	privado	nuevo
Guadalajara, Jal.	1929	privado	nuevo
Durango, Dgo.	1929	privado	nuevo
Cd. del Carmen, Camp.	1930	privado	nuevo
Vi. Ahermosa, Tab.	1930	privado	nuevo
Campeche, Camp.	1930	privado	nuevo
Tapachula, Chis.	1932	federal	nuevo *
Ixtepec, Oax.	1932	federal	nuevo
Acapulco, Gro.	1933	federal	nuevo *
1939 - 1955			
TOTAL : 5 Aeropuertos.			
Cosumel, Q. Roo.	1942	federal	nuevo *
Aguascalientes, Ags.	1943	privado	nuevo
Torreón, Coah.	1945	privado	nuevo
Zihuatanejo, Gro.	1950	federal	nuevo *
León, Gto.	1950	federal	nuevo
1956 - 1973			
TOTAL : 28 Aeropuertos			
Culiacán, Sin.	1958	federal	nuevo
Hermosillo, Son.	1966	federal	ampliación (2da. pist)
Noçales, Son.	1966	federal	nuevo *
Mazatlán, Sin.	1966	federal	modernizac.
Matamoros, Tamps.	1966	federal	modernizac.
Mérida, Yuc.	1966	federal	ampliación (2da. pist)
Cd. del Carmen, Camp.	1966	federal	modernizac.
Chihuahua, Chih.	1966	federal	ampliación (2da. pist)

1954 primer de variación
1955 segundo parte del este

con variación (2da)

(1)

CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS 1910-1985

PERIODO Y AEROPUERTOS	AÑO	ORIGEN DE RECURSOS	TIPO DE OBRA
Capulco, Gro.	1966	federal	ampliación (2da. pista) *
Guadalajara, Jal.	1966	federal	ampliación (2da. pista) *
Aeropuerto Vallarta, Jal.	1966	federal	nuevo *
León, Gto.	1966	federal	nuevo
Oaxaca, Oax.	1966	federal	nuevo
Tuliacán, Sin.	1966	federal	modernización
Aeropuerto Internacional de la Cd. de México	1967	federal	ampliación (2da. pista) *
Veracruz, Ver.	1967	federal	ampliación (2da. pista) *
Orreón, Coah.	1967	federal	ampliación (2da. pista) *
San Obregón, Son.	1968	federal	nuevo
San Juárez, Chih.	1968	federal	ampliación (2da. pista) *
Tampico, Tamps.	1970	federal	ampliación (2da. pista)
Tijuana, B.C.N.	1970	federal	nuevo *
La Paz, B.C.S.	1970	federal	nuevo *
Guapán, Mich.	1970	federal	nuevo
Xacatecas, Zac.	1970	federal	nuevo
Nuevo Laredo, Tamps.	1971	federal	ampliación *
Durango, Dgo.	1971	federal	ampliación *
Mexicali, B.C.N.	1972	federal	nuevo *
Reynosa, Tamps.	1973	federal	nuevo *
1974 - 1982			
TOTAL: 20 Aeropuertos			
Guaymas, Son.	1974	federal	ampliación *
Chetumal, Q. Roo.	1974	federal	nuevo *
Tepic, Nay.	1974	federal	nuevo
Cozumel, Q. Roo.	1975	federal	ampliación (2da. pista)
Mihuatanejo, Gro.	1975	(793)	ampliación
Cancun, Q. Roo.	1975	(217)	nuevo *
Chihuahua, Chih.	1976	federal	ampliación (3ra. pista)
Tampico, Tamps.	1976	federal	ampliación (3ra. pista)
Manzanillo, Col.	1977	federal	nuevo *
San José del Cabo, B.C.S.	1977	(1420)	nuevo *
Poza Rica, Ver.	1978	(1022)	nuevo
Monterrey, N.L.	1979	federal	ampliación (2da. pista)
Villahermosa, Tab.	1979	(1022)	ampliación

CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS 1910-1985

PERIODO Y AEROPUERTOS	AÑO	ORIGEN DE RECURSOS	TIPO DE OBRA
erto Escondido, Oax.	1979	federal	nuevo
ella Gutiérrez, Chis.	1980	(1022)	nuevo
oto, B.C.S.	1981	(1420)	nuevo
titlán-Coatzacoalcos, Ver.	1982	(1022)	nuevo
oche, Camp.	1982	federal	ampliación
achula, Chis. <i>Desarrollo regional</i>	1982	(1022)	ampliación *
s Michis, Sin.	1982	(1022)	nuevo
1983 - 1985			
O T A L.: 8 Aeropuertos.			
guascalientes, Ags.	1983	federal	nuevo
l. Victoria Tamps.	1983	federal	ampliación (2da. pista)
orelia, Mich	1984	federal	nuevo
eropuerto I nternacional de la Cd. de México	1984	federal	ampliación *
oluca, Edo. de México	1984	federal	nuevo
in Luis Potosí, S.L.P.	1985	federal	ampliación
erto Escondido, Oax.	1985	federal	ampliación
o a, Pue.	1985	federal	nuevo
Aeropuerto: Internacionales.			

AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES

ESTADO DE RESULTADOS DE OPERACION POR AEROPUERTO NO INCLUYE
DEPRECIACION NI PRORRATEO DE GASTOS DE OFICINAS GENERALES.

PERIODO ENE - NOV. DE 1985

(MILLONES DE PESOS)

AEROPUERTOS SUPERAVITARIOS	ENE - NOV. 1985	No. DE PERSONAL
MEXICO	3,067.1	1500
GUADALAJARA	1,018.2	229
CANCUN	664.1	140
ACAPULCO	526.5	236
PUERTO VALLARTA	447.6	102
MAZATLAN	402.2	109
TIJUANA	378.7	108
MERIDA	133.4	117
SAN JOSE DEL CABO	110.6	42
MONTERREY	109.4	164
COZUMEL	96.8	74
LA PAZ	77.1	78
ZIHUATANEJO	30.9	56
HERMOSILLO	17.7	75
OAXACA	13.3	55
CD. DEL CARMEN	9.7	48
AGUASCALIENTES	4.0	39
TOTAL DE AEROPUERTOS SUPERAVITARIOS	7,107.3	3172

(4)

AEROPUERTOS DEFICITARIOS

ENE - NOV 1985

No. DE PERSONAL

LÁZARO CARDENAS	(2.1)	3
LORETO	(3.5)	29
SALTILLO	(4.4)	31
PACHUCA	(4.6)	3
PUERTO ESCONDIDO	(7.8)	1
TORREON	(12.2)	59
CULIACAN	(16.5)	61
TAMUIN	(19.9)	10
MANZANILLO	(20.6)	72
TEHUACAN	(21.6)	17
SAN LUIS POTOSI	(22.8)	34
CIUDAD JUAREZ	(25.3)	67
OBREGON	(31.9)	59
GUAYMAS	(32.1)	33
TUXTLA GUTIERREZ	(32.3)	52
NOGALES	(35.3)	16
NUEVO LAREDO	(39.0)	39
LEON	(40.5)	49
VILLAHERMOSA	(41.3)	64
TEPIC	(41.6)	23
TOLUCA	(42.2)	34
LOS MOCHIS	(43.8)	37
REYNOSA	(44.4)	38
CIUDAD VICTORIA	(44.7)	29
ZACATECAS	(45.2)	27
DURANGO	(45.5)	55
MEXICALI	(45.9)	55
URUAPAN	(47.3)	40
POZA RICA	(56.7)	32
MORELIA	(59.6)	46
VERACRUZ	(61.3)	72
CHIHUAHUA	(66.7)	68
CAMPECHE	(66.8)	36
CHETUMAL	(72.2)	36
TAPACHULA	(92.3)	57
MINATITLAN	(99.5)	35
MATAMOROS	(113.5)	55
TAMPICO	(143.8)	84
SUMA AEROPUERTOS DEFICITARIOS	(1,646.7)	1558
RESULTADO TOTAL	5,460.6	4730

RELACION DE AEROPUERTOS

EN OPERACION:

NACIONAL

Aguascalientes.
Campeche.
Cd. del Carmen.
Cd. Obregón.
Cd. Victoria.
Culiacán.
Durango.
León.
Los Mochis.
Minatitlán.
Morelia.
Oaxaca.
Poza Rica.
Pto. Escondido.
Puebla.
San Luis Potosí.
Tamuín, S.L.P.
Tehuacán.
Tepic.
Toluca.
Tuxtla Gutierrez.
Uruapan.
Villa Hermosa.
Zacatecas.
Lázaro Cárdenas.
Pachuca.

INTERNACIONAL

Acapulco.
Can-Cún.
Cd. Juárez.
Cozumel.
Chetumal.
Chihuahua.
Guadalajara.
Guaymas.
Hermosillo.
La Paz.
Loreto.
Matamoros.
Manzanillo.
Mazatlán.
Mérida.
Mexicali.
Aeropuerto Int. Cd. México.
Monterrey.
Nuevo Laredo.
Nogales.
Pto. Vallarta.
Reynosa.
S. José del Cabo.
Saltillo.
Tampico.
Tapachula.
Tijuana.
Torreon.
Veracruz.
Zihuatanejo.

PROCESO DE TERMINACION

1986

Colima.
Ixtepec, Oax.
Tepic, Nay.

OTROS EN CONSTRUCCION

Huatulco (Nuevo).
Tlaxcala (Reconstrucción)

RESUMEN

<u>En Operación</u>	<u>56</u>
Nacionales.	26
Internacionales.	30
<u>En Proceso de Terminación.</u>	<u>3</u>
<u>En Construcción.</u>	<u>2</u>
T O T A L	<u>61</u>

OBRAS PUBLICAS 1920-1985

PERIODO	CARRETERAS ASFALTADAS Y AUTOPIS- TAS	Km. 8	LINEAS FERROVIARIAS	PISTAS AEREAS	8
1920	- o -	México-Pachuca 1) México-Pachuca 1)	25,000	7	
1930	1,500		25,000	20	185
1940	4,300	186.0	25,000	20	-
1950	13,500	213.0	25,000	25	25
1960	46,000	240.7	24,000	26	4
1970	62,500	35.0	24,000	49	88
1980	93,800	50.0	25,000	67	36
1985	96,800 2)	3.0	25,000	81	21.0

1) Constructora Morrison E.E.U.U.

2) Total 220,000 Km.

71,000 Asfaltadas.

25,800 Autopistas.

92,800 Revestidas.

30,400 Terraceria.

(7)

AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.
 AVIACION COMERCIAL "A".
 NUMERO DE OPERACIONES 1985.

Fecha: 17/III/86.

AEROPUERTO	Número de Operaciones	Participación Porcentual
MEXICO	120 665	30.5
GUADALAJARA	43 197	10.9
ACAPULCO	19 906	5.0
MAZATLAN	17 555	4.4
MONTERREY	17 314	4.4
PUERTO VALLARTA	15 350	3.9
CANCUN	14 006	3.5
TIJUANA	12 896	3.3
MERIDA	11 973	3.0
LA PAZ	10 571	2.7
HERMOSILLO	7 671	1.9
VILLAHERMOSA	7 287	1.8
ZIHUATANEJO	6 767	1.7
CHIHUAHUA	6 472	1.6
SAN JOSE DEL CABO	6 197	1.6
OAXACA	5 944	1.5
COZUMEL	4 828	1.2
LOS MOCHIS	4 719	1.2
MANZANILLO	4 495	1.1
TORREON	4 335	1.1
CULIACAN	4 192	1.1
CD. OBREGON	3 914	1.0
TAMPICO	3 755	0.9
CD. JUAREZ	3 627	0.9
TUXTLA GUTIERREZ	3 440	0.9
VERACRUZ	3 263	0.8
LEON	3 230	0.8
DURANGO	2 851	0.7
GUAYMAS	2 231	0.6
AGUASCALIENTES	2 176	0.6
LORETO	2 163	0.5
MINATITLAN	2 104	0.5
ZACATECAS	2 057	0.5
MEXICALI	1 503	0.4
TAPACHULA	1 460	0.4
REYNOSA	1 386	0.4
NUEVO LAREDO	1 384	0.4
MATAMOROS	1 383	0.4
MORELIA	952	0.2
SAN LUIS POTOSI	928	0.2
TOLUCA	909	0.2
CD. DEL CARMEN	862	0.2
SALTILLO	808	0.2
CHETUMAL	732	0.2

(8)

AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.
 AVIACION COMERCIAL "A".
 NUMERO DE OPERACIONES 1985.

Fecha: 17/III/86.

AEROPUERTO	Número de Operaciones	Participación Porcentual
CD. VICTORIA	706	0.2
CAMPECHE	586	0.2
URUAPAN	382	0.1
POZA RICA	306	0.1
PUERTO ESCONDIDO	20	N.R.
NOGALES	- . -	- . -
TEHUACAN	- . -	- . -
TEPIC	- . -	- . -
TAMUIN	- . -	- . -
T O T A L	395 459	99.9

(9)

AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES

INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD 1966 - 1986

AÑO	NUM. DE AEROPUERTOS	OPERACIONES (MILES)	PASAJEROS (MILES)	LTS. SUMINISTRADOS (MILLONES)	NUM. DE EMPLEADOS	OP / EMP	PAX / EMP	LTS / EMP
1966	34	408	5,139	-	1,370	297.8	3751.0	-
1967	34	443	5,768	-	1,443	306.9	3997.2	-
1968	34	476	6,443	345	1,503	316.7	4286.7	229,541
1969	34	466	6,802	393	1,571	296.6	4329.7	250,159
1970	36	498	7,401	496	1,708	291.6	4333.1	290,398
1971	36	538	9,039	523	2,193	245.3	4121.7	238,436
1972	36	601	10,447	602	2,525	238.0	4137.4	238,416
1973	37	624	12,258	714	3,385	184.3	3621.2	210,930
1974	44	688	14,803	883	3,865	178.0	3830.0	228,401
1975	46	709	16,810	881	4,048	160.8	4152.6	217,638
1976	46	874	19,614	983	4,092	213.6	4793.2	240,225
1977	47	898	20,979	1,065	4,077	220.3	5145.7	261,221
1978	47	919	24,016	1,122	4,031	228.0	5957.8	278,343
1979	48	1,121	28,013	1,326	4,917	228.8	5697.2	269,677
1980	48	1,280	29,647	1,623	5,054	254.0	5866.0	321,132
1981	49	1,426	32,256	1,787	5,476	260.4	5890.4	326,333
1982	49	1,321	29,716	1,730	5,487	240.5	5415.7	315,291
1983	50	1,134	31,650	1,680	6,200	182.9	5104.8	270,968
1984	50	1,056	31,764	1,784	6,480	163.0	4301.8	275,309
1985 +	53	1,054	34,487	1,826	6,321	166.7	5455.9	288,826
1986 *	53	994	37,700	1,981	6,837	145.3	5514.1	289,746

* Pronosticados de acuerdo al presupuesto.

+ Estimados.

**AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.
 AVIACION COMERCIAL "A".
 NUMERO DE PASAJEROS ATENDIDOS 1985.**

Fecha: 14-III-86.

A E R O P U E R T O	Número de Pasajeros Atendidos	Participación Porcentual
ciudad Victoria.	45,789	0.1
atlixco.	41,746	0.1
Coahuila.	27,860	0.1
Guadalupe.	21,948	0.1
Coahuila de Zaragoza.	17,984	0.1
San Juan.	4,495	N. R.
Aeropuerto Escondido.	2,297	N. R.
San Luis Potosí.	-	-
San Luis Potosí.	-	-
San Luis Potosí.	-	-
San Luis Potosí.	-	-
T O T A L	34 598 256	99.8

IAOR*sli.

(11)

**AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.
AVIACION COMERCIAL "A".
NUMERO DE PASAJEROS ATENDIDOS 1985.**

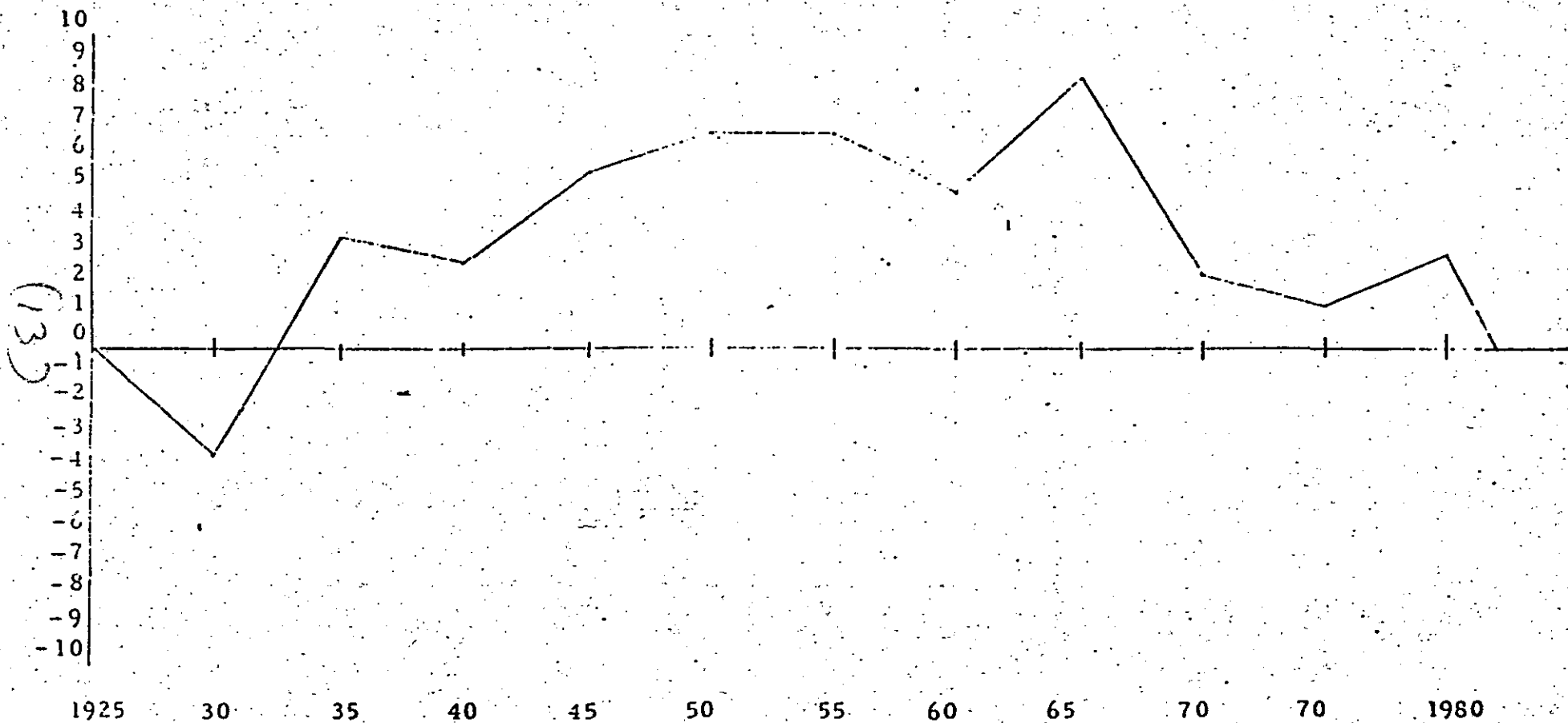
Fecha: 14-III-

A E R O P U E R T O	Número de Pasajeros Atendidos	Participación Porcentual
México.	12'224,166	35.3
Guadalajara.	3'495,051	10.1
Acapulco.	1'910,915	5.5
Tijuana.	1'500,947	4.4
Cancún.	1'462,708	4.2
Monterrey.	1'452,264	4.1
Puerto Vallarta.	1'334,147	3.9
Mazatlán.	1'225,928	3.5
Mérida.	763,619	2.2
La Paz.	654,529	2.0
Chihuahua.	614,637	1.8
Hermosillo.	555,815	1.6
Villahermosa.	529,791	1.5
Oaxaca.	493,241	1.4
Chihuahua.	458,793	1.3
Tampico.	420,577	1.2
Cozumel.	372,320	1.1
Veracruz.	346,197	1.0
San José del Cabo.	345,747	1.0
Durango.	320,289	0.9
Tuxtla Gutiérrez.	304,392	0.9
Torreón.	286,335	0.8
Ciudad Juárez.	277,843	0.8
Minatitlán.	244,415	0.7
Los Mochis.	242,886	0.7
Ciudad Obregón.	232,103	0.7
León.	226,386	0.7
Durango.	192,957	0.6
Aguascalientes.	189,790	0.6
Mexicali.	182,661	0.5
Zacatecas.	170,135	0.5
Nuevo Laredo.	158,850	0.5
Reynosa.	128,891	0.4
Matamoros.	124,752	0.4
Tapachula.	123,631	0.4
Guaymas.	121,479	0.4
Ciudad del Carmen.	94,645	0.3
Loreto.	86,946	0.3
San Luis Potosí.	81,044	0.2
Morelia.	71,862	0.2
Chetumal.	54,067	0.2
Campeche.	51,955	0.2

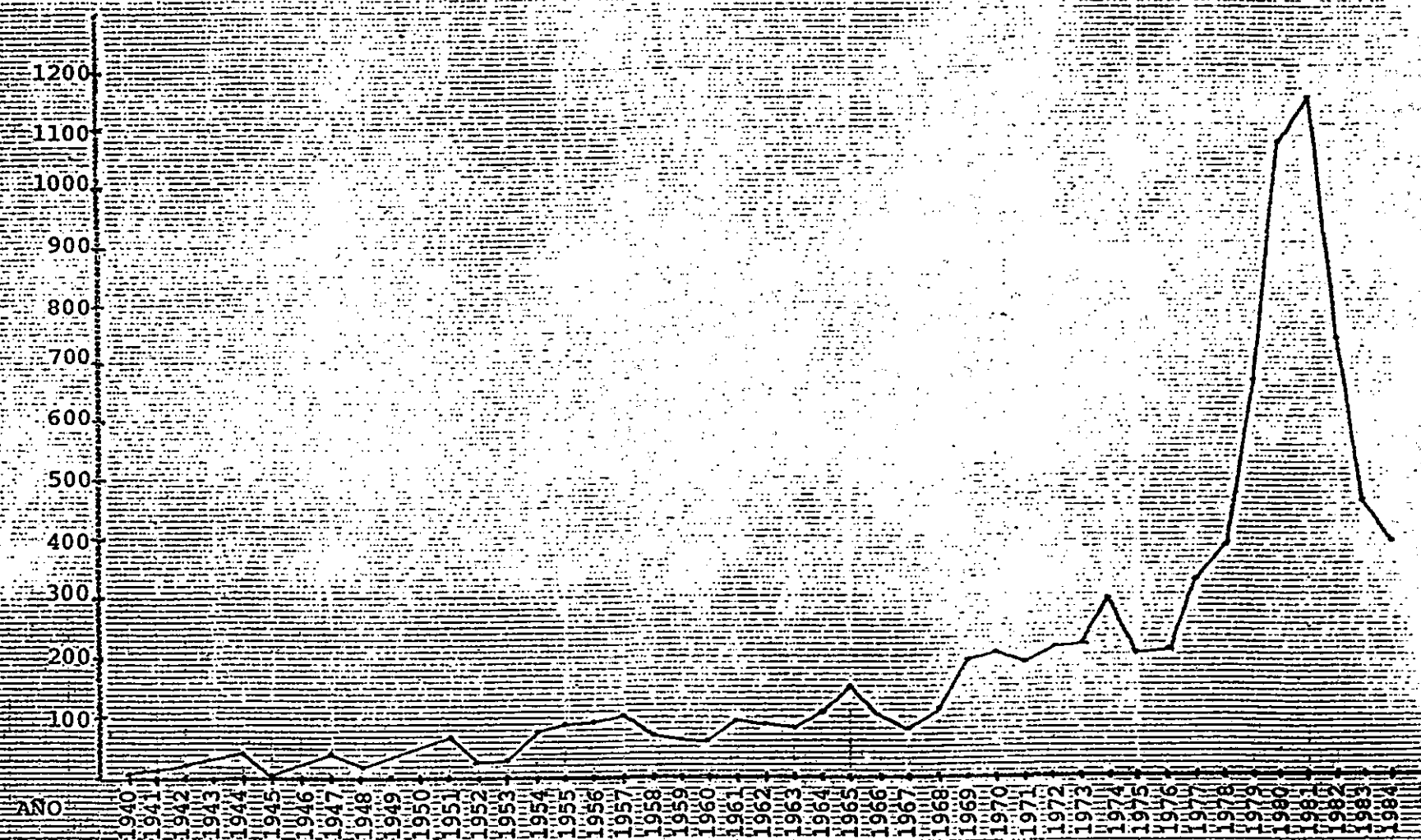
(12)

TASA MEDIA DE CRECIMIENTO DE LA ALIMENTACION.

(1925 - 1980)



MILLONES DE DOL.

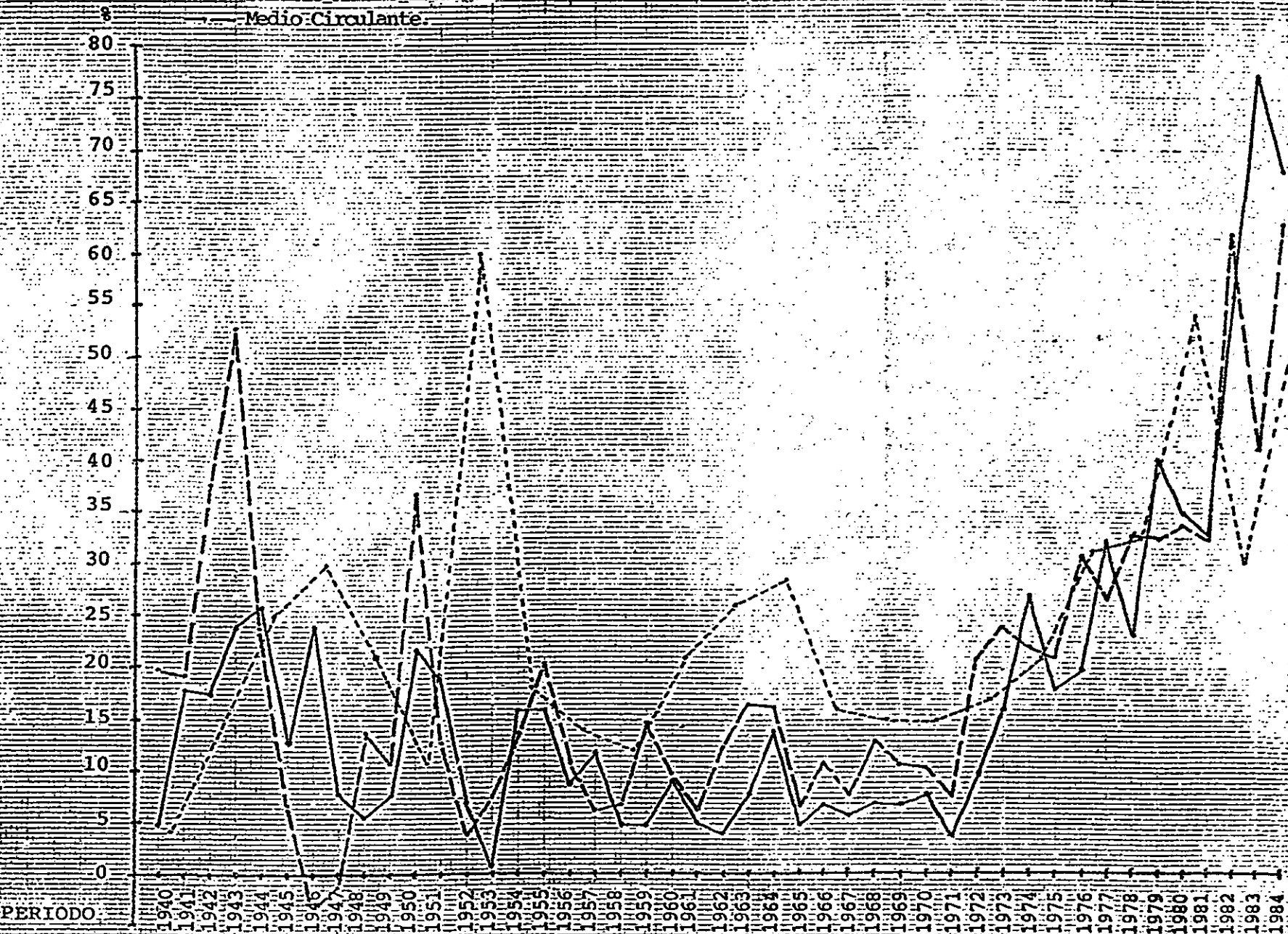


1940-1984

Producto Interno Bruto por Habitante (Productividad Agregada):

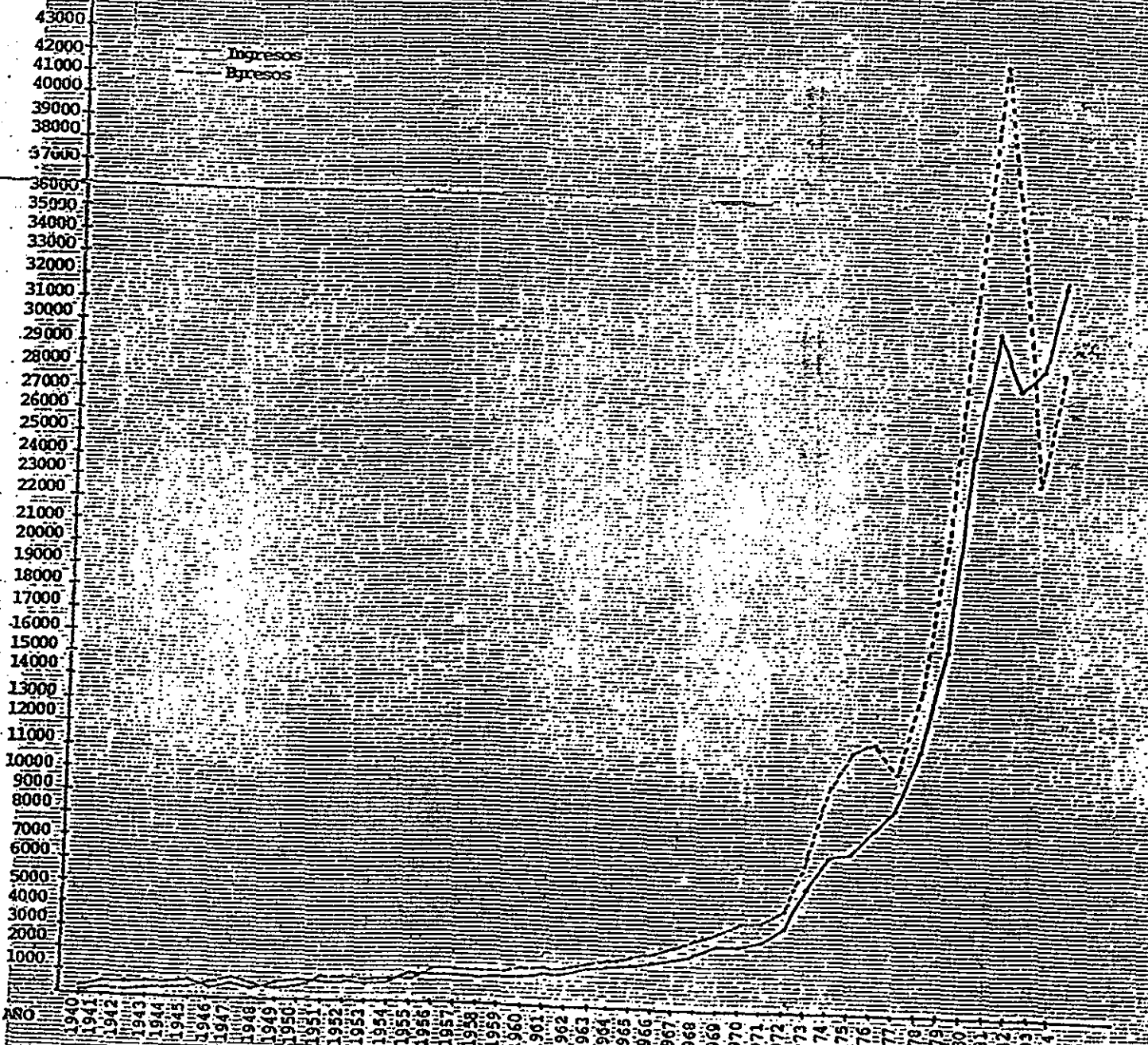
Salario Mínimo Promedio:

Medio Circulante:



MEXICO: BALANZA DE PAGOS 1940-1984.
MILLONES DE D.D.S.

ANEXO 16



FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

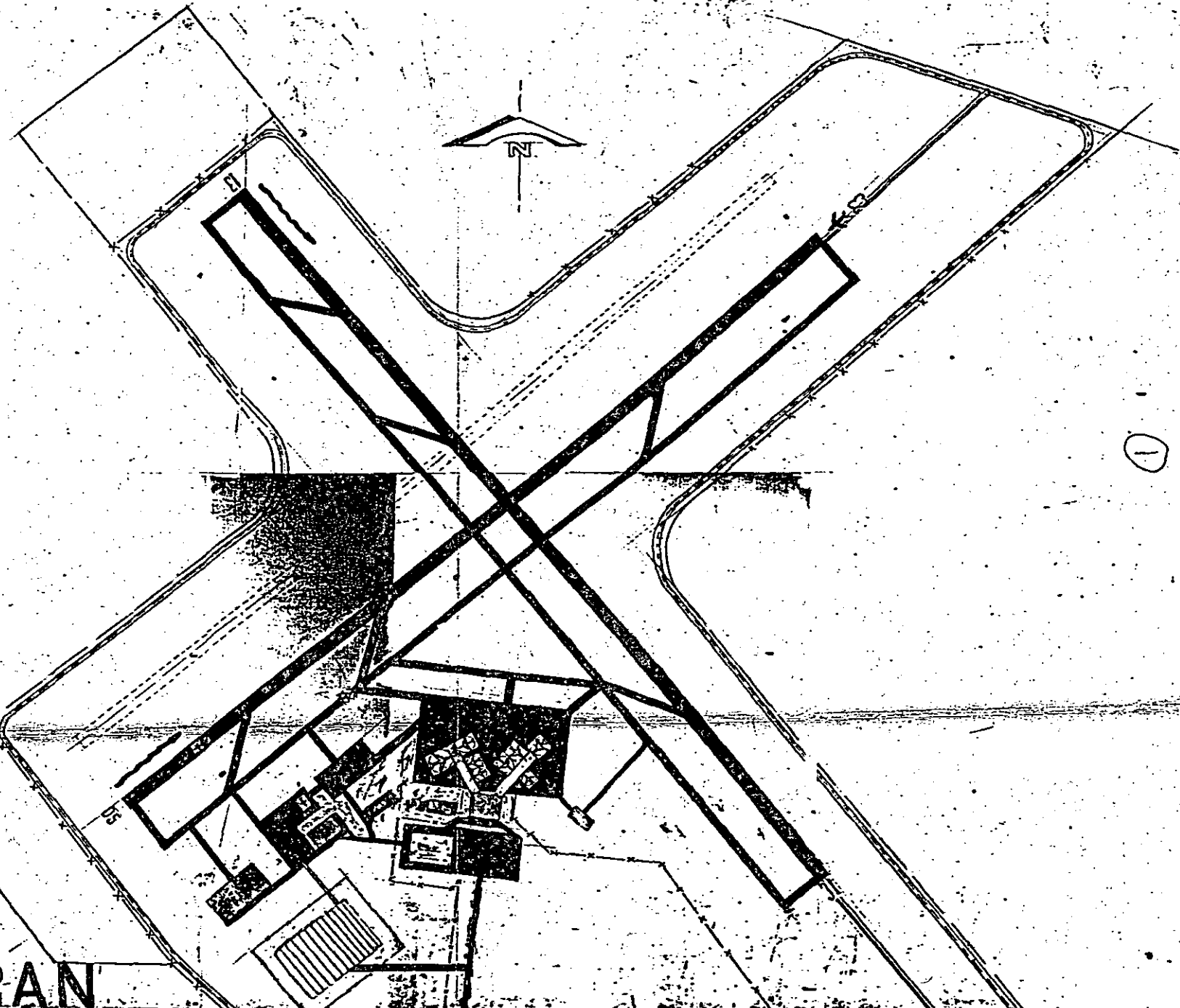


**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE 1986
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS,
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

P L A N O S .

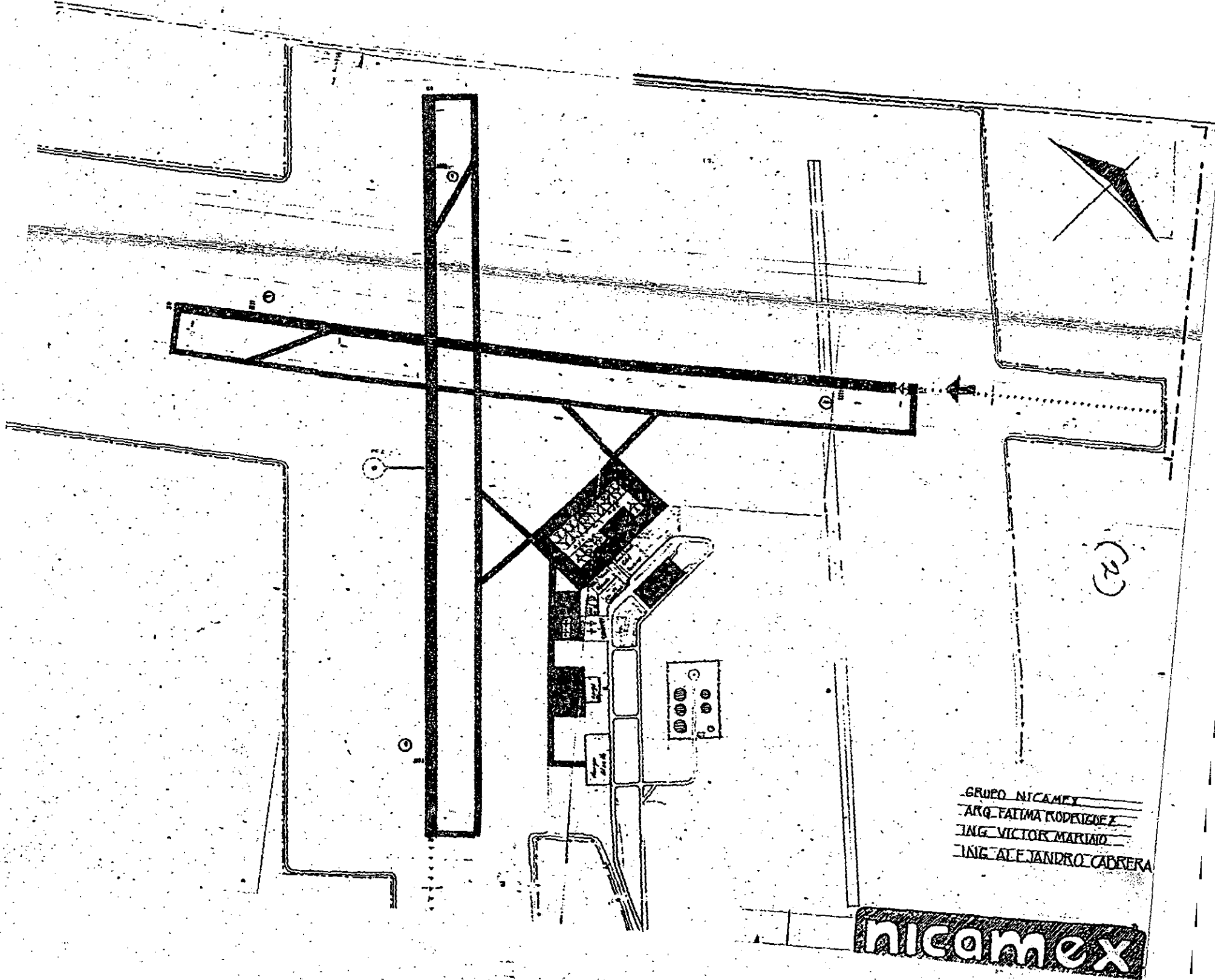
MEXICO, D.F.



①

JULIO CESAR UTRILLAS, R. INC.
JULIAN H. OSORIO GARCIA, INC.
MICHEL GARCIA S. SANTIAGO, P.M.

MEXPAN



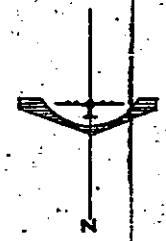
(2)

GRUPO NICAMEX
ARQ. TALITA RODRIGUEZ
ING. VICTOR MARTIN
ING. ALF. JANDRO CADRETA

nicamex

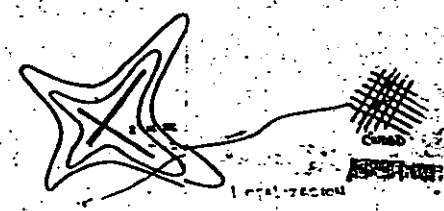
BRESCUMEX

ING. ABRON GUILLICH
ING. HENRIQUE A. FAYA
ING. CARLOS E. ANDRÉS
ING. OSCAR RODRIGUEZ
C.I.B.A.

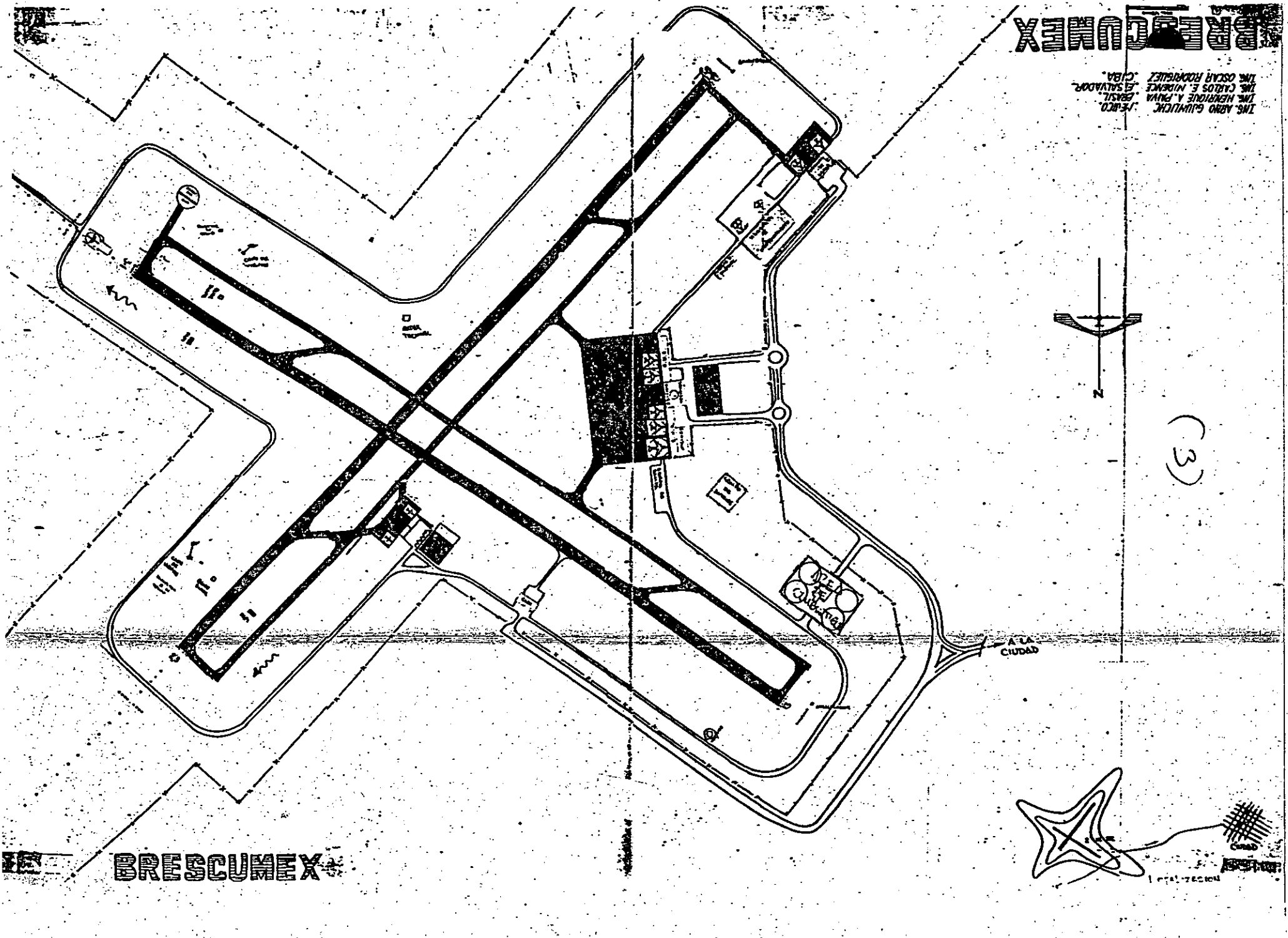


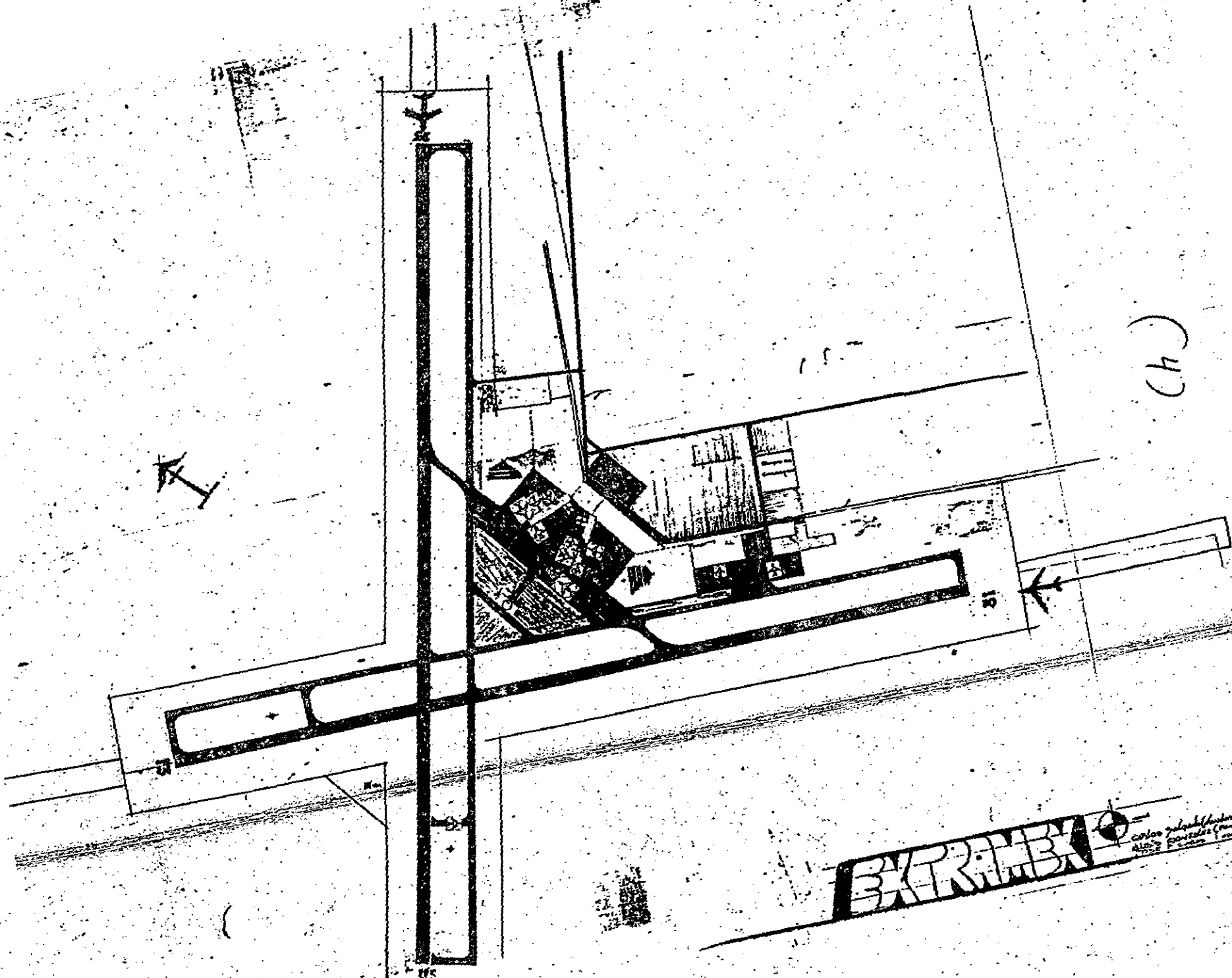
(3)

A LA CIUDAD



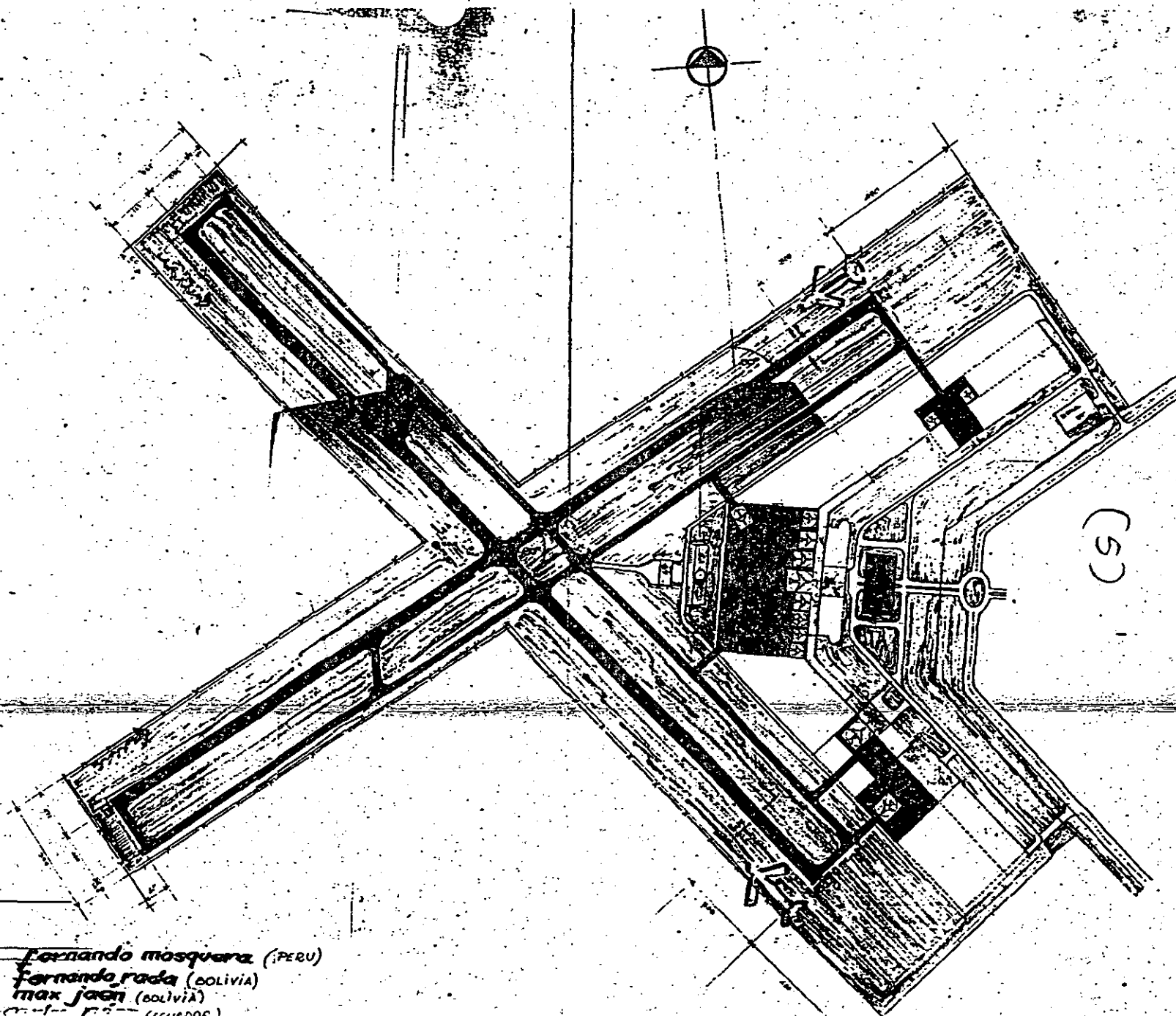
BRESCUMEX





(4)

EXTRAB
COPES (aluminum)
Also (brass)
Function (rotation)



GRUPO ANDINO

Fernando Mosquera (PERU)
Fernando Rada (BOLIVIA)
Max Jaen (BOLIVIA)
Cristóbal Ríos (ECUADOR)

(5)



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE - 31 DE OCTUBRE 1986
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS, S.C.T.

CALCULO DE VIENTOS CRUZADOS.

MET. CLEMENTE ARCIGA MARROQUIN.

MEXICO, D.F.



DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA BASICA

OFICINA DE METEOROLOGIA

AEROPUERTO DE:

CALCULO DE PORCENTAJES PARA VIENTOS DIRECTOS

PERIODO DE OBSERVACION:

RUMBO	RANGO I			RANGO II			RANGO III			PORCENTAJES CUBIERTOS EN CADA RUMBO																																																	
	LECTURAS	EXACTO	REDUCIDO	LECTURAS	EXACTO	REDUCIDO	LECTURAS	EXACTO	REDUCIDO	00-01	01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35																																
N																																																											
NNE																																																											
NE																																																											
ENE																																																											
E																																																											
ESE																																																											
SE																																																											
SSE																																																											
S																																																											
SSW																																																											
SW																																																											
WSW																																																											
W																																																											
WNW																																																											
NW																																																											
NNW																																																											
Es																																																											
CALMAS																																																											
TOTAL %	PRESERVACION DE LECTURAS																																																										
Notas: Con un promedio de _____ lecturas diarias.										RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS = 100.00										RANGO I =										RANGO II =										RANGO III =										TOTAL % =									
										N										RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS =										FACTOR % = 100.00 / N																													



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
MEXICO D.F.**

TABLAS Y GRAFICAS

1986

TABLA COMPARACION ENTRE LOS FACTORES DEL TRANSITO QUE AFECTAN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS Y AERODROMOS

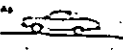

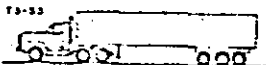
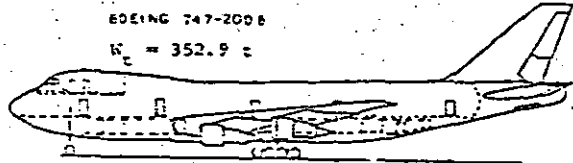
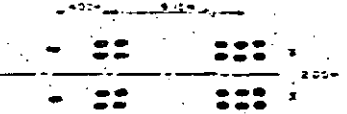
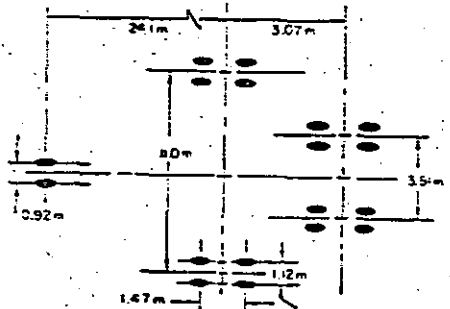
FACTORES		CARRETERAS	AERODROMOS
Magnitud de las cargas	por elemento, en t por rueda, en t	0.8 a 22.5, por eje 0.4 a 5.0, por rueda	0.24 a 95.42, por pierna 0.24 a 23.90, por llanta
Presión de inflado máxima		5.8 kg/cm ²	15.6 kg/cm ²
Vehículos tipo	más ligeros	 Peso total $W_T = 2.2$ t	 $W_C = 0.46$ t
	más pesados	 $W_C = 46$ t	 BOEING 747-200B $W_C = 352.9$ t
Configuraciones y disposiciones más críticas de las llantas			
Número de elementos de descarga		de 2 a 6 ejes (4 a 12 ruedas)	de 3 a 5 piernas (3 a 18 llantas)
Elemento de diseño		Eje sencillo de E.2 t; $p_c = 5.8$ kg/cm ²	Aeronave más frecuente o con peso por llanta mayor
Velocidad máxima de circulación		150 kph	300 kph
Efecto del impacto		Hasta dos veces la carga estática	Intrascendente
Vida útil normal de proyecto		10 años (pavimento asfáltico) 30 años (pavimento de concreto)	20 años (pavimento asfáltico) 20 años (pavimento de concreto)
Geometría de rodamiento		2.75 m a 3.65 m, por carril	25 m, rodajes; 45 m, aeropistas; 80 m, plataformas
Frecuencia de cargas	por capacidad acumuladas	hasta 2000 automóviles por hora 10 ³ a 10 ⁶ ejes estándar de 8.2 t	de 45 a 99 operaciones por hora 2x10 ³ a 5x10 ³ salidas de la aeronave de diseño
Banda crítica de rodamiento		de 20 a 70 cm de la orilla externa	en la franja central de 15 m de ancho de las pistas

TABLA UTILIZACION DE DIVERSOS SUELOS EN LAS ESTRUCTURAS VIALES

SIMBOLO SUCS	SUELOS TÍPICOS.	COMPORTAMIENTO EN SU EMPLEO COMO			PROPIEDADES IMPORTANTES		
		TERRAPLEN	SUBRASANTE	SUPERESTRUCTURA	COMPACTABILIDAD	DEFORMABILIDAD	PERMEABILIDAD Y DRENAJE
GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena limpias	Muy alta estabilidad	Excelente	Muy bueno	Buena	Prácticamente nula	Permeable, muy buen drenaje
GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena limpias	Alta estabilidad	Bueno a excelente	Bueno a regular	Buena	Prácticamente nula	Permeable, muy buen drenaje
GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Estable	Bueno a excelente	Bueno ** a regular *	Buena	Muy ligera	Semipermeable drenaje regular
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Estable	Bueno *	Regular ** a malo *	Buena a regular	Ligera *	Poco permeable, mal drenaje
SW	Arenas bien graduadas, mezclas de arena y grava limpias	Estable erosionable	Bueno	Regular a bueno **	Buena a regular	Prácticamente nula	Permeable, buen drenaje
SP	Arenas mal graduadas, mezclas de arena y grava limpias	Estable erosionable	Regular a bueno	Malo a regular **	Buena a regular	Prácticamente nula	Permeable, buen drenaje
SM	Arenas limosas, mezclas de arena, grava y limo	Estable erosionable	Regular a bueno *	Regular * a bueno **	Buena	Ligera *	Poco permeable, mal drenaje
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena, grava y arcilla	Estable	Regular a bueno *	Malo * a bueno **	Buena a regular	Ligera a media *	Impermeable, mal drenaje
ML	Limos inorgánicos, poco plásticos, limos arenosos o arcillosos	Poco estable erosionable	Regular a malo	No debe usarse	Buena a mala	Ligera a media *	Impermeable, mal drenaje
CL	Arcillas inorgánicas, de plasticidad baja o media, arenosas o limosas	Estable	Regular a malo	No debe usarse	Regular a buena	Media	Impermeable, mal drenaje
OL	Limos y arcillas limosas, orgánicos, de baja plasticidad	Inestable no se use	Malo no se use	No debe usarse	Regular a mala	Media a alta *	Impermeable, mal drenaje
MH	Limos inorgánicos, elásticos, micáceos o diatómáceos	Inestable no se use	Malo no se use	No debe usarse	Regular a mala	Alta	Impermeable, mal drenaje
CH	Arcillas inorgánicas, de alta plasticidad	Poco estable	Muy malo no se use	No debe usarse	Regular a mala	Muy alta	Impermeable, mal drenaje
OH	Arcillas o limos orgánicos de media a alta plasticidad	Inestable no se use	Muy malo no se use	No debe usarse	Regular a mala	Alta	Impermeable, mal drenaje
Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	No debe usarse	No debe usarse	No debe usarse	No debe usarse	Muy alta	Semipermeable drenaje regular

Se consideran como superestructura las capas de sub-base y base, en pavimentos o de sub-balasto y balasto, en vías férreas

* El comportamiento de estos materiales depende de la calidad y/o contenido de finos

** El comportamiento de estos materiales se puede mejorar notablemente si se emplean agentes estabilizantes como la cal, cemento Portland o productos asfálticos

CUADRO DE BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION

Bco. Núm.	Denominación	Localización	Clasificación del Material		Características del Banco					Empleo	Tratamiento	Mezcla		Características del Acceso				Croquis Num.	
			Sistema SUCS.	Presupuesto	Área (Ha)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Desp. (m)	Prop.			Tam. Max.	%	Con Bco. Núm.	Entronque En km	Tipo	Dist. (m) Acarreo		

-3-

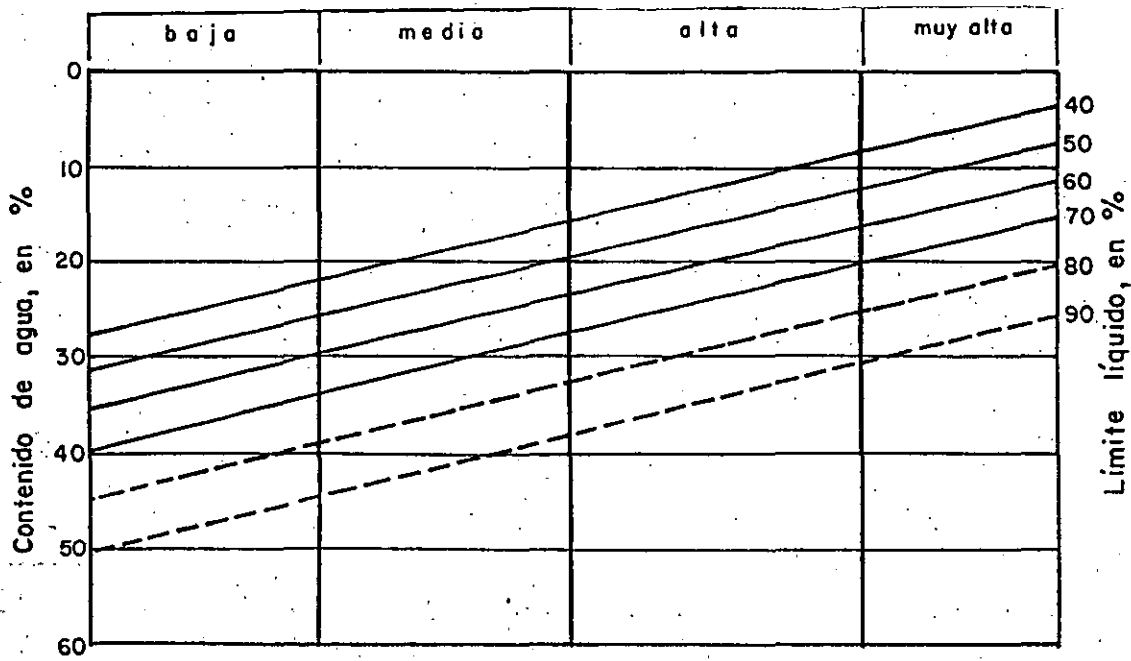


Fig Criterio de Ghazzaly y Vijayvergiya para la predicción del potencial de expansión en arcillas

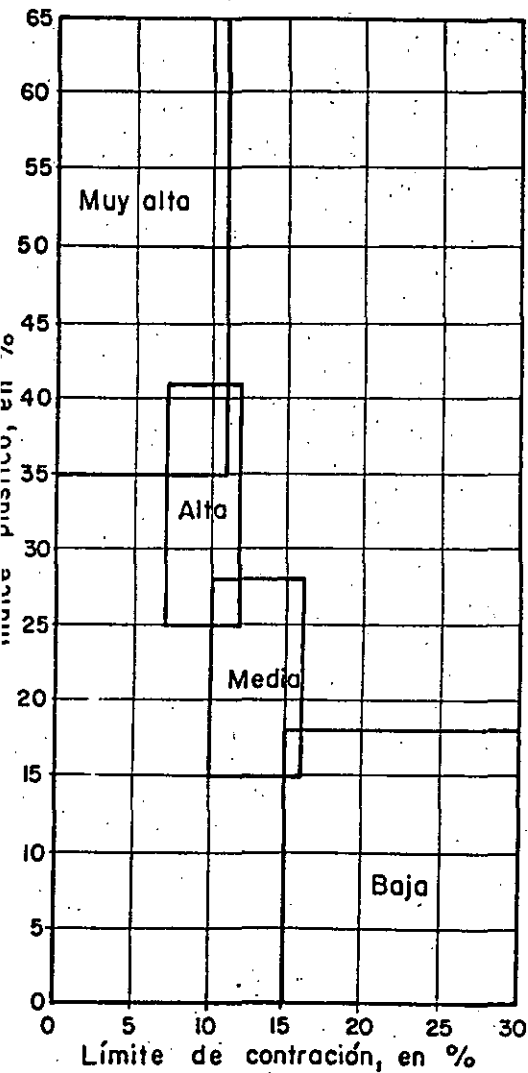


Fig Criterio de W.G. Holtz para la identificación de suelos expansivos

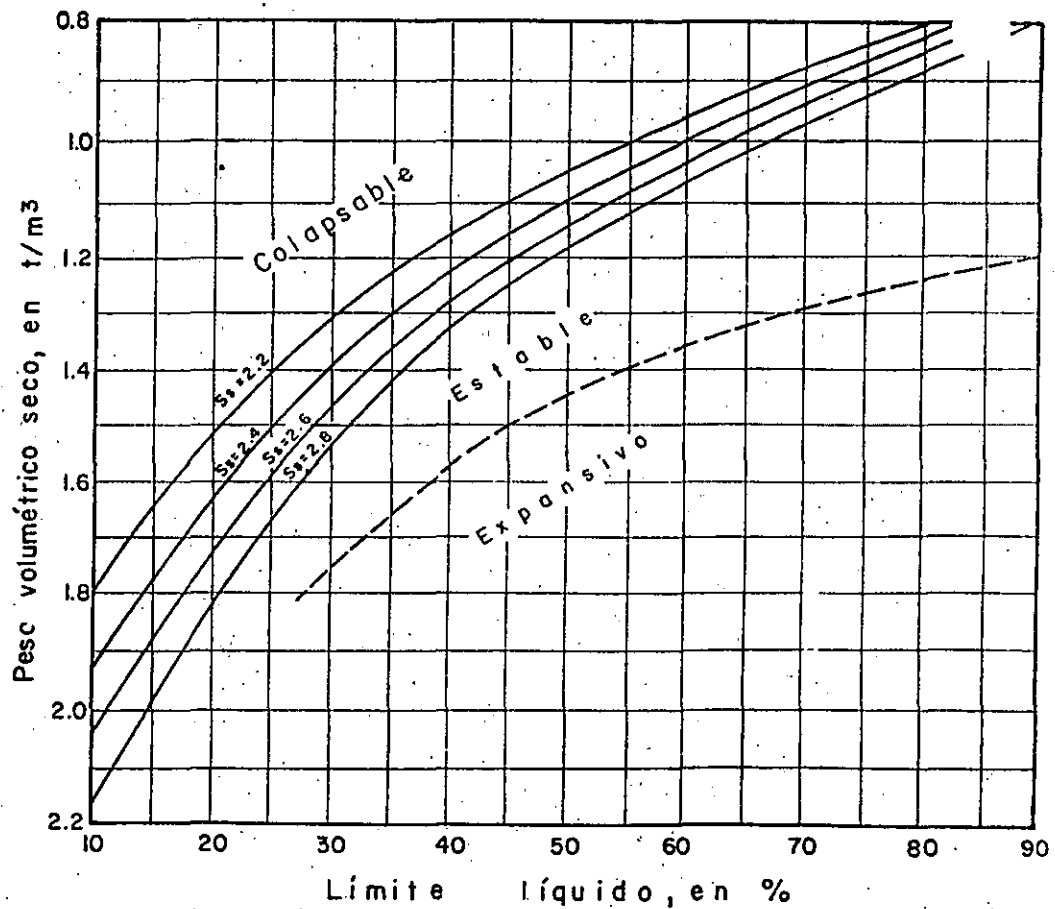
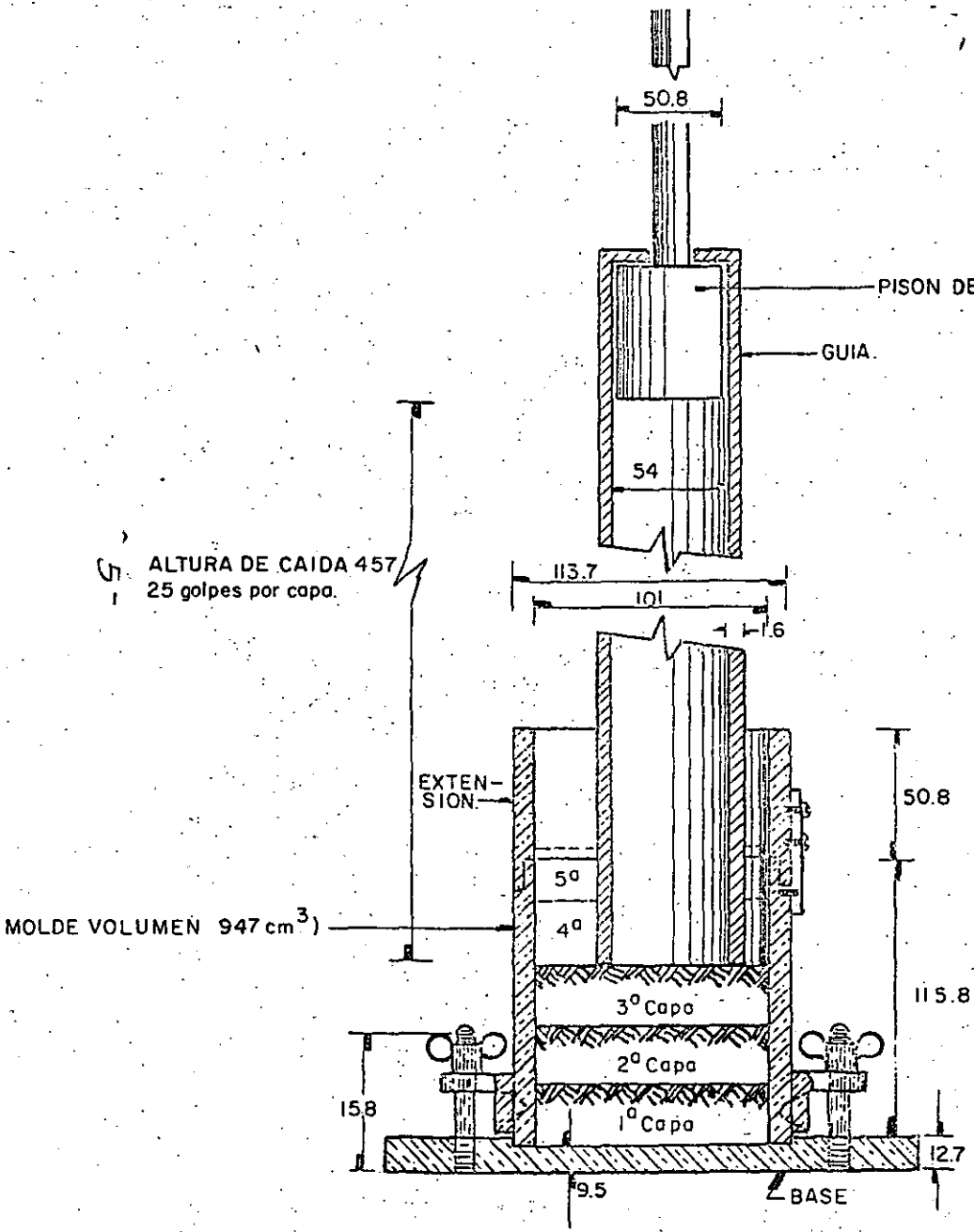
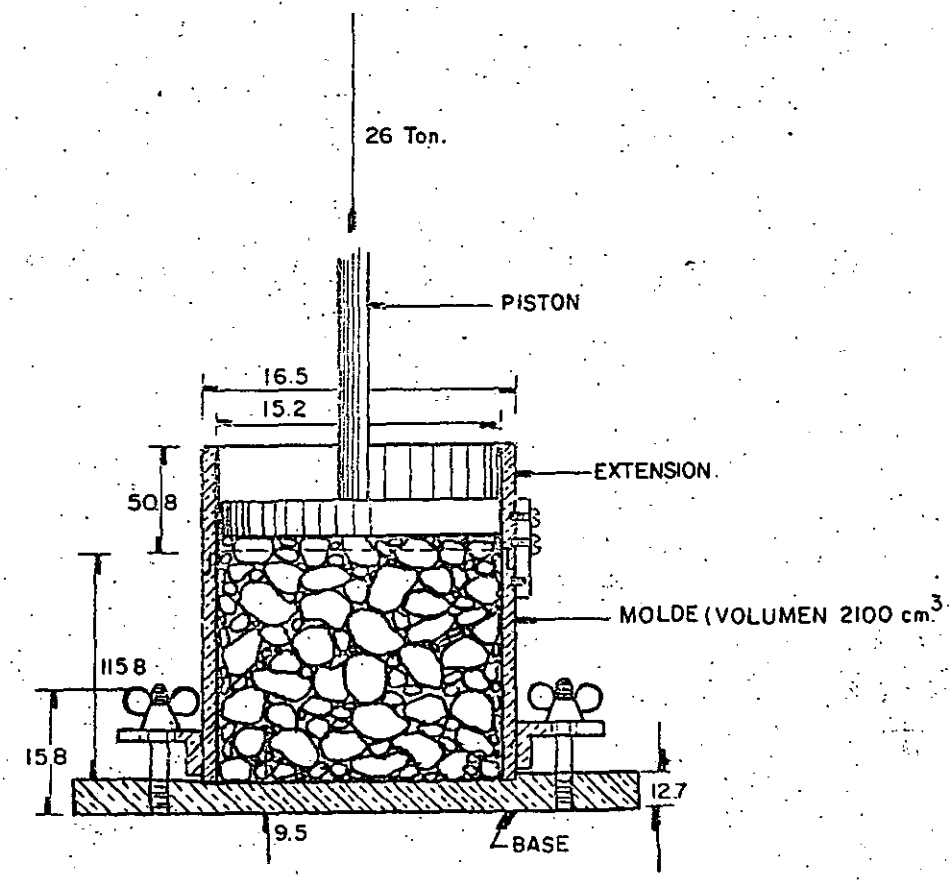


Fig Criterio del Bureau of Reclamation para la identificación de suelos expansivos y colapsables



COMPACTACION POR IMPACTOS.
(PROCTOR AASHO MODIFICADA)

NOTA: Dimensiones en mm.



COMPACTACION POR CARGA ESTATICA.
(PORTER)

METODOS DE COMPACTACION EN EL LABORATORIO

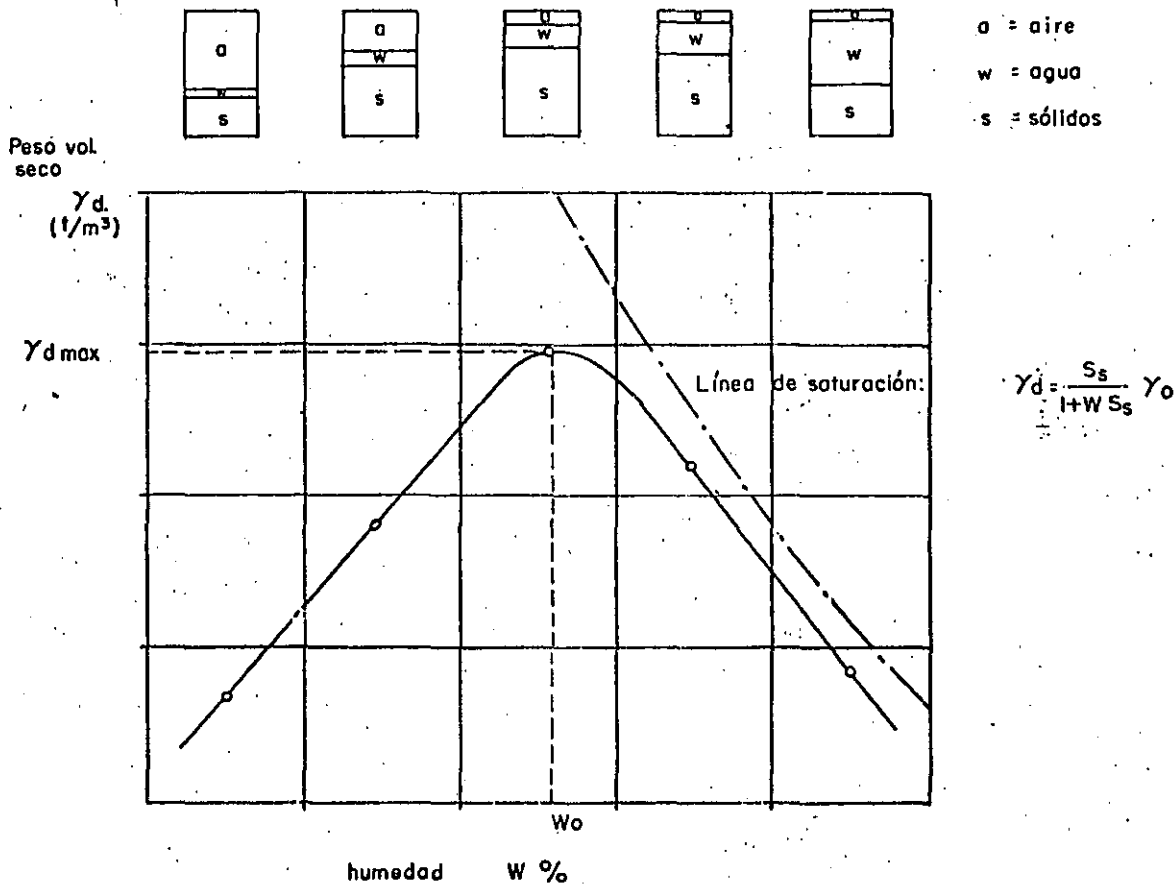


FIG. CURVA DE COMPACTACION TIPICA

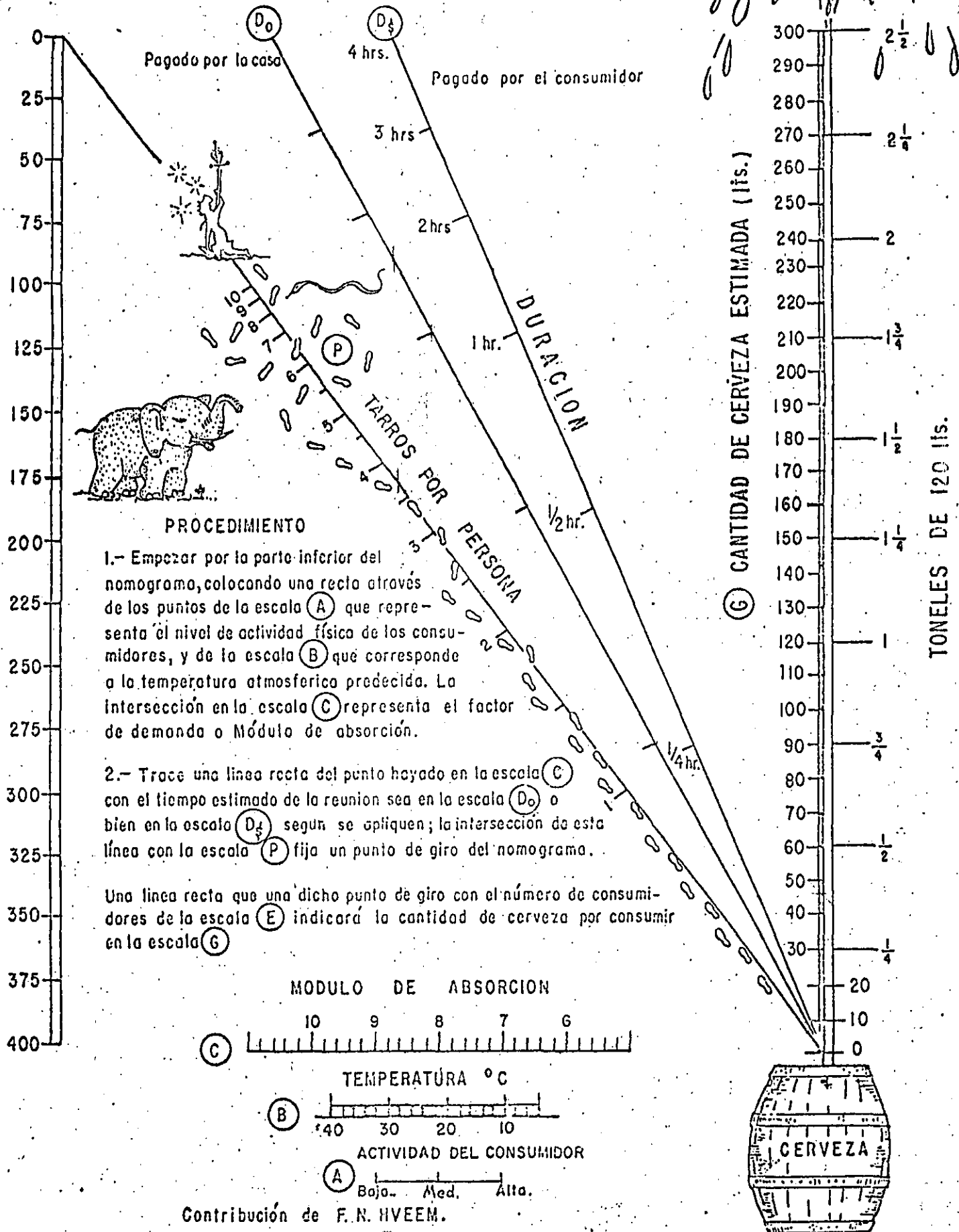
TABLA CARACTERISTICAS DE PRUEBAS DE COMPACTACION POR IMPACTOS USUALES

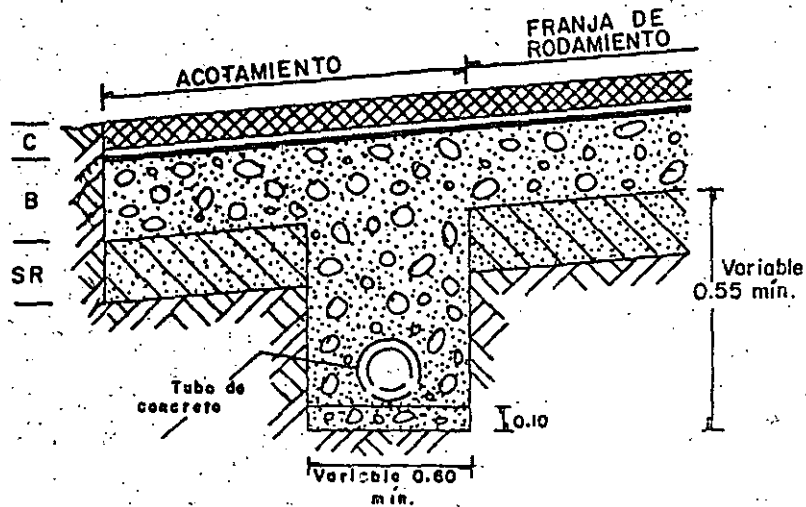
PRUEBA	VARIANTE	TAM. MAX. MATERIAL	MOLDE		PESON				$\frac{E_c}{\text{kg-cm}^3}$	REUSO
			DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	W (kg)	H (cm)	n	N		
Proctor	Estándar	1/4"	10.16	12.70	2.49	30.48	3	25	5.53	si
Proctor	SCT (SOP)	N° 4	10.16	11.68	2.49	30.48	3	30	7.24	si
Proctor	SARH	N° 4	10.20	12.30	2.75	45.70	3	20	7.50	si
AASHIO	Estándar A	N° 4	10.16	11.64	2.49	30.48	3	25	6.03	no
		N° 4	15.24	11.64	2.49	30.48	3	56	6.00	no
		3/4"	15.24	11.64	2.49	30.48	3	56	6.00	no
		3/4"*	15.24	11.64	2.49	30.48	3	56	6.00	no
AASHIO	Modif.	N° 4	10.16	11.64	4.53	45.70	5	25	27.41	no
		N° 4	15.24	11.64	4.53	45.70	5	56	27.29	no
		3/4"	15.24	11.64	4.53	45.70	5	56	27.29	no
		3/4"*	15.24	11.64	4.53	45.70	5	56	27.29	no

* Material retenido en la malla de 3/4", corregido en peso con material comprendido entre las mallas N° 4 y 3/4"-6-

NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DEL CONSUMO DE CERVEZA

DEDICADO A LA REUNION 1500 DE LA SECCION DE SACRAMENTO
SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS CIVILES



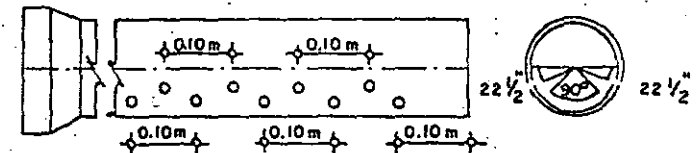
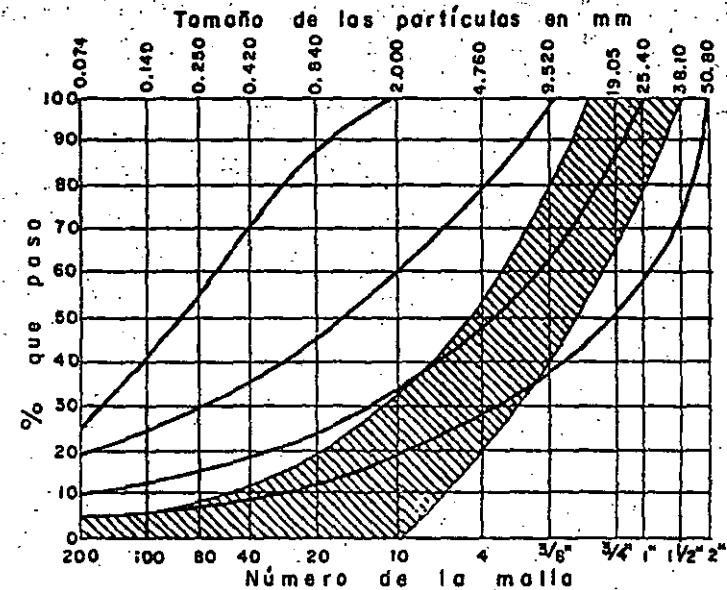


PROYECTO DE SUB-DREN TIPO

NOTAS:

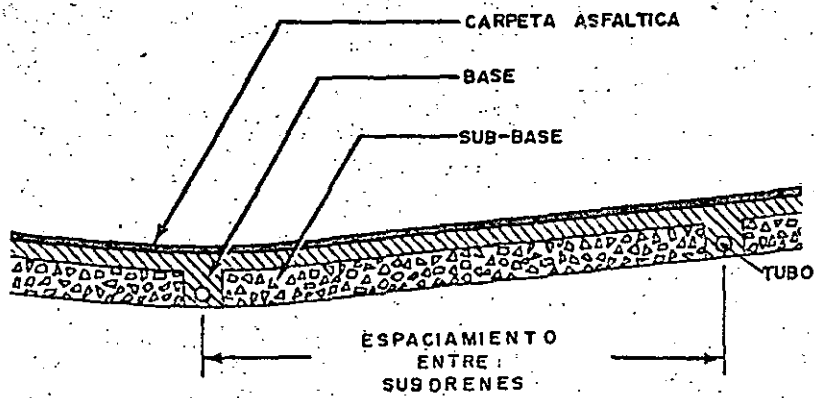
1. Para el material filtrante podrán emplearse
2. La curva granulométrica del material filtrante deberá estar en la zona sombreada de la gráfica de composición granulométrica. Este material deberá cumplir además: $LL < 25\%$ $IP < 6\%$.
3. La plantilla donde descansa el tubo perforado deberá formarse en todos los casos, con el mismo material filtrante del subdrén dándole un apisonado energético.
4. El tubo de concreto será de 0.15 m de diámetro interior mínimo con perforaciones de 9.5 mm ($3/8''$) separadas 0.10 m. centro a centro, según el detalle del tubo
5. Pendiente mínima del tubo será de $\frac{1}{4}\%$
6. El material filtrante se colocará en capas de 0.20 m de espesor aproximado, un poco húmedo y apisonado ligeramente para lograr su acomodo.
7. Se deberá prever la colocación de registros, a cada 50 m para la inspección y limpieza del sistema.
8. Acotaciones en metros. Mín. significa dimensiones mínimas.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA

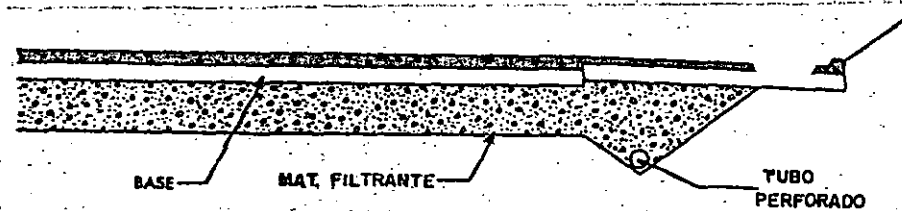


DETALLE DEL TUBO DE CONCRETO

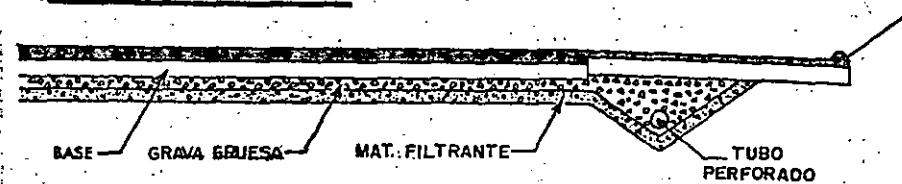
SUB-DREN
PROYECTO TIPO



SUBDRENAJE LONGITUDINAL
EN CARPETA ASFALTICA PERMEABLE



SISTEMA DE UNA CAPA



SISTEMA DE DOS CAPAS

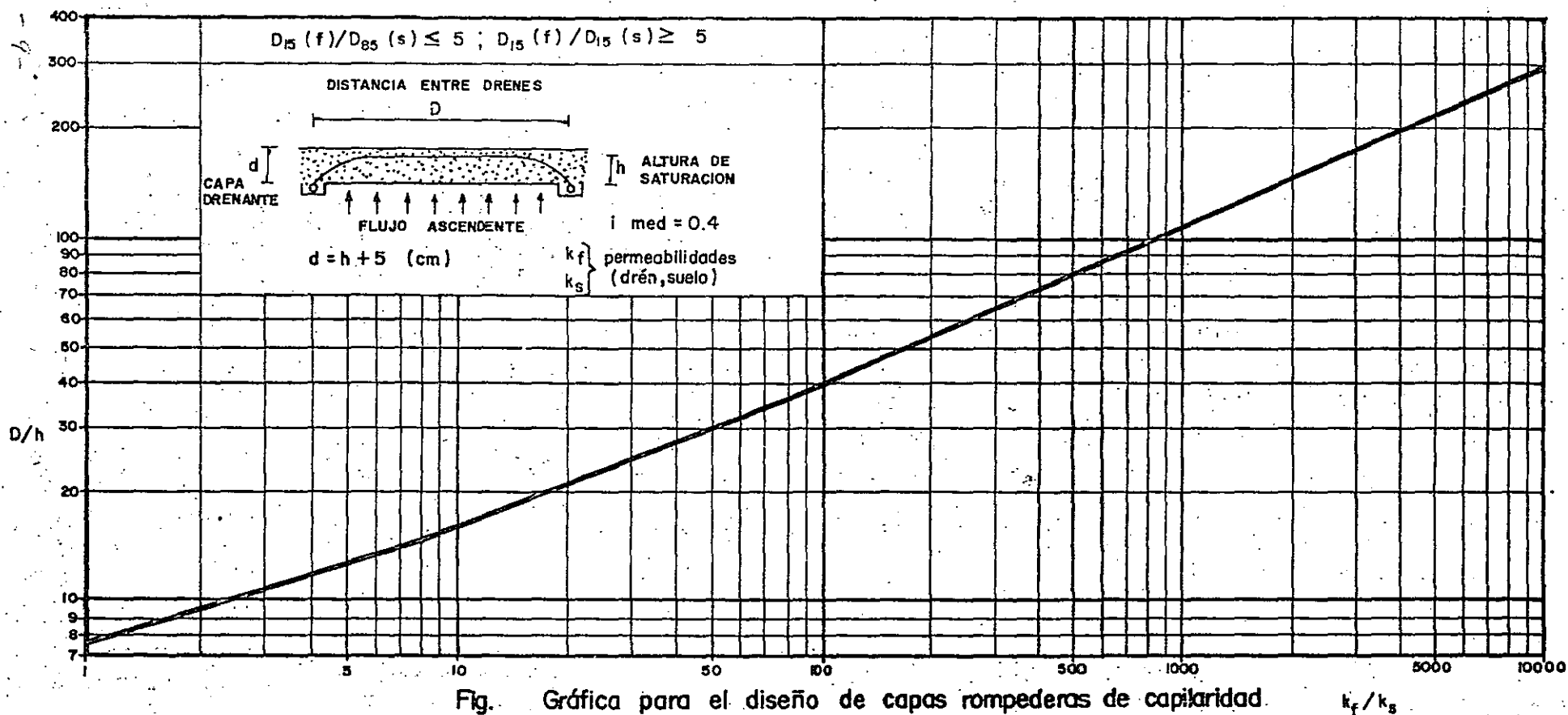




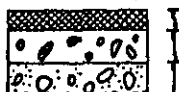





Fig. Gráfica para el diseño de capas rompedoras de capilaridad.

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS

ALTERNATIVA	ESTRUCTURACION	COSTOS (\$/m ²)		VIDA UTIL (ΣL)		
		TOTAL	TOTAL POR AÑO	PRIMERA ETAPA	TOTAL	
1	C B					
2	SC B					
3	C BA					
4	SC BA SB					
5	SC BA B					
6	SC BTC					
7	CC B					
8	CC BA					

S I M B O L O G I A



SC Carpeta asfáltica.



B Base hidráulica.



BA Base asfáltica.



BTC Base tratada con cemento.



SB Sub base hidráulica.



CC Loso de concreto.

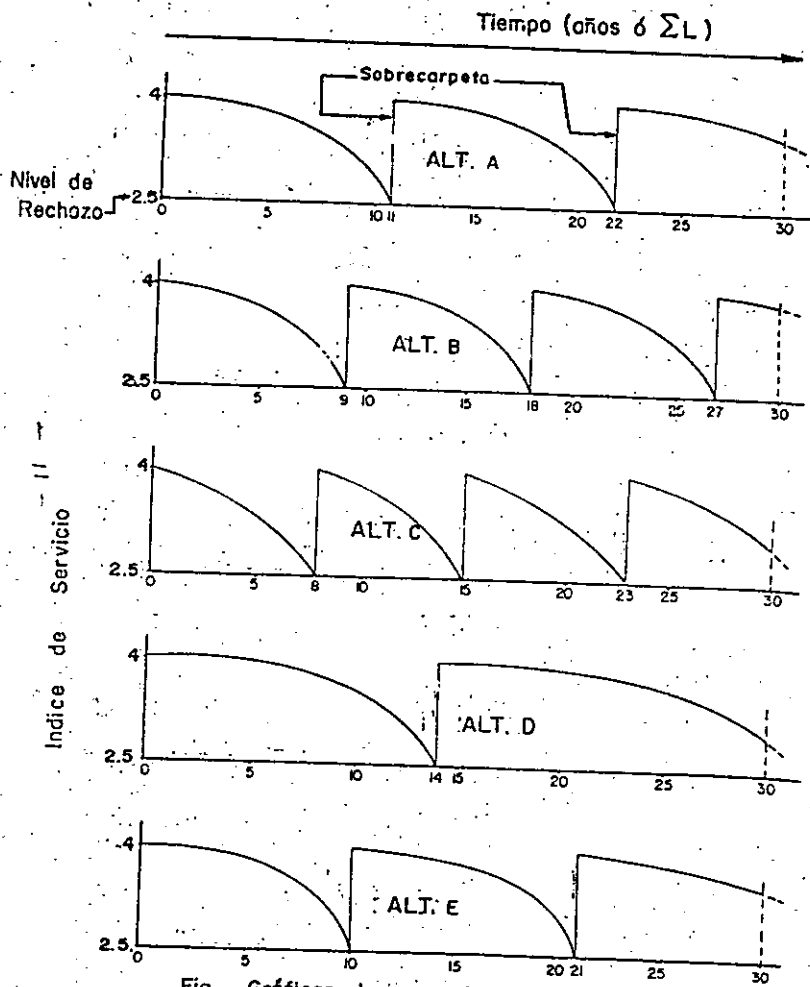
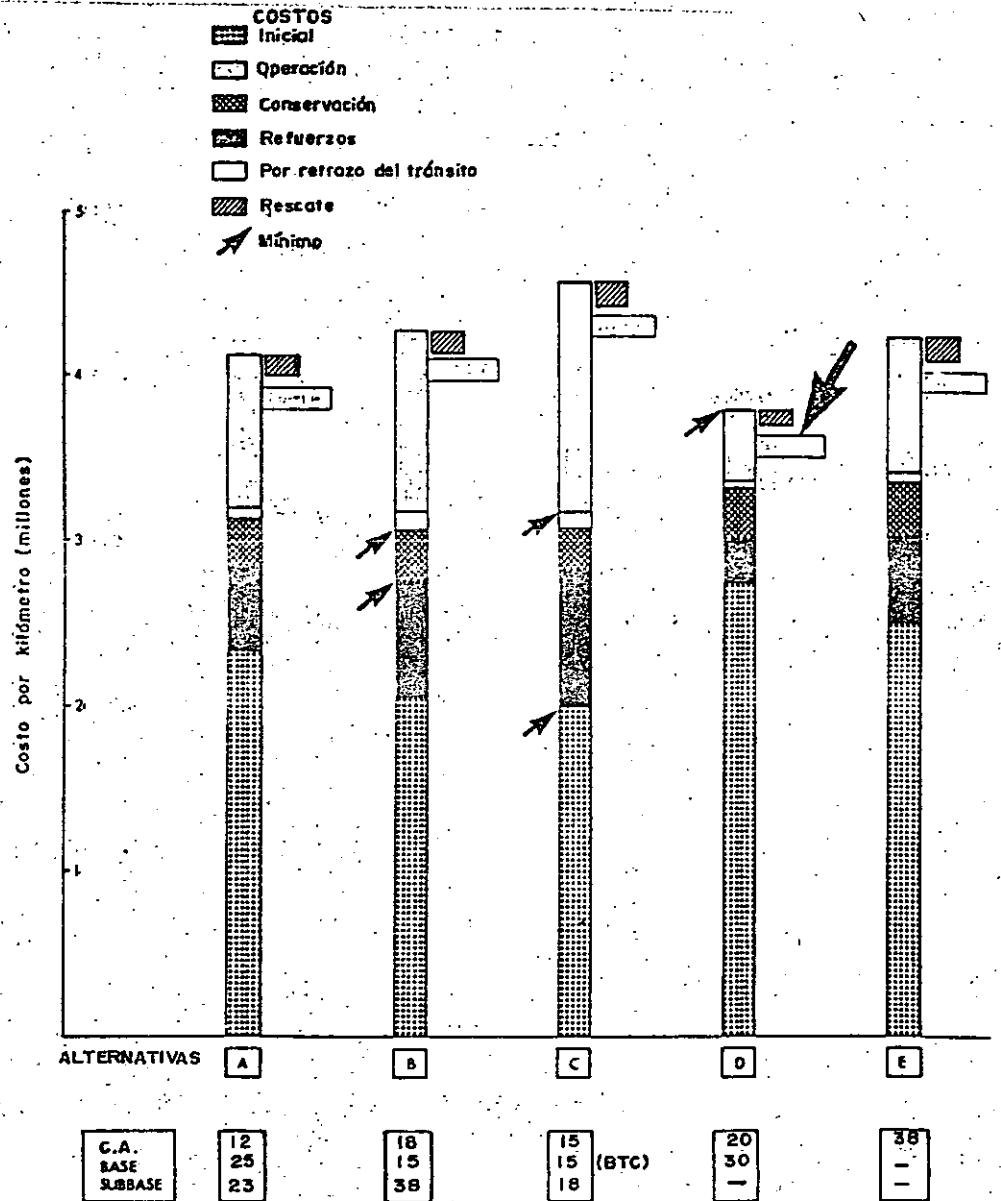


Fig. Gráficas de comportamiento esperado de cinco alternativas de diseño.





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

MODULO: "PROYECTO"

PROGRAMAS DE LAS VISITAS TECNICAS EN

- BAHIAS DE HUATULCO
- PUERTO ESCONDIDO
- ACAPULCO

CUESTIONARIO DE LA VISITA A:

- PUERTO ESCONDIDO
- ACAPULCO.

OCTUBRE, 1986.

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

Visita técnica a la construcción del aeropuerto Bahías de Huatulco, Oax.

Martes 14 de octubre/1986

PROGRAMA DEFINITIVO

9:30	Llegada a la obra
10:00 - 11:30	Descripción del proyecto y del programa de construcción. (Fonatur, Residencia General de Aeropuertos) Ing. Eliezer Gámez Rivas. Residencia Gral. DGA Ing. Juan González Narro Residencia Empresa Constructora Poacsa.
11:30 - 13:30	Recorrido a las obras. a) Cortes Km 0+900 a - 0+160 (cabecera 25) b) Alcantarilla El Zapote (Km - 0+200) y trabajos de voladura de rocas. c) Compactación de terracerías (Km - 1+520 a Km - 0+300)
13:30 - 14:00	Comentarios
14:30 - 16:30	Comida en Sta. Cruz Huatulco
17:00	Regreso a Puerto Escondido

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

Visita técnica al aeropuerto de Puerto Escondido, Oax. (2)

Miercoles 15 de octubre/1986

PROGRAMA DEFINITIVO

9:00

Llegada al aeropuerto

9:15 - 10:30

Exposición a cargo de las autoridades del aeropuerto. (Administración ASA, Comandancia y Seneam).

Cap. José del Carmen Zavala. Comandante
Sr. Mario Aguilar Aragón. Administrador
Sr. Arturo Muñiz. Controlador Seneam

- a) Descripción del aeropuerto
- b) Atribuciones de las autoridades
- c) Problemática y deficiencias.

10:30 - 11:30

Receso para observar el funcionamiento del Edificio Terminal durante el proceso del vuelo comercial.

11:30 - 13:00

Recorrido a instalaciones:

- a) Radioayudas
- b) Canales de drenaje
- c) Estructura de descarga del sistema de drenaje.

13:00 - 14:00

Torre de Control (en 3 grupos)

14:00 - 14:30

Comentarios generales

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS.

Visita técnica al aeropuerto de Acapulco, Gro.
Viernes 17 de octubre/1986

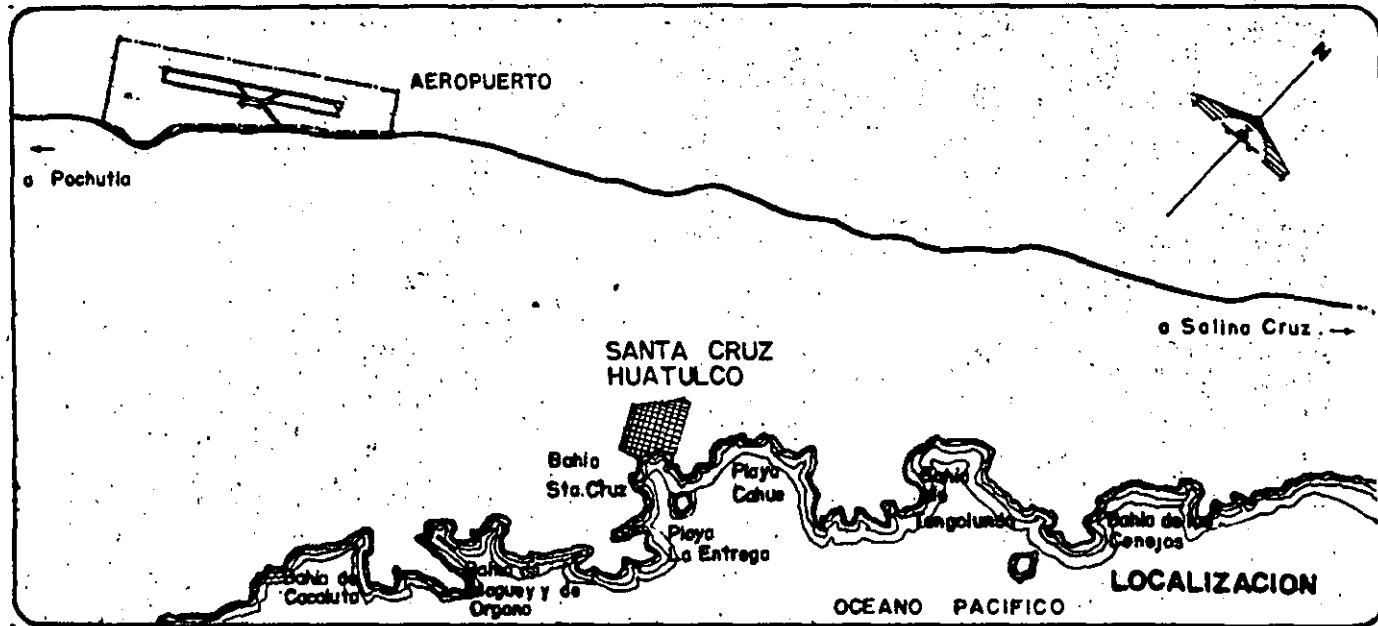
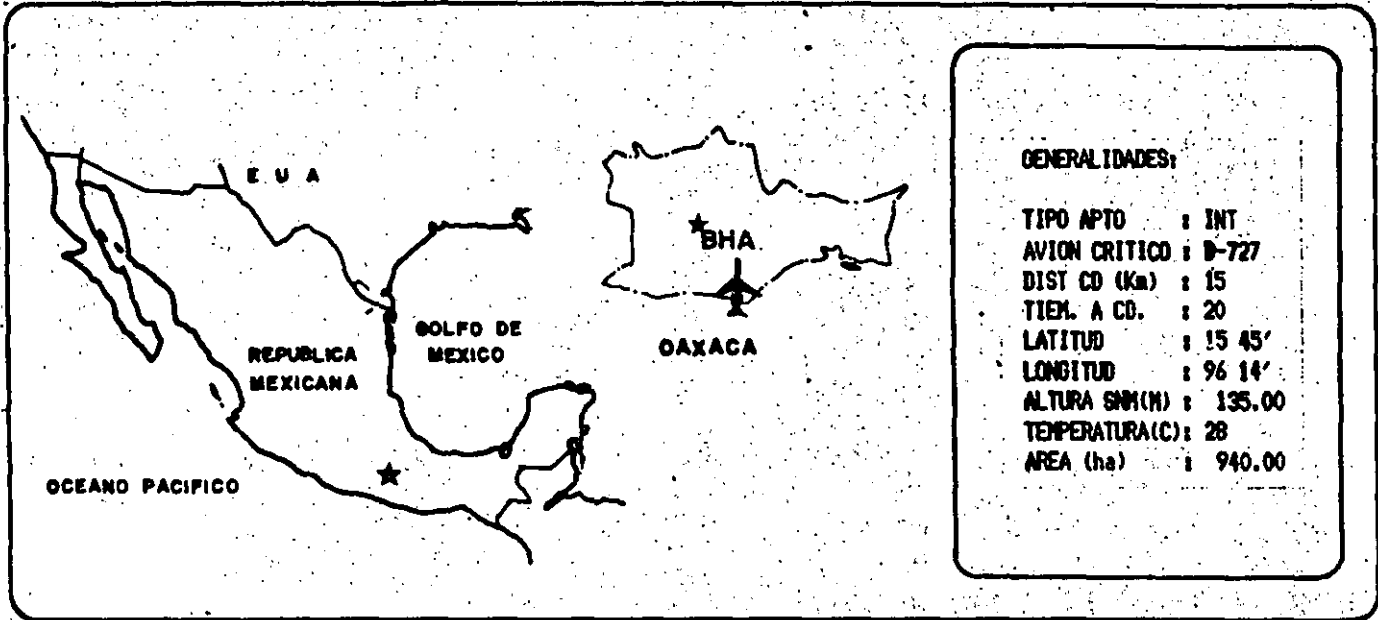
③

PROGRAMA DEFINITIVO

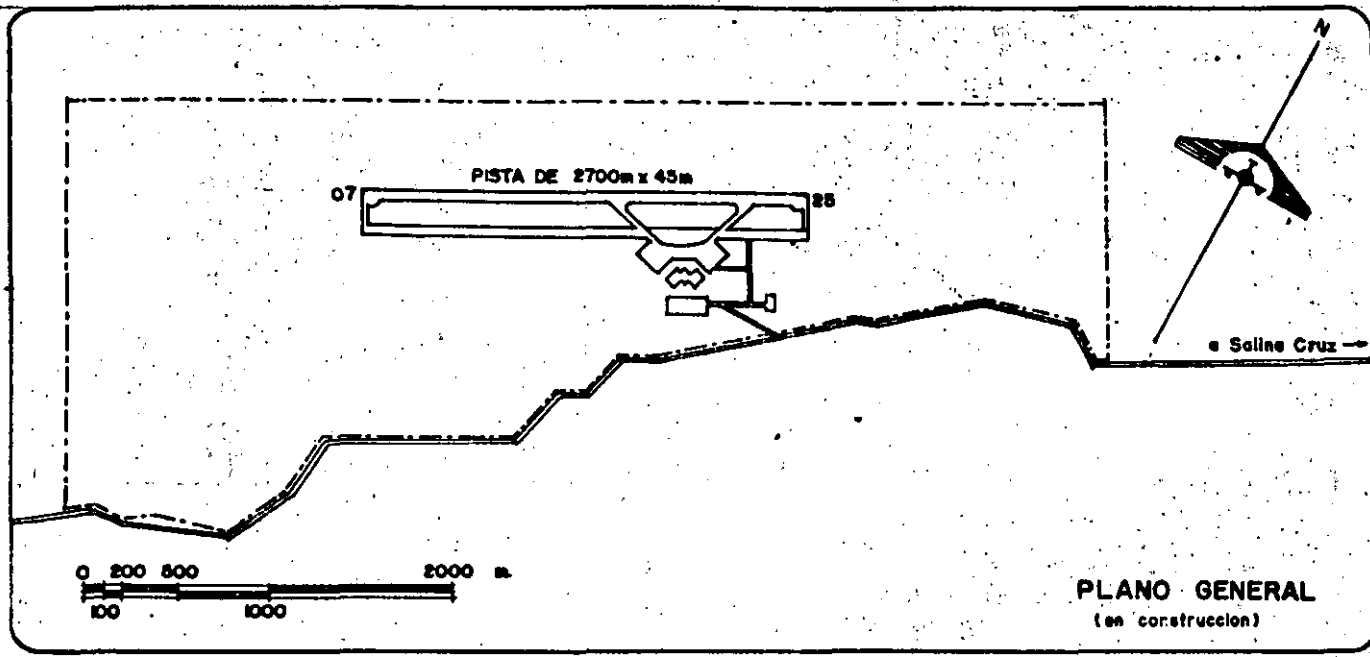
9:00	Llegada al aeropuerto
9:30 - 10:15	Exposición de las funciones de la Administración del aeropuerto (Lic. Juan San Román. Administrador ASA)
10:15 - 11:00	Recorrido a instalaciones (Ing. Luis Manzanedo. Mantenimiento ASA) a) Deterioros en pavimentos de plataformas. b) Luces de aproximación c) Pista 10-28
11:00 - 12:00	Organización del mantenimiento de edificios, instalaciones y equipos. Ing. Victor Zermeno. ASA Sr. Juan Flores. ASA Arq. Salvador Arreola. ASA
12:00 - 13:00	Almuerzo
13:00 - 13:30	Organización de los servicios que presta SENEAM (Ing. Joaquín Díaz. Subgerente Regional)
13:30 - 14:30	Recorrido a Torre, Control Radar, Servicios de Ingeniería y Despacho e Información de Vuelo. (4 grupos)
14:30 - 15:00	Funciones de la Comandancia del aeropuerto (Cap. Leandro Pro. Comandante)

BAHIAS DE HUATULCO, OAX.

(4)



5



PLANO GENERAL
(en construcción)

ZONA AERONAUTICA

PISTA(S): 07-25 2700x45

RODAJE(S): ALFA 450x23
 BRAVO 450x23

ZONA TERMINAL

PLAT.AV.COM. (m) : 170x110
PLAT.AV.GRAL. (m) : 100x45
EDIF.AV.COM. (m2): 3943

EDIF.AV.GRAL. (m2): 600

EST.AV.COM. (m2): 3000.00
EST.AV.GRAL. (m2): 300.00
HANGARES (m2): 2160
NUMERO HANGARES : 6

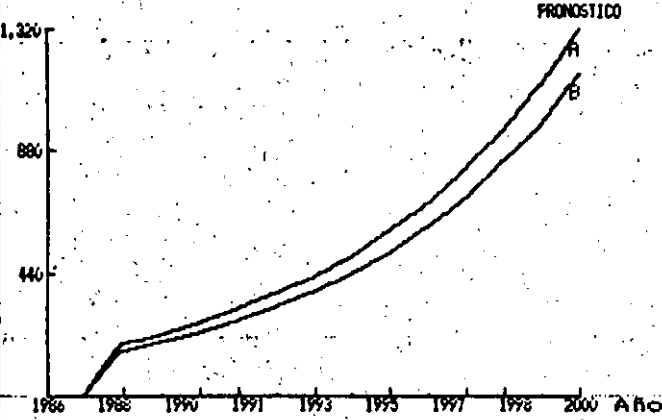
INSTALACIONES DE APOYO

TORRE DE CONTROL	(m)	: 25
EDIF. ANEXO	(m2)	: 300
CASA MAQUINAS	(m2)	: 360.00
CREI: RESCATE		: UNIMOG
EXTINCTION		: J/BN
EVACUACION		: AMBULANCIA
CAMINO DE ACCESO	(m)	: 450
CAMINO PERIM.	(m)	: 7000
ZONA COMBUST. : # HIDRANTES		: 3
GAS AV. 88/87	(l)	: 60000
GAS AV. 100/130	(l)	: 60000
TURBOSINA	(l)	: 60000

AYUDAS A LA NAVEGACION

SEÑAL. HORIZ.Y VERT.	: SI
CONO DE VIENTOS	: 2
SISTEMA DE LUCES	: SI
RADAR	: NO
VASIS	: NO
FARO	: SI
VOR/DME	: SI
ILS	: NO
AVASIS	: NO

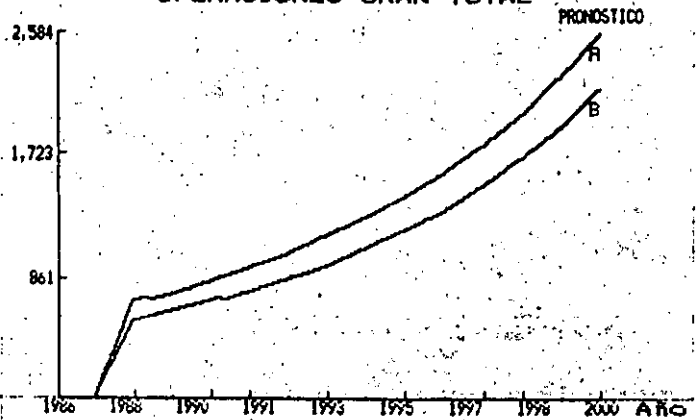
PASAJEROS GRAN TOTAL



Año	1986	1988	1990	1991	1993	1995	1997	1998	2000	Año
0	169	234	275	381	525	723	847	1,159	B	
0	193	267	314	434	599	824	965	1,320	A	

A = PRONOSTICO ALTO; B = PRONOSTICO BAJO; CANTIDADES x 1,000

OPERACIONES GRAN TOTAL



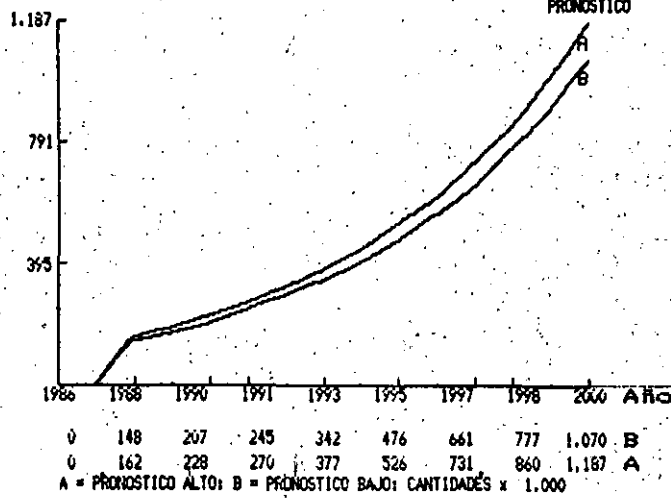
Año	1986	1988	1990	1991	1993	1995	1997	1998	2000	Año
0	573	701	778	964	1,206	1,522	1,715	2,194	B	
0	704	856	945	1,163	1,444	1,810	2,033	2,584	A	

A = PRONOSTICO ALTO; B = PRONOSTICO BAJO; CANTIDADES x 10

ESTADISTICA

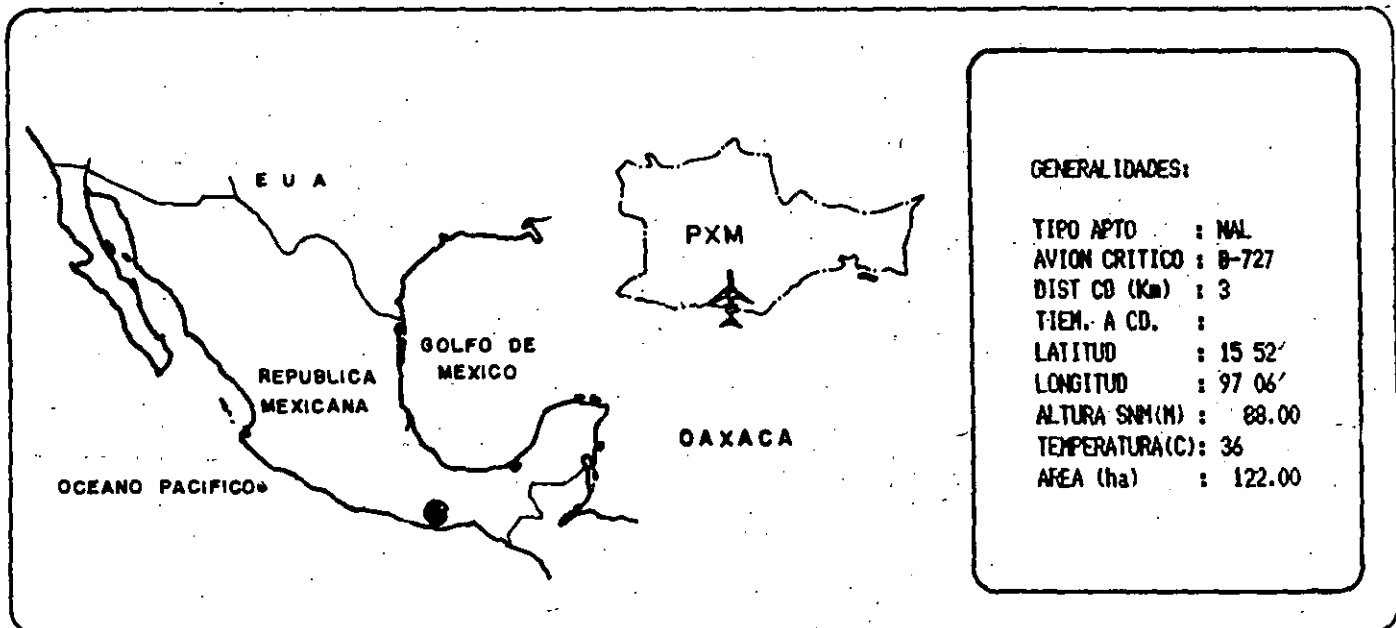
Año	PASAJEROS GRAN TOTAL		OPERACIONES GRAN TOTAL	
	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO
1986	169	193	573	704
1988	234	267	701	856
1990	275	314	778	945
1991	381	434	964	1,163
1993	525	599	1,206	1,444
1995	723	824	1,522	1,810
1997	847	965	1,715	2,033
1998	1,159	1,320	2,194	2,584
2000	1,159	1,320	2,194	2,584
Tasa	13.91	13.89	1.16	1.16

PASAJEROS COMERCIALES



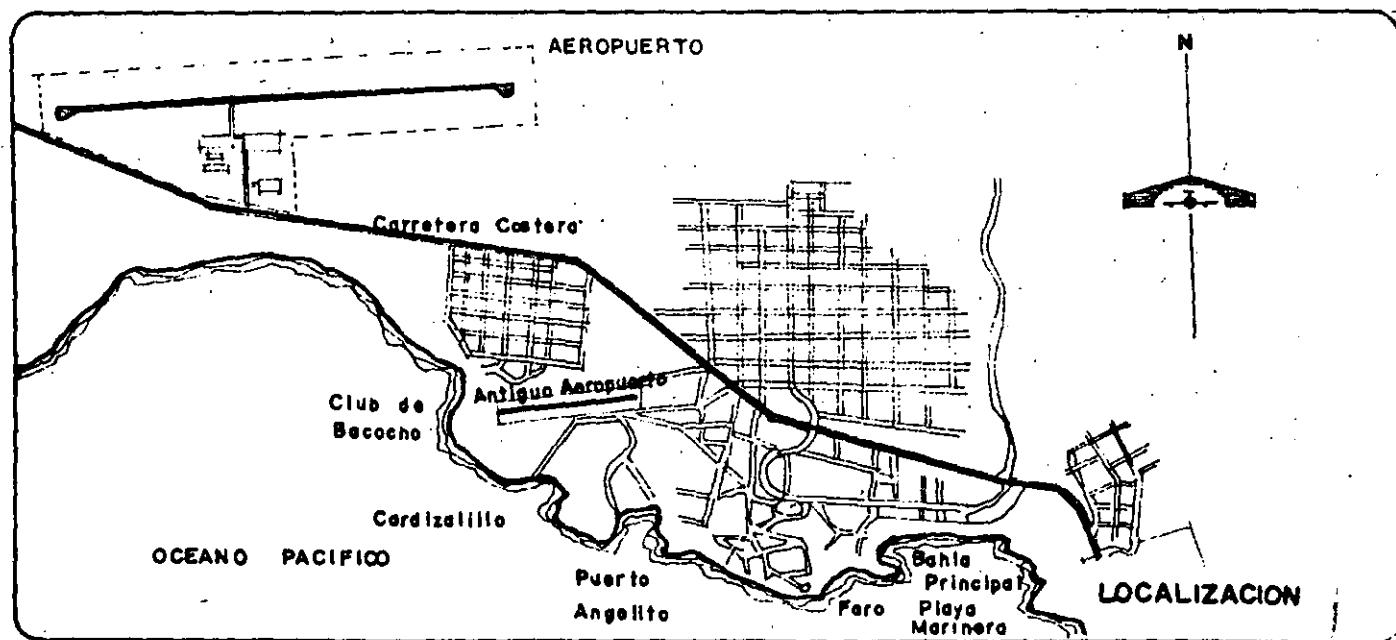
AÑO	PAX. COM. NAL.		PAX. COM. INT.		PAX. COM. TRAN.		BHA TOTAL	
	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	71,539	96,388	58,833	85,254	17,447	17,507	148,724	182,851
1989	83,063	97,174	69,458	77,274	19,312	18,393	173,855	192,831
1990	106,549	117,350	92,399	91,332	19,227	19,300	207,875	225,282
1991	124,874	142,141	94,862	107,748	20,189	20,366	245,692	270,155
1992	154,994	171,375	114,072	126,885	21,189	21,330	290,468	318,510
1993	184,872	204,204	134,103	149,158	22,258	22,314	342,738	377,703
1994	223,659	247,921	157,379	175,688	23,771	23,461	404,402	448,120
1995	267,889	296,781	184,393	205,060	24,840	24,534	476,812	526,175
1996	320,580	368,188	218,881	239,883	25,888	25,865	581,697	630,723
1997	382,161	423,918	251,837	280,048	27,056	27,159	661,834	731,185
1998	455,200	505,125	293,513	324,483	29,407	29,517	777,230	860,230
1999	541,338	591,142	344,787	380,025	30,828	30,843	813,853	901,165
2000	642,412	710,742	397,257	441,690	31,519	31,440	1,070,938	1,187,072
Tasa	15.93	15.00	13.92	13.82	3.99	3.99	14.30	14.40

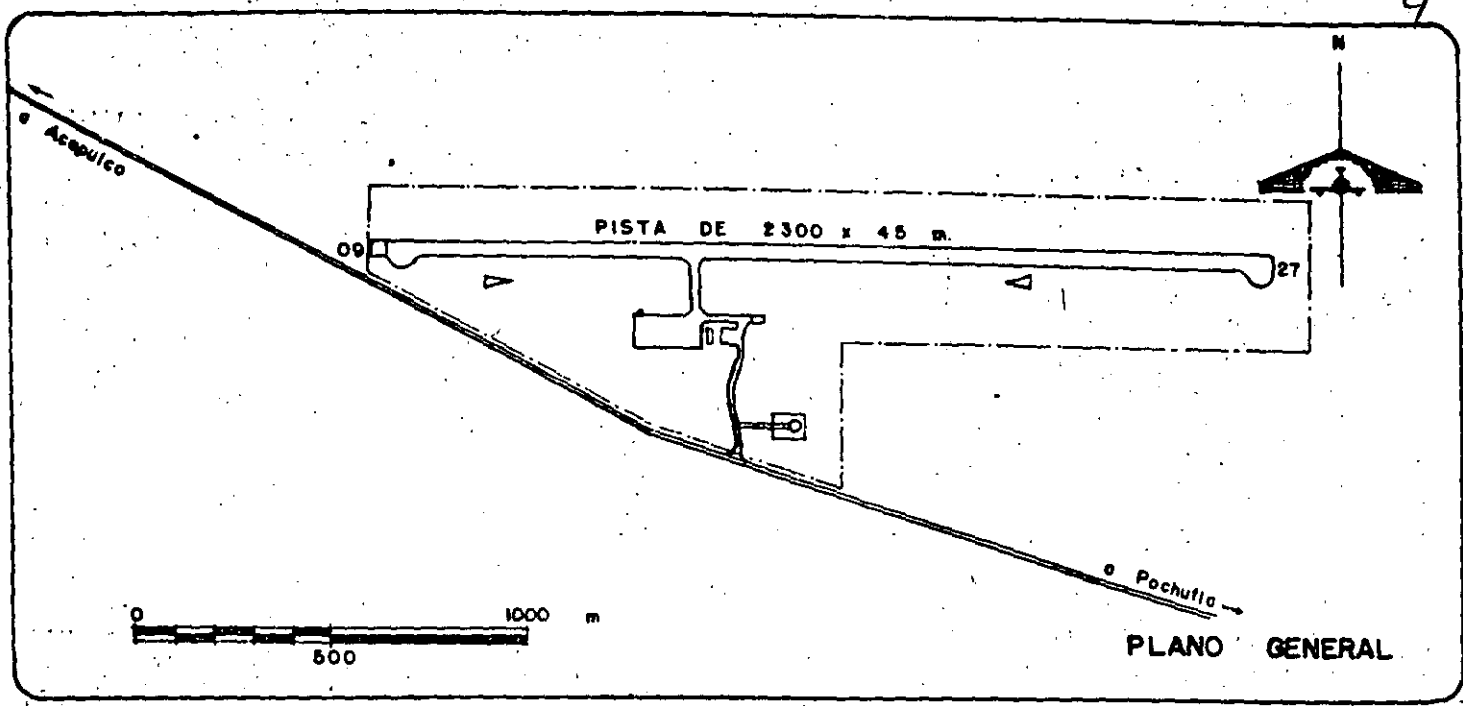
PUERTO ESCONDIDO, OAX.



GENERALIDADES:

TIPO APTO	: NAL
AVION CRITICO	: B-727
DIST CD (Km)	: 3
TIEM. A CD.	:
LATITUD	: 15 52'
LONGITUD	: 97 06'
ALTURA SNM(M)	: 88.00
TEMPERATURA(C)	: 36
AREA (ha)	: 122.00





ZONA AERONAUTICA

PISTA(S): 09-27 2300X45

RODAJE(S): ALFA 180X23
BRAVO 180X23

ZONA TERMINAL

PLAT. AV.COM. (m) : 90X90
PLAT. AV.GRAL. (m) : 90X75.5
EDIF. AV.COM. (m2) : PB 630

EDIF. AV.GRAL. (m2) : NO

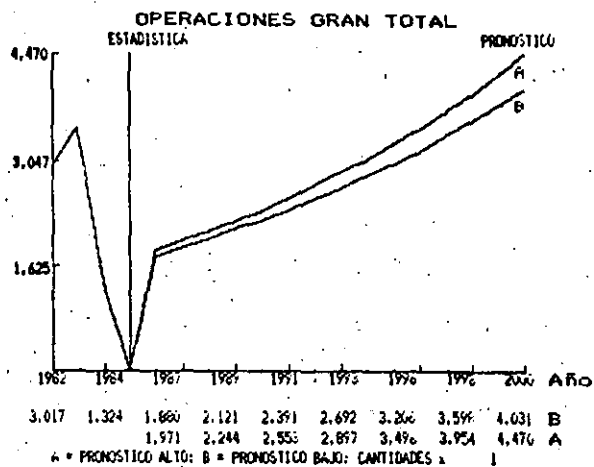
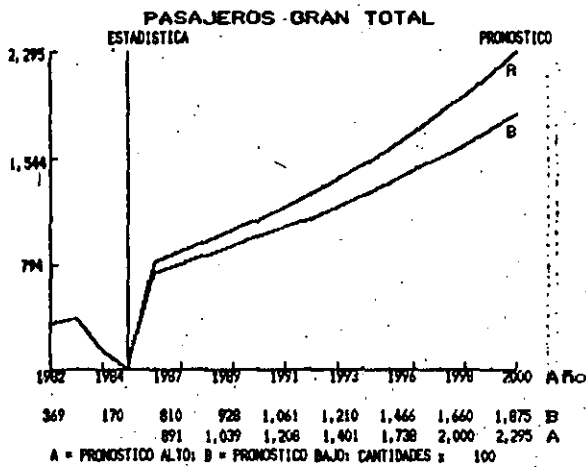
EST. AV.COM. (m2) : 1434.00
EST. AV.GRAL. (m2) : 0.00
HANGARES (m2) : NO
NUMERO HANGARES : 0

INSTALACIONES DE APOYO

TORRE DE CONTROL (n) : 28
EDIF. ANEXO (m2) : 0
CASA MAQUINAS (m2) : 0.00
CREI: RESCATE : UNIMOG
EXTINCION : J/BN
EVACUACION : AMBULANCIA
CANTINO DE ACCESO (n) : 320X7
CANTINO PERIM. (n) : NO
ZONA COMBUST.: # HIDRANTES : 0
GAS AV. 88/87 (l) : 50000
GAS AV. 100/130 (l) : 50000
TURBOSINA (l) : 240000

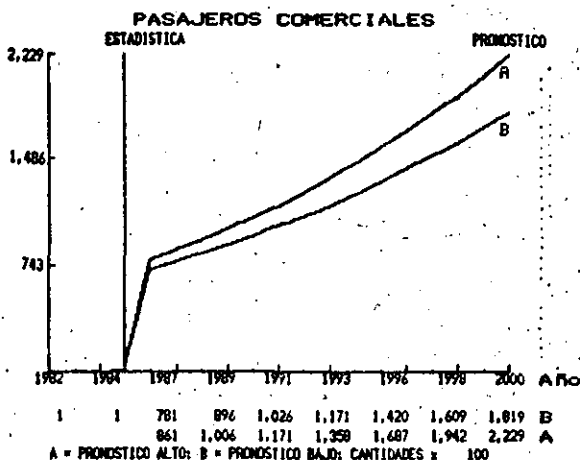
AYUDAS A LA NAVEGACION

SEÑAL. HORIZ. Y VERT. : SI
CONO DE VIENTOS : 2
SISTEMA DE LUCES : NO
RADAR : NO
VASTS : NO
FARO : NO
VOR/DME : SI
ILS : NO
AVASIS : SI



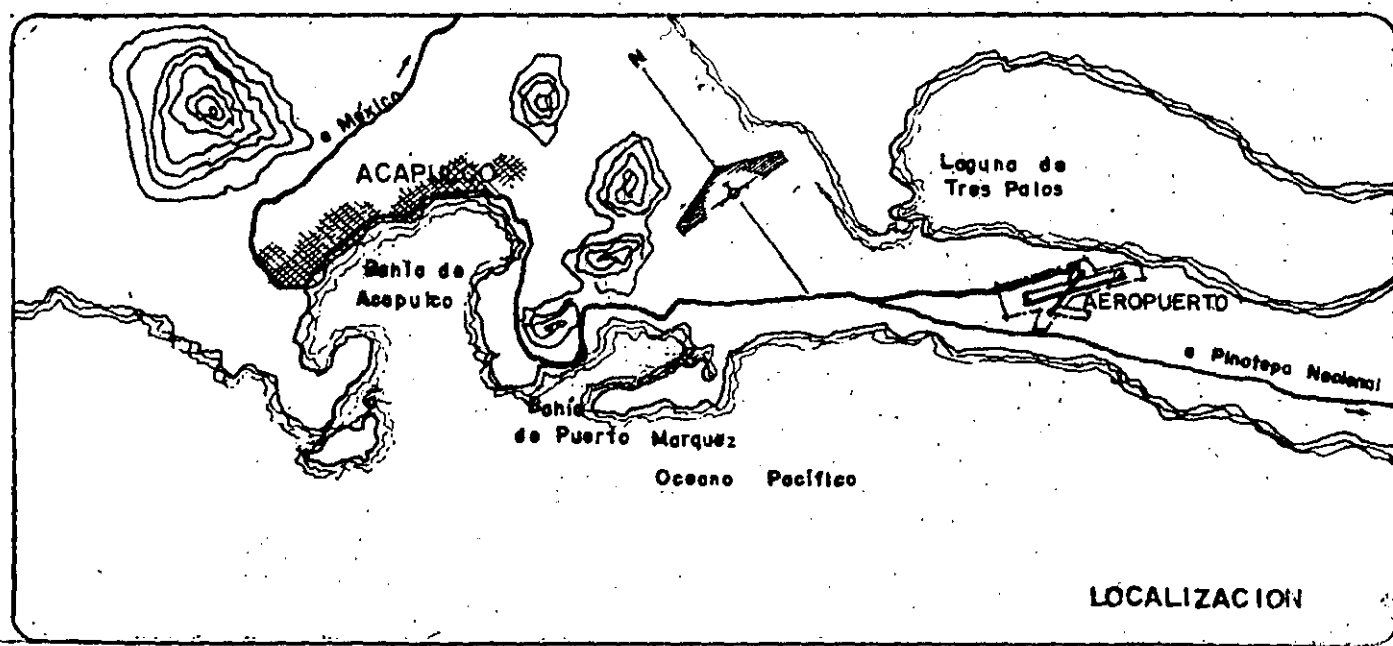
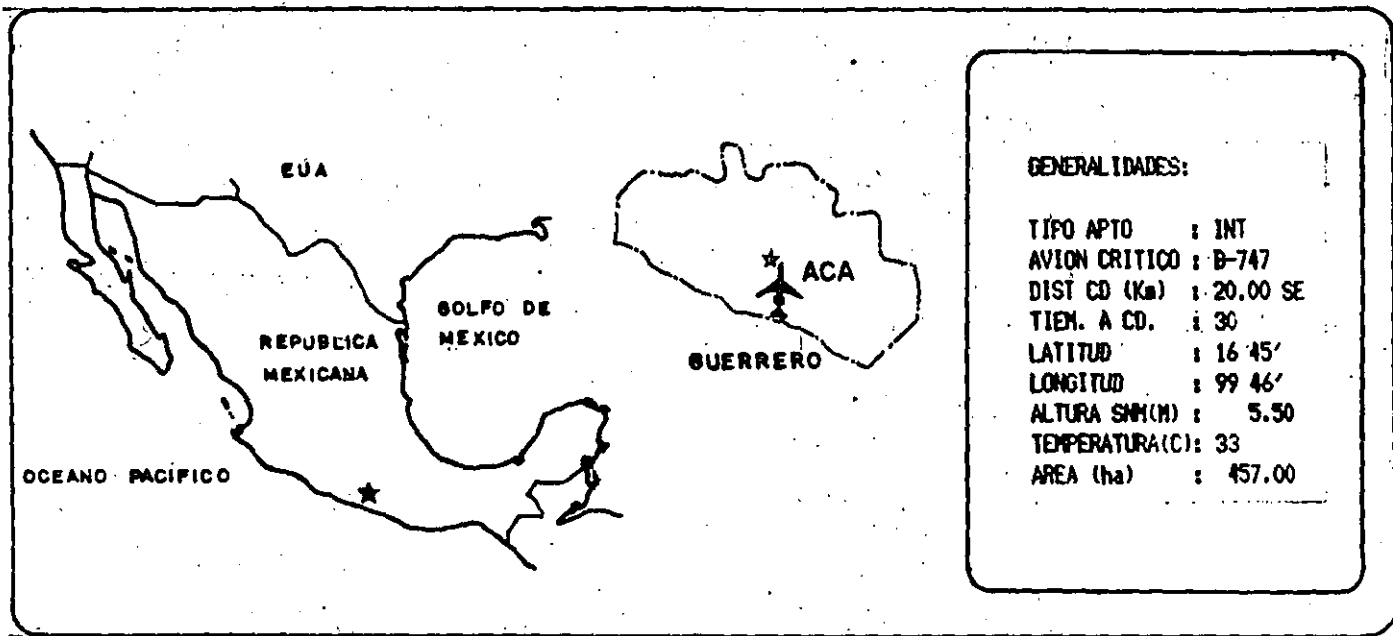
ESTADISTICA		PROMOSTICO			
AÑO	PASAJEROS GRAN TOTAL	Tasa	AÑO	OPERACIONES GRAN TOTAL	Tasa
1982	36,949	0.00	1982	3,017	0.00
1983	41,822	13.18	1983	3,513	16.44
1984	17,053	-52.15	1984	1,324	-62.31
1985	4,446	-73.57	1985	203	-84.66
Tasa		-37.97			-65.26
BAJO		ALTO		TASA	
AÑO	BAJO	ALTO	AÑO	BAJO	ALTO
1982	75,552	82,391	1986	1,766	1,845
1987	81,001	89,112	1987	1,830	1,971
1988	86,770	96,295	1988	1,927	2,104
1989	92,880	103,569	1989	2,121	2,344
1990	99,347	112,158	1990	2,244	2,553
1991	106,185	120,896	1991	2,391	2,720
1992	113,413	130,210	1992	2,538	2,827
1993	121,055	140,130	1993	2,672	2,954
1994	129,112	150,690	1994	2,854	3,085
1995	137,629	161,926	1995	3,026	3,284
1996	146,605	173,863	1996	3,206	3,496
1997	156,067	186,560	1997	3,398	3,718
1998	166,035	200,034	1998	3,596	3,954
1999	176,532	214,336	1999	3,809	4,205
2000	187,579	229,501	2000	4,031	4,470
Tasa	6.28	7.08		5.66	6.09

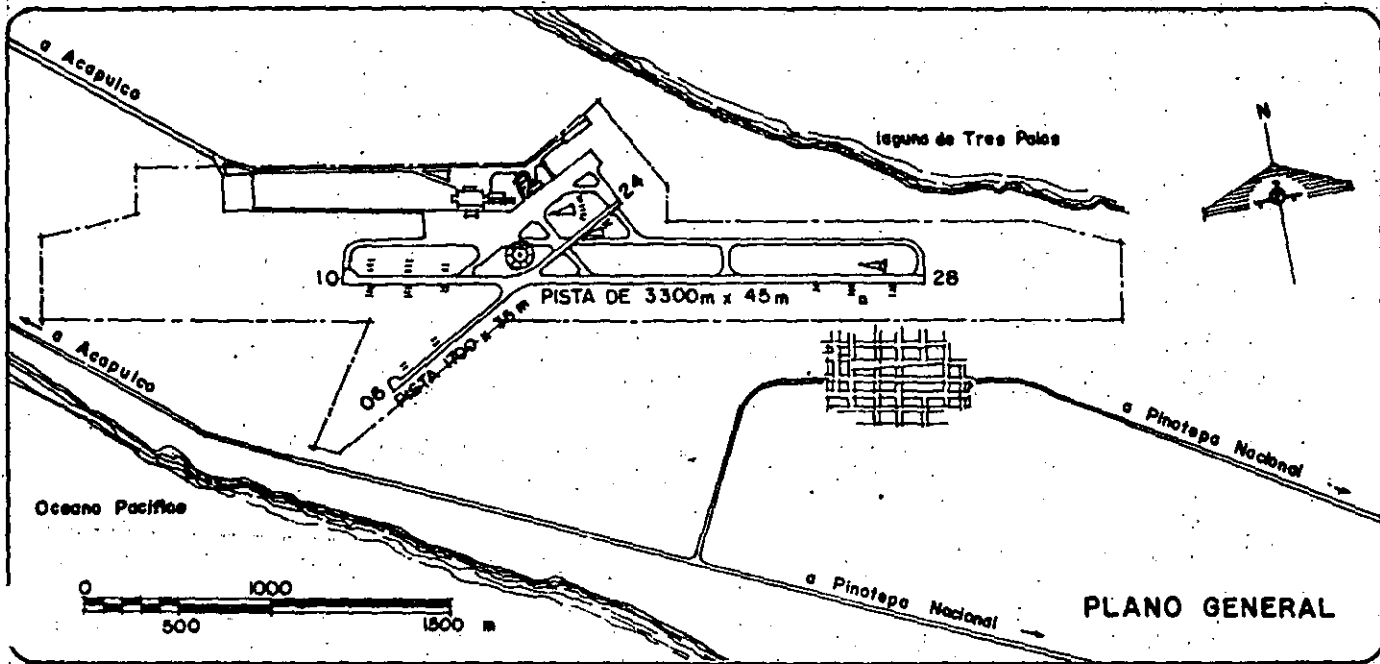
(11)



AÑO	ESTADISTICA				PROMOSTICO			
	PAX. COM. NAL.	PAX. COM. INT.	PAX. COM. INT.	PAX. COM. TRAN.	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO
1982	0	0	0	200				
1983	0	0	0	333				
1984	0	0	0	108				
1985	2,297	0	0	0				
Tasa	0.00	0.00	0.00	-33.68				
1986	72,213	79,020	0	626	72,213	79,020	72,213	79,020
1987	77,473	85,511	0	644	77,473	85,511	77,473	85,511
1988	83,044	92,450	0	704	83,044	92,450	83,044	92,450
1989	88,946	99,865	0	746	88,946	99,865	88,946	99,865
1990	95,195	107,732	0	791	95,195	107,732	95,195	107,732
1991	101,806	116,229	0	838	101,806	116,229	101,806	116,229
1992	108,796	125,234	0	889	108,796	125,234	108,796	125,234
1993	116,184	134,827	0	942	116,184	134,827	116,184	134,827
1994	124,052	145,041	0	998	124,052	145,041	124,052	145,041
1995	132,219	155,906	0	1,058	132,219	155,906	132,219	155,906
1996	140,905	167,463	0	1,122	140,905	167,463	140,905	167,463
1997	150,063	179,742	0	1,189	150,063	179,742	150,063	179,742
1998	159,713	192,769	0	1,260	159,713	192,769	159,713	192,769
1999	169,876	206,617	0	1,336	169,876	206,617	169,876	206,617
2000	180,574	221,292	0	1,416	180,574	221,292	180,574	221,292
Tasa	6.91	7.12	0.00	0.00	5.60	6.53	6.30	7.12

ACAPULCO, GRO.





PLANO GENERAL

ZONA AERONAUTICA

PISTA(S):	10-28	3300X45
	06-24	1700X35
RODAJE(S):	ALFA	3645X23
	BRAVO	210X23
	COCA	817.46X23
	DELTA	721.46X23
	ECO	301.62X23
	FOX	

INSTALACIONES DE APOYO

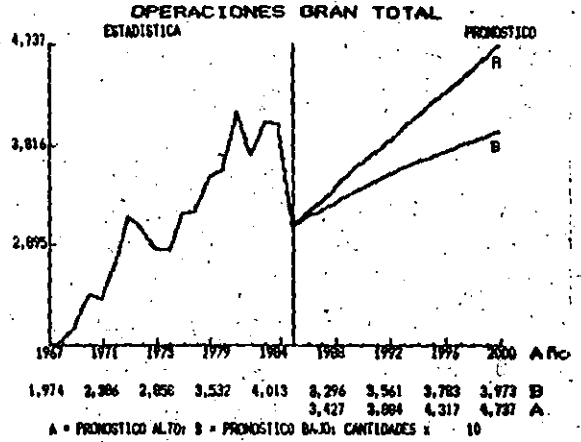
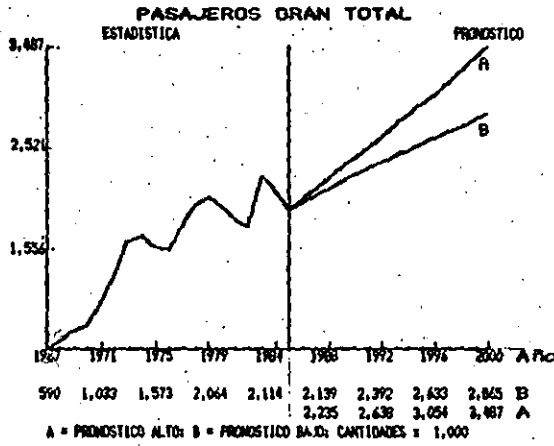
TORRE DE CONTROL	(n)	: 23.4
EDIF. ANEXO	(n2)	: 416
CASA MAQUINAS	(n2)	: 51.00
CREI: RESCATE		: UNIMOB
EXTINCION		: YLAL, JBNFF
EVACUACION		: 2 AMBULANCIAS
CAMINO DE ACCESO	(n)	: 1750X7.5
CAMINO PERIM.	(n)	: 9220X5
ZONA COMBUST.: # HIDRANTES		: 18
GAS AV.88/87	(1)	: 88108
GAS AV.100/130	(1)	: 606669
TURBOSINA	(1)	: 6422352

ZONA TERMINAL

PLAT. AV.COM.	(n)	: 562X219
PLAT. AV.GRAL.	(n)	: 490X90
EDIF. AV.COM.	(n2):	PA 7219
		PB 9970
EDIF. AV.GRAL.	(n2):	PA 157
		PB1417
EST. AV.COM.	(n2):	15272.00
EST. AV.GRAL.	(n2):	450.00
HANGARES	(n2):	1,758
NUMERO HANGARES		: 2

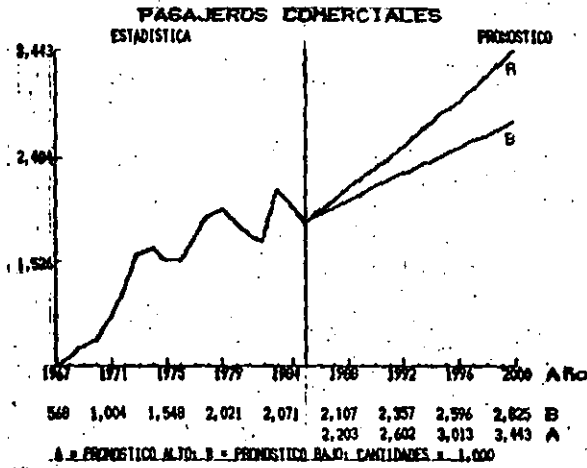
AYUDAS A LA NAVEGACION

SEÑAL. HORIZ.Y VERT.	: SI
COND DE VIENTOS	: 3
SISTEMA DE LUCES	: SI
RADAR	: SI
VASIS	: NO
FARO	: SI
VOR/DME	: SI
ILS	: SI
AVASIS	: SI



ESTADÍSTICA						
AGO	PASAJEROS GRAN TOTAL		Tasa	AGO	OPERACIONES GRAN TOTAL	
						Tasa
1967	590,516		0.00	1967	19,740	0.00
1968	645,827		12.75	1968	20,197	2.31
1969	770,872		19.68	1969	24,325	6.18
1970	831,428		7.60	1970	24,325	13.15
1971	1,039,266		24.27	1971	29,867	-2.05
1972	1,202,507		26.05	1972	27,476	17.47
1973	1,428,177		25.18	1973	31,477	-1.27
1974	1,573,193		-4.15	1974	30,217	-3.84
1975	1,545,823		-1.70	1975	28,580	-5.41
1976	1,755,031		13.64	1976	28,359	-0.73
1977	1,677,257		-7.09	1977	31,962	12.66
1978	2,064,366		4.40	1978	32,176	0.67
1979	1,971,722		-4.48	1979	35,329	9.79
1980	1,921,950		-7.09	1980	36,007	1.91
1981	1,785,774		-3.60	1981	41,304	14.71
1982	2,250,375		27.44	1982	37,411	-9.42
1983	2,114,704		-6.02	1983	40,372	7.91
1984	1,909,478		-8.28	1984	40,194	-0.58
1985				1985	30,604	-27.74
Tasa			7.52			3.14

PRONOSTICO						
AGO	BAJO		ALTO	AGO	BAJO	
						ALTO
1986	2,027,101		2,027,975	1986	31,432	31,853
1987	2,073,124		2,124,712	1987	32,218	32,577
1988	2,123,127		2,124,613	1988	32,620	32,873
1989	2,203,680		2,325,629	1989	33,476	33,445
1990	2,267,345		2,425,950	1990	34,253	34,596
1991	2,330,150		2,526,952	1991	34,999	35,727
1992	2,403,222		2,628,702	1992	35,616	36,843
1993	2,453,552		2,741,291	1993	36,207	39,945
1994	2,514,100		2,844,709	1994	36,773	41,033
1995	2,575,180		2,949,139	1995	37,316	42,111
1996	2,636,260		3,054,439	1996	37,838	43,189
1997	2,697,340		3,160,566	1997	38,350	44,267
1998	2,758,420		3,268,528	1998	38,861	45,345
1999	2,819,500		3,377,542	1999	39,362	46,423
2000	2,880,580		3,487,142	2000	39,863	47,501
Tasa	2.40		3.65		1.57	2.68



ESTADISTICA									
ANO	PAX. COM. NAL.		PAX. COM. INT.		PAX. COM. TRAN.		ACA TOTAL		
1967	358,243		195,765		14,647		568,655		
1968	419,868		210,450		11,474		641,772		
1969	468,873		268,719		10,207		747,899		
1970	499,861		299,012		8,917		807,790		
1971	574,996		420,725		9,164		1,004,885		
1972	705,507		548,615		16,822		1,270,944		
1973	752,754		611,937		15,339		1,379,030		
1974	817,766		615,590		35,751		1,469,065		
1975	851,628		604,576		44,202		1,548,898		
1976	1,001,118		614,576		25,170		1,624,264		
1977	1,035,151		715,093		11,371		1,727,602		
1978	1,110,670		831,841		12,268		1,944,269		
1979	1,131,732		874,270		37,032		2,021,578		
1980	1,151,732		756,423		36,256		1,924,410		
1981	1,155,201		599,687		21,728		1,773,226		
1982	1,225,500		422,484		29,082		1,713,022		
1983	1,371,572		782,302		51,744		2,205,702		
1984	1,127,249		885,425		58,657		2,071,431		
1985	1,094,601		755,655		61,037		1,911,293		
Tasa	6.76		10.44		21.75		7.68		
PROMOSTICO									
ANO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	
1986	1,122,225	1,144,519	791,920	800,146	63,626	63,713	1,977,771	2,006,378	
1987	1,174,822	1,191,144	829,192	835,312	66,214	66,359	2,043,229	2,105,846	
1988	1,174,453	1,243,472	824,471	891,254	68,801	69,067	2,107,755	2,205,793	
1989	1,199,213	1,292,672	900,755	937,892	71,387	71,744	2,171,355	2,302,308	
1990	1,229,130	1,341,785	997,046	985,288	73,971	74,421	2,234,147	2,401,474	
1991	1,246,264	1,379,821	979,242	1,023,253	76,553	77,098	2,305,142	2,511,748	
1992	1,286,827	1,459,976	1,097,843	1,062,237	79,136	79,776	2,397,446	2,603,620	
1993	1,290,374	1,489,202	1,045,949	1,131,937	81,717	82,453	2,418,040	2,705,532	
1994	1,311,427	1,536,545	1,052,231	1,102,379	84,297	85,131	2,417,985	2,806,052	
1995	1,321,856	1,555,068	1,119,577	1,233,418	86,876	87,610	2,527,311	2,906,327	
1996	1,321,938	1,555,752	1,114,898	1,200,822	89,453	90,488	2,592,051	3,012,950	
1997	1,370,383	1,687,791	1,151,224	1,328,531	92,030	93,167	2,654,237	3,119,492	
1998	1,307,731	1,730,081	1,227,554	1,370,237	94,606	95,847	2,711,891	3,226,165	
1999	1,402,871	1,788,760	1,263,883	1,446,787	97,180	98,527	2,749,039	3,313,114	
2000	1,426,724	1,839,623	1,300,222	1,522,128	99,754	101,207	2,825,704	3,443,087	
Tasa	1.61	3.21	3.36	4.29	3.04	3.13	2.40	3.66	

Cuestionario a contestar por alumnos como complemento a las visitas técnicas a los aeropuertos "Puerto Escondido" y "Acapulco".

Módulo: MANTENIMIENTO Y OPERACION

Puerto Escondido

- 1.- Señalar el orden de prelación que debería establecerse para programar el mantenimiento de los sistemas.
- 2.- Se considera que la operación presta atención suficiente a la comodidad del usuario ?
- 3.- Describir el tipo de control de tránsito aéreo prestado y decir si es capaz de garantizar la seguridad de las aeronaves.

Acapulco

- 1.- Señalar el mayor de los problemas de mantenimiento detectados y opinar si los responsables le prestan la suficiente atención.
- 2.- El aeropuerto corre peligro de inundarse ? porqué ?
- 3.- Considera usted que la autoridad del aeropuerto ha tomado precauciones contra posibles actos de sabotaje ?
En caso negativo, apuntar las medidas que deberían tomarse de inmediato.
- 4.- Las autoridades del aeropuerto están preparadas para notificar la resistencia de los pavimentos por el método recomendado por la OACI ? En caso afirmativo, favor de informar los PCN representativos de los diferentes elementos de operación aeronáutica así como el ACN de la aeronave más crítica y su frecuencia.

AEROPUERTO DE PUERTO ESCONDIDO, OAX.

- 1.- ¿ CUANTOS PASAJEROS COMERCIALES DE LLEGADA Y CUANTOS DE SALIDA SE MUEVEN EN EL AEROPUERTO EN LA HORA PICO ?
- 2.- ¿ QUE TIPO DE AVION COMERCIAL OPERA EN EL AEROPUERTO Y SU FRECUENCIA EN LA HORA PICO ?
- 3.- ¿ PORQUE NO SE DESARROLLO EN AEROPUERTO ANTIGUO ?
- 4.- SI NO SE HACE UNA PLANEACION INTEGRAL ¿ QUE RIESGOS SE CORREN A MEDIANO PLAZO ?
- 5.- ¿ ES SUFICIENTE EL NUMERO DE SALIDAS DE LA PISTA PARA LA DEMANDA ACTUAL ?
- 6.- ¿ QUE IMPLICABA CONSTRUIR EL EDIFICIO TERMINAL DEFINITIVO EN ESTE MOMENTO ? ¿PORQUE SE CONSTRUYO PROVISIONAL EN ESE SITIO ?
- 7.- ¿ CUALES SON LOS BENEFICIOS SOCIO-ECONOMICOS QUE HA GENERADO LA OPERACION DEL AEROPUERTO ?
- 8.- ¿ CUAL ES EL COSTO DE OPERACION ANUAL DE ESTE AEROPUERTO ?
- 9.- ¿ QUE DEFICIENCIAS O IRREGULARIDADES OBSERVO EN ESTE AEROPUERTO ?

AEROPUERTO DE BAHIAS DE HUATULCO, OAX.

- 1.- EN EL AÑO DE LA ETAPA OPERATIVA DEL AEROPUERTO, CUANTOS PASAJEROS Y CUANTAS OPERACIONES SE ESTIMA MOVER.
- 2.- CON LOS DATOS ANTERIORES ESTIMAR SI LA CAPACIDAD DEL EDIFICIO SE SATURARA EN LA ETAPA OPERATIVA.
- 3.- ¿ QUE CAPACIDAD SE TENDRA ACTUALMENTE CON LOS ELEMENTOS DEL AEROPUERTO ?
- 4.- ¿ HASTA CUANDO PUEDE FUNCIONAR EL EDIFICIO TERMINAL EN FORMA PROVISIONAL ?
- 5.- ¿ CUAL SERIA LA JUSTIFICACION DE LA CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO INTERNACIONAL EN ESA ZONA ?
- 6.- ¿ QUE MEDIDAS DEBERAN TOMARSE PARA PODER DESARROLLAR EN ETAPAS FUTURAS EL AEROPUERTO ?
- 7.- ¿ SERIA CONVENIENTE COMPRAR TODOS LOS TERRENOS QUE NECESITE EL AEROPUERTO EN EL HORIZONTE DE PROYECTO DEL COMPLEJO TURISTICO ?
- 8.- DE ACUERDO A LAS INVERSIONES REALIZADAS, ¿ EN QUE PROPORCION DE ESTOS MONTOS SE DESTINAN A LA GENERACION DE EMPLEOS DURANTE LA CONSTRUCCION ?
- 9.- ¿ CON QUE PROBLEMAS SE HA ENFRENTADO PARA LA ADQUISICION DE RECURSOS NATURALES, HUMANOS Y DE OTRO TIPO, PARA LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS ?
- 10.- ¿ CUAL ES SU OPINION ACERCA DE LA COMPATIBILIDAD DE LOS AEROPUERTOS DE PUERTO ESCONDIDO Y BAHIAS DE HUATULCO EN CUANTO A SUS AREAS DE INFLUENCIA ?

AEROPUERTO DE ACAPULCO, GRO.

- 1.- ¿ EN QUE EPOCA DEL AÑO SE PRESENTA EL MAYOR MOVIMIENTO DE PASAJEROS EN VUELOS CHARTERS, QUE TIPO DE AVIONES LLEGAN Y CUAL ES SU ORIGEN ?
- 2.- ¿ CUANTAS POSICIONES SIMULTANEAS MAXIMAS DE AVIONES COMERCIALES SE PRESENTAN EN PLATAFORMA ?, ESPECIFICAR LA POBLACION DE AVIONES Y CON QUE FRECUENCIA SE PRESENTAN.
- 3.- ¿ COMO FUNCIONA LA SOLUCION DE LA TERMINAL ?
- 4.- ¿ QUE SOLUCION HUBIERA SIDO MAS ADECUADA ? y ¿ PORQUE ?
- 5.- ¿ QUE POSIBILIDADES DE DESARROLLO TIENE EL AEROPUERTO ?
- 6.- ¿ SERA NECESARIA UNA PISTA PARALELA PROXIMAMENTE ?
- 7.- ¿ EXISTIRA ALGUNA AFECTACION POR EXPANSION DE LOS LINDEROS DEL AEROPUERTO ?
- 8.- EN CASO DE HABER AFECTACION ¿ QUE TAN IMPORTANTE ES ?
- 9.- ¿ ES ADECUADO EL NIVEL DE SERVICIO EN LA ZONA TERMINAL PARA LA CAPACIDAD ACTUAL ?
- 10.- EN ESTE AEROPUERTO ¿ QUE AREA DEL EDIFICIO TERMINAL SE DESTINA A CONCESIONES COMERCIALES ?
- 11.- ¿ CUAL ES LA RENTA PROMEDIO MENSUAL PARA LOCALES COMERCIALES ?
- 12.- ¿ CUAL ES LA CUOTA DEL DERECHO Y USO DE AEROPUERTO DE PASAJEROS DE AVIACION REGIONAL ?

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

Visita técnica al aeropuerto de Puebla, sitio Huejotzingo
Sábado 4 de octubre, 1986

PROGRAMA DEFINITIVO

<u>H o r a</u>	<u>A c t i v i d a d</u>
7:30	Salida en autobús de Palacio de Minería
10:00	Llegada al aeropuerto
10:15 - 11:00	Reunión en el edificio del CREI y exposición general de lo siguiente: 1.- Operaciones, vigilancia y seguridad: despacho e inspección; control de tráfico aéreo y ayudas a la navegación. 2.- Obras civiles en proceso. 3.- Obras de edificación en proceso.
11:00 - 11:15	Sesión de preguntas.
11:15 - 12:00	Recorrido de inspección al tendido de sobrecarpeta en la cabecera 17 de la pista.
12:00 - 12:45	Recorrido de inspección a la construc- ción de torre de control, edificio ter- minal y estacionamiento.
12:45 - 13:00	Reconocimiento a zona de combustibles.
13:15 - 15:00	Comida
16:00	Salida a Cd. de México

Guía de la Visita

- A) Autoridades del aeropuerto y responsables de las obras:
- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Ing. Juan Torres Vázquez | Comandante del Aeropuerto. |
| Lic. José Octavio Ferrer | Administrador |
| Sr. Humberto Parra Díaz | Jefe de Estación SENEAM |
| Ing. Gilberto Puesto Pérez | Residente General DGA |
| Arturo García | Resid. DGA Obras Civiles |
| Eligio Márquez | Resid. DGA Torre de Control |
| Luis López Albarrán | Resid. DGA Edif. Terminal |

- B) Trabajos en proceso a cargo de la DGA

Obras Civiles:

Tendido de la segunda capa de carpeta en la pista sin interferir con las operaciones aéreas.

Torre de Control:

Preparación del cimbrado para calado de concretos a nivel sub-cabina.

Edificio Terminal:

Construcción de la estructura, elementos prefabricados, preparación para el montaje de la cubierta.

- C) Trabajo a realizar por alumnos;

Deberá elaborarse un reporte individual conteniendo los siguientes puntos:

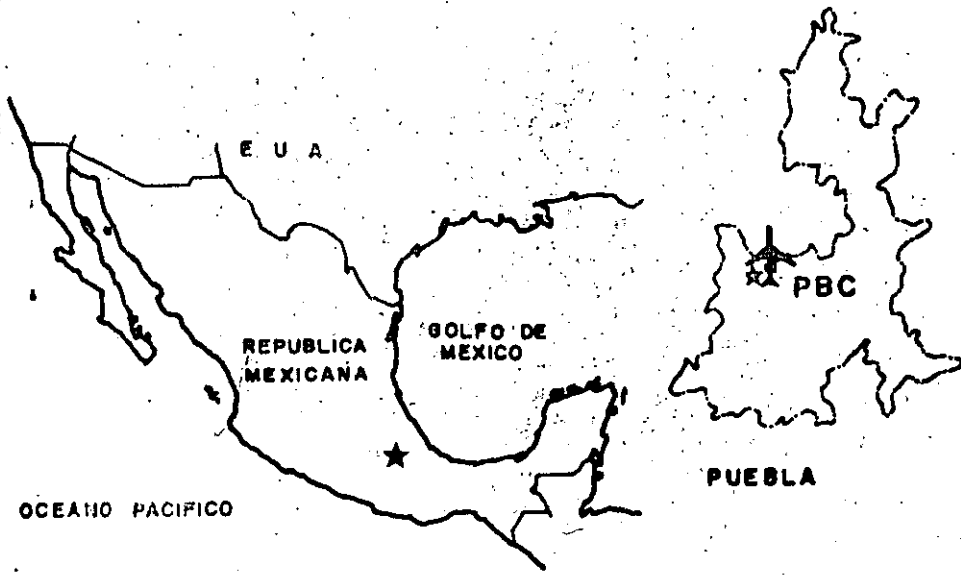
- descripción del funcionamiento actual del área terminal de aeropuerto.
- descripción de las funciones a cargo de las autoridades del aeropuerto.
- descripción de la infraestructura e instalaciones existentes a la fecha, incluyendo las ayudas a la navegación

-comentarios sobre la concepción del proyecto para la operación comercial en la presente etapa (aspectos pavimentos, drenaje, area terminal, ayudas visuales luminosas, etc.)

-describir la solución estructural para la cubierta principal del edificio terminal así como sus ventajas y desventajas.

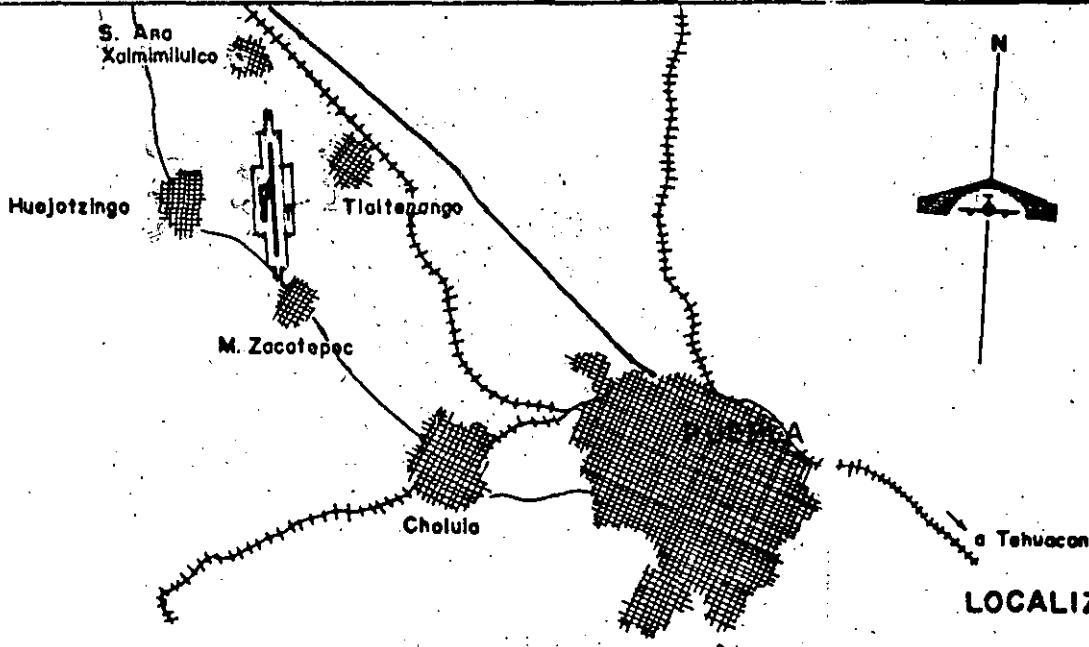
Adjunto: Características generales del aeropuerto y planta en general.

PUEBLA, PUE.

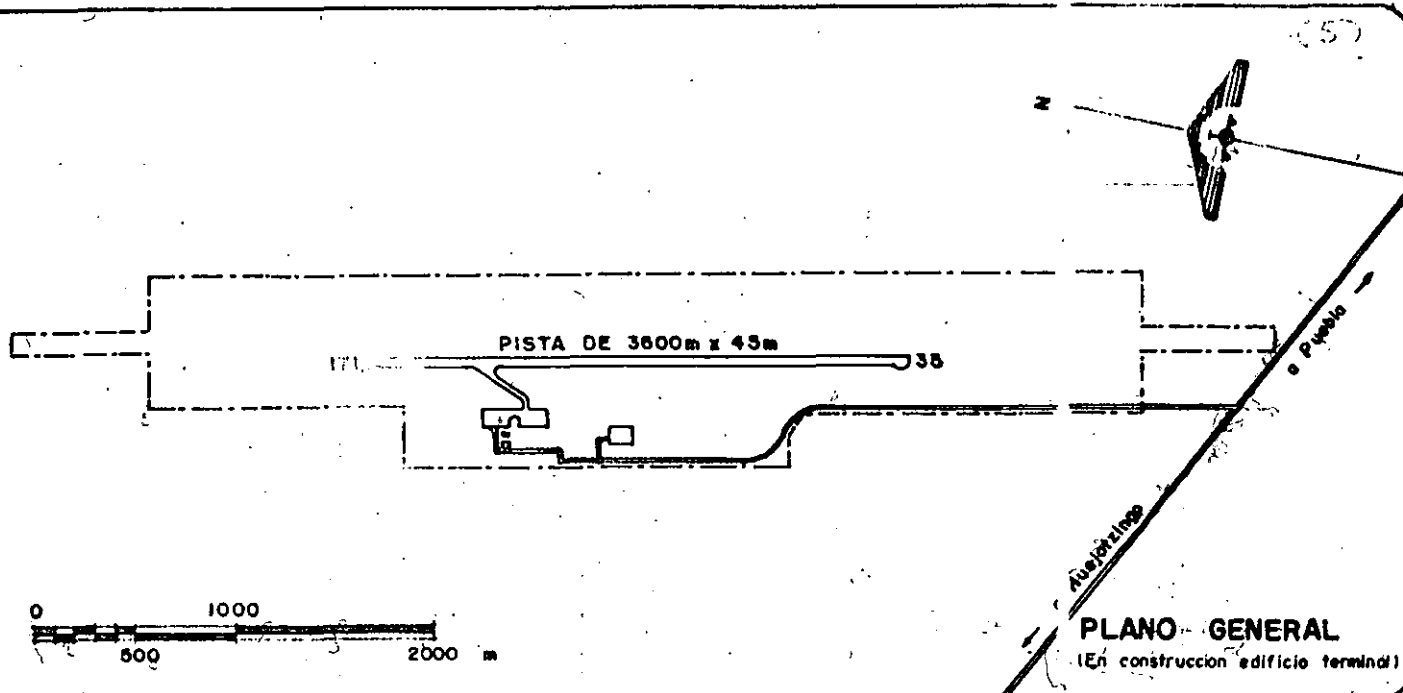


GENERALIDADES:

TIPO APTO	: NAL
AVION CRITICO	: B-727
DIST CD (Km)	: 20 NM
TIEM. A CD.	: 30
LATITUD	: 19 08'
LONGITUD	: 98 22'
ALTURA SNM(M)	: 2241.00
TEMPERATURA(C)	: 29
AREA (ha)	: 396.00



LOCALIZACION



ZONA AERONAUTICA

PISTA(S): 17-35 3600x45

RODAJE(S): ALFA 350x23

INSTALACIONES DE APOYO

TORRE DE CONTROL	(n)	: 26,8
EDIF. ANEXO	(n2)	: 2/2
CASA MAQUINAS	(n2)	: 400,00
CREI: RESCATE		: UNIMOG
EXTINCION		: J/BN
EVACUACION		: AMBULANCIA
CAMINO DE ACCESO	(n)	: 3764,8x73
CAMINO PERIM.	(n)	: 14000x3
ZONA COMBUST.: # HIDRANTES		: 0
GAS AV.88/87	(1)	: 60000
GAS AV.100/130	(1)	: 120000
TURBOSINA	(1)	: 318000

ZONA TERMINAL

PLAT. AV.COM. (n) : 180x90

PLAT. AV.GRAL. (n) : NO

EDIF. AV.COM. (n2): NO

EDIF. AV.GRAL. (n2): NO

EST. AV.COM. (n2): 4000,00

EST. AV.GRAL. (n2): 0,00

HANGARES (n2): SI

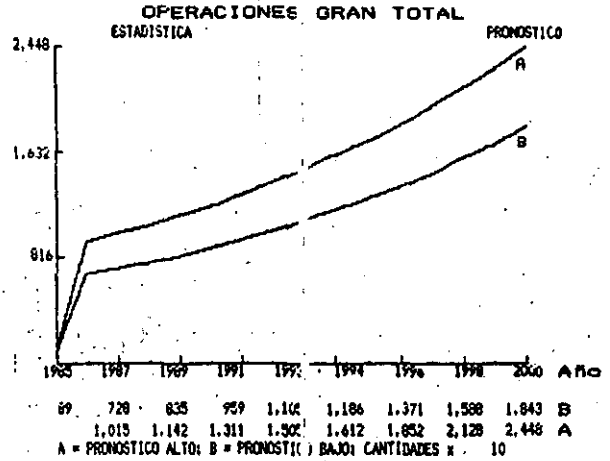
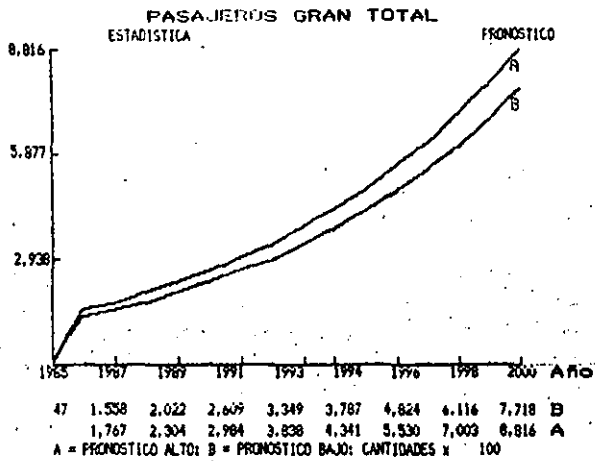
NUMERO HANGARES : 50

AYUDAS A LA NAVEGACION

SERIAL. HORIZ.Y VERT.	: SI
CONO DE VIENTOS	: 2
SISTEMA DE LUCES	: NO
RADAR	: NO
VASIS	: NO
FARO	: NO
VOR/DME	: SI
ILS	: NO
AVASIS	: NO

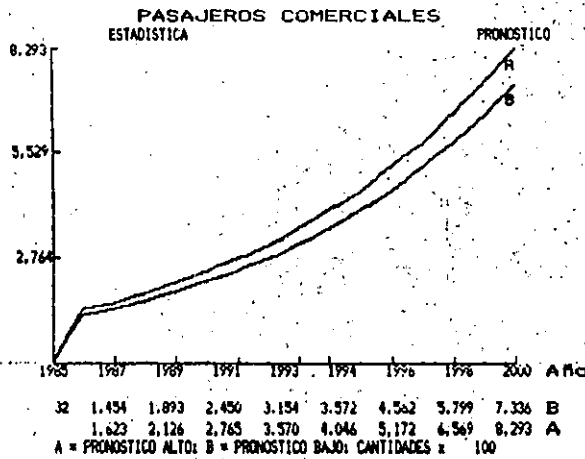
Suma corrigida
(6)

PBC



AÑO	ESTADISTICA		PRONOSTICO	
	PASAJEROS GRAN TOTAL	Tasa	BAJO	ALTO
1985	47	0.00		
1987	1,558	0.00	1,419	1,700
1989	2,022	0.00	1,787	2,000
1991	2,609	0.00	2,100	2,400
1993	3,349	0.00	2,700	3,000
1994	3,787	0.00	3,000	3,400
1996	4,824	0.00	3,800	4,400
1998	6,116	0.00	4,800	5,600
2000	7,718	0.00	6,000	7,000
Tasa			0.57	0.68

PBC



AÑO	FAA. COM. INT.		ESTADISTICA		FAA. COM. EXTR.		FEB	
	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO
1985								
Tasa	0.00		0.00		0.00		0.00	
1986	92.020	109.753	101.000	121.000	100.000	110.000	140.000	140.000
1987	141.147	141.147	141.147	141.147	141.147	141.147	141.147	141.147
1988	164.110	164.110	164.110	164.110	164.110	164.110	164.110	164.110
1989	187.073	187.073	187.073	187.073	187.073	187.073	187.073	187.073
1990	210.036	210.036	210.036	210.036	210.036	210.036	210.036	210.036
1991	233.000	233.000	233.000	233.000	233.000	233.000	233.000	233.000
1992	256.000	256.000	256.000	256.000	256.000	256.000	256.000	256.000
1993	279.000	279.000	279.000	279.000	279.000	279.000	279.000	279.000
1994	302.000	302.000	302.000	302.000	302.000	302.000	302.000	302.000
1995	325.000	325.000	325.000	325.000	325.000	325.000	325.000	325.000
1996	348.000	348.000	348.000	348.000	348.000	348.000	348.000	348.000
1997	371.000	371.000	371.000	371.000	371.000	371.000	371.000	371.000
1998	394.000	394.000	394.000	394.000	394.000	394.000	394.000	394.000
1999	417.000	417.000	417.000	417.000	417.000	417.000	417.000	417.000
2000	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000
Tasa	12.57	12.57	11.13	11.52	0.00	0.00	12.22	12.22



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

2 DE SEPTIEMBRE A 31 DE OCTUBRE DE 1986

MEXICO, D. F.

CUESTIONARIO

MODULO DE

CONSTRUCCION

I N D I C E

PARA EL CUESTIONARIO DE MODULO DE CONSTRUCCION

- 1.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION
- 2.- OBRA ARQUITECTONICA
- 3.- OBRA ELECTROMECHANICA
- 4.- FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE COSTOS
- 5.- LICITACION DE OBRA
- 6.- CONTROL DE OBRA

CUESTIONARIO PARA LAS VISITAS DEL CURSO DEL O.A.C.I. A LOS AEROPUERTOS DE HUEJOTZINGO, PUE., BAHIAS DE HUATULCO, OAX., PUERTO ESCONDIDO, OAX.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION:

PUEBLA:

- 1.- ¿ Porqué se está trabajando una sobre carpeta en las áreas de manio- bra, si el aeropuerto es nuevo ? .

PUEBLA:

- 2.- El procedimiento para dejar que permitan la operación de la pista- y su posterior tratamiento, ¿ Es correcto? ¿Como se podría mejo rar? .

BAHIAS DE HUATULCO:

- 3.- El proyecto marcaba la construcción de la Alcantarilla que cruza - la pista en concreto hidráulico. Se esta construyendo de mamposte ria. ¿Se justifica el cambio? .

PUERTO ESCONDIDO:

- 4.- Se ha dicho que durante un fuerte temporal el agua rebasó la capa- cidad del canal de descarga. ¿Considera correcta esta Operación?.

5.- En las zonas bajas de los canales hay evidencias de desgaste en la plantilla de concreto hidráulico. ¿ A que la atribuyen ?

OBRA ARQUITECTONICA:

(4)

- 1.- ¿Porque a la fecha no se revisa los datos de volu--
de obra con los del proyecto arquitectónico, ya que
se ha detectado en su mayoría, que las obras reba-
san el 25% del monto de lo concursado? .

- 2.- ¿Es necesario que la revisión en sus diferentes eta-
pas del proyecto arquitectónico, no exista un divor-
cio con el procedimiento constructivo en la ejecu-
ción de la obra, y como en su mantenimiento? .

- 3.- ¿Porque en la etapa de revisión del proyecto cuando
se trate de ampliaciones en obras, no se contempla
la operación actual del aeropuerto en sus instala-
ciones, ya que esto ha incrementado el costo en la
ejecución? .

4.- ¿Porque nunca se respetan los programas de ejecución de la obra?

5.- ¿Porque el personal de obras debe ser administradores de recursos humanos y materiales?

OBRA ELECTROMECHANICA

6

1.- Las Ayudas Visuales tales como: Como de Viento y Sistema PAPI se instalan en el lado izquierdo de la pista, en el sentido de aterrizaje, ¿cuál es el motivo?

2.- La información que proporciona el Cono de Viento - quien la recibe, ¿el piloto o el controlador en Torre de Control?

3.- ¿Qué factores se toman en cuenta para la localización del área donde se construirá la Zona de Combustibles?

4.- ¿Cuál es la finalidad de construir los muros de confinamiento de los tanques de Almacenamiento de Combustibles?

②

5.- ¿Cuales serían los motivos para la construcción de tanques verticales u horizontales para Almacenamiento de Combustibles y agua?

FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE COSTOS:

8

1.- Cuáles han sido los conceptos empleados para el pago de acarreo para terracerías en el Aeropuerto de Bahías de Huatulco, Oax?

2.- Cuántos conceptos de obra extraordinaria se han generado al través de la ejecución de la obra en el Aeropuerto de Bahías de Huatulco, Oax. ?

3.- Qué escalatorias a precios unitarios se autorizan para las obras de construcción en el Aeropuerto de Puerto Escondido, Oax.?

4.- Con qué criterio la Residencia aplicó escalatorias a los precios unitarios de obra extraordinaria en el Aeropuerto de Puerto Escondido, Oax.?

⑨

5.- Que implicación tiene en la ejecución de obra y costos de la misma la puesta en operación del Aeropuerto de Puebla, Pue.?

Licitación de obra:

10

1.- ¿ Cual fué el programa de concurso para la ejecución de la obra de áreas de operación terrestre en el Aeropuerto de Puebla?

2.- ¿ Cual fué el rango de variación de las propuestas recibidas en el concurso de edificaciones para el Aeropuerto de Puerto Escondido?

3.- ¿ Cuanto tiempo se llevo, desde la publicación -- de la convocatoria hasta el fallo, el concurso de las obras que se realizan en el Aeropuerto Internacional de Bahías de Huatulco?

4.- ¿ Dentro de que marco legal se concursaron las obras de edificación en el Aeropuerto de Puebla?

(11)

5.- ¿Cuales fueron los requisitos, que cubrieron-
los interesados, para poder participar en el
concurso de las obras de operación terrestre
en el Aeropuerto de Puerto Escondido?

CONTROL DE OBRA (AEROPUERTO DE PUEBLAY BAHIAS DE HUATULCO,OAX.)

1.- Diga usted que tipo de información tiene que entregar el sobrestante de la obra al término de la jornada diaria, - ¿A quién y cual es su objeto?

2.- ¿Cuando se ha rebasado la cantidad de obra por ejecutar - de un concepto de concurso, que se hace para regularizar ésta situación?

3.- ¿Cada cuanto tiempo considera que se debe actualizar un - presupuesto de la obra? y ¿Porqué?

4.- En la información que se vierte en la forma de Gráfica - de barras se influyen las escalatorias que impactan a -- los Precios Unitario. ¿Porqué?

5.- Describa el organigrama de Residencia de los Aeropuertos de Puebla y Huatulco, dé su opinión personal sobre las fallas observadas.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

MODULO: "PROYECTO"

**CRITERIOS DE SELECCION ENTRE PAVIMENTOS
RIGIDOS Y FLEXIBLES**

OCTUBRE, 1986

CRITERIOS DE SELECCION ENTRE PAVIMENTOS

RIGIDOS Y FLEXIBLES

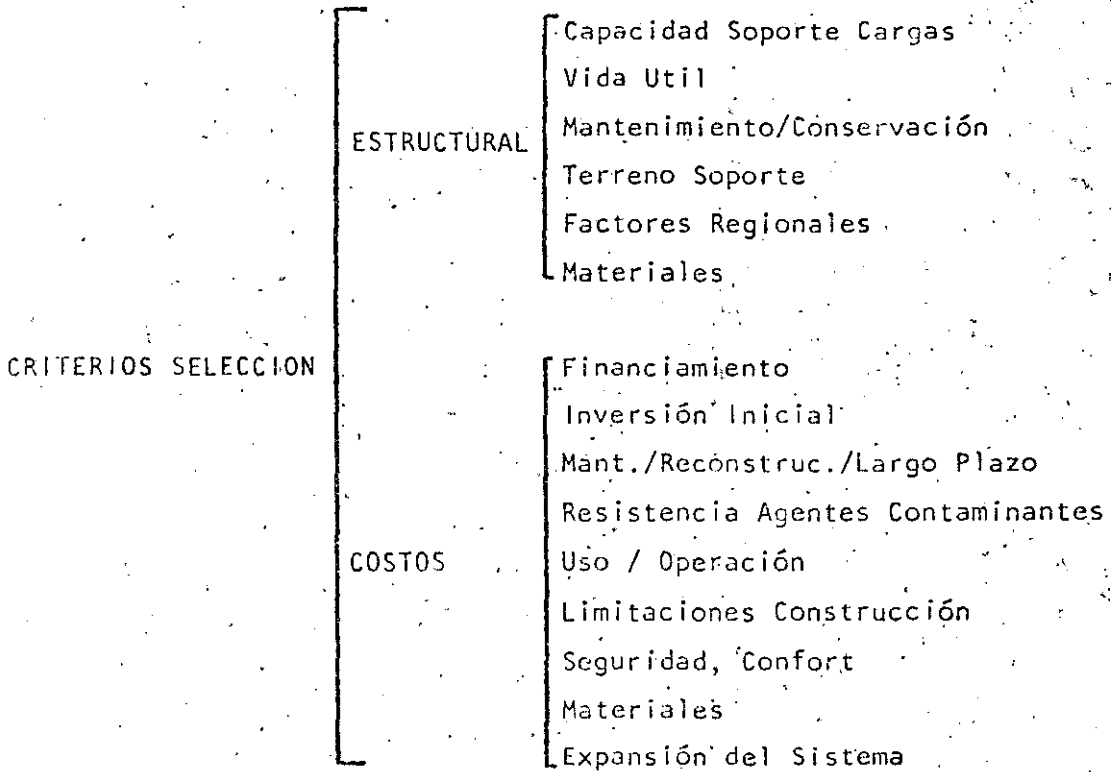
M. en C. Ing. Rodolfo Téllez G.

La infraestructura aeroportuaria es fundamental para el desarrollo de un país por los beneficios socio-económicos que genera. Se vé claramente la importancia de su correcta planeación, diseño y construcción por la magnitud de la inversión que representa, por el tiempo que deben mantenerse prestando un servicio adecuado, etc.

Si se toma en cuenta la clasificación de grupos de pavimentos para aeropuertos, flexibles de varias capas o integrales de una sóla, rígidos de concreto hidráulico simple sin refuerzo o con refuerzo en las juntas, rígidos de concreto con refuerzo continuo, de concreto presforzado o combinados vertical u horizontalmente, el ingeniero proyectista se enfrenta con varias opciones dentro de las cuales seleccionará la alternativa óptima en función de múltiples factores o criterios de selección.

La diferencia principal entre estos pavimentos, es la forma en la cual distribuyen las cargas sobre el terreno de soporte. Los rígidos, a causa de su módulo de elasticidad alto y su rigidez tienden a distribuir la carga sobre un área del suelo significativa, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto en sí misma. Por esta razón, variaciones menores en la resistencia del terreno soporte tienen poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido. Por otro lado, los pavimentos flexibles funcionan con el principio del sistema de capas para obtener la capacidad estructural de soporte de cargas de los mismos, debiendo tener la capa más resistente y de más alta calidad en la superficie.

Los pavimentos de plataformas, rodajes y pistas de un aeropuerto requieren de diseños óptimos que involucren estudios complejos de suelos y materiales, su comportamiento bajo cargas y su habilidad para soportar el tráfico a lo largo de su vida útil en todas las condiciones climatológicas. Como fase importante del diseño intervienen los criterios de selección entre pavimentos rígidos y flexibles, por su gran trascendencia en costos y capacidad estructural entre otros, - por lo que se definen dos grandes criterios que sintetizan la selección, el "estructural" y el de "costos" que agrupan los factores siguientes:



Es importante hacer notar que los factores para decisión listados, pueden influir terminantemente con un sólo (mandatorio por condiciones especiales) o normar el criterio por el conjunto de varios de ellos. También debe tomarse en cuenta la interacción que pudiera existir entre varios factores o entre grupos para un proyecto específico.

El criterio actual en el Sistema Aeroportuario Mexicano ha sido hasta la fecha en general el gobernado por factores de costos y con base a ello se tomaron decisiones de selección de pavimentos combinados, esto es, rígidos para plataformas de aviación comercial, flexibles para rodajes, pistas y plataformas de aviación general y en algunos casos se ha optado por la combinación o mixtos en pistas (rígidos en la franja de tránsito canalizado) como por ejemplo Villahermosa. En otros casos aislados, por condiciones del terreno natural de soporte el criterio de selección estructural fue el mandatorio, como el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

En las dos tablas anexas se resume el listado de factores para la decisión en función de conceptos fundamentales y su grado de prioridad y cómo estos factores intervienen en el "Análisis del Sistema" general del diseño de los pavimentos.

Definitivamente, en base a lo expuesto en este trabajo, se alienta la construcción de pavimentos rígidos de concreto hidráulico en aeropuertos, pudiendo aplicarse con criterio a la construcción de carreteras principales y pavimentos urbanos y desalentando el uso del asfalto que hasta ahora ha sido el material más común en pavimentaciones.

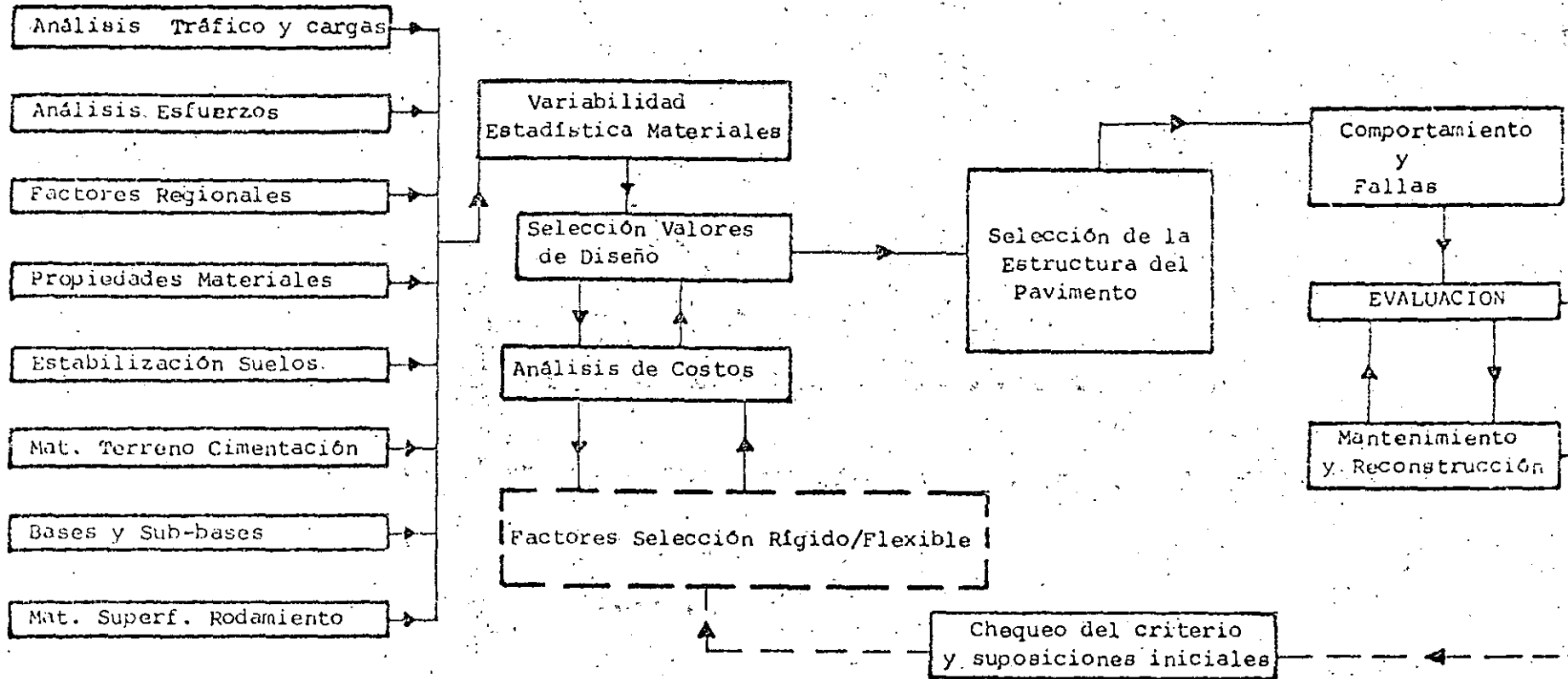
Lo anterior repercutirá en un significativo ahorro de energéticos que se considera en esta época una necesidad inmediata para futuros beneficios.

FACTORES DE DECISION PARA LA SELECCION EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO O FLEXIBLE EN AEROPUERTOS

FACTOR	FUNCION	PRIORIDAD ESTIMADA
CAPACIDAD ESTRUCTURAL PAVIMENTO	Clasificación. Demanda Pronósticos Canalización Cargas	1
FINANCIAMIENTO	Externo, Interno Monto, Intereses	2
COSTOS	Inversión Inicial Mediano y Largo Plazo	3
VIDA UTIL	Indice de Servicio Proyecto	4
MANTENIMIENTO / CONSERVACION	Pronóstico Operaciones Presupuestos Disponibles Tipo Mantenimiento (0,-,+)	5
TERRENO NATURAL SOPORTE	Tipo Resistencia Características/Propiedades Drenaje	6
MATERIALES	Estudio Clasificación Características Envejecimiento	7
FACTORES REGIONALES	Climáticos Suceptibilidad Temperaturas	8
AGENTES CONTAMINANTES	Derrame Combustibles Efecto de Chorro Vegetación	9
USO / OPERACION	Comercial Militar General Rural (Alimentadores)	10
LIMITACIONES DE CONSTRUCCION	Bancos Materiales Plantas Aprovisionamiento Maquinaria y Refacciones	11
SEGURIDAD	Especificaciones Inter/Locales	12
CONFORT	Vibraciones Juntas Asentamientos Losas	13
EXPANSION DEL SISTEMA	Plan Maestro Demanda Avión Crítico Ampliaciones Cambio Categoría	14

ANALISIS DEL SISTEMA

FACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DEL DISEÑO



VARIABLES DE ENTRADA

PROCESO DE DECISION

DISEÑO

SERVICIO

CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO / TERRENO NATURAL SOPORTE.-

En la experiencia mexicana sobre la red aeroportuaria existente, que alcanza a la fecha cincuenta aeropuertos del tipo mediano y largo alcance para operaciones de aviación comercial de aeronaves tipo DC-9, DC-8, B-727, DC-10 y 747, se ha comprobado que tanto el factor capacidad estructural de un pavimento ligado directamente al terreno natural de soporte y su comportamiento, son factores determinantes en forma aislada para la decisión en la selección del diseño de pavimentos rígidos o flexibles.

Las aeronaves, por su tipo de operación repetitiva y sus cargas transmitidas al pavimento sobre pistas, rodajes y plataformas, traducidas en esfuerzos estáticos y dinámicos, obligan dependiendo su magnitud a seleccionar un pavimento rígido contra uno flexible, y así solucionar la "canalización de tránsito" sobre los pavimentos en cuestión.

Sin embargo, para el cálculo de la capacidad estructural del pavimento en función de lo anteriormente mencionado, se requiere de un conocimiento detallado del tipo de resistencia, propiedades características y drenaje natural del terreno de soporte, llegando a encontrarse en algunos casos factores irónicos o contrapunteados. Caso específico es el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México donde se tienen estos extremos. El número de operaciones actuales y futuras del aeropuerto en cuestión, así como el incremento de las cargas rodantes que soportan los pavimentos de ese aeropuerto, llegando hasta 800 operaciones diarias, esto es, un avión entra ó sale cada minuto y medio durante las 24 horas, requieren forzosamente y en forma prioritaria de un pavimento especial como pudiera ser el CRCP, del tipo rígido de concreto hidráulico reforzado, sin juntas y espesores considerables.

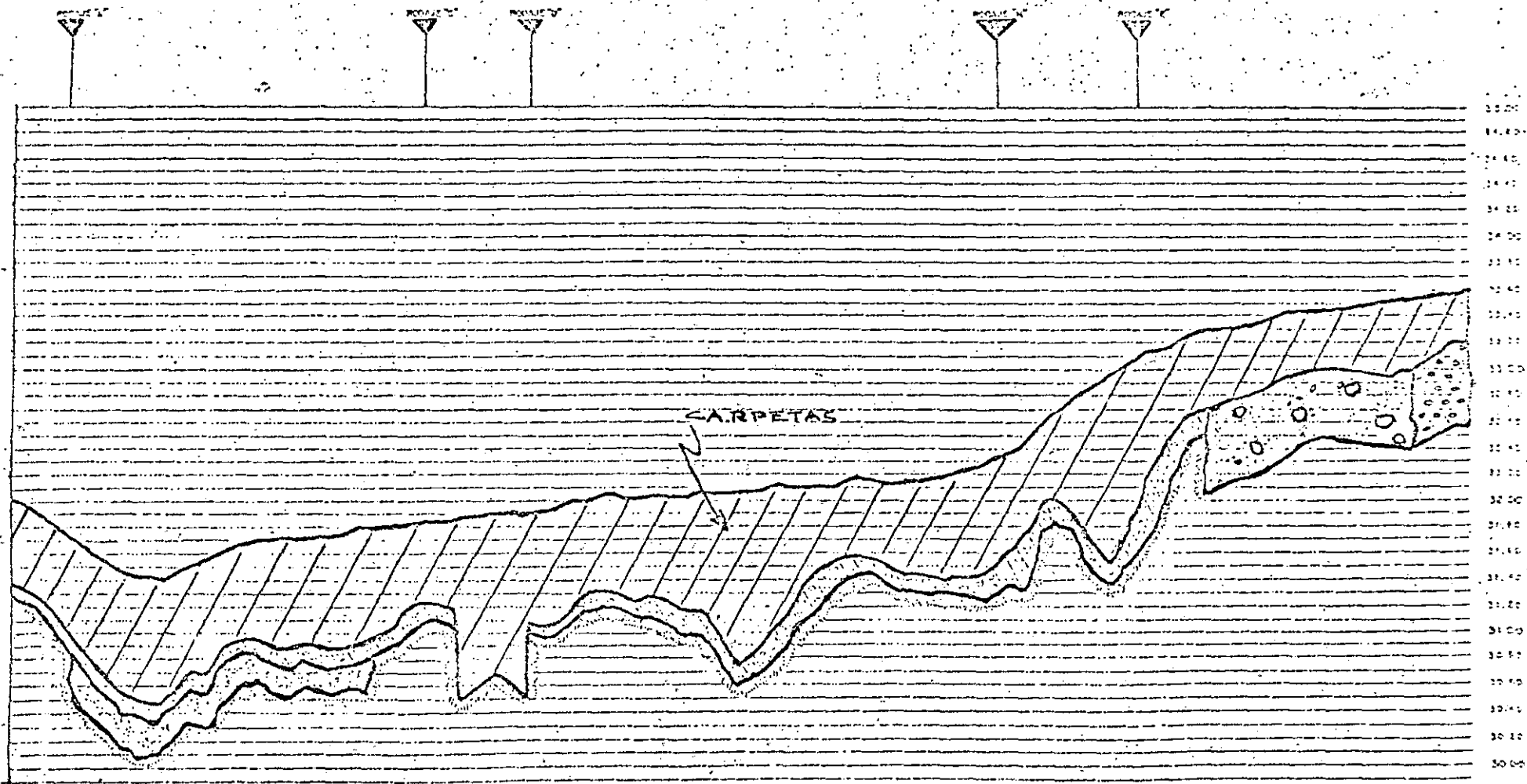
Sin embargo y aquí está la ironía, el actual aeropuerto se encuentra localizado sobre un terreno cuyas propiedades, comportamiento y capacidad estructural son muy pobres (V.R.S. 0-3)

Cuando se construyó el pavimento original de las pistas en el AICM - en los años 50's con técnicas de esa época, su comportamiento fue adecuado en general para las cargas y tráfico de ese entonces. Sin embargo, el incremento acelerado en las cargas y en número de las operaciones provocaron asentamientos diferenciales muy pronunciados (ver croquis anexo perfiles hasta 1981) requiriéndose frecuentemente renivelar con sobrecarpetas la superficie de rodamiento, por lo que el peso muerto del pavimento por sí sólo hacía que se hundiera rápidamente y en forma no uniforme. El espesor total de la estructura llegó a ser de 2.10 metros (1.50 de carpeta).

Este tipo de suelo ha demostrado que no deben alterarse sus condiciones naturales. Por ello, se ha optado y ha funcionado el pavimento compensado del tipo flexible (ver croquis anexo).

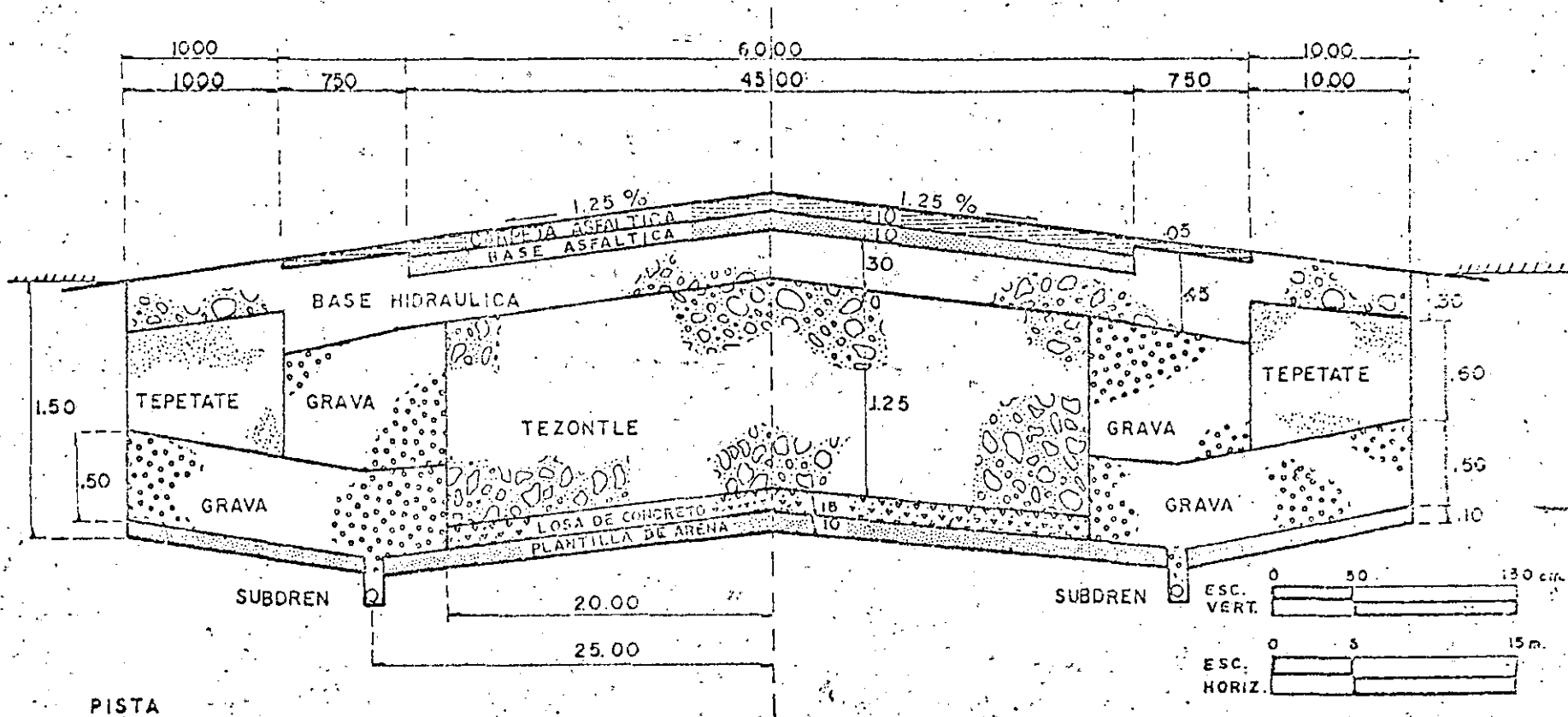
Resultados de las ampliaciones de los pavimentos en las pistas, nuevos rodajes, al conocimiento y experiencia de este tipo de suelo y su reacción cuando el ingeniero lo altera, han comprobado que para soportar las cargas actuales, el número de operaciones existentes, controlar los asentamientos diferenciales, drenaje y al tipo de mantenimiento menor y mayor, definitivamente la decisión de construir con pavimento flexible es la adecuada en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, por lo que se vé claramente cómo un sólo factor influye prioritariamente en la decisión de proyectar un pavimento rígido o flexible.

Si sobre un terreno natural con capacidad de soporte pobre y cuyos componentes son materiales altamente reactivos (por ejemplo arcillas expansivas) se coloca una losa de concreto rígida muy resistente, el comportamiento del suelo al modificarse sus condiciones naturales, puede llegar a deteriorar el pavimento aceleradamente, como es el caso de la pista en el Aeropuerto de Guadalajara, Jal. Este último caso así como el del AICM, también demuestran que en ciertos casos es mejor adaptarse al terreno natural con un pavimento flexible que dependiendo su comportamiento podría controlarse con una construcción y mantenimiento por etapas o fases.



1981 Perfiles de la Estructura del Pavimento de la pista 05I-23D del
Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

SECCION COMPENSADA A.I.C.M.



FINANCIAMIENTO.-

En el caso de financiar la obra por ejecutar con fondos gubernamentales que provienen de ingresos directos del gobierno redistribuidos según necesidades, la dependencia encargada de la obra estimará y definirá el tipo de pavimento adecuado a proyectar y construir, no siendo determinante este factor de financiamiento.

En el caso de ser un financiamiento externo (por ejemplo Banco Mundial, BID, etc.) la agencia proveedora del dinero en todos los casos dicta normas y medidas a seguir, checando detalladamente la obra que se pretende realizar y en algunos casos pudieran ser determinantes sus sugerencias o indicaciones a seguir en el proyecto.

Esto pudiera influir en el criterio de decisión de pavimentos rígidos, flexibles o combinados. Tal sería el caso de un financiamiento externo en el que se aprobara originalmente un diseño de pavimento rígido aunado a costos iniciales mayores; dependiendo las tasas de interés del préstamo otorgado, el factor de decisión "financiamiento" puede influir en los costos a largo plazo y determinar que fuera más conveniente el erogar una inversión inicial menor como lo es el pavimento flexible.

COSTOS.-

En nuestro país el criterio de selección en función del costo ha obedecido generalmente al presupuesto inicial disponible de la entidad federativa, estatal o inversionista particular, y debido a los escasos recursos de que se dispone para estas obras de infraestructura, los pavimentos de aeropuertos usualmente fueron diseñados y construidos con concreto asfáltico.

considerando que el pavimento de tipo flexible requiere de un mantenimiento mayor y más frecuente como son los sellos, las sobrecarpetas

y en ciertos casos su rehabilitación ó reconstrucción parcial/total, es tiempo de cambiar radicalmente el criterio y pensar que lo "barato" resulta caro a largo plazo. Sin embargo este criterio no debiera ser mandatorio en ciertas regiones de nuestro país debido a los tipos de suelo, pues hay otros factores que en forma aislada o en interacción con otros pudieran hacer que el factor de decisión "costo" no sea el mandatorio.

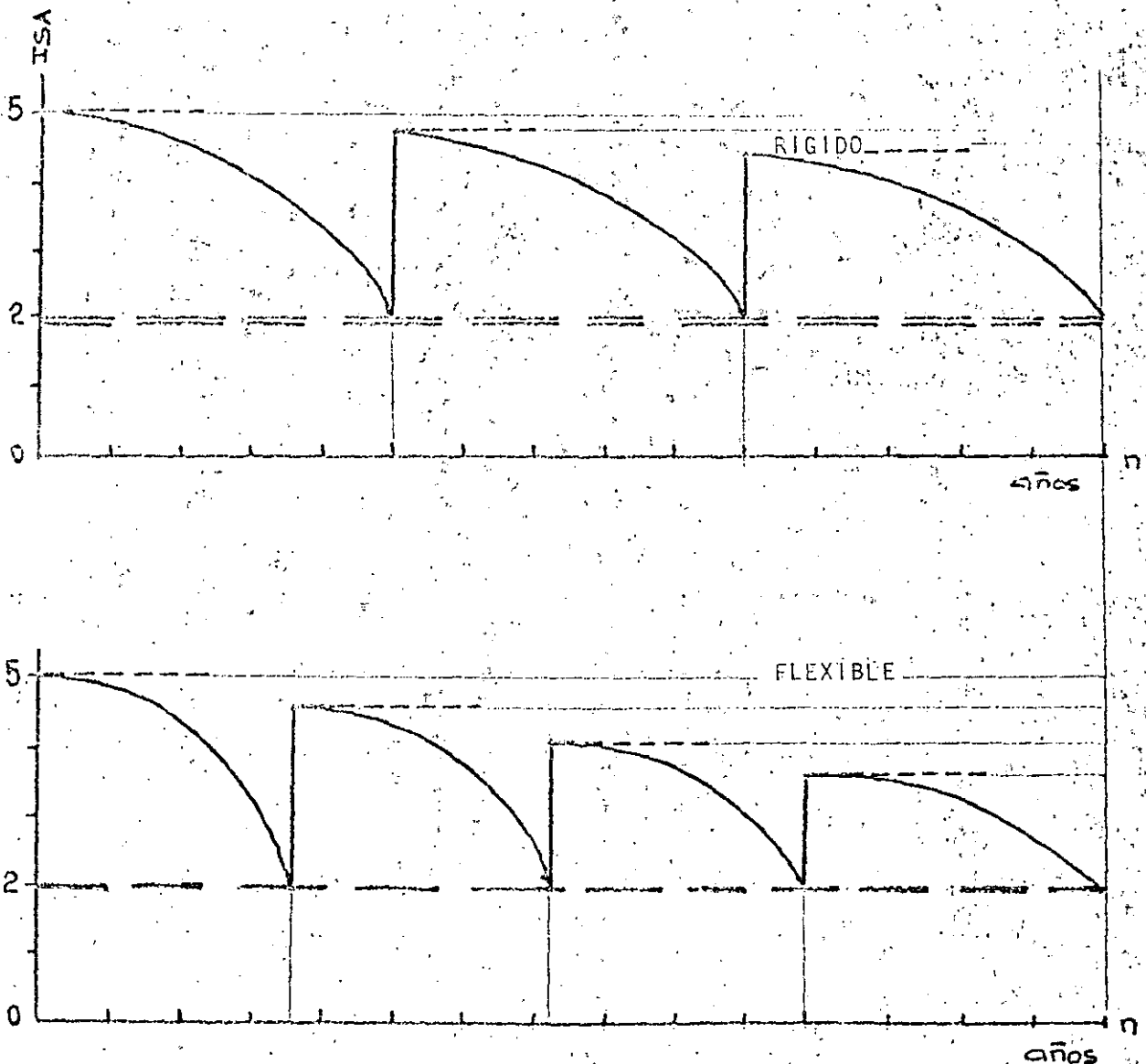
No siempre resulta costeable a largo plazo lo que aparente o inicialmente es más económico. Con la ayuda de la Ingeniería de Sistemas y los diversos programas para computadoras existentes para el diseño de pavimentos rígidos, flexibles, revestidos o de terracerías para aeropuertos, existen programas que demuestran claramente que los pavimentos con superficie revestida o de terracerías son más costosos que los de pavimento flexible, considerando los mismos datos de entrada al programa y por supuesto los mismos valores numéricos de las variables significantes.

El ahorro en costo a largo plazo al construir con concreto asfáltico es del orden del 13% para dos capas y del 6% para una capa, por lo que claramente se ve que para esas condiciones iniciales de proyecto, resulta más económico construir desde un principio el pavimento flexible en vez de un revestido.

La misma idea descrita en los párrafos anteriores pudiera aplicarse entre los pavimentos rígidos de concreto hidráulico y los pavimentos flexibles, puesto que a lo largo de la vida útil del pavimento (por ejemplo 20 años) y debido al mantenimiento más frecuente y al alto costo en esta época, aunque el rígido fuera más caro inicialmente, a largo plazo resultaría más económico.

VIDA ÚTIL:-

El factor de vida útil para la decisión de un pavimento rígido o flexible teóricamente no debiera ser determinante puesto que un pavimento rígido o flexible bien diseñado, bien construido y cumpliendo especificaciones totalmente, no debiera presentar problemas ni reducciones a lo largo de su servicio en vida útil. Sin embargo, se ha observado en algunos casos que aunque el proyecto fue adecuado, su índice de servicio actual y terminal es menor en el caso de pavimentos flexibles que en el caso de pavimentos rígidos.



MANTENIMIENTO / CONSERVACION.-

El factor de mantenimiento es de vital importancia en los factores de selección. Estrictamente todo pavimento cualesquiera que sea su clase o categoría requiere forzosamente de mantenimientos preventivos y correctivos con el objeto de alcanzar su vida útil proporcionando un servicio adecuado y seguro. En el caso de aeropuertos, los pavimentos siempre deberán estar en condiciones excelentes para garantizar la segura operación de las aeronaves que soportan.

En los pavimentos rígidos o flexibles, cuando es llevado a cabo el mantenimiento preventivo o menor en los períodos prefijados desde el proyecto y en base a evaluaciones del pavimento rutinarias, se ayudará a evitar mantenimientos mayores como son rehabilitaciones o reconstrucciones.

En base a los tipos de mantenimiento menores y mayores existentes en nuestro medio para pavimentos de aeropuertos en pistas, rodajes y plataformas, se estima que el mantenimiento de un pavimento rígido a lo largo de su vida útil es menor y resulta menos costoso que el de un pavimento flexible; por lo que este factor refuerza lo analizado en costos y pudiera ser determinante en la preferencia de un pavimento rígido contra un pavimento del tipo flexible.

Por otro lado según se observa en tablas anexas a esta ponencia, el mantenimiento de un pavimento flexible es mayor y consta de 18 conceptos fundamentales a realizar en contra de 12 para rígidos.

Cabe mencionar que existen pavimentos de concreto hidráulico reforzado continuo (sin juntas) CRCP, cuyos diseñadores garantizan como pavimentos óptimos y cero (0) mantenimiento a lo largo de su vida útil, excepto mantenimiento menor como pudiera ser la pintura y señalización. Es obvio que este tipo de pavimento no requerirá de inversiones adicionales a través del tiempo por conceptos de conservación; sin embargo resulta ideal el diseñarlo y construirlo siempre que se contara con los fondos presupuestales suficientes o por la importancia, magnitud y operaciones del aeropuerto que así lo requirieran.

CONSERVACION DE PAVIMENTOS RIGIDOS

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
- Desintegración del concreto.	- Materiales poco durables - Condiciones severas del clima - Ciclos de hielo - Deshielo - Escaso o nulo aire incluido	- Demoler y reponer el pavimento defectuoso
Superficies con escamas o costuras.	- Colocación del concreto con exceso de agua. - Acabados excesivos de la superficie. - Impurezas en los agregados. - Utilización de productos químicos en la superficie.	- Parchar con mortero de cemento y resinas epóxicas u otro adhesivo. - Parchar con mezcla asfáltica. - Si no hay agujeros profundos, aplicar una o mas capas de mortero asfáltico
Astillamientos o desconchamientos ciertos a las juntas.	- Infiltración de materiales no compresibles en la junta - Impedimento de movimiento del pasajuntas. - Concreto poco resistente. - Manejo inadecuado de las cimbras durante la construcción.	- Eliminar previamente la causa. - Hacer cajón y reponer el concreto; utilizar resinas epóxicas u otro adhesivo adecuado. - Sellar la junta. - Solución alterna: parchar con concreto asfáltico. - Solución alterna: parchar con insertos prefabricados fijados con adhesivo epóxico.
Defectos en la superficie: - Surcos - Lavaderos - Ranuras - Ondulaciones - Baños de pájaros.	Control pobre durante la colocación del concreto.	Para defectos muy localizados parchar individualmente con mortero de cemento y resinas epóxicas, o con mezcla asfáltica. - Para áreas defectuosas muy extensas, repavimentar.
Grietas longitudinales y transversales.	- Contracción por cambios de temperatura. - Contracción de fraguado. - Alabeos - Movimiento en la cimentación - Falla de estructura.	- Sellar la grieta con material flexible. - O soldar la grieta con adhesivo a base de resinas epóxicas o polímeros eliminando previamente la causa del problema. - Demoler y sustituir la grieta por una junta.
Grietas en esquina y en diagonal.	- Falla estructural debida a las cargas sobre esquinas cercanas de apoyo.	Si la grieta forma un pequeño triángulo en la esquina de la losa: - Remover el material dañado y parchar con concreto asfáltico. Sellar la junta. - O remover el material dañado y parchar con concreto hidráulico y resinas epóxicas u otro adhesivo adecuado, si se ha eliminado la causa del problema. Si la grieta está mas al centro de la losa: - Sellar la grieta con material flexible para evitar infiltraciones. - Soldar la grieta con adhesivo a base de resinas epóxicas o polímeros, eliminando previamente la causa del problema.

CONSERVACION DE PAVIMENTOS RIGIDOS

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Hundimientos diferenciales. Agrietamientos con hundimientos.	<ul style="list-style-type: none"> - Inestabilidad de la subbase y subrasante - Inadecuada transferencia de cargas entre losas. - "Bombeo" de los materiales de cimentación. - Subdrenaje defectuoso. - Progresión de otras fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Levantar las losas hundidas mediante la inyección de asfalto con arena o de mortero de cemento. Sellar previamente las juntas o grietas hasta la mitad. - Nivelar el pavimento aplicando una capa de concreto hidráulico y resinas epóxicas, o aplicando concreto asfáltico. - Si los hundimientos van acompañados de agrietamientos considerables, demoler las losas, hacer caja y parchar con concreto hidráulico. Utilizar fierro de refuerzo y resinas epóxicas u otro adhesivo adecuado. - Si el área fallada es muy extensa repavimentar utilizando el pavimento viejo como base.
Losas que se "botan"	<ul style="list-style-type: none"> - Excesiva expansión de las losas - Material no compresible en las juntas, que impide que las losas se expandan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover la parte dañada. - Parchar con concreto hidráulico y resinas epóxicas u otro adhesivo adecuado, o parchar con concreto asfáltico. - Proveer una junta de expansión - Sellar la junta.
Cortes en el pavimento:	Necesidad de tender una tubería, una obra de drenaje, ductos eléctricos, o alguna otra instalación.	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar la losa al menos 15 cm mas allá de la orilla de la zanja, - Excavar la zanja con cuidado. - Rellenar en capas perfectamente compactadas. - Parchar con concreto hidráulico en el espesor de la losa mas 5 cm, hacia abajo. - Utilizar fierro de refuerzo y adhesivo a base de resinas epóxicas u otro producto adecuado.
Juntas o grietas sin sellar.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de limpieza de las caras de las juntas al sellarlas originalmente. - Temperatura indebida al aplicar el sello. - Calidad inadecuada del material de sellado. - Aparición de nuevas grietas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quitar el material de sello defectuoso. - Limpiar las juntas y sellar debidamente. - Si aflora material sellante cuando la temperatura ambiente no es muy alta, eliminar el excedente.
Acumulación de caucho en la superficie que origina - se reduce el coeficiente de rozamiento.	- Número considerable de operaciones de aterrizaje en la pista.	<ul style="list-style-type: none"> - Proceder al ranurado transversal y/o rebajado de la superficie por medio de equipo adecuado. - Llevar control de la evolución del coeficiente de rozamiento por medio de un medidor de fricción. - Solución alterna: eliminar el caucho con productos químicos y/o agua a presión (no muy recomendable)
Irregularidades en la superficie del pavimento que provocan vibraciones en los aviones	<ul style="list-style-type: none"> - Poco control durante la construcción. - Equipo inadecuado para el colado. - Fallas del pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceder al rebajado longitudinal por medio de equipo adecuado. - Controlar los trabajos por medio de perfilógrafo - Solución alterna: Tender sobrecarpeta (generalmente es una solución mas costosa).
<p>NOTA: Se recomienda que en todos los casos, los procedimientos de construcción, utilización y elaboración de materiales, se sujeten a las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.</p>		

CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.
--

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES.
Erosión del Pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> - El chorro de las turbinas; - El paso de las ruedas de los aviones a gran velocidad; y/o - Pobre adherencia entre el material pétreo y el asfalto, causada por: <ul style="list-style-type: none"> - elaboración defectuosa del concreto asfáltico; - agregados pétreos hidrófilos o de poca afinidad con el asfalto. - efectos circunstanciales (p.ej. derrame de combustibles y lubricantes) 	<ul style="list-style-type: none"> - Si la erosión está en la etapa inicial, aplicar un riego de mortero asfáltico; evitar el uso de riegos de sello. - Si la erosión se ha profundizado mucho, darle tratamiento similar al de un bache. - Cuando se presenten derrames de combustibles, lavar inmediatamente el área afectada de manera de diluir y eliminar el líquido disolvente (mantenimiento preventivo)
Disgregación o desmoramiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente compactación durante la construcción. - Colocación de la carpeta en tiempo muy húmedo o frío. - Utilización de agregados sucios, desintegrables o de poca afinidad con el asfalto. - Falta de asfalto en la mezcla; y/o - Sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si la falla se encuentra en sus inicios, aplicar un riego de mortero asfáltico. - Si la falla se encuentra muy avanzada y la superficie es muy extensa, reencarpetar
Agujeros	<ul style="list-style-type: none"> - Poca resistencia de la carpeta en la zona, debida a: <ul style="list-style-type: none"> - Falta de asfalto en la mezcla - Falta de espesor de carpeta - Exceso ó carencia de finos en la mezcla, y/o - Drenaje deficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación temporal: Limpiar el agujero y rellenarlo con mezcla asfáltica; compactar. - Reparación permanente: Efectuar cortes formando un rectángulo con sus paredes verticales; imprimir las paredes y rellenar la cavidad con mezcla asfáltica; compactar
Sangrado o Aflojamiento de Asfalto.	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso de asfalto en la mezcla asfáltica. - Construcción inadecuada del sello - Riego de liga o de impregnación - excesivos. - Solventes que acarreen el asfalto a la superficie. - El paso de las cargas del tráfico pesado puede acelerar el sangrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover o raspar el exceso de asfalto aflorado y aplicar un tratamiento superficial (Mortero asfáltico)
Oxidación del Asfalto	<ul style="list-style-type: none"> - Excesivo intemperismo del asfalto por agentes meteorológicos y/o por el escape de las turbinas a altas velocidades y temperaturas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar un tratamiento superficial (mortero asfáltico) para proteger la estructura de concreto asfáltico. - O aplicar un producto rejuvenecedor ("Reclaimite")
Contraincendios de la Carpeta	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de adherencia entre la carpeta y la base, debida a: <ul style="list-style-type: none"> - Impurezas situadas entre las dos capas (polvo, aceite, caucho, - agua) - Falta de riego de liga durante la construcción del pavimento. - Exceso del contenido de arena en la mezcla. - Inadecuada compactación durante la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover la carpeta afectada y por lo menos - 30 cm de la carpeta circundante en buen estado; efectuar cortes rectangulares con sus paredes verticales. - Limpiar con cepillo y aire a presión. - Aplicar riego de liga ligero. - Colocar la mezcla asfáltica; extender con cuidado para evitar segregación. - Compactar adecuadamente con placa vibratoria o rodillo metálico.

CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Corrimientos Circulares.	<ul style="list-style-type: none"> - Giros de los aviones muy cerrados - Poca capacidad del pavimento, para resistir esfuerzos de tensión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sellar la grieta si no es muy profunda. - Abrir caja y reponer el material si la falla se prolongó hasta las capas inferiores del pavimento.
Corrugaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Cargas del tráfico y - Concreto asfáltico de poca estabilidad debido a: <ul style="list-style-type: none"> - exceso de asfalto en la mezcla. - exceso de agregados finos. - agregados pétreos demasiado redondeados o lisos. - cemento asfáltico demasiado blando. - humedad excesiva - contaminación por derrame de aceites. - falta de aireación al colocar la mezcla asfáltica (cuando se emplean asfaltos rebajados) 	<ul style="list-style-type: none"> - Si las corrugaciones son pocas, recortar las irregularidades sobresalientes y aplicar a la superficie un mortero asfáltico. - Si las corrugaciones son excesivas, remover la zona afectada y colocar concreto asfáltico bien proporcionado - Si hay subdrenaje defectuoso, este debe ser corregido previamente.
Hundimientos o Depresiones	<ul style="list-style-type: none"> - Operaciones de cargas superiores a las de diseño del pavimento. - Falta de compactación de las capas inferiores del pavimento. - Asentamientos del terreno de cimentación - Flujo del suelo de cimentación hacia los lados de la pista (en algunos suelos arcillosos). 	<ul style="list-style-type: none"> - Para hundimientos debidos a compactación del terreno de cimentación o de las capas del pavimento, efectuar una nivelación. - Para hundimientos causados por fallas de tuberías o alcantarillas, repararlas previamente, lo que requerirá la remoción del pavimento. - Para hundimientos acompañados de grietas, efectuar estudios para determinar la causa de la falla y suprimirla.
Canalizaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidación o movimiento lateral de una o varias de las capas subyacentes provocada (o) por el tráfico. - Carpetas nuevas mal compactadas. - Baja estabilidad del concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nivelar las depresiones y - Colocar una sobrecarpeta
Grietas longitudinales de orilla y de junta.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de soporte lateral o - Asentamientos del material cercano a la grieta, debidos a: <ul style="list-style-type: none"> - Drenaje defectuoso - Acción de las heladas. - Contracciones por secado del suelo de cimentación. - Vegetación cercana a la orilla del pavimento. - Débil unión entre dos franjas de construcción de la carpeta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corregir el drenaje si está defectuoso. - Limpiar las grietas con cepillo y aire a presión; sellarlas. - Si existen además asentamientos: picar la superficie afectada, limpiarla, aplicar un riego de liga, colocar mezcla asfáltica y compactarla con rodillo o placa vibratoria.
Grietas Transversales	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamientos aislados de la subrasante, base o subbase (p.e. cuando el pavimento es cruzado por tuberías o ductos). - Movimientos mas generales y mas amplios del suelo de cimentación - (p. ej. grietas por secado de suelos arcillosos; grietas por movimientos telúricos; grietas por fallas geológicas activas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar las grietas con cepillo y aire a presión; sellarlas. - Si existen además asentamientos: picar la superficie afectada; limpiarla; aplicar un riego de liga; colocar mezcla asfáltica y compactarla con rodillo o placa vibratoria. - Si una tubería mal sellada ocasionó la falla por el arrastre de materiales, abrir caja y corregir el defecto; rellenar la excavación en capas, compactando adecuadamente. - Si la falla es debida a movimientos generales del suelo, se pueda intentar reducir sus efectos - colocando una sobrecarpeta provista de una malla de acero de refuerzo sobre la zona afectada.

S.C.T.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

Dirección de Programación.

Coordinación de Programación.

CONSERVACION DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Grietas de Contracción.	<ul style="list-style-type: none">- Cambios de volumen en la mezcla asfáltica o en las capas inferiores.- Cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas, que tienen un alto contenido de asfalto de baja penetración.- La falta de tráfico apresura la falla.- Diferentes colores de la superficie del pavimento (p.ej. marcas de pintura) que provocan diferentes absorciones térmicas de los rayos del sol.	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar la zona afectada con cepillos y aire a presión; rellenar las grietas con producto asfáltico o emulsión asfáltica y aplicar un tratamiento superficial a base de mortero asfáltico.- Si existe pintura, raspar previamente.
Grietas de Reflexión.	<ul style="list-style-type: none">- Movimientos verticales u horizontales en el pavimento que se encuentra debajo de una sobrecarpeta.- Movimientos ocasionados por cambios de temperatura o humedad y que provocan expansiones y contracciones.- El paso del tráfico.- Movimientos de tierra.- Pérdida de humedad en subrasante con alto contenido de arcillas.	<ul style="list-style-type: none">- Rellenar las grietas.
<ul style="list-style-type: none">- Agrietamientos tipo piel de cocodrilo.- Agrietamientos tipo mapa.	<ul style="list-style-type: none">- Deflexiones excesivas de la carpeta, debidas a una subrasante, sub-base y/o base inestables o resilientes.	<ul style="list-style-type: none">- Remover la carpeta y la base hasta la profundidad necesaria para obtener un apoyo firme; efectuar cortes rectangulares o cuadrados con sus paredes verticales:- Instalar sub-drenaje si la causa de la falla fué el agua;- Aplicar un riego de Impregnación a las paredes;- Rellenar con mezcla asfáltica;- Compactar adecuadamente con rodillo o placa vibratoria (compactar en capas si la excavación tiene mas de 15 cm. de profundidad)- Reparación temporal de emergencia: aplicar un mortero asfáltico. En caso de haber hundimientos; rellenar las grietas y nivelar con mezcla asfáltica.
Crecimiento de yerba y afloramiento de agua.	<ul style="list-style-type: none">- Textura de la carpeta demasiado abierta.- Capa base saturada de agua.- Agua atrapada en la carpeta durante la construcción	<ul style="list-style-type: none">- Corregir el sub-drenaje y/o el drenaje si éstos fueren la causa de la falla.- Reponer el pavimento alterado.- Aplicar un tratamiento superficial a la base de mortero asfáltico a la zona de carpeta de textura muy abierta.

CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Acumulación de caucho en la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> - Numero considerable de operaciones de aterrizaje en la pista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceder al ranurado transversal y/o rebajado de la superficie por medio de equipo adecuado. - Llevar control de la evolución del coeficiente de rozamiento por medio de un medidor de fricción.
Irregularidades en la superficie del pavimento que provocan vibraciones a los aviones.	<ul style="list-style-type: none"> - Poco control durante la construcción. - Equipo inadecuado para el tendido. - Fallas del pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceder al rebajado longitudinal por medio de equipo adecuado. - Controlar los trabajos por medio de perfilógrafo. - Solución alterna: Tender sobrecarpeta (generalmente es una solución más costosa).

FACTORES REGIONALES.-

El factor regional del lugar donde se pretende construir un aeropuerto puede influir aisladamente o en conjunto con otros para la decisión en la selección. En México generalmente no se tiene mucho problema con climas extremos o lugares que estén sujetos a fuertes variaciones naturales. Dependiendo de las temperaturas existentes en la región, agentes naturales como pudieran ser precipitaciones pluviales, nevadas, temperaturas muy altas o muy bajas, es muy conveniente analizar en los estudios preliminares la susceptibilidad que podrían tener los dos tipos comunes de pavimentos para así determinar la factibilidad y conveniencia de emplear unos u otros materiales, lo que repercutiría favorablemente en la selección final de un pavimento rígido o flexible.

Existen regiones en el país con poca variabilidad en agentes climáticos y en temperaturas por lo que resulta indistinto el decidir entre pavimento rígido o flexible; de esta manera no interviniendo en forma prioritaria este factor en la selección final.

AGENTES CONTAMINANTES.-

Este factor influye determinantemente en casos donde se prevea que existirá algún tipo de contaminación o agente directo sobre la superficie de rodamiento. En el caso de aeropuertos, se ha comprobado que el derrame de combustibles producido en las diversas posiciones de las plataformas de operación por las aeronaves en carga o descarga, deterioran aceleradamente cualquier pavimento, presentando mucha mayor resistencia a este agente contaminante el pavimento de concreto hidráulico.

Por otro lado se ha observado en la época actual de aeronaves propulsadas con turbina a reacción, que el efecto del chorro del jet por la fuerza y combustión a alta presión de las turbinas en el momento del

despegue cuando el avión inicia su ascenso, deteriora considerablemente el pavimento flexible, por el calentamiento del componente asfáltico de la mezcla de la carpeta. En el caso de prever un alto número de operaciones con este tipo de equipo de vuelo, resulta conveniente inclinarse por un pavimento del tipo rígido en la franja central de tránsito canalizado de la pista, combinado con franjas laterales de pavimento flexible.

Este factor y efecto sobre el pavimento es de mayor relevancia en las aeronaves de guerra cuyo centro de gravedad es muy bajo.

Finalmente, es común detectar erosión en el pavimento por la vegetación en los acotamientos de la pista, rodaje y plataformas de operación. Esto es debido a una mala conservación y en donde la vegetación adyacente materialmente carcome el pavimento flexible. En otras palabras, pudiera pensarse que el asfalto y los agregados que componen un pavimento actúan como fertilizantes de los pastizales y vegetación adyacente, no observándose ese tipo de efecto en pavimentos hidráulicos.

USO / OPERACION.-

El uso que pretenda darse al aeropuerto en estudio influirá de manera determinante en la decisión para seleccionar los pavimentos del tipo rígido o flexible. Esto está ligado directamente con las aeronaves esperadas, sus cargas, diseño del tren de aterrizaje, etc. y también con el tipo de operación prevista.

En nuestro país debido a la interacción de varios factores y particularmente al factor en estudio, se ha optado por utilizar pistas revestidas o de terracerías para pequeños aeropuertos rurales. Para aviación general de peso ligero, dependiendo del número de operaciones se han proyectado y construido pavimentos flexibles de diseño simple, en muchos casos sólo tendiendo un sello sobre la carpeta de base o car-

petas asfálticas de pequeños espesores. Para la aviación comercial en general, se ha optado por el tipo flexible en los pavimentos de pistas, rodajes y plataformas, llegándose a combinar el rígido con el flexible en ciertos casos en donde por el número de operaciones y el peso de las aeronaves conviene utilizar pavimento rígido en la franja de tránsito canalizado y flexible en las laterales, lo cual ha probado ser una solución aceptada y funcional para ciertos aeropuertos mexicanos.

Generalmente en aeropuertos militares se prefiere el concreto hidráulico, dada la mayor resistencia que tiene éste en cuanto a aeronaves pesadas, transportes de equipo pesado o aeronaves tipo jet cuyas presiones de inflado en las llantas sobre la superficie del pavimento llegan a ser hasta de 400 Lb/Pulg.², función de soporte que cumple más adecuadamente la losa de concreto hidráulico rígido contra fuertes espesores y múltiples capas que requeriría un pavimento flexible en esas condiciones. El efecto de chorro de las turbinas de los cazas de guerra dado lo bajo de los centros de gravedad de las aeronaves al momento del despegue e inicio del ascenso, es mucho mayor así como su efecto sobre el pavimento que las aeronaves comerciales.

LIMITACIONES DE CONSTRUCCION.-

Las limitaciones que se determinen durante los estudios tendientes al proyecto final del aeropuerto y en especial de sus pavimentos, son determinantes en algunos casos y en otros al conjugarse con otros factores en la selección de un pavimento rígido o flexible.

Dentro de las limitantes más comunes se pueden mencionar la carencia o existencia de bancos de ciertos materiales que componen las estructuras de un pavimento rígido o flexible. Dependiendo del tipo de material a utilizar y las distancias de acarreo junto con su disponibilidad, se afectan directamente los costos globales. La disponibilidad de maquinaria y de refacciones para las plantas de aprovisionamiento,

Influirán también aunque sea en forma secundaria en los criterios de decisión. Sin embargo se recomienda el considerar este factor en cuestión para la selección final del diseño.

SEGURIDAD.-

El factor seguridad para la decisión en la selección es de vital importancia en las operaciones aeroportuarias, por lo que existen organismos internacionales que emiten especificaciones sumamente estrictas en cuanto a diseños y construcción de los aeropuertos. Esto incluye normas y recomendaciones adicionales para los pavimentos, en cuyo caso al cumplir y apegarse estrictamente a las especificaciones en cuestión, en ocasiones este factor "seguridad" podrá actuar aisladamente o en interacción con otros factores para tomar la decisión final.

CONFORT.-

El factor de confort para decisión en la selección de un pavimento se considera como secundario en cuanto a prioridad. Ondulaciones o deformaciones en los pavimentos flexibles o los casos de pavimentos mal conservados, por ejemplo en las juntas elásticas de un pavimento rígido, provocarían el acceso de agua superficial hacia las capas inferiores, erosionando o socavando el material de la base, produciendo oquedades que redundarían en una falta de soporte uniforme de la losa provocando asentamientos diferenciales entre losas o fracturas en las esquinas, que repercuten en vibraciones excesivas del avión en sus operaciones de despegue o aterrizaje, llegando a dar en ciertos casos fatiga estructural en el metal, vibraciones en los instrumentos del panel de control y definitivamente discomfort en los pasajeros de las aeronaves comerciales.

Analizando este factor de decisión pudieran sugerirse para pistas y rodajes el empleo de pavimentos flexibles o de concreto reforzado continuo sin juntas.

EXPANSION DEL SISTEMA.-

Los planes maestros que se elaboran para un aeropuerto frecuentemente consideran diversas etapas de construcción con expansiones del sistema a corto, mediano y largo plazo. Dentro de las consideraciones y objetivos del plan maestro se analizan en detalle las demandas pasadas, actuales y futuras, que influirán directamente y en forma determinante en los factores de decisión para la selección inicial de los pavimentos en un aeropuerto nuevo.

En algunos casos debido a la demanda e incremento en las cargas de aeronaves en uso o por llegar, se considerará un cambio de categoría del aeropuerto actual, obligando ésto a utilizar diferentes aviones críticos para el diseño de los pavimentos, lo que repercutiría en los factores de decisión que en forma aislada o en combinación con las funciones de otros factores, influirán en los criterios de selección finales.

Es conveniente que al realizar el plan maestro de un nuevo aeropuerto o de ampliaciones en los existentes, se determine cuidadosamente la utilización de un pavimento rígido o flexible, pues de lo contrario se llegaría a cambios radicales de convertir un pavimento rígido en un flexible y viceversa, lo que se conoce por pavimentos mixtos en el sentido vertical.

MATERIALES.-

El factor de decisión "materiales" es similar y está condicionado a las funciones descritas en el factor limitaciones de construcción, pudiéndose agregar que dependiendo también de los estudios iniciales sobre los materiales existentes, su clasificación y sus características particulares de cada uno de ellos, influyen en mayor o menor escala en la decisión para la selección de un pavimento rígido o flexible en aeropuertos.

También debe considerarse el "envejecimiento" de los materiales componentes del pavimento, en especial los de la superficie de rodamiento y en ciertos casos la contaminación de los materiales en bases y sub-bases.

El pavimento flexible usualmente está más expuesto al envejecimiento que el rígido y los efectos de repeticiones de cargas en el flexible deterioran con el tiempo más aceleradamente los materiales componentes.

CONCLUSIONES.-

Definitivamente se debe de cambiar la mentalidad del ingeniero diseñador actual, en cuanto a fases previas a la realización del proyecto.

El análisis detallado de los factores tratados en esta ponencia, repercutirá en diseños óptimos, que a mediano y largo plazo redundan en economía de los costos y en extensión de la vida útil del pavimento, proporcionando un servicio y seguridad máximos.

La decisión entre un pavimento flexible, un rígido o un mixto, generalmente ha funcionado adecuadamente en la mayoría de los aeropuertos

mexicanos. Sin embargo, se enfatiza la necesidad de establecer estos criterios como parte fundamental del Análisis del Sistema de Pavimentos y en su momento oportuno para la continuidad óptima del flujo en el Sistema.

Se reconoce la decisión de un sólo factor como mandatorio en ciertos casos, sugiriéndose la revisión adicional de los otros y sus prioridades así como su posible interacción entre ellos, para así evaluar en forma objetiva el sistema más funcional.

Analizando el conjunto de factores para la decisión entre los dos tipos de pavimentos, se observa en general para los aeropuertos una mayor conveniencia en utilizar los del tipo rígido. Sin embargo habrá casos donde el mixto sea el óptimo y por último situaciones especiales donde el flexible sea el adecuado.

Definitivamente, en base a lo expuesto en este trabajo, se alienta la construcción de pavimentos rígidos de concreto hidráulico en aeropuertos, pudiendo aplicarse con criterio a la construcción de carreteras principales y pavimentos urbanos y desalentando el uso del asfalto que hasta ahora ha sido el material más común en pavimentaciones.

Lo anterior repercutirá en un significativo ahorro de energéticos que se considera en esta época una necesidad inmediata para futuros beneficios.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

MODULO: "PROYECTO"

P A R T E 2

**CALLES DE RODAJE, PLATAFORMAS Y
APARTADEROS DE ESPERA**

OCTUBRE, 1986

80
1983

Manual de proyecto de aeródromos

(Doc 9157-AN/901)

Parte 2

Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera

Segunda edición — 1983



PREAMBULO

De acuerdo con las disposiciones del Anexo 14, los Estados tienen que proveer calles de rodaje en los aeródromos. El Anexo recomienda también que se procuren apartaderos de espera cuando exista un gran volumen de tráfico y sea necesario facilitar plataformas a fin de permitir el embarque y desembarque de pasajeros, mercancías o correo, así como el servicio de mantenimiento menor de las aeronaves sin perturbar el tránsito del aeródromo. El objeto de la presente parte del Manual es ayudar a los Estados en la aplicación de estas especificaciones y, con ello, coadyuvar a que se pongan en práctica de manera uniforme.

Con respecto a las calles de rodaje, el Manual contiene textos relativos a las disposiciones generales y descripción de los criterios de trazado para las características físicas de las calles de rodaje, incluyendo sus márgenes y franjas. Se han efectuado varios estudios sobre la configuración y ubicación de las calles de salida rápida. El texto del presente Manual está basado en algunos de esos estudios así como en el examen efectuado por la Reunión Departamental sobre aeródromos, rutas aéreas y ayudas terrestres (1981). El texto sobre las superficies de enlace describe algunos métodos para efectuar el proyecto de las mismas. En el Apéndice se ha incluido también información detallada. El texto ha sido preparado basándose en las Recomendaciones 2/5 de la Quinta Conferencia de Navegación Aérea y 2/3 de la Octava Conferencia de Navegación Aérea.

El texto relativo a los apartaderos de espera y a las calles de rodaje dobles o múltiples, describe las ventajas e inconvenientes de las diferentes configuraciones destinadas a facilitar a los controladores de aeródromo una mayor flexibilidad en el ajuste de la secuencia de despegue a fin de evitar demoras indebidas. El texto relativo a las plataformas describe, entre otras cosas, el trazado básico de las plataformas, prescripciones sobre su proyecto, y superficie necesaria para un determinado diseño de plataforma.

El Manual incluye también texto relativo a la segregación del tráfico en el área de movimiento. Este texto describe los factores que deberían tenerse en cuenta al proyectar las instalaciones de aeródromo a fin de conseguir, en la práctica, la segregación máxima entre el tránsito de aeronaves y de vehículos en tierra. Ese texto ha sido preparado de resultas de la Recomendación 2/11 de la Quinta Conferencia de Navegación Aérea.

Se tiene la intención de mantener el Manual actualizado. Lo más probable es que las ediciones futuras se mejoren basándose en la experiencia adquirida y en los comentarios y sugerencias recibidas de los usuarios del presente Manual. Por lo tanto, se invita a los lectores a que expresen sus puntos de vista, comentarios y sugerencias respecto a la presente edición, los cuales deberían dirigirse al Secretario General de la OACI.

INDICE

	<u>Página</u>
CAPITULO 1. Calles de rodaje	2-1
1.1 Sistemas de calles de rodaje	2-1
2.1 Criterios para calcular las características físicas	2-8
1.2.1 Generalidades	2-8
1.2.2 Clave de referencia de aeródromo	2-9
1.2.3 Anchura de la calle de rodaje	2-11
1.2.4 Curvas de las calles de rodaje	2-11
1.2.5 Uniones e intersecciones	2-11
1.2.6 Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje	2-12
1.2.7 Configuración geométrica de las calles de rodaje geométricas	2-15
1.3 Calles de salida rápida	2-18
Generalidades	2-18
Emplazamiento y número de calles de salida	2-18
Trazado	2-20
1.4 Calles de rodaje en puentes	2-20
Generalidades	2-20
Emplazamiento	2-23
Dimensiones	2-23
Declives	2-24
Resistencia del pavimento	2-24
Contención lateral	2-24
Protección contra el chorro	2-25
1.5 Superficies de enlace	2-25
Generalidades	2-25
Métodos para las maniobras de las aeronaves en las intersecciones de las calles de rodaje	2-27
Métodos para el cálculo de superficies de enlace	2-27
1.6 Márgenes y franjas de las calles de rodaje	2-28
Generalidades	2-28
Tratamiento	2-29
1.7 Planificación para tener en cuenta la futura evolución en materia de aeronaves	2-31
Generalidades	2-31
Tendencias de las aeronaves futuras	2-31
Datos de aeródromo	2-32
Anchura de calle de rodaje	2-32
Separación entre calles de rodaje paralelas	2-32
Distancia de separación entre una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto	2-34
Distancia de separación entre una pista y una calle de rodaje paralela	2-35
Consideraciones adicionales	2-36

	<u>Página</u>
CAPITULO 2. Apartaderos de espera y otras calles de desviación	2-37
2.1 Necesidad de apartaderos de espera y de otras calles de desviación ..	2-37
2.2 Tipos de calles de desviación	2-37
2.3 Requisitos y características comunes de trazado	2-42
2.4 Dimensiones y emplazamiento de los apartaderos de espera	2-43
2.5 Señalamiento e iluminación de los apartaderos de espera	2-44
CAPITULO 3. Plataformas	2-45
3.1 Información general	2-45
Tipos de plataformas	2-45
Requisitos relativos al proyecto	2-46
3.2 Trazados básicos de plataformas en la terminal	2-48
Consideraciones generales	2-48
Embarque de pasajeros	2-48
Conceptos sobre las plataformas en la terminal	2-50
3.3 Dimensiones de las plataformas	2-52
Generalidades	2-52
Dimensiones de las aeronaves	2-53
Volumen de tráfico	2-55
Requisitos relativos a márgenes de separación	2-55
Modalidades de entrada y salida del puesto de estacionamiento de aeronaves	2-56
Operaciones de servicio a las aeronaves en tierra	2-58
Calles de rodaje y vías de servicio	2-61
3.4 Guía en la plataforma	2-61
CAPITULO 4. Segregación del tráfico en el área de movimiento	2-62
4.1 Necesidad de la segregación del tráfico	2-62
4.2 Actividades que originan una mezcla de aeronaves y vehículos terrestres	2-62
4.3 Métodos para lograr la segregación	2-63
APENDICE 1. Proyecto de las superficies de enlace.....	2-67
APENDICE 2. Consideraciones sobre el chorro de los reactores y barreras antichorro	2-113
APENDICE 3. Clasificación de aviones por letra y número de clave.....	2-131

CAPITULO 1.- CALLES DE RODAJE

1.1 SISTEMAS DE CALLES DE RODAJE

1.1.1 Requisitos funcionales. La máxima utilización de la capacidad y eficacia de un aeródromo sólo puede conseguirse logrando un equilibrio apropiado entre las necesidades relativas a pistas, terminales para pasajeros y mercancías y áreas de aparcamiento y servicio de aeronaves. Estos elementos funcionales de aeródromo diferenciados y claros están enlazados por el sistema de calles de rodaje. Por lo tanto, los componentes del sistema de calles de rodaje sirven de medios de transición entre las funciones del aeródromo y los que son necesarios para alcanzar la utilización óptima del aeródromo.

1.1.2 El sistema de calles de rodaje debería concebirse de modo que imponga las mínimas restricciones a los movimientos de aeronaves desde las pistas y plataformas y hacia éstas. Un sistema debidamente proyectado debería poder mantener un movimiento del tránsito de aeronaves en tierra uniforme y continuo a la velocidad máxima que sea factible con un número mínimo de puntos en que sea preciso efectuar aceleraciones o deceleraciones. Este requisito garantiza que el sistema de calles de rodaje funcionará con el más elevado grado de seguridad y eficacia.

1.1.3 En el caso de un determinado aeródromo, el sistema de calles de rodaje debería tener capacidad para acomodar (sin demoras significativas) el volumen de tráfico de llegadas y salidas de aeronaves que sea posible atender en el sistema de pistas. El sistema de calles de rodaje puede lograr esto con el número mínimo de componentes, en el caso de que sea reducido el grado de utilización de las pistas. Sin embargo, a medida que aumente el régimen de utilización, habrá que ampliar suficientemente la capacidad del sistema de calles de rodaje con objeto de evitar que ello se convierta en el factor restrictivo de la capacidad del aeródromo. En el caso extremo de que se produzca una saturación de la capacidad de las pistas, y que las aeronaves lleguen y salgan a distancias mínimas de separación, el sistema de calles de rodaje debería permitir que las aeronaves salgan de la pista tan pronto como sea factible después de aterrizar, y entren en ellas poco antes de efectuar el despegue. Ello permite que los movimientos de aeronaves en la pista se mantengan a las mínimas distancias de separación.

1.1.4 Principios sobre planificación. Las pistas y calles de rodaje son los elementos menos flexibles del aeródromo y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta en primer lugar cuando se proceda a la planificación del desarrollo de un aeródromo. Los pronósticos sobre las actividades futuras deberían poner de relieve las variaciones en el ritmo de los movimientos de aeronaves, la modalidad del tránsito, el tipo de aeronaves, y otros factores que incidan en la disposición y dimensiones de los sistemas de pistas y calles de rodaje. Debería tenerse cuidado de que no sea tanta la atención que se preste a las actuales necesidades del sistema que haga que se descuiden las etapas posteriores de ampliación, que tienen igual o mayor importancia. Por ejemplo, si se pronostica que un aeródromo ha de servir en lo futuro a tipos de aeronave de categoría más elevada, el actual sistema de calles de rodaje debería proyectarse de modo que tenga en cuenta las distancias de separación mayores que serán finalmente necesarias (véase la Tabla 1-1).

1.1.5 Al planificar la disposición general del sistema de calles de rodaje, deberían tenerse presentes los siguientes principios:

- a) los itinerarios seguidos por las aeronaves en las calles de rodaje deberían conectar los diversos elementos de aeródromo utilizando las distancias más cortas, reduciendo al mínimo de este modo el tiempo de rodaje y su costes;
- b) los itinerarios de las calles de rodaje deberían ser lo más sencillos posible, con objeto de evitar la necesidad de tener que dar instrucciones complicadas y originar confusiones en el piloto;
- c) siempre que sea posible, deberían utilizarse recorridos en línea recta. Cuando los cambios de dirección sean necesarios, se facilitarán curvas con radio adecuado y, si es necesario, superficies de enlace o anchura suplementaria a la calle de rodaje, a fin de permitir el rodaje a la máxima velocidad que sea posible (véase Sección 1.4 y Apéndice 1 - Superficies de enlace);
- d) debería evitarse cruzar las pistas u otras calles de rodaje, siempre que sea posible, en interés de la seguridad y para reducir la posibilidad de que ocurran demoras importantes en el rodaje;
- e) los itinerarios de las calles de rodaje deberían tener tantos tramos unidireccionales como sea posible, para reducir al mínimo los conflictos de tránsito de las aeronaves y demoras. Deberían analizarse los movimientos de aeronaves en los tramos de las calles de rodaje respecto a cada configuración en la que se utilizará la pista o pistas;
- f) el sistema de calles de rodaje debería planificarse de modo que se logre la máxima duración en servicio de cada componente; a fin de que las futuras etapas de ampliación incluyan elementos del sistema existente; y
- g) por último, un sistema de calles de rodaje sólo funcionará con tanta eficacia como la de su componente menos adecuado. Por lo tanto, en la etapa de planificación se deberían localizar y eliminar los posibles obstáculos.

1.1.6 Entre otras consideraciones de importancia cuando se lleva a cabo la planificación de un sistema de calles de rodaje, figuran las siguientes:

- a) los itinerarios de las calles de rodaje deberían evitar las áreas en las que el público pueda tener fácil acceso a las aeronaves. La seguridad de las aeronaves durante el rodaje, contra sabotaje o agresión armada, debería ser de importancia primordial en áreas en que este aspecto sea objeto de especial preocupación;
- b) los trazados de las calles de rodaje deberían estar planificados de manera que las aeronaves en rodaje o los vehículos terrestres que utilizan la calle de rodaje, no causen interferencia a las ayudas para la navegación;
- c) todas las partes del sistema de calle de rodaje debería ser visible desde la torre de control de aeronaves. Deben utilizarse cámaras, fotográficas a distancia para vigilar las partes de las calles de rodaje oscurecidas por los edificios de la terminal u otras estructuras de aeródromo, si tales áreas no pueden evitarse en la práctica; y
- d) deberían atenuarse los efectos del chorro de gases procedente de los motores de reacción en las áreas adyacentes a las calles de rodaje, estabilizando los suelos sin coberción e instalando, donde sea necesario, barreras para proteger a las personas o las estructuras. (Véase Apéndice 2 - Consideraciones sobre el chorro de los reactores y barié- antichorro.)

1.1.7 El número de calles de rodaje de entrada y salida que sirvan a una determinada pista debería ser suficiente para atender el tránsito punta de aeronaves que despeguen y aterricen en un momento dado. Deberían proyectarse y establecerse entradas y salidas suplementarias para anticiparse al aumento previsto en la utilización de las pistas. Los siguientes principios son aplicables a la planificación de estos componentes del sistema de calles de rodaje:

- a) la función de las calles de salida es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de la pista por las aeronaves que aterrizan. Teóricamente, las calles de salida pueden situarse de modo que sirvan mejor a cada tipo de aeronave que se espera que utilice la pista. En la práctica, el espaciado y número óptimos se determina agrupando a las aeronaves en un número limitado de clases, basándose en la velocidad de aterrizaje y la deceleración desde el punto de toma de contacto;
- b) la calle de salida debería permitir a una aeronave salir de la pista sin restricción alguna hasta un punto situado fuera de la pista, permitiéndole entonces efectuar lo antes posible otra operación en la pista;
- c) la calle de salida puede estar ya sea en ángulo recto o en ángulo agudo con la pista. El primer caso exige que la aeronave tenga que decelerar a velocidades muy bajas, antes de que pueda efectuar el viraje de salida de la pista, mientras que el segundo caso permite a las aeronaves salir de la pista a altas velocidades, reduciéndose así el tiempo necesario de ocupación de la pista y aumentando la capacidad de la misma. En 1.3 se dan detalles sobre la ubicación y configuración del tipo en ángulo agudo (denominadas calles "de salida rápida"); y
- d) por lo general, una sola entrada de pista en cada extremo de la pista es suficiente para atender los despegues. Sin embargo, si el volumen del tráfico lo justifica, debe considerarse la utilización de desviaciones, apartaderos de espera, o entradas a la pista (véase el Capítulo 2 - Apartaderos de espera y otras calles de desviación).

1.1.8 Las calles de rodaje situadas en las plataformas se dividen en los dos tipos siguientes (véase la Figura 1-1):

- a) la calle de rodaje en la plataforma es una calle de rodaje situada en una plataforma y destinada ya sea a proporcionar un itinerario directo para el rodaje a través de la plataforma o para tener acceso al puesto de estacionamiento de una aeronave;
- b) la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves es la parte de una plataforma designada como calle de rodaje destinada a proporcionar acceso solamente a los puestos de estacionamiento de aeronaves.

1.1.9 Los requisitos relativos a las calles de rodaje en las plataformas en lo tocante a anchura de franja, distancias de separación, etc., son idénticos a los correspondientes a cualquier otro tipo de calle de rodaje. Los requisitos respecto a las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves son también los mismos, con excepción de las siguientes modificaciones:

- a) la pendiente transversal de la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave se rige por el requisito relativo a la pendiente de la plataforma;
- b) la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves no hay necesidad de que se incluya en una franja de calle de rodaje; y

Tabla 1-1. Criterios relativos al proyecto de una calle de rodaje

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		LETRA DE CLAVE				
		A	B	C	D	E
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Anchura mínima de:	Pavimento de calle de rodaje	7,5 m	10,5 m	18 m ^a 15 m ^b	23 m ^c 18 m ^d	23 m
	Pavimento de calle de rodaje y de margen	-	-	25 m	30 m	44 m
	Franja de calle de rodaje	27 m	39 m	57 m	85 m	93 m
	Parte nivelada de franja de calle de rodaje	22 m	25 m	25 m	38 m	44 m
Margen mínimo de separación entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje		1,5 m	2,25 m	4,5 m ^a 3 m ^b	45 m	4,5 m
Distancia mínima de separación entre el eje de la calle de rodaje y:	Eje de una pista de vuelo por instrumentos					
	Número de clave					
	1	82,5 m	87 m	-	-	-
	2	85,2 m	87 m	-	-	-
	3	-	-	168 m	176 m	-
	4	-	-	-	176 m	180 m
	Eje de una pista que no sea de vuelo por instrumentos					
	Número de clave					
	1	37,5 m	42 m	-	-	-
	2	47,5 m	52 m	-	-	-
3	-	-	93 m	101 m	-	
4	-	-	-	101 m	105 m	
Eje de calle de rodaje		21 m	31,5 m	46,5 m	68,5 m	76,5 m
Objeto	Calle de rodaje ^e	13,5 m	19,5 m	28,5 m	42,5 m	48,5 m
	Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves	2 m	16,5 m	24,5 m	36 m	40 m
Pendiente longitudinal máxima de la calle de rodaje:	Pavimento	3%	3%	1,5%	1,5%	1,5%
	Variación de la pendiente	1% por 25 m	1% por 25 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 30 m
Pendiente transversal máxima de:	Pavimento de la calle de rodaje	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje: pendiente ascendente	3%	3%	2,5%	2,5%	2,5%
	Parte nivelada de la franja de calle de rodaje: pendiente descendente	5%	5%	5%	5%	5%
	Parte no nivelada de la franja: pendiente ascendente	5%	5%	5%	5%	5%
Radio mínimo de la curva vertical longitudinal		2 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance visual mínimo de la calle de rodaje		Desde 150 m por encima de 1,5 m	Desde 200 m por encima de 2 m	Desde 300 m por encima de 3 m	Desde 300 m por encima de 3 m	Desde 300 m por encima de 3 m

a. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.

b. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas inferior a 18 m.

c. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea igual o inferior a 9 m.

d. Calle de rodaje de pista para ser utilizada por aviones con base de ruedas cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9 m.

e. Calles de rodaje que no sean calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves.

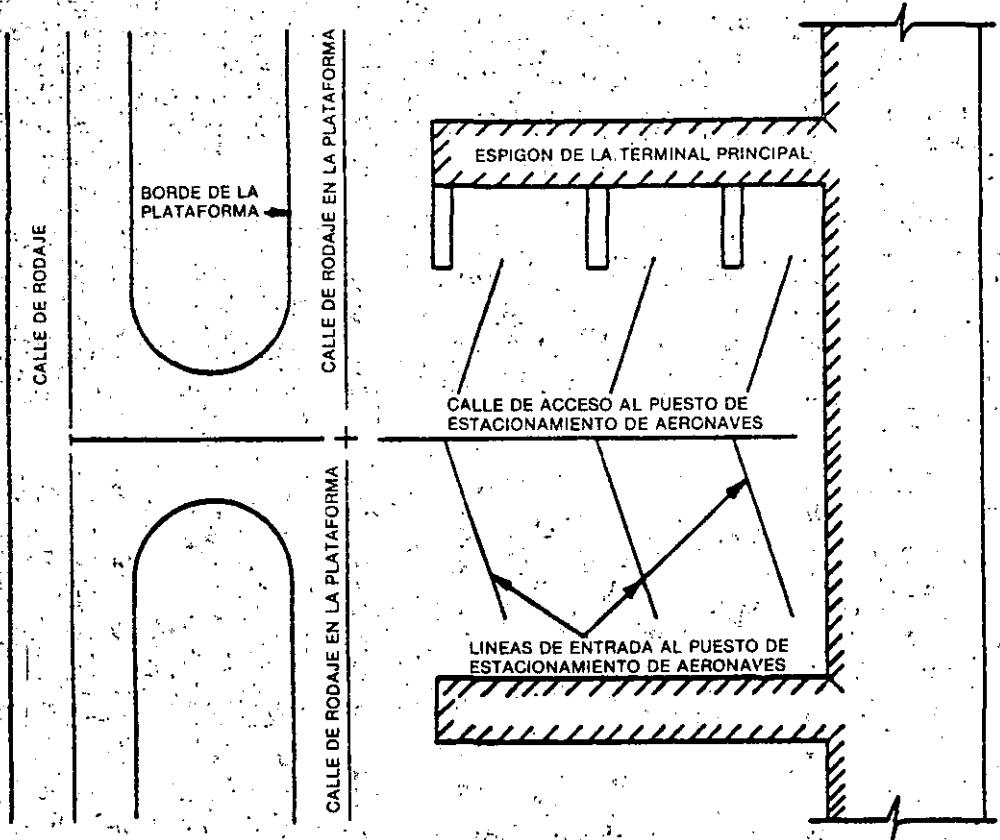


Figura 1-1. Calles de rodaje en las plataformas

Tabla 1-2. Clave de referencia de aeródromo

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 60 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

1.2.3 Anchura de la calle de rodaje

1.2.3.1 En la Tabla 1-1 se muestran las anchuras mínimas de las calles de rodaje. Los valores seleccionados para las anchuras mínimas de las calles de rodaje se basan en la suma de la distancia de separación entre las ruedas y el borde del pavimento, más la separación entre las ruedas del tren de aterrizaje principal de la aeronave.

1.2.4 Curvas de las calles de rodaje

1.2.4.1 Los cambios de dirección de las calles de rodaje no deberían ser muy numerosos ni pronunciados, en la medida de lo posible. El diseño de la curva debería ser tal que cuando el puesto de pilotaje del avión permanezca sobre las señales de eje de calle de rodaje, la distancia de separación entre las ruedas principales exteriores y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a las especificadas en la Tabla 1-1.

1.2.4.2 Si la existencia de curvas es inevitable, los radios de las mismas deberían ser compatibles con la capacidad de maniobra y las velocidades de rodaje normales de las aeronaves para las que dicha calle de rodaje esté prevista. La Tabla 1-3 muestra los valores de los radios de curvatura apropiados para determinadas velocidades de aeronaves. Cuando se hayan diseñado curvas muy pronunciadas y su radio no sea suficiente para impedir que las ruedas de la aeronave en rodaje se salgan del pavimento, puede que sea necesario ensanchar la calle de rodaje a fin de conseguir la distancia de separación de rueda especificada en la Tabla 1-1. Debe tenerse en cuenta que las curvas compuestas pueden reducir o eliminar la necesidad de una anchura suplementaria de calle de rodaje.

Tabla 1-3. Velocidades de las aeronaves en función del radio de la curva

Velocidad	Radio de la curva
km/h	m
16	15
32	60
48	135
64	240
80	375
96	540

1.2.5 Uniones e intersecciones

1.2.5.1 Deberían facilitarse superficies de enlace en las uniones e intersecciones de las calles de rodaje con las pistas, plataformas y otras calles de rodaje; a fin de asegurar que se mantiene la distancia mínima de separación establecida en la Tabla 1.1. En 1.5 se da información sobre el cálculo de las superficies de enlace.

1.2.6 Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje

1.2.6.1 Generalidades. La distancia de separación entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista, de otra calle de rodaje o de un objeto no debería ser menor que la dimensión apropiada especificada en la Tabla 1-1, salvo que no se aplica esta regla en una distancia tan corta como sea posible, en las partes en que una calle de rodaje se une a una pista o a otra calle de rodaje.

1.2.6.2 Las distancias se basan en la envergadura máxima de un grupo, y en la hipótesis de que las aeronaves se desvían del eje de la calle de rodaje en una distancia igual al margen entre las ruedas y el borde del pavimento para dicho grupo. Cabe observar que, aun en los casos en que, como resultado del diseño especial de una aeronave (debido a la combinación inusitada de una gran envergadura y de una anchura reducida del tren de aterrizaje), el extremo del ala se encontraría más alejado en relación con el eje, y la distancia de separación resultante seguiría siendo considerablemente mayor que la necesaria para que la aeronave pudiera pasar.

1.2.6.3 Distancias de separación entre calles de rodaje y calles de rodaje u objetos. Las fórmulas y distancias de separación figuran en la Tabla 1-4 y se ilustran en la Figura 1-3. Las distancias de separación relativas a las calles de rodaje en la plataforma se han basado en la envergadura de la aeronave (Y) y la desviación lateral máxima (X) (margen de separación entre las ruedas y el borde de la calle de rodaje especificado en la Tabla 1-1).

1.2.6.4 Para las calles de acceso a los puestos de estacionamiento de aeronave se considera apropiado estipular distancias menores, ya que las velocidades de rodaje son normalmente inferiores al rodar sobre estas calles y la mayor atención de los pilotos produce desviaciones menos importantes con respecto al eje de la calle. En consecuencia, en vez de suponer que una aeronave se ha desviado del eje una distancia correspondiente a la desviación lateral máxima (X), se ha adoptado como hipótesis una distancia inferior, la que se ha denominado "desviación del tren de aterrizaje".

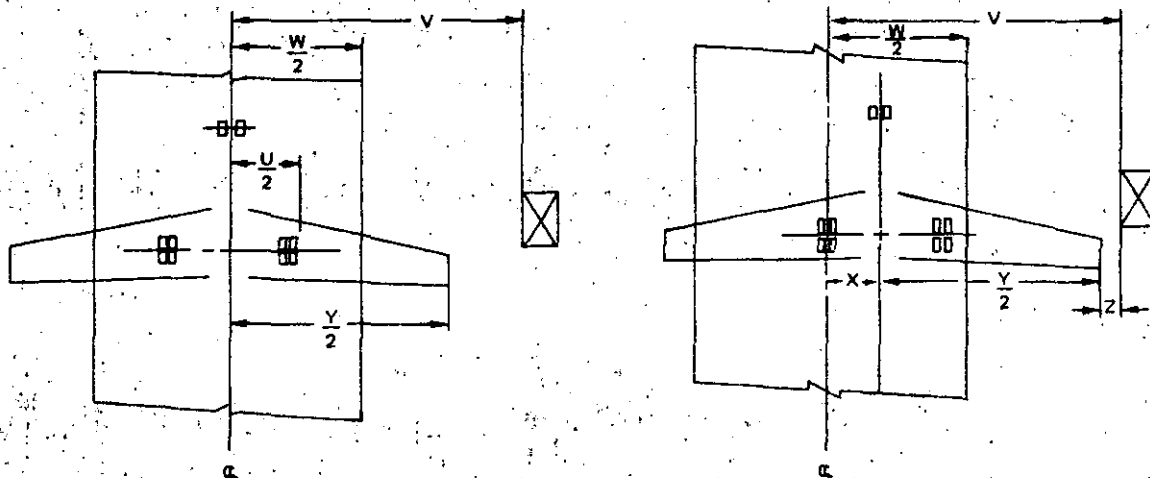
1.2.6.5 Puede observarse que se han empleado dos factores en la preparación de las fórmulas, es decir, la desviación lateral máxima o la desviación del tren de aterrizaje principal y el incremento del margen de separación del extremo de ala. Esos factores tienen funciones diferentes. El factor de desviación representa una distancia que podrían utilizar las aeronaves en la operación normal. En cambio, el incremento (Z en la Figura 1-3) corresponde a un margen de seguridad, destinado a evitar accidentes cuando la aeronave se sale de la calle de rodaje, a facilitar el rodaje proporcionando un espacio adicional y a prever otros factores que influyen en las velocidades de rodaje.

1.2.6.6 Se ha seleccionado un incremento graduado en vez de un incremento constante para todas las letras en clave, debido a que:

- a) la apreciación por el piloto de la distancia de separación es más difícil en el caso de aeronaves de gran envergadura, principalmente si se trata de una aeronave de ala en flecha; y
- b) la inercia de las aeronaves de grandes dimensiones puede ser más elevada y podría ocasionar que dichas aeronaves, al salirse de la calle de rodaje, se desvíen más del borde de ésta.

Tabla 1-4. Distancias mínimas de separación entre calles de rodaje y entre calles de rodaje y objetos (Dimensiones en metros)

Entre	Fórmula	Letra clave				
		A	B	C	D	E
Eje de calle de rodaje y eje de calle de rodaje (eje de calle de rodaje en la plataforma y eje de calle de rodaje)	Envergadura (Y) + 2x desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	15	24	36	52	60
		3	4,5	6	9	9
		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4,5</u>	<u>7,5</u>	<u>7,5</u>
		Total 21	31,5	46,5	68,5	76,5
Eje de calle de rodaje y objeto	1/2 envergadura (Y) + desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	2,25	3	4,5	4,5
		<u>4,5</u>	<u>5,25</u>	<u>7,5</u>	<u>12</u>	<u>12</u>
		Total 13,5	19,5	28,5	42,5	46,5
Eje de calle de rodaje en la plataforma y objeto	1/2 envergadura (Y) + desviación lateral máxima (X) + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	2,25	3	4,5	4,5
		<u>4,5</u>	<u>5,25</u>	<u>7,5</u>	<u>12</u>	<u>12</u>
		Total 13,5	19,5	28,5	42,5	46,5
Eje de la calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave y objeto	1/2 envergadura (Y) + Desviación del tren de aterrizaje + incremento (Z) = (V)	7,5	12	18	26	30
		1,5	1,5	2	2,5	2,5
		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4,5</u>	<u>7,5</u>	<u>7,5</u>
		Total 12	16,5	24,5	36	40



U = Anchura del tren de aterrizaje principal
 V = Distancia de separación
 W = Anchura de la calle de rodaje

X = Desviación lateral máxima
 Y = Envergadura
 Z = Incremento

Figura 1-3. Distancia de separación respecto a un objeto

1.2.6.7 Los incrementos para la determinación de las distancias de separación entre la calle de rodaje en la plataforma y un objeto son los mismos que los propuestos para una calle de rodaje y un objeto, porque se estima que, aun cuando las calles de rodaje en las plataformas están relacionadas con las plataformas, su ubicación no debería implicar una reducción de la velocidad de rodaje. Las aeronaves se desplazan normalmente a velocidades inferiores en una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave y, por lo tanto, cabe prever que permanecerán en la proximidad del eje de la misma. Se han seleccionado desviaciones de 1,5, 1,5, 2, 2, y 2,5 m para las letras de clave A a E. Se estima conveniente emplear un incremento graduado para la desviación lateral en las calles de acceso al puesto de estacionamiento, ya que es más difícil para el piloto de las aeronaves de grandes dimensiones seguir el eje de la calle a causa de la altura del puesto de pilotaje.

1.2.6.8 Se han seleccionado incrementos para las distancias de separación entre una calle de rodaje y un objeto y entre una calle de rodaje en la plataforma y un objeto más elevados que para otras distancias de separación. Se consideran necesarios estos mayores incrementos, debido a que normalmente los objetos situados a lo largo de las calles de rodaje de este tipo son objetos fijos, lo cual hace que la probabilidad de colisión con uno de ellos sea mayor que la de colisión con una aeronave que se salga de la calle de rodaje en el momento preciso en que otra aeronave esté pasando por ese punto en la calle de rodaje paralela. Asimismo, el objeto fijo puede ser una barrera o muro paralelo a la calle de rodaje a lo largo de cierta distancia. Incluso en el caso de una carretera paralela a una calle de rodaje, los vehículos pueden reducir inconscientemente la distancia de separación, en caso de estacionarse fuera de la carretera.

1.2.6.9 Distancias de separación entre una calle de rodaje y una pista. Las distancias de separación están basadas en la hipótesis de que el ala de una aeronave centrada en una calle de rodaje paralela, se extienda más allá de la franja. En la Tabla 1-5 se muestran las fórmulas y las distancias de separación.

Tabla 1-5. Distancias mínimas de separación entre una calle de rodaje y una pista (Dimensiones en metros)

Entre	Número de clave	1		2		3				4		
		A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	E
Eje de calle de rodaje y eje de pista (eje de calle de rodaje en la plataforma y eje de pista)	<u>Fórmula</u>											
	Semienvergadura (Y)	7,5	12	7,5	12	7,5	12	18	26	18	26	30
	a) + semianchura de la franja (pistas de vuelo visual)	30	30	40	40	75	75	75	75	75	75	75
	Total	37,5	42	47,5	52	82,5	87	93	101	93	101	105
	o											
	b) + semianchura de franja (pistas para aproximaciones por instrumentos)	75	75	75	75	150	150	150	150	150	150	150
Total	82,5	87	82,5	87	157,5	162	168	176	168	176	180	

1.2.7 Configuración geométrica de las calles de rodaje paralelas

1.2.7.1 Las distancias de separación entre calles de rodaje paralelas han sido seleccionadas en la Tabla 1-1 a base de los márgenes de separación de extremo de ala. Hay factores que deberían también tenerse en cuenta al evaluar la capacidad para efectuar un viraje de 180° normal de una calle de rodaje a otra calle de rodaje paralela. Estos factores son:

- a) aptitud para mantener una velocidad de rodaje razonable a fin de lograr un elevado grado de utilización del sistema de calles de rodaje;
- b) mantenimiento de las distancias de separación especificadas entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje, cuando el puesto de pilotaje se encuentra sobre la señal de eje de calle de rodaje; y
- c) maniobras a un ángulo de guía que no exceda de la capacidad de la aeronave y que no exponga a los neumáticos a un desgaste inadmisibles.

1.2.7.2 Para evaluar la velocidad de rodaje al efectuar el viraje de 180°, se ha supuesto que los radios de curvatura son iguales a la mitad de la distancia de separación indicada en la Tabla 1-1, y según se muestra a continuación:

Letra de clave	Radio (m)
A	10,50
B	15,75
C	23,25
D	34,35
E	38,25

1.2.7.3 La velocidad en el viraje depende del radio de la curva (R) y del coeficiente de carga lateral (f). Por lo tanto, si se parte de la hipótesis de que el coeficiente de carga lateral está limitado a 0,133 g:

$$V = (127,133 \times (f) \times R)^{\frac{1}{2}} = (127,133 \times 0,133 R)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 4,1120(R^{\frac{1}{2}}), \text{ en que el valor de R se expresa en m}$$

Las velocidades admisibles resultantes se muestran en la Tabla 1-6.

Tabla 1-6. Velocidades admisibles en un viraje de 180°

Letra de clave	Radio (m)	Velocidad $V = 4,1120 (R^{\frac{1}{2}})$ (km/h)
A	10,50	13,32
B	15,75	16,32
C	23,25	19,82
D	34,25	24,06
E	38,25	25,41

1.2.7.4 El examen de los datos de la Tabla 1-6 muestra que respecto a la letra clave E se alcanza una velocidad de 25 km/h. Para lograr la misma velocidad en calles de rodaje relacionadas con las demás letras de clave, se precisaría una distancia de separación de 74 m. Sin embargo, la distancia de separación con respecto a las letras de clave A y B pueden ser desmesuradamente grandes cuando se comparan con las que se requieren para el margen de separación de extremo de ala. A este respecto, la experiencia indica que las aeronaves pequeñas requieren una velocidad menor que las aeronaves grandes debido a su sensibilidad al movimiento giratorio del tren de proa.

1.2.7.5 Para evaluar los factores mencionados en a) y b) anteriores, la Douglas Aircraft Company ha preparado un programa de computadora para mostrar el movimiento de una aeronave durante un viraje de 180°.

1.2.7.6 Se utilizó una aeronave representativa de cada letra de clave. Estas aeronaves fueron elegidas a efectos ilustrativos por ser éstas las que presentan la mayor distancia entre el tren principal y el puesto de pilotaje de las aeronaves dentro de cada clave. El radio de la curva en cada caso se ha basado en una velocidad de rodaje de 25 km/h y en un coeficiente de carga lateral de 0,155 G. La entrada general de datos para el programa figura en la Tabla 1-7. Se ha supuesto que la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es la máxima admisible para la letra de clave, mientras que la tabla muestra la dimensión real de la aeronave respecto a la distancia entre el tren principal y el puesto de pilotaje.

Tabla 1-7. Datos supuestos para calcular un viraje de 180°

Letra de clave	Modelo de aeronave	Anchura exterior entre ruedas del tren principal (m)	Distancia desde el tren principal hasta el puesto de pilotaje (m)	Radio de curvatura (m)
A	Lear 54	4,5	12,7	10,5
B	F-28	6,0	11,9	15,75
C	DC-9-80	9,0	21,5	23,25
C	Concorde	8,7	29,6	23,25
D	DC-10	14,00	28,5	34,25
E	B-747	14,0	27,8	38,25

1.2.7.7 La capacidad para efectuar un viraje suave depende, en parte, del ángulo de guía admisible. La Tabla 1-8 proporciona estos datos para las aeronaves representativas. Los datos que figuran en la última columna se basan en los datos supuestos de la Tabla 1-7.

Tabla 1-8. Ángulos de guía de las aeronaves

Modelo de aeronave	Ángulo de guía máximo	Ángulo de guía máximo aproximado durante el viraje de 180°
Lear 54	-	60°
F-28	60°	45°
DC-9-80	78°	60°
Concorde	60°	75°
DC-10	60°	45°
B-747	70°	45°

1.2.7.8 El estudio reveló que el ángulo máximo requerido durante el viraje se halla comprendido entre los límites que se dan en la Tabla 1-8 para todas las aeronaves, exceptuado el avión Concorde. En este caso, el ángulo de guía del tren de proa que es necesario para mantener el puesto de pilotaje del Concorde sobre el eje de la calle de rodaje es de 75° . Como el ángulo de guía máximo admisible es de 60° , la trayectoria seguida por la aeronave se hallará fuera del eje de la calle de rodaje. Esto supone que, en los aeródromos en que se llevan a cabo operaciones del avión Concorde, o de otras aeronaves en que son grandes las distancias desde el tren de proa hasta el puesto de pilotaje, tal vez sea preciso prestar atención especial al cálculo de la configuración geométrica de las calles de rodaje paralelas. El estudio puso de manifiesto que el ángulo de guía máximo del Concorde durante el viraje quede reducido a 45° aproximadamente, si se emplea la distancia de separación correspondiente a la letra de clave D, en vez de la perteneciente a la letra de clave C.

1.2.7.9 La solución respecto al viraje de 180° a que se llegó utilizando el programa de computadora, puede también determinarse por medios gráficos. El procedimiento requiere un desplazamiento progresivo del puesto de pilotaje a lo largo del eje de la curva. Se supone que el tren principal se desplaza a lo largo de una línea que forma la posición original del punto medio entre el tren principal y la nueva posición del puesto de pilotaje. Esto queda ilustrado en la Figura 1-4.

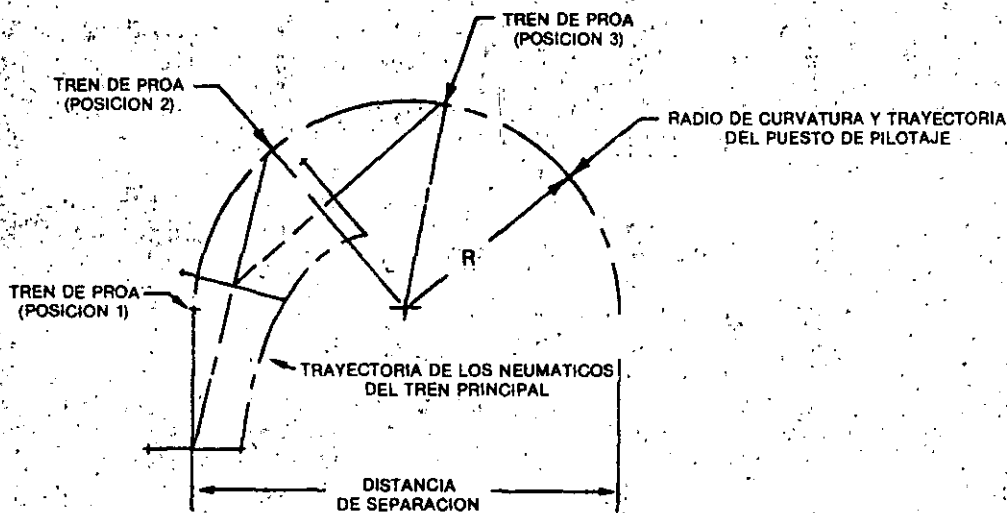


Figura 1-4. Solución gráfica de un viraje de 180°

1.2.7.10 Es importante observar que los resultados del programa de computadora se basaron en incrementos de desplazamiento de $0,5^\circ$. Esta solución gráfica resulta excesivamente tediosa, y se efectuó una comparación entre la solución ofrecida por el programa de computadora y la obtenida por la solución gráfica, en que se utilizan incrementos de 10° . Se llegó a la conclusión que se introduce un error de 2,4 m aproximadamente mediante los incrementos más toscos del método gráfico. Con incrementos de 5° el error quedará reducido a 1,5 m.

1.3 CALLES DE SALIDA RÁPIDA

Generalidades

1.3.1 Por calle de salida rápida se entiende una calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo y está proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible.

1.3.2 La decisión de proyectar y construir una calle de salida rápida se basa en los análisis del tránsito existente y previsto. La finalidad principal de estas calles de rodaje es disminuir el período de ocupación de la pista y, de este modo, aumentar la capacidad del aeródromo. Cuando la densidad del tránsito calculada para la hora punta es menor de 25 operaciones aproximadamente (aterrizajes y despegues) la calle de salida en ángulo recto puede bastar. Esta calle de salida en ángulo recto puede ser construida con menos gastos y cuando está emplazada en forma adecuada a lo largo de la pista se logra una afluencia eficiente de tránsito.

1.3.3 El establecimiento de una norma mundial única para el cálculo de las calles de salida rápida tiene muchas ventajas obvias. Los pilotos se familiarizan con este tipo de configuración y pueden esperar conseguir los mismos resultados para aterrizar en cualquier aeródromo dotado de estas instalaciones. Por lo tanto, se han establecido en el Anexo 14 parámetros de cálculo para un grupo de calles de salida relacionadas con una pista en que el número de clave es 1 ó 2 y para otro grupo cuyo número de clave es 3 ó 4. Desde que se han empezado a utilizar las calles de salida rápida, se han llevado a cabo ensayos en el terreno y estudios adicionales para determinar la utilización de las calles de rodaje, la ubicación y el trazado de las calles de salida y el tiempo de ocupación de la pista. La evaluación de esta información ha dado lugar a la elaboración de criterios para el emplazamiento y el trazado de la calle de salida que aceptarán determinados grupos de aeronaves a velocidades relativamente altas.

1.3.4 Existen algunas diferencias de opinión con respecto a la velocidad a la que los pilotos utilizarán las calles de salida rápida. Aun cuando se ha inferido de ciertos estudios que estas calles de rodaje se utilizan normalmente a velocidades no superiores a los 46 km/h e incluso en algunos casos a velocidades inferiores cuando existen malas condiciones de frenado o fuertes vientos de costado, mediciones efectuadas en otros aeródromos han demostrado que se utilizan a velocidades superiores a 92 km/h con pistas secas. Por razones de seguridad se ha tomado como referencia la velocidad de 93 km/h para determinar los radios de las curvas y las partes rectas adyacentes de las calles de rodaje de salida rápida cuando el número de clave es 3 ó 4, sin perjuicio de la velocidad de cálculo que el planificador puede elegir para establecer los lugares óptimos de salida en la pista. En todo caso, la utilización óptima de las salidas rápidas requiere la cooperación del piloto. Las instrucciones para el cálculo de dichas calles de rodaje y las ventajas que se puedan obtener de su empleo podrán aumentar su utilización.

Emplazamiento y número de calles de salida

1.3.5 El emplazamiento de las calles de salida en relación con las características operacionales de las aeronaves está determinado por el régimen de deceleración de las aeronaves luego de cruzar el umbral. Para determinar la distancia desde el umbral, deberían tomarse en cuenta las siguientes condiciones básicas:

- a) velocidad en el umbral; y
- b) velocidad de salida inicial o velocidad de viraje en el punto de tangencia de la curva central (de salida) (punto A, Figuras 1-5 y 1-6).

1.3.6 A los efectos del trazado de la calle de salida, se supone que las aeronaves cruzan el umbral a un promedio de 1,3 veces la velocidad de pérdida en la configuración de aterrizaje con una masa media bruta de aterrizaje de aproximadamente 85% del valor máximo. Por otra parte, se puede agrupar a las aeronaves basándose en su velocidad en el umbral al nivel del mar, como sigue:

Grupo A - menos de 169 km/h (91 kt)

Grupo B - entre 169 km/h (91 kt) y 222 km/h (120 kt)

Grupo C - entre 224 km/h (121 kt) y 259 km/h (140 kt)

Grupo D - entre 261 km/h (141 kt) y 306 km/h (165 kt), aunque la velocidad máxima de cruce del umbral de las aeronaves actualmente en producción es 282 km/h (152 kt).

1.3.7 Un análisis de algunas de las aeronaves indica que pueden clasificarse en los grupos siguientes:

<u>GRUPO A</u>	<u>GRUPO B</u>	<u>GRUPO C</u>	<u>GRUPO D</u>
Convair 240	Convair 600	B-707 (300 y 400)	B-747
DC-3	DC-6	B-727	DC-8 (62 y 63)
DHC-7	Fokker F27	DC-8 (43 y 55)	DC-10
	Viscount 800	Trident (1 y 2)	IL 62M
			L-1011
			TU-154

1.3.8 De estas consideraciones resulta evidente que el número de calles de salida dependerá del tipo de aeronave y del número de aeronaves de cada tipo que maniobran durante el período punta. Por ejemplo, en un aeropuerto muy grande la mayoría de las aeronaves pertenecerán probablemente a los Grupos C o D. De ser así, es posible que se necesiten únicamente dos salidas. Por otra parte, un aeródromo que tenga un conjunto equilibrado de los cuatro grupos de aeronaves puede necesitar cuatro salidas.

1.3.9 La selección final del o de los emplazamientos más prácticos para las calles de salida debe ajustarse a los requisitos generales de planificación teniendo en cuenta otros factores, como por ejemplo:

- ubicación de la terminal o del área de la plataforma
- ubicación de las pistas y de sus salidas
- optimización de la afluencia del tráfico dentro del sistema de las calles de rodaje con respecto a los procedimientos de control de tráfico
- evitación de desvíos innecesarios para el rodaje, etc.

Además, puede existir la necesidad de proporcionar calles de salida adicionales - especialmente en pistas largas - después de las salidas rápidas principales, dependiendo ello de las condiciones y requisitos locales. Estas calles de rodaje adicionales pueden o no ser calles de salida rápida. Se recomiendan intervalos de aproximadamente 450 m hasta 600 m a partir del extremo de la pista.

1.3.10 Algunos aeródromos tienen una gran actividad de aeronaves del número de clave 1-6 2. En lo posible, puede ser conveniente atender dichas aeronaves en una pista exclusiva con una calle de salida rápida. En los aeródromos en que dichas aeronaves utilizan la misma pista que las operaciones de transporte aéreo comercial, puede ser conveniente incluir una calle de salida rápida especial para facilitar el movimiento en tierra de las aeronaves pequeñas. En cada caso se recomienda que dicha calle de salida esté emplazada a una distancia de 450 a 600 m a partir del umbral.

Trazado

1.3.11 Las figuras 1-5 y 1-6 muestran algunos trazados tipos para las calles de salida rápida de conformidad con las especificaciones del Anexo 14. Para pistas de número de clave 3 ó 4, el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 60 m del punto de tangencia de la curva central (de salida) y se desvía 0,9 m para facilitar al piloto de la aeronave que reconozca el comienzo de la curva. Para pistas de número de clave 1 ó 2 el señalamiento del eje de la calle de rodaje comienza a 30 m desde el punto de tangencia de la curva central (de salida).

1.3.12 La calle de salida rápida debería trazarse con un radio de curva de viraje de por lo menos:

550 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
275 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

para permitir velocidades de salida con pistas mojadas de:

93 km/h (50 kt) cuando el número de clave es 3 ó 4; y
65 km/h (30 kt) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

1.3.13 El radio de la superficie de enlace en la parte anterior de la curva de una calle de salida rápida debería ser suficiente como para proporcionar un ensanche en la entrada a fin de facilitar el reconocimiento de la misma y el viraje hacia la calle de rodaje.

1.3.14 Una calle de salida rápida debería incluir una recta después de la curva de viraje suficiente para que una aeronave que estuviese saliendo pudiera detenerse totalmente fuera de toda intersección de calle de rodaje y no debía ser inferior a las distancias siguientes cuando el ángulo de intersección es de 30°:

Número de clave 1 ó 2

35 m

Número de clave 3 ó 4

75 m

Las distancias anteriores se basan en regímenes de deceleración de $0,76 \text{ m/sec}^2$ a lo largo de la curva de viraje y $1,52 \text{ m/sec}^2$ a lo largo de la recta.

1.3.15 El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista no debería ser mayor que 45° ni menor que 25°, y preferentemente debería ser 30°.

1.4 CALLES DE RODAJE EN PUENTES

Generalidades.

1.4.1 En el proyecto conceptual de un aeródromo, de sus dimensiones y/o el trazado de su sistema de pistas y calles de rodaje puede dar lugar a una disposición en la que las calles de rodaje tengan que adoptar la forma de puentes sobre vías de transporte de superficie (carreteras, vías férreas, canales) o espejos de agua (ríos, bahías). Los puentes de rodaje deberían trazarse de modo que no impongan ninguna dificultad a las aeronaves en rodaje. La resistencia, las dimensiones, la nivelación y la distancia mínima de separación deberían permitir que las operaciones de las aeronaves se realizasen sin limitaciones de día y de noche así como bajo condiciones atmosféricas variantes, es decir, lluvias fuertes, períodos de nevada y helada, baja visibilidad o vientos arremetidos. Cuando se proyectan los puentes debería tenerse en cuenta las necesidades en materia de mantenimiento, limpieza y remoción de la nieve de las calles de rodaje.

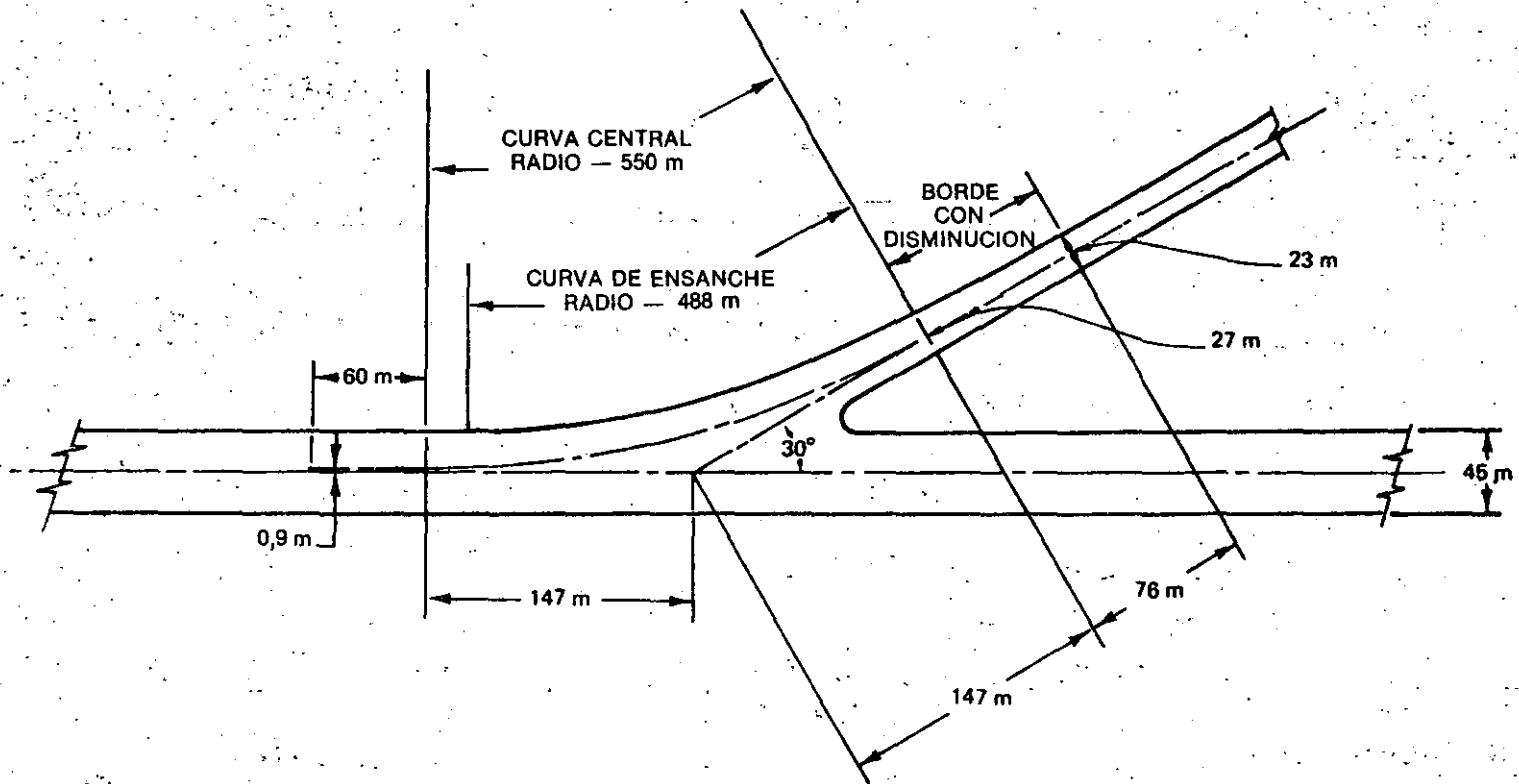


Figura 1-5. Trazado de las calles de salida rápida (número de clave 3 ó 4)

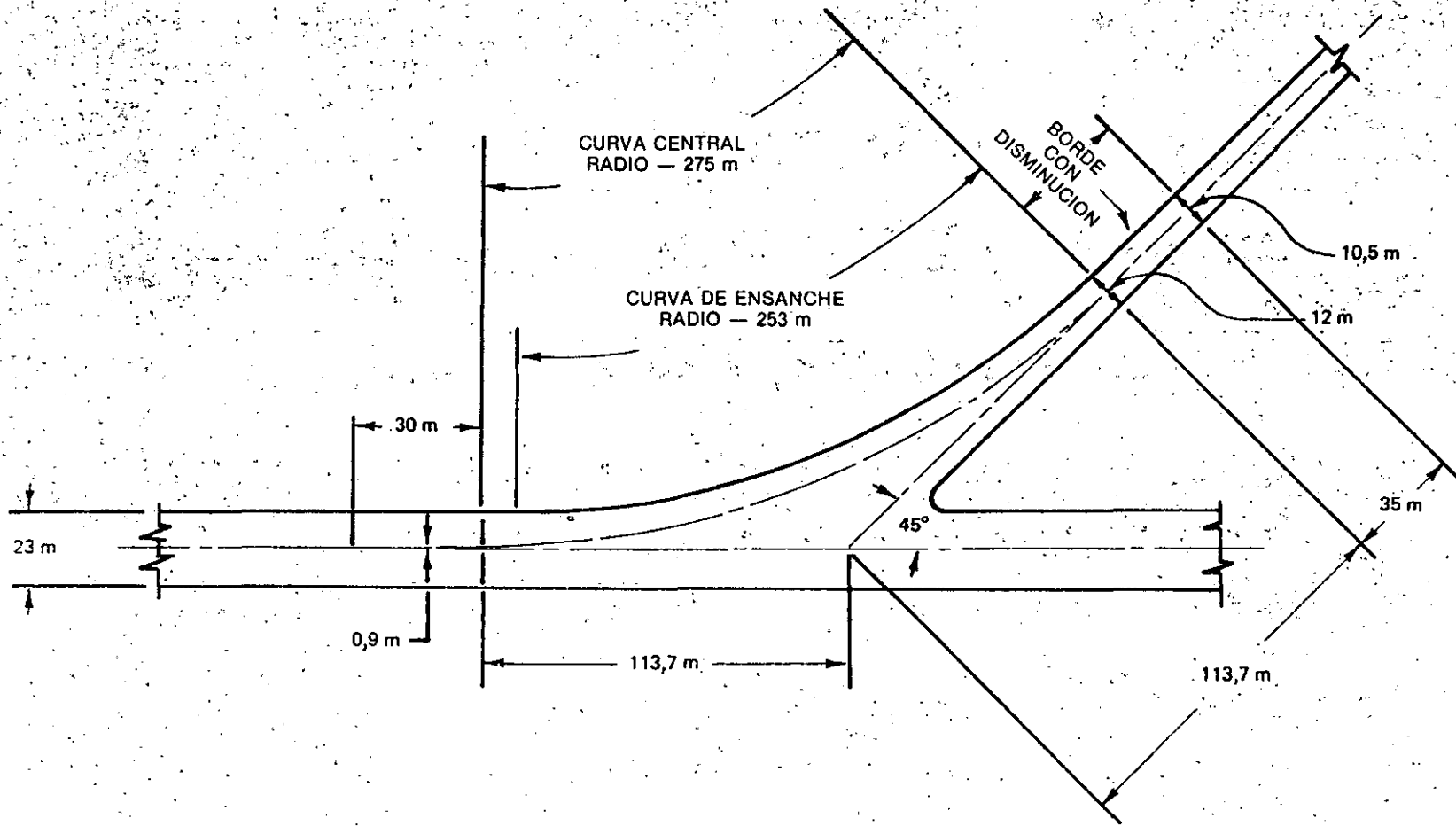


Figura 1-6. Trazado de las calles de salida rápida (número de clave 1 ó 2)

Emplazamiento

1.4.2. Por razones de carácter operacional y económicas, el número de estructuras de puentes que se requieran y los problemas correspondientes pueden reducirse al mínimo aplicando las siguientes pautas:

- a) de ser posible, las vías de transporte de superficie deberían trazarse de modo que quede afectado un mínimo de pistas o calles de rodaje;
- b) los diferentes medios de transporte de superficie deberían concentrarse de modo que pasen todos preferentemente por un puente que utilice una sola estructura;
- c) a fin de que los aviones que se aproximan al puente puedan alinearse, el puente debería estar emplazado en una parte rectilínea de la calle de rodaje y debería proveerse una sección recta en ambos extremos del puente;
- d) no deberían emplazarse calles de salida rápida en un puente; y
- e) deberían evitarse los emplazamientos de puentes que pudieran tener un efecto negativo en el sistema de aterrizaje por instrumentos o en la iluminación para las aproximaciones o en los sistemas de iluminación de las pistas y calles de rodaje.

Dimensiones

1.4.3. El proyecto de la estructura de los puentes constituye materia de ingeniería determinada por su finalidad y las especificaciones que correspondan al modo de transporte al que está destinado. Debería cumplirse con los requisitos aeronáuticos en lo que atañe a anchura, nivelación, etc., de la calle de rodaje.

1.4.4. La anchura del puente medida perpendicularmente al eje de la calle de rodaje no será inferior a la anchura de la parte nivelada de la franja provista para dicha calle de rodaje, salvo que se proporcione un método probado de contención lateral que no sea peligroso para los aviones a los que se destina la calle de rodaje. Por lo tanto, los requisitos mínimos de anchura serán:

- 22 m cuando la letra de clave sea A
- 25 m cuando la letra de clave sea B o C
- 38 m cuando la letra de clave sea D
- 44 m cuando la letra de clave sea E

con la calle de rodaje en el centro de la franja. En casos excepcionales, cuando una calle de rodaje con curva tenga que estar ubicada en el puente, debería proporcionarse una altura adicional para compensar el movimiento asimétrico de la aeronave debido a la entrada del tren de aterrizaje principal.

1.4.5. Si la función de aeródromo en cuanto a las aeronaves que lo utilicen no está claramente definida o limitada por otras características físicas, la anchura de los puentes a proyectarse debería corresponder a una letra de clave superior desde un comienzo. Esto impedirá que el explotador del aeródromo deba realizar correcciones muy costosas cuando una aeronave grande empiece a operar en dicho aeródromo y tenga que utilizar el puente de rodaje.

1.4.6. La calle de rodaje en el puente debería tener una anchura por lo menos igual a la que tenga fuera del puente. Contrariamente a lo que sucede en otras partes del sistema de calles de rodaje, la franja en el puente tendría normalmente una superficie pavimentada y constituirá un margen planamente portante. Además, la franja pavimentada en el puente facilita el mantenimiento y, cuando sea necesario, la labor de despejarlo de la nieve.

Asimismo, la franja pavimentada de la superficie proporciona acceso al puente a los vehículos de salvamento y extinción de incendios así como a otros vehículos de emergencia.

1.4.7 La eficacia de los movimientos en tierra se verá aumentada si las aeronaves pueden salir de los puentes en los tramos rectos de las calles de rodaje o aproximarse a ellos. Esto permitirá que las aeronaves puedan alinear el tren de aterrizaje principal con el eje de la calle de rodaje antes de cruzar el puente de rodaje. La longitud del tramo recto debería ser por lo menos el doble de la distancia entre ruedas (la distancia que media entre el tren de proa y el centro geométrico del tren principal) de las aeronaves más exigentes y no inferior a

15 m	para la letra de clave A
20 m	para la letra de clave B
50 m	para la letra de clave C, D o E

Cabe anotar que las posibles aeronaves futuras de la clave E podrán tener una base de rueda de 35 m lo cual indica la necesidad de una distancia recta de 70 m.

Declives

1.4.8 A los efectos de drenaje parece útil proporcionar pendientes transversales de calles de rodaje normales. Si por otras razones se ha elegido una pendiente inferior a 1,5%, debería considerarse la posibilidad de proporcionar suficiente drenaje en la calle de rodaje.

1.4.9 Desde el punto de vista ideal, el puente debería estar al mismo nivel que el terreno del aeródromo adyacente. Si por otras razones de carácter técnico la parte superior del puente debe ser más alta que el terreno del aeródromo circundante, deberían proyectarse las secciones conexas de la calle de rodaje con pendientes que no excedan las pendientes longitudinales que se especifican en la Tabla 1-1.

Resistencia del pavimento

1.4.10 Los puentes de las calles de rodaje deben diseñarse de tal manera que soporten las cargas estáticas y dinámicas de las aeronaves más exigentes que recibirá el aeródromo. Deben tenerse en cuenta las tendencias de la evolución de la masa de las aeronaves al especificar la "aeronave más crítica". Las asociaciones de fabricantes publican regularmente datos sobre las tendencias. Si se tienen en cuenta las exigencias futuras, puede evitarse una costosa remodelación de los puentes debida al progreso de la técnica o al aumento de la demanda de transporte.

1.4.11 La resistencia del puente debe ser tal que normalmente la franja de esta última pueda soportar en toda la anchura de la zona nivelada el tránsito de los aviones para los cuales está destinada la calle de rodaje. En el párrafo 1.4.4 figuran las especificaciones mínimas en materia de anchura. Se puede aceptar una construcción más débil en aquellas partes del puente que se han añadido con el exclusivo objeto de que sirvan para el tránsito de vehículos.

Contención lateral

1.4.12 Si la anchura de la zona de resistencia máxima disponible es menor que la superficie nivelada de la franja de la calle de rodaje, debería preverse un método probado de contención lateral que no ofrezca riesgo alguno para los aviones a que esté destinada la calle de rodaje. El sistema de contención lateral debería situarse en los bordes de la zona de resistencia máxima de la franja para impedir que las aeronaves se salgan del puente o entren en zonas de poca resistencia del pavimento. Los dispositivos de contención lateral deberían considerarse generalmente como medidas de seguridad suplementarias en vez de medios para reducir la anchura de la zona de resistencia máxima del puente de la calle de rodaje.

1.4.13 La información obtenida de los Estados con respecto al tipo y proyecto de dispositivos de contención lateral indica que estos dispositivos se suelen instalar en puentes de rodaje, sin tomar en consideración la anchura de la zona de resistencia máxima. El dispositivo de contención lateral consiste, por lo general, en un bordillo de hormigón que sirve de barrera. En la Figura 1-7 se muestran dos ejemplos de bordillos de hormigón utilizados por los Estados. La distancia mínima recomendada para el emplazamiento de dispositivos de contención lateral varía entre Estados, si bien se ha informado de distancias comprendidas entre 9 y 27 m desde el eje de la pista. El bordillo suele tener una altura de 20 a 60 cm, empleándose el tipo de curva más bajo cuando la anchura de la superficie nivelada es apreciablemente mayor que la anchura de la franja de calle de rodaje. No se ha comunicado ningún caso en que las aeronaves se hayan salido de la pista. A este respecto cabe observar que los puentes de rodaje han estado en servicio durante períodos de tiempo de duración variable, algunos de ellos más de veinte años.

1.4.14 Tal vez sea conveniente contar con un segundo dispositivo de contención lateral. Este puede consistir en un bordillo de hormigón o en una valla de protección que no esté destinado a contener a las aeronaves que puedan salirse de la pista, sino más bien, proyectado como medida de seguridad para el personal y los vehículos de mantenimiento que utilicen el puente.

Protección contra el chorro

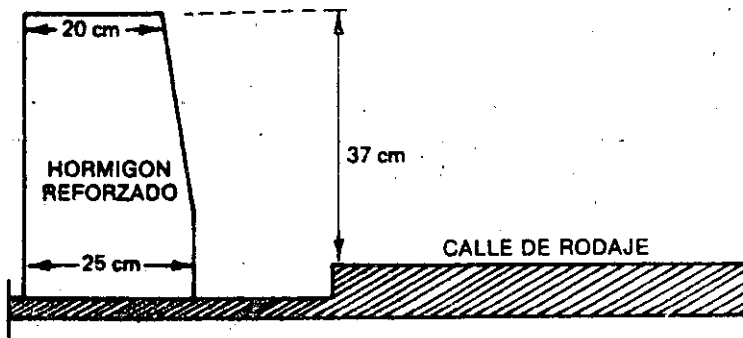
1.4.15 Cuando la calle de rodaje pase por encima de otra vía, quizá sea necesario instalar algún medio de protección contra el chorro de los motores de las aeronaves; que puede ser cubierta liviana con agujeros (formada por barras o material alveolar) que disminuya la velocidad del chorro hasta un nivel que no ofrezca peligro, tal como 56 km/h. Las cubiertas con agujeros, a diferencia de las cerradas, no producen problemas de drenaje ni de resistencia.

1.4.16 La anchura total del puente y de la zona protegida debe ser igual o superior al área cubierta por el chorro de la aeronave que pasará por la calle de rodaje, que puede determinarse recurriendo a los documentos publicados por los fabricantes.

1.5 SUPERFICIES DE ENLACE

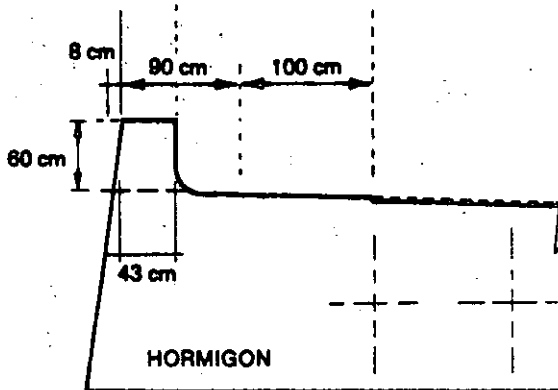
Generalidades

1.5.1 El Anexo 14 recomienda ciertas distancias mínimas de separación entre la rueda principal exterior de la aeronave, para la que la calle de rodaje está destinada, y el borde de la calle de rodaje cuando el puesto de pilotaje permanece sobre la señal de eje de calle de rodaje. La Tabla 1-1 muestra estas distancias de separación. Puede que sea necesario proporcionar pavimento suplementario en las curvas de las calles de rodaje y en las uniones e intersecciones de las calles de rodaje, para satisfacer estos requisitos cuando una aeronave está efectuando un viraje. Debe tenerse en cuenta que en el caso de una curva de calle de rodaje el área suplementaria de la calle de rodaje proporcionada para satisfacer el requisito relativo a la distancia de separación recomendada, es parte de la pista de rodaje y por lo tanto se utiliza la expresión "anchura suplementaria de la calle de rodaje" en lugar de "superficie de enlace". Sin embargo, en el caso de una unión o intersección de una calle de rodaje con una pista, plataforma u otra calle de rodaje, se considera que la expresión "superficie de enlace" es la apropiada. En los dos casos, la anchura suplementaria de la calle de rodaje así como la superficie de enlace, la resistencia de la superficie pavimentada suplementaria que debe procurarse debería ser la misma que la de la calle de rodaje. El texto que sigue a continuación presenta información concisa sobre el proyecto de superficie de enlace.



A.

DISTANCIA MINIMA HASTA EL EJE DE LA CALLE DE RODAJE: 22 m



B.

Figura 1-7. Ejemplos de bordillos de hormigón.

Métodos para las maniobras de las aeronaves en las intersecciones de las calles de rodaje

1.5.2 Las especificaciones contenidas en el Anexo 14 relativas al diseño de las calles de rodaje, así como las especificaciones de las ayudas visuales conexas, están basadas en el concepto de que el puesto de pilotaje de la aeronave permanece sobre el eje de la calle de rodaje. Otro concepto sobre la maniobra de las aeronaves en las intersecciones de las calles de rodaje está basado en el desplazamiento de la línea de guía. Tres maneras diferentes de asegurar que se satisfacen las distancias de separación requeridas en la Tabla 1-1, son:

- a) empleando la línea de eje de la calle de rodaje como línea de guía de la aeronave y proporcionando una superficie de enlace;
- b) desplazando la línea de guía hacia el exterior;
- c) utilizando una combinación de línea de guía desplazada y superficie de enlace.

1.5.3 Los métodos b) y c) serían las soluciones más económicas, pero las ventajas no son tantas como parecen. Para lograr la máxima ventaja debería haber una línea de guía separada para cada tipo de aeronave y para ambas direcciones, en el caso de una calle de rodaje para ser empleada en ambos sentidos. Tal multiplicidad de líneas no es práctica, particularmente para su empleo durante la noche o cuando la visibilidad es reducida y, por lo tanto, sería necesario proporcionar una línea de guía desplazada, intermedia, que pudiera ser utilizada por todas las aeronaves.

1.5.4 Por otra parte, la distancia máxima a que puede desplazarse la línea de guía está limitada por la necesidad de satisfacer las distancias de separación requeridas entre el borde de la calle de rodaje y la rueda principal exterior de la aeronave. Además, para determinar el desplazamiento necesario, se debe tener en cuenta el desplazamiento lateral debido a la deformación de los neumáticos durante el viraje. El empleo de superficies de enlace en la parte exterior de la curva de la calle de rodaje en combinación con una línea de guía desplazada, exige una trayectoria de rodaje complicada. Desde el punto de vista operacional, se considera preferible utilizar, como está recomendado en el Anexo 14, el eje de la calle de rodaje como una línea de guía con la cabina de pilotaje de la aeronave permaneciendo sobre la señal de eje de calle de rodaje.

Métodos para el cálculo de superficies de enlace

1.5.5 Algunos de los métodos para el cálculo de superficies de enlace son:

- a) simulación de los movimientos de la aeronave empleando una maqueta;
- b) cálculo de la superficie de enlace;
- c) empleo de gráficos establecidos que proporcionan satisfactoriamente una aproximación de la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje.

1.5.6 Estos métodos están destinados principalmente a determinar la trayectoria del centro del tren de aterrizaje. Cualquiera que sea el método que proyectar la superficie de enlace, es necesario, en primer término, establecer la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal¹. La distancia de separación dada por

¹ Véase "Terminología y símbolos" en el Apéndice 1.

La Tabla 1-1 debe considerarse como el mínimo recomendado. En efecto, a falta de datos estadísticos referentes a la diferencia de las trayectorias realmente seguidas por las aeronaves durante el rodaje, y la trayectoria teórica sin desplazamiento lateral debido a la deformación de los neumáticos, no es posible dar una indicación cuantitativa sobre el efecto de diversas variables aleatorias (lluvia, viento, estado del pavimento, desgaste de los neumáticos, posición del centro de gravedad de la aeronave, etc.), lo que podría causar el resbalamiento de las ruedas sobre el pavimento y alterar la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal.

1.5.7 Simulación con maquetas. Empleando una maqueta puede obtenerse la trayectoria de las ruedas principales exteriores de una aeronave durante un viraje. Para ello se mueve una maqueta a escala de la aeronave sobre un plano que reproduce las pistas y calles de rodaje. Es necesario emplear una escala razonablemente grande (por ejemplo 1/250) y la maqueta debe estar bien construida para impedir errores excesivos cuando se transfieran las trayectorias logradas a un tamaño mayor. Estas condiciones hacen que este método sea poco práctico.

1.5.8 Cálculo de la superficie de enlace. La superficie de enlace puede determinarse matemáticamente, pero el proceso es bastante complicado y el grado de precisión que se obtiene excede el requerido para los trabajos reales de construcción de las superficies de enlace. No obstante, este método puede tenerse en cuenta si se dispone de una computadora. En ese caso, se prepara un programa de cálculos para obtener una solución numérica de las ecuaciones relacionadas con la determinación de la trayectoria (véase 2.1 del Apéndice 1).

1.5.9 Empleo de gráficos. Como alternativa práctica del cálculo matemático, puede obtenerse con facilidad un resultado muy aproximado con el empleo de gráficos establecidos. Este método requiere un cálculo mínimo para una aplicación específica. Dependiendo de su forma, estos gráficos pueden emplearse para todos los tipos de aeronaves o adaptarse a un tipo en particular. En el Apéndice 1 se presenta información sobre este método.

1.5.10 Los mismos métodos pueden aplicarse también para el trazado y proyecto de plataformas con el debido margen para las distancias mínimas de separación especificadas entre las aeronaves que maniobran en la plataforma y otras aeronaves, edificios, etc., y para las distancias mínimas de separación necesarias para asegurar que el chorro de los motores de las aeronaves no creen un peligro a otras actividades e instalaciones en la plataforma o en su proximidad.

1.6 MARGENES Y FRANJAS DE LAS CALLES DE RODAJE

Generalidades

1.6.1 Un margen es una zona adyacente al borde de la superficie pavimentada preparada de tal forma que proporcione una transición entre el pavimento y la superficie adyacente. Los fines principales por los que se procura un margen de calle de rodaje es el prevenir que los motores de reacción sobresaliendo en voladizo más allá del borde de la pista absorban piedras u otros objetos que puedan producir daños al motor y el prevenir la erosión del área adyacente a la calle de rodaje. Una franja de calle de rodaje es una zona que incluye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de ésta.

1.6.2 La Tabla 1-1 indica las anchuras que deben tener los márgenes y franjas de calle de rodaje. Puede tenerse en cuenta que se considera como apropiado un margen de 10,5 m de anchura a los dos lados de la calle de rodaje, cuando la letra de clave de la pista más larga servida es E. El requisito relativo a la anchura del margen de la calle de rodaje está basado en la aeronave más crítica en servicio actualmente. Se considera que una anchura de 7,5 m a ambos lados es apropiada para una calle de rodaje cuando la letra de clave de la pista es D, suponiendo que la distancia entre los motores exteriores

de la aeronave crítica, que utiliza normalmente esa calle de rodaje, no sobrepase los 30 m.

1.6.3 La superficie del margen a continuación de la calle de rodaje debería estar nivelada con la superficie de la calle de rodaje, en tanto que la superficie de la franja debería estar nivelada con el borde de la calle de rodaje o el margen, si se proporciona. Para las letras de clave de pista C, D o E la parte nivelada de la franja de la calle de rodaje no debería elevarse con una inclinación mayor del 2,5% ni descender con una pendiente que exceda del 5%. Las pendientes para una letra de clave A o B son 3 y 5%, respectivamente. La pendiente ascendente se mide con referencia a la pendiente transversal de la superficie de la calle de rodaje adyacente, y la pendiente descendente con referencia a la horizontal. Además, no debería tolerarse la existencia de agujeros o zanjas dentro de la parte nivelada de la franja de la calle de rodaje.

1.6.4 No debería permitirse la existencia de obstáculos a los lados de las calles de rodaje, dentro de la distancia indicada en la Tabla 1-1 para la distancia mínima de separación de objetos fijos. Sin embargo, letreros y cualquier otro objeto que debido a sus funciones deban permanecer dentro de la franja de la calle de rodaje, a fin de satisfacer requisitos relativos a la navegación aérea, pueden continuar en la franja pero deberían estar contruidos y ubicados de tal forma que se reduzca al mínimo la posibilidad de que una aeronave choque con ellos. Estos objetos deberían estar situados de tal forma que no puedan ser alcanzados por las hélices, las góndolas de los motores y las alas de las aeronaves que utilicen la calle de rodaje. Como regla, deberían estar ubicados de tal forma que ninguna parte de los mismos esté más alta de 0,30 m sobre el nivel del borde de la calle de rodaje, dentro de la franja de la calle de rodaje.

Tratamiento

1.6.5 Los márgenes laterales y las partes niveladas de las franjas de las calles de rodaje procuran una zona libre de obstáculos con el fin de reducir al mínimo la posibilidad de que sufran daños las aeronaves que utilicen estas áreas casualmente o en una emergencia. Por lo tanto, estas áreas deberían estar preparadas o construidas de tal forma que se reduzca el peligro de que una aeronave que se salga de la calle de rodaje sufra daños, y ser capaces de soportar el paso de los vehículos del servicio de salvamento y de extinción de incendios y de otros vehículos terrestres, según convenga, sobre toda su superficie. Cuando se tiene la intención de que una calle de rodaje sea utilizada por aeronaves equipadas con motores de turbina, los motores de reacción pueden sobresalir en voladizo más allá del borde de la calle de rodaje, cuando la aeronave efectúa el rodaje y puede ocurrir entonces que ingieran piedras u objetos extraños que se encuentren en los márgenes laterales. Además, el chorro procedente de los motores puede chocar con la superficie adyacente a la calle de rodaje y disgregar y lanzar el material de aquélla, con el consiguiente peligro para el personal, las aeronaves y las instalaciones. Por lo tanto, tienen que tomarse ciertas precauciones para disminuir estas posibilidades. El tipo de superficie de los márgenes laterales de la calle de rodaje dependerá de las condiciones locales y tendrá en cuenta los métodos y costes de mantenimiento. En tanto que una superficie natural (por ejemplo, césped) puede ser suficiente en ciertos casos, en otros, puede que se necesite una superficie artificial. En todo caso, el tipo de superficie seleccionada debería ser de tal clase que se evite el aventamiento de materias sueltas, así como de polvo.

1.6.6 En la mayoría de las condiciones de rodaje, las velocidades de salida de chorro de gases no son críticas, excepto en las intersecciones, en las que el empuje se acerca a las necesarias para el arranque. Con los actuales criterios de calles de rodaje de 23 m de anchura, los motores más alejados del fuselaje de los reactores mayores sobresalen del borde del pavimento. Por esta razón, se recomienda el tratamiento de los márgenes laterales de las calles de rodaje, con el fin de prevenir su erosión y para evitar la entrada de materias extrañas en los motores de reacción, o el lanzamiento de tales materias hacia los motores de las aeronaves siguientes. En el texto que sigue se presenta información concisa acerca de los métodos de protección de las superficies marginales sujetas a

erosión por el chorro de gases procedente de los motores de reacción, y las áreas que deben mantenerse limpias de materias sueltas para prevenir la succión de éstas por los motores de turbina que pasen por encima. En 18 a 21 del Apéndice 2 se da información suplementaria.

1.6.7 - En los estudios del chorro de gases de los motores y sus efectos se ha incluido el establecimiento de sus características en cuanto a su forma y velocidad, en relación con el tipo de motor, la masa y configuración de la aeronave, las variaciones del empuje y el efecto del viento cruzado. Se ha hallado que los efectos del calor en relación con el chorro de gases son despreciables, pues la temperatura se disipa más rápidamente con la distancia que con la velocidad. Además, el personal, el equipo y las estructuras no ocupan normalmente las zonas donde se generan los límites superiores del calor durante las operaciones de aeronaves de reacción. Los estudios realizados indican que los objetos situados en la trayectoria del chorro de gases reciben el efecto de varias fuerzas, incluyendo la presión dinámica relacionada con el impacto de los gases al golpear éstos su superficie, la resistencia que se origina cuando los gases viscosos se mueven y sobrepasan un objeto, y las fuerzas ascensionales causadas por diferencia de presiones o por turbulencia.

1.6.8 - Los terrenos más susceptibles de erosión por el chorro de gases son los suelos finos sin cohesión. Los suelos cohesivos, cuando están sueltos, son también susceptibles de sufrir erosión por el chorro de gases. Para este último tipo de suelos normalmente será satisfactoria la protección que resulta adecuada contra las fuerzas naturales de erosión del viento y la lluvia. La protección debe ser un tipo que se adhiera a la superficie de arcilla, de forma que no la levante el chorro de gases. Son posibles soluciones para la protección de la superficie de un terreno cohesivo, el tratamiento con aceites o un tratamiento químico. La cohesión necesaria para proteger una superficie contra la erosión del chorro de gases es pequeña; normalmente, un índice de plasticidad (P.I.) de 2 o más será suficiente. Sin embargo, si esta área la utilizan periódicamente los vehículos terrestres con su equipo, será necesario un índice de plasticidad más elevado, siendo adecuado en estas condiciones un valor de 6 o más. Debería existir un buen drenaje superficial en estas áreas sin el equipo se mueve sobre ellas, ya que este tipo de superficie se ablandará cuando existan charcos. Se consideran suelos sin cohesión los que poseen las propiedades cohesivas definidas anteriormente. Debe dedicarse especial atención a los suelos cohesivos de gran plasticidad que experimenten más de un 5% de retracción. En estos suelos es muy importante que exista un buen drenaje, pues se vuelven extremadamente blandos cuando están húmedos; cuando están secos, estos suelos se agrietan y están sujetos a mayores fuerzas ascensionales.

1.6.9, Cálculo del espesor de los márgenes y de las superficies protectoras contra el chorro. El espesor de los márgenes de las pistas, de los márgenes de las calles de rodaje y de las superficies protectoras contra el chorro debería permitir el paso casual de la aeronave crítica utilizada para el cálculo del pavimento de la pista, y la carga crítica de eje de rueda del vehículo de emergencia o mantenimiento que pueda pasar sobre la zona. Además, deberían aplicarse los siguientes criterios:

- a) el espesor mínimo necesario calculado para los márgenes y las superficies protectoras para permitir el paso de la aeronave crítica, puede considerarse que es igual a la mitad del espesor total requerido para la zona pavimentada adyacente;
- b) debería considerarse la carga crítica del eje de rueda del vehículo de emergencia o mantenimiento más pesado para la determinación del espesor del pavimento. Si el espesor es mayor que el obtenido basándose en a) anterior, entonces este espesor calculado debería utilizarse para los márgenes y las superficies protectoras;
- c) el espesor de superficie mínimo recomendado, para aeronaves como las Boeing 707, DC-8, DC-10, L-1011 o más pequeñas, en el caso de hormigón bituminoso sobre una base de grava, es de 5 cm en los márgenes y de 7,5 cm

en las superficies protectoras. Para ser utilizadas por aeronaves tales como las Boeing 747 y L-500, se recomienda un aumento de 2,5 cm en este espesor;

- d) se recomienda utilizar bases estabilizadas en los márgenes y en las superficies protectoras. El mínimo recomendado es de 5 cm de superficie de hormigón bituminoso sobre una base bituminosa estabilizada;
- e) si conviene utilizar hormigón de cemento Portland y una base secundaria granular para los márgenes y las superficies protectoras, debería emplearse un espesor mínimo de 15 cm;
- f) deberían utilizarse los mismos criterios sobre compactación y construcción para los terrenos de fundación explanada y recorridos pavimentados en los márgenes y en las superficies protectoras que en las zonas con el pavimento de resistencia completa. Se recomienda que se establezca un desnivel de aproximadamente 2,5 cm en el borde del pavimento de resistencia completa, márgenes y superficies protectoras, para proporcionar una línea definitiva de demarcación.

1.7 PLANIFICACION PARA TENER EN CUENTA LA FUTURA EVOLUCION EN MATERIA DE AERONAVES

Generalidades

1.7.1 El Anexo 14 define las especificaciones de aeródromo mínimas para las aeronaves que tienen las mismas características que las que están actualmente en servicio o para las aeronaves similares que se proyecta poner en servicio. Por lo tanto, las especificaciones actuales están destinadas a satisfacer las exigencias de aviones cuyo tamaño no rebasa el del Boeing 747. En consecuencia, en el Anexo no se prevé ninguna precaución suplementaria que pudiera considerarse apropiada para las aeronaves más exigentes. Corresponde a las autoridades competentes evaluar y tener en cuenta, en la medida necesaria, estos aspectos en el caso de cada aeródromo.

1.7.2 La información contenida en el siguiente párrafo puede ayudar a las citadas autoridades y a los planificadores de aeropuertos a que estén enterados de la manera en que algunas de las especificaciones pueden variar con la puesta en servicio de aeronaves de mayor tamaño. A este respecto cabe observar que es probable que sea aceptable algún incremento en el tamaño máximo de las aeronaves actuales, sin tener que efectuar modificaciones importantes en los aeródromos. Sin embargo, el límite superior del tamaño de las aeronaves que se examina a continuación queda, según toda probabilidad, al margen de esta consideración a no ser que se modifiquen los procedimientos de aeródromo, con la consiguiente disminución de la capacidad de éste.

Tendencias de las aeronaves futuras

1.7.3 Las tendencias de los proyectos de las aeronaves futuras pueden obtenerse de diversas fuentes. Una de estas fuentes son los fabricantes de aeronaves y otra es la Aerospace Industries Association of America. Esta Asociación, en su edición de enero de 1979 sobre Características, tendencias y proyecciones de crecimiento de las aeronaves de transporte CTOL, ofrece los siguientes pronósticos para el período que se extiende hasta 1995:

Envergadura	hasta 84 m
Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal	hasta 20 m
Longitud total	hasta 84 m
Altura del empenaje	hasta 23 m
Masa máxima total	hasta 567 000 kg

Datos de aeródromo

1.7.4 Si se utilizan los principios básicos para la aplicación de determinadas especificaciones relacionadas con la clave de referencia de aeródromo, es posible que las aeronaves de las dimensiones que se indican en el párrafo anterior pudieran tener, en el sistema de calles de rodaje, los efectos que se describen a continuación.

Anchura de calle de rodaje

1.7.5 Se prevé que las características de rodaje de las aeronaves futuras de gran tamaño sean similares a las características de las aeronaves de mayores dimensiones actualmente en servicio existentes al considerar el tramo recto de la calle de rodaje. La anchura de la calle de rodaje, W_T , para estas aeronaves está representada por la relación:

$$W_T = T_M + 2C$$

donde T_M = anchura exterior de ruedas del tren de aterrizaje principal

y C = margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal y el borde de calle de rodaje.
(desviación lateral máxima permisible)

La configuración geométrica correspondiente se muestra en la Figura 1-8.

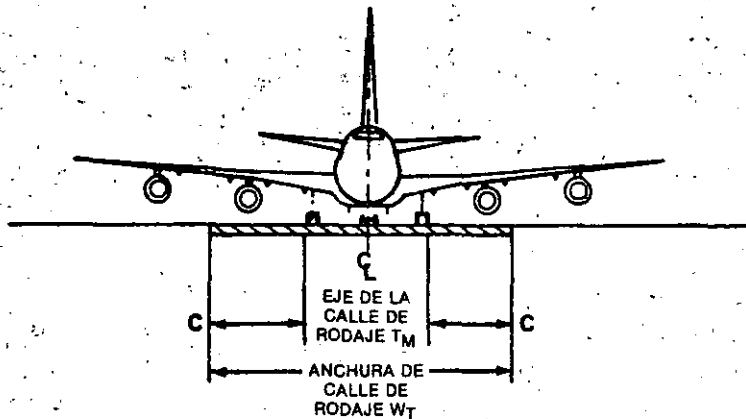


Figura 1-8. Configuración geométrica de la anchura de una calle de rodaje

1.7.6 A efectos de planificación, adoptando la hipótesis de un aumento previsto de la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal de 20 m, así como un margen entre la rueda y el borde de la pista de 5 m, la anchura de la calle de rodaje es de 30 m.

Separación entre calles de rodaje paralelas

1.7.7 La separación entre calles de rodaje paralelas, una de las cuales puede ser una calle de rodaje en la plataforma, se basa en el principio que consiste en proporcionar un margen de separación adecuado entre los extremos de las alas cuando dos aeronaves se han desviado, una hacia la otra, lateralmente, hasta el borde de la calle de rodaje. Esto permite expresar la distancia de separación, S , como sigue:

$$WS = 2C + Z$$

donde WS = envergadura

C = margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal y el borde de calle de rodaje (desviación lateral máxima permisible)

y Z = margen de separación entre extremos de ala

La configuración geométrica de esta relación se muestra en la Figura 1-9.

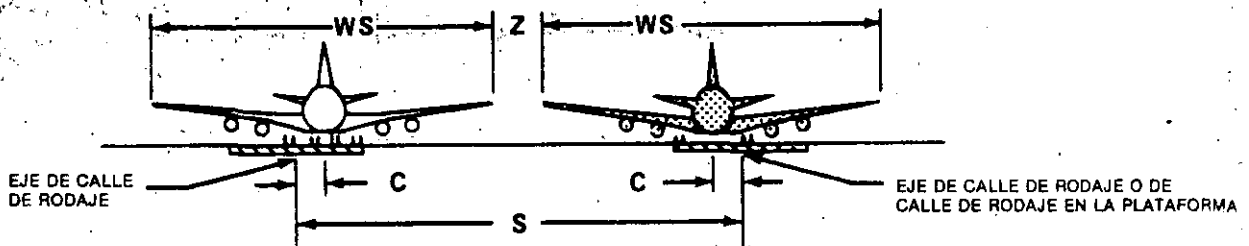


Figura 1-9. Configuración geométrica de la separación entre calles de rodaje paralelas

1.7.8 La distancia de separación entre calles de rodaje paralelas y entre una calle de rodaje y una calle de rodaje en la plataforma paralela, se consideran como equivalentes ya que se admite que la velocidad de rodaje de la aeronave en los dos casos es idéntica. La distancia de separación, para fines de planificación, que resulta de la envergadura de 84 m de las aeronaves futuras, con una desviación lateral, C, de 5 m y de un margen de separación entre extremos de ala de 11 m, es de 105 m.

Distancia de separación entre una calle de rodaje y un objeto

1.7.9 Las velocidades de rodaje en una calle de rodaje y en una calle de rodaje en la plataforma, se supone que son las mismas. Por lo tanto, la distancia de separación con respecto a un objeto se supone que son iguales en los dos casos. Se ha formulado un criterio con arreglo al cual la distancia de separación entre la calle de rodaje y un objeto se basa en un margen de separación entre el extremo de ala de la aeronave y el objeto cuando la aeronave se ha desviado del eje de la calle de rodaje. Esta relación entre la calle de rodaje y el objeto, S, es la siguiente:

$$S = \frac{WS}{2} + C + Z$$

donde WS = envergadura

C = margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal y el borde de calle de rodaje (desviación lateral máxima permisible)

Z = margen de separación entre el extremo del ala y un objeto

Esta configuración geométrica se muestra en la Figura 1-10.

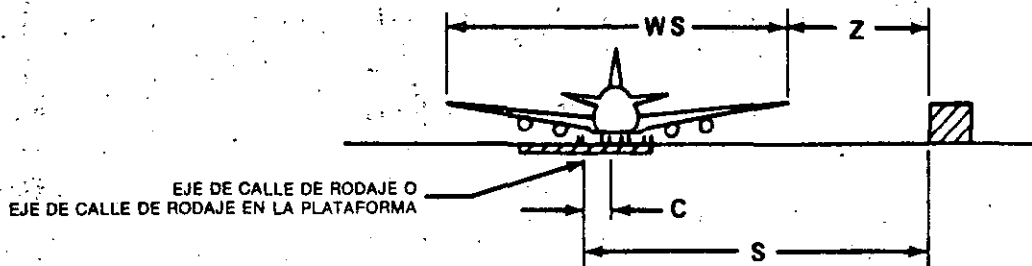


Figura 1-10. Configuración geométrica de la distancia de separación entre una calle de rodaje o una calle de rodaje en la plataforma y un objeto

1.7.10 La aplicación de la anterior relación se traduce en una distancia entre el eje de una calle de rodaje o el eje de una calle de rodaje en la plataforma y un objeto de 64 m cuando se utiliza una desviación de 5 m y un margen de separación de extremo de ala de 17 m. La envergadura de ala adoptada como hipótesis era 84 m.

Distancia de separación entre una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto

1.7.11 La velocidad de rodaje más baja de una aeronave en una calle de acceso al puesto de estacionamiento permite considerar una desviación lateral menor que en el caso de otras calles de rodaje. La configuración geométrica de la Figura 1-11 ilustra la relación entre el margen de separación de una aeronave y un objeto en una calle de acceso al puesto de estacionamiento. En consecuencia, la distancia de separación, S, es:

$$S = \frac{WS}{2} + d + z$$

donde WS = envergadura de ala

d = desviación lateral

y Z = margen de separación entre el extremo de ala y un objeto

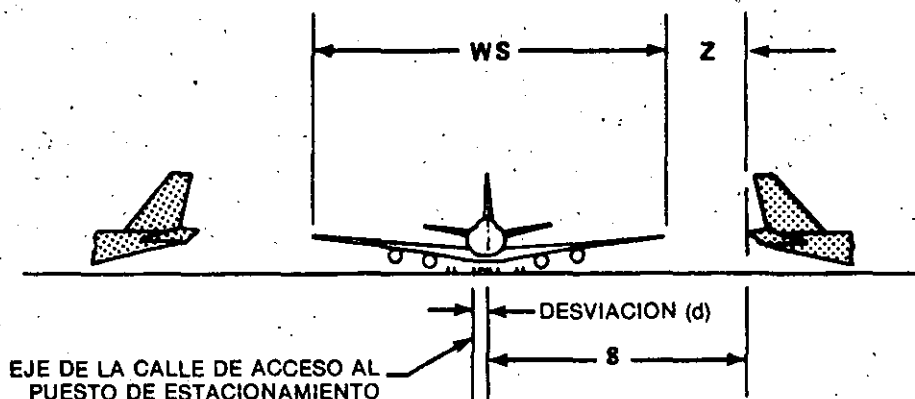


Figura 1-11. Configuración geométrica de la separación entre una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto

1.7.12 A los efectos de planificación, la aplicación de la fórmula anterior, en el caso de una aeronave futura de grandes dimensiones que efectúa el rodaje en una calle de acceso al puesto de estacionamiento, se traduce en una distancia de separación respecto a un objeto de 56,5 m. Este valor está basado en una envergadura de 84 m, una desviación de 3,5 m y un margen de separación de extremo de ala de 11 m.

Distancia de separación entre una pista y una calle de rodaje paralela

1.7.13 La distancia de separación entre una pista y una calle de rodaje paralela se basa actualmente en la premisa de que el ala de la aeronave que se encuentra rodando sobre el eje de la calle de rodaje no debe penetrar dentro de la zona de franja de pista. Dicha distancia, S, se representa, entonces, por la relación siguiente:

$$S = \frac{1}{2} (SW + WS)$$

donde SW = anchura de la franja
y WS = envergadura

Esta configuración geométrica se ilustra en la Figura 1-12.

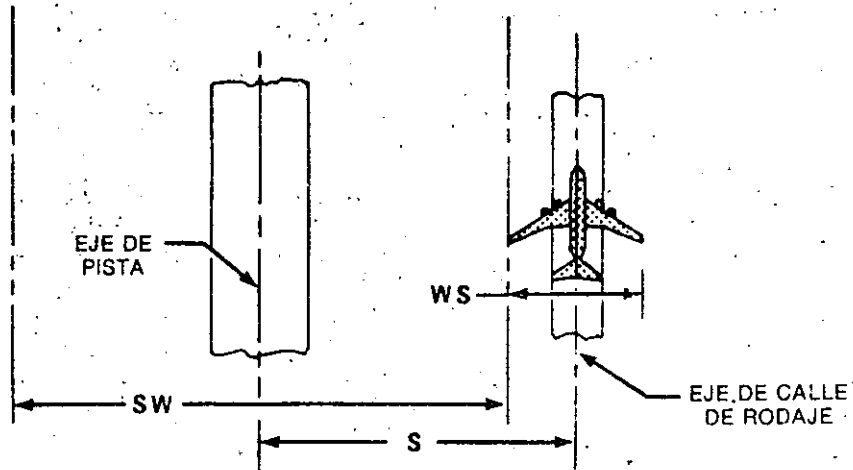


Figura 1-12. Configuración geométrica de la separación entre una pista y una calle de rodaje paralela

1.7.14 La distancia de separación, para fines de planificación, en el caso de la mayor aeronave prevista en los datos sobre tendencias futuras, es de 192 m. Dicho valor se basa en la hipótesis de que esta aeronave que presenta una envergadura de 84 m, puede operar con toda seguridad en la actual franja de 300 m de anchura prescrita para una pista destinada a las aproximaciones de precisión.

Consideraciones adicionales

1.7.15 Además de la orientación que figura en los párrafos anteriores, es posible que sea también necesario enmendar otras especificaciones para satisfacer las necesidades de futuras aeronaves de grandes dimensiones. Por ejemplo, tal vez sea necesario ensanchar los márgenes de pista y de calles de rodaje debido a una mayor distancia entre motores, y la anchura de la franja de calle de rodaje se verá afectada por las mayores envergaduras.

CAPITULO 2.- APARTADEROS DE ESPERA Y OTRAS CALLES DE DESVIACION

2.1. NECESIDAD DE APARTADEROS DE ESPERA Y DE OTRAS CALLES DE DESVIACION

2.1.1 Los procedimientos para los servicios de navegación aérea - Reglamento del Aire y Servicio de tránsito aéreo - (Doc 4444-RAC/501/10 - Parte V - Servicio de control de aeródromo) estipula que "Las salidas se despacharán, normalmente, en el orden en que las aeronaves estén listas para el despegue, pero puede seguirse un orden distinto para facilitar el mayor número de salidas con la mínima demora media". En los aeródromos en que sea reducida la actividad (menos de 50 000 operaciones anuales aproximadamente), normalmente es escasa la necesidad de alterar el orden de las salidas. Sin embargo, cuando sea elevada la actividad, los aeródromos con calles de rodajes simples y sin apartaderos de espera ni otras calles de desviación, no se proporciona a las dependencias de control de aeródromo oportunidad de modificar el orden de salidas una vez que las aeronaves de que se trate han abandonado la plataforma. En particular, en aeródromos con grandes zonas de plataformas suele ser difícil frecuentemente conseguir que las aeronaves abandonen la plataforma de tal forma que lleguen al final de la pista en la secuencia requerida por las dependencias del servicio de tránsito aéreo.

2.1.2 La provisión de un número adecuado de espacios de apartaderos de espera o de otras calles de desviación, basada en un análisis de las exigencias horarias presentes y a corto plazo en cuanto a salidas de aeronaves, concederá un elevado grado de flexibilidad en la creación de la secuencia de salida. Esto proporciona a las dependencias del servicio de tránsito aéreo una gran flexibilidad en el ajuste de las secuencias de despegue a fin de evitar retrasos indebidos y, por lo tanto, aumenta la capacidad de un aeródromo. Además, los apartaderos de espera u otras calles de desviación permiten:

- a) demorar la salida de ciertas aeronaves debido a circunstancias imprevistas sin imponer retrasos a las aeronaves que las siguen (agregado de último momento a la carga de pago o sustitución de equipo defectuoso;
- b) que las aeronaves realicen verificaciones de altímetro antes del vuelo, el ajuste y programación de los sistemas de a bordo para la navegación por inercia, cuando esto no es posible en las plataformas;
- c) efectuar pruebas de los motores en los casos de aeronaves de motor de émbolo o utilizarlos como punto de verificación del VOR en aeródromo.

2.2 TIPOS DE CALLES DE DESVIACION

2.2.1 En general, las características de las calles de rodaje que permiten que una aeronave adelante a otra aeronave que la precede, pueden dividirse en tres tipos:

- a) apartaderos de espera - área definida en la que puede detenerse una aeronave, para esperar o dejar paso a otras. La Figura 2-1 muestra algunos ejemplos de configuraciones de apartaderos de espera y la Figura 2-2 muestra un ejemplo detallado de apartadero de espera, situado en el punto de espera;
- b) calles de rodaje dobles - una segunda calle de rodaje o calle de desviación que permite evitar la calle de rodaje paralela normal. La Figura 2-3 muestra algunos ejemplos; y
- c) entrada doble de pista - una duplicación de la entrada a la calle de rodaje. La Figura 2-4 presenta algunos ejemplos.

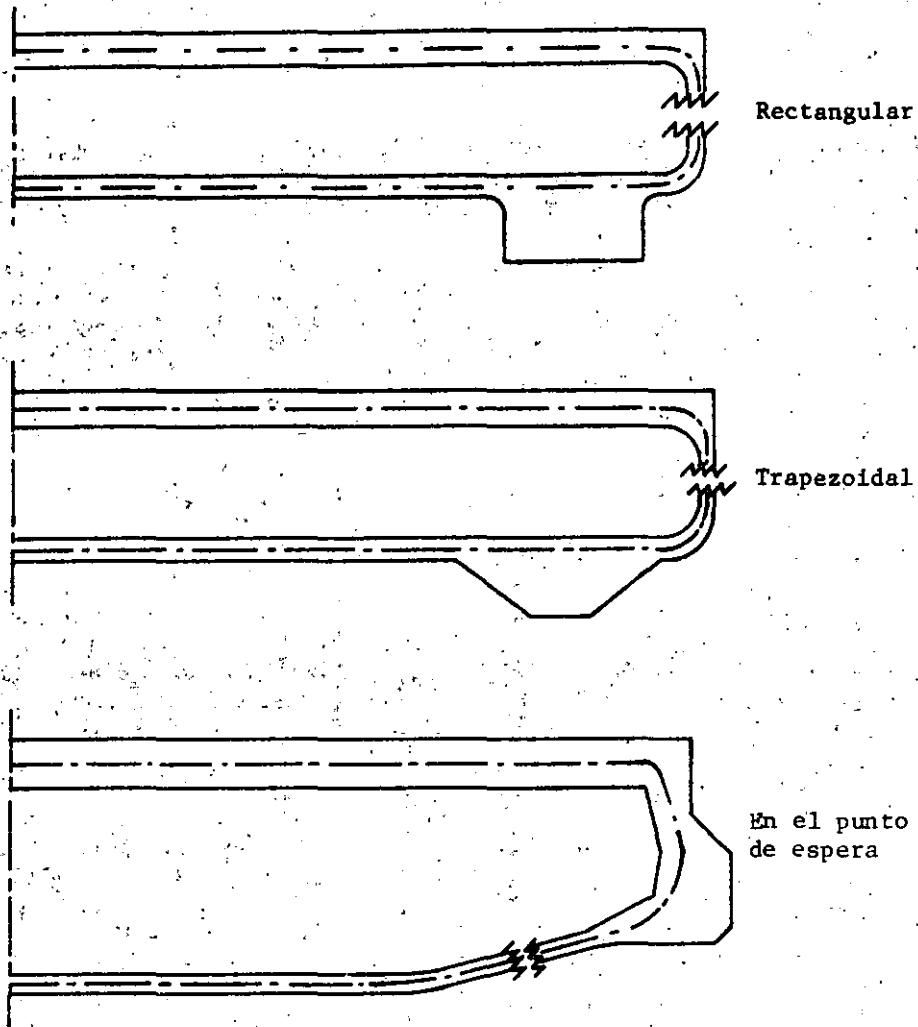


Figura 2-1. Ejemplos de configuraciones de apartaderos de espera

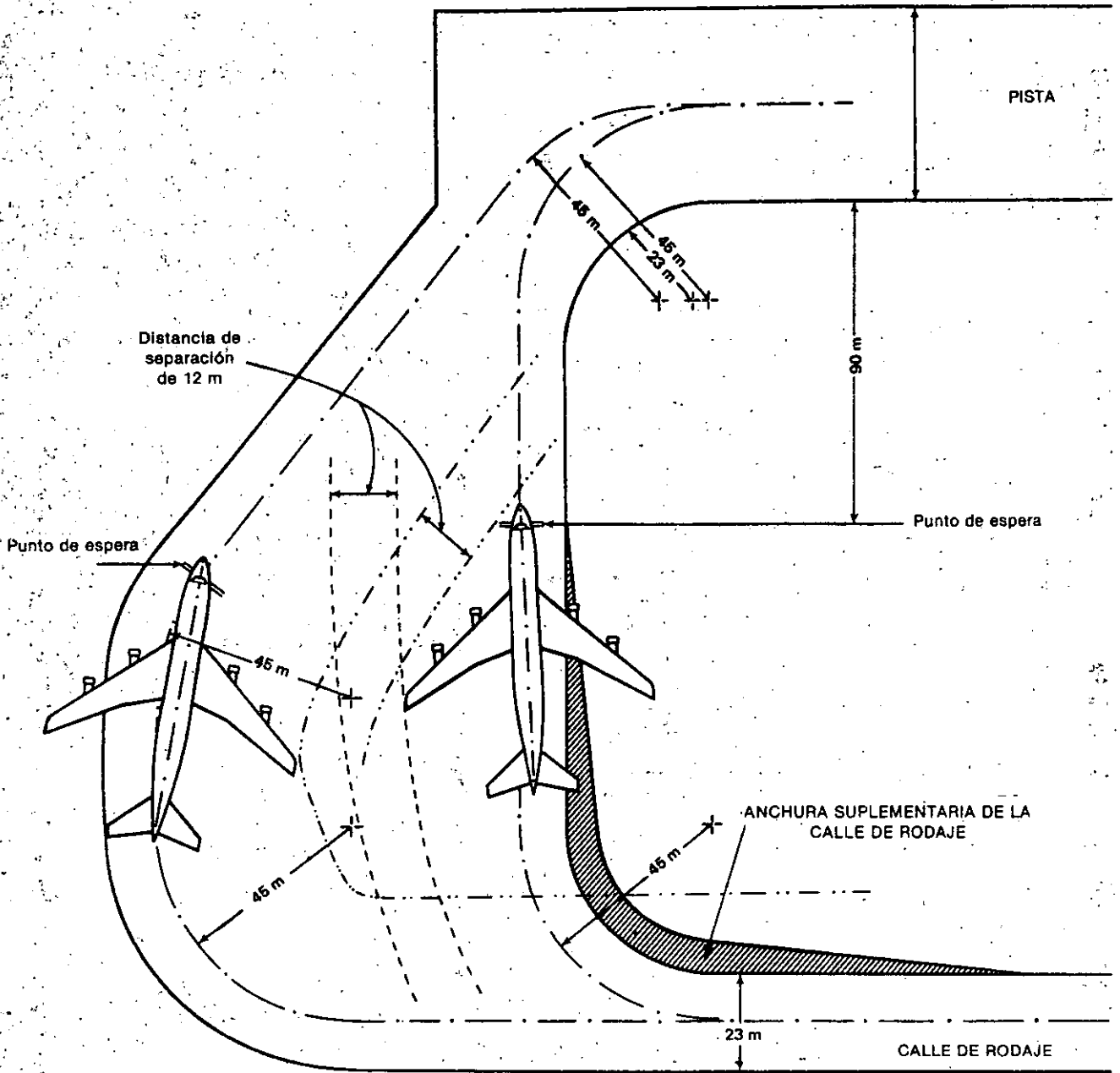
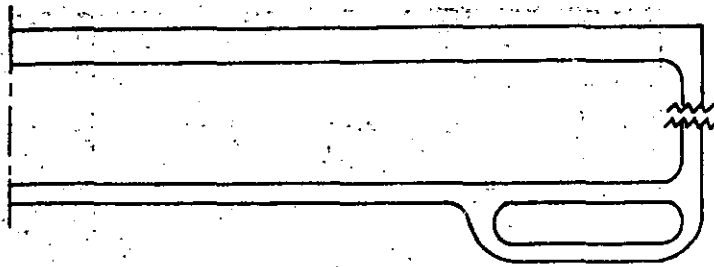
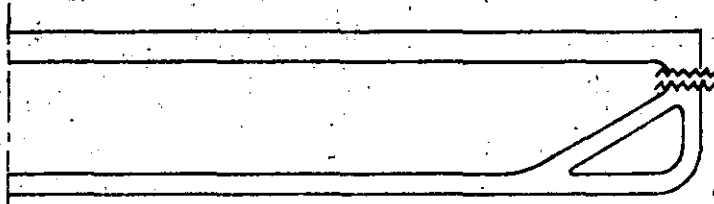


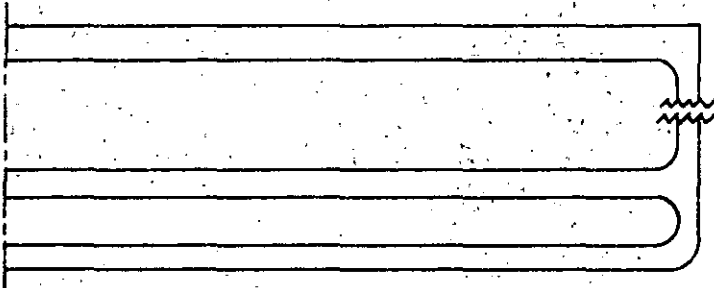
Figura 2-2. Ejemplo detallado de apartaderos de espera



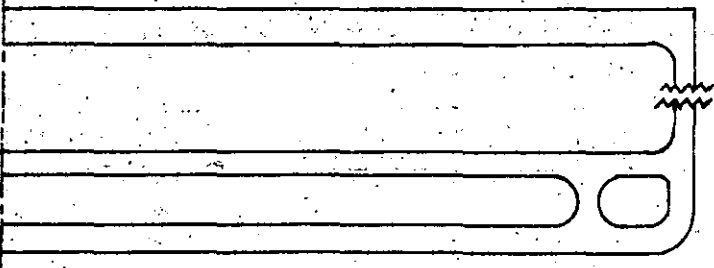
Calle de desviación paralela



Calle de desviación oblicua



Calle doble de entrada



Calle doble de entrada con desviación

Figura 2-3. Ejemplos de calles de rodaje dobles

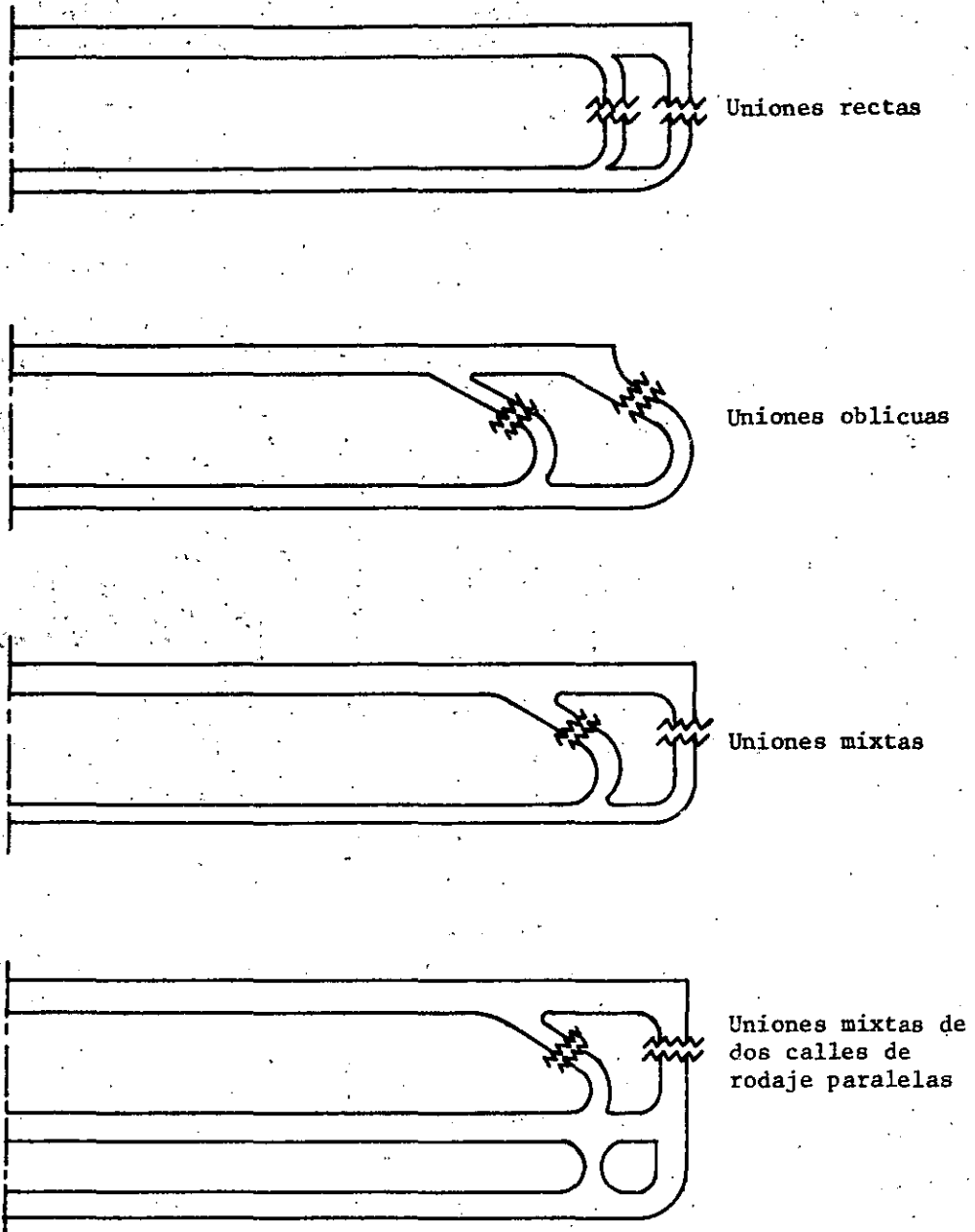


Figura 2-4. Ejemplos de entradas dobles a la pista

2.2.2 Si se hace uso de un apartadero de espera, las aeronaves pueden despegar, basándose en sus prioridades para el despegue, en cualquier orden. La disponibilidad de un apartadero de espera permite que la aeronave salga y vuelva a entrar independientemente en la corriente del tránsito de salida. En la Figura 2-2 se muestra un ejemplo detallado de la superficie de pavimento para un apartadero de espera, situado en el punto de espera. Este trazado corresponde a una pista de aproximación de precisión en que el número de clave es 3 ó 4, e incluye un margen de separación de 12 m entre los extremos de las alas. El diseño de apartaderos de espera para otros tipos de pistas o emplazamientos a lo largo de la calle de rodaje se regirá por los requisitos relativos a dimensiones proporcionales.

2.2.3 Las calles de rodaje o calles de desviación sólo pueden alcanzar una prioridad de salida relativa dividiendo la corriente del tránsito de salida en dos partes. Las calles de desviación pueden construirse a un coste relativamente bajo, pero sólo ofrecen escasa flexibilidad para alterar el orden de salida. Una calle de rodaje doble de longitud completa es la variante más cara y sólo puede justificarse en aeródromos de mucha actividad, donde es clara la necesidad del movimiento bidireccional del tránsito paralelo a la pista. Esta necesidad surge cuando el terreno a lo largo de la calle de rodaje se destina a la construcción de plataformas de la terminal de pasajeros o a otras funciones que originan movimientos de aeronaves en el sentido opuesto a la corriente de salida.

2.2.4 La entrada doble a pista reduce el recorrido de despegue disponible para las aeronaves que utilicen la entrada que no está situada en el extremo de la pista. Esto no constituiría un inconveniente importante, si esta entrada pudiera ser utilizada por las aeronaves para las que es adecuado el restante recorrido de despegue disponible. Una entrada doble a pista hace que sea posible también adelantar a una aeronave demorada en otra calle de entrada o incluso en el extremo de la pista. La utilización de entradas dobles combinadas con calles de rodajes dobles ofrecerán también un grado de flexibilidad equiparable al obtenido con un apartadero de espera bien proyectado. Las entradas oblicuas permiten la entrada a cierta velocidad, pero hace que sea más difícil para la tripulación ver a las aeronaves que se aproximan para aterrizar y, debido a la superficie pavimentada de mayor dimensión que se necesita, resultan más costosas. Si bien grupos interesados en las operaciones y en el control del tránsito han abogado por trazados de entradas de pista que permitan la aceleración mientras se efectúa el viraje a la pista, será preciso llevar a cabo nuevos estudios, simulaciones y experimentos antes de recomendar un determinado trazado de este tipo.

2.2.5 Respecto a un aeródromo dado, la mejor opción entre estos métodos depende de la configuración geométrica del sistema existente de pista/calles de rodaje y de la naturaleza de las exigencias de las aeronaves. La experiencia pone de manifiesto que con consideraciones de carácter técnico local y económicas a menudo son decisivas cuando se trata de elegir entre los tres tipos (o combinaciones de tipos). Estos tres tipos pueden también utilizarse en diversas combinaciones para optimizar los movimientos eficientes de las aeronaves en las superficies hasta el umbral.

2.3 REQUISITOS Y CARACTERISTICAS COMUNES DE TRAZADO

2.3.1 Independientemente del tipo de calles de desviación utilizado, debe mantenerse la separación mínima de eje a eje entre calles de rodaje y pistas, según se precise para el tipo de pista servida (véase la Tabla 1-1).

2.3.2 El coste de construcción de cualquier calle de desviación está directamente relacionado con la superficie de nuevo pavimento necesario. Además, pueden originarse costes indirectos resultantes de las interrupciones del tránsito aéreo durante el período de construcción.

2.3.3 El trazado elegido debería suministrar siempre, por lo menos una entrada al comienzo de la pista utilizada para el despegue, de manera que aquellas aeronaves que necesitan todo el recorrido de despegue disponible puedan entrar fácilmente en posición para el despegue sin perder parte de la longitud de la pista.

2.3.4 El torbellino de la hélice y el chorro de gases de los reactores de las aeronaves efectuando la espera, deberían dirigirse lejos de otras aeronaves y de la pista. La preparación y mantenimiento de los márgenes deberían efectuarse según se describe para los márgenes de la calle de rodaje (véase 1.6.5 a 1.6.9).

2.4 DIMENSIONES Y EMPLAZAMIENTO DE LOS APARTADEROS DE ESPERA

2.4.1 El espacio necesario para un apartadero de espera depende de la cantidad de puestos de aeronave que se han de proporcionar, del tamaño de las aeronaves a ubicar y de la frecuencia de su utilización. Las dimensiones deben permitir suficiente espacio entre las aeronaves para permitirles la maniobra independiente. La información facilitada en el Capítulo 3 sobre las dimensiones de los puestos de estacionamiento, también se aplica a los apartaderos de espera. En general, la distancia mínima de separación entre los extremos de las alas de una aeronave estacionada y otra que se desplace a lo largo de la calle de rodaje no debería ser inferior a la que se indica en la tabla siguiente:

Letra de clave	Distancia de separación entre extremos de las alas
A	4,5 m
B	5,25 m
C	7,5
D o E	12 m

2.4.2 Cuando se utilice de manera que permita una secuencia de salida flexible, la ubicación más ventajosa para un apartadero de espera es un punto que se encuentre adyacente a la calle de rodaje que sirva al extremo de la pista. Son satisfactorios otros emplazamientos a lo largo de la calle de rodaje para las aeronaves que efectúen verificaciones previas al vuelo o de los motores, o bien como punto de espera para aeronaves que aguardan el permiso de salida. A continuación, se indican los criterios relativos a la ubicación de apartaderos de espera en relación con la pista.

2.4.3 La distancia entre un apartadero de espera y el eje de una pista estará de acuerdo con la Tabla 2-1 y, en el caso de una pista para aproximación de precisión, será suficiente para que una aeronave en espera no perturbe el funcionamiento de las radioayudas.

2.4.4 A elevaciones superiores a 700 m (2 300 pies) la distancia que se especifica en la Tabla 2-1 para una pista de aproximación de precisión de número de clave 4, debería aumentarse del modo que se indica a continuación:

- hasta una elevación de 2 000 m (6 600 pies); 1 m por cada 100 m (330 pies) en exceso de 700 m (2 300 pies);
- una elevación en exceso de 2 000 m (6 600 pies) y hasta 4 000 m (13 320 pies); 13 m más 1,5 m por cada 100 m (330 pies) en exceso de 2 000 m (6 600 pies);
- una elevación en exceso de 4 000 m (13 320 pies) y hasta 5 000 m (16 650 pies); 43 m más 2 m por cada 100 m (330 pies) en exceso de 4 000 m (13 320 pies).

2.4.5 Si la elevación de un apartadero de espera para pistas de aproximación de precisión de número de clave 4 es superior a la del umbral de la pista, la distancia de 90 m que se indica en la Tabla 2-1 debería aumentarse otros 5 m por cada metro de diferencia de elevación entre el apartadero y el umbral.

Tabla 2-1. Distancias mínimas entre el eje de la pista y un apartadero de espera

Tipo de operación a que está destinada la pista	Número de clave			
	1	2	3	4
Aproximación visual	30 m	40 m	75 m	75 m
Aproximación que no es precisión	40 m	40 m	75 m	75 m
Aproximación de precisión de Categoría I	60 m ^b	60 m ^b	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}
Aproximación de precisión de Categorías II o III	-----	-----	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}

a. Si la elevación del apartadero de espera es inferior a la del umbral de la pista, la distancia puede disminuirse 5 m por cada metro de diferencia entre el apartadero y el umbral, a condición de no penetrar la superficie de transición interna.

b. Esta distancia quizás tenga que incrementarse para evitar interferencias con las radioayudas; en pistas de aproximaciones de precisión de Categoría III, el incremento puede ser del orden de 50 m.

2.4.6 La distancia de 90 m para el número de clave 3 ó 4 se basa en una aeronave con un empenaje de 20 m de altura, una distancia entre la proa y la parte más alta del empenaje de 52,7 m y una altura de proa de 10 m; en espera a un ángulo de 45° o más con respecto al eje de la pista, hallándose fuera de la zona despejada de obstáculos y sin tenerla en cuenta para el cálculo de la altitud/altura de franqueamiento de obstáculos.

2.4.7 La distancia de 60 m para el número de clave 1 ó 2 se basa en una aeronave con un empenaje de 8 m de altura, una distancia entre la proa y la parte más alta del empenaje de 24,6 m y una altura de la proa de 5,2 m, en espera a un ángulo de 45° o más con respecto al eje de la pista, hallándose fuera de la zona despejada de obstáculos.

2.5 SEÑALAMIENTO E ILUMINACION DE LOS APARTADEROS DE ESPERA

2.5.1 Es conveniente proporcionar líneas de guía pintadas a fin de facilitar la maniobra precisa de las aeronaves en los apartaderos de espera. Esto evitará también que las aeronaves estacionadas interfieran el paso de las otras aeronaves que se desplazan a lo largo de la calle de rodaje adyacente. Una línea de trazo continuo a seguir por el puesto de pilotaje de la aeronave, parece constituir un método conveniente. Un apartadero de espera destinado a ser utilizado durante la noche debería estar provisto de iluminación de borde de calle de rodaje. La ubicación y características de las luces deberían estar de acuerdo con las especificaciones del Anexo 14, Capítulo 5, para la iluminación de las calles de rodaje.

CAPITULO 3.- PLATAFORMAS

3.1 INFORMACION GENERAL

3.1.1 Por plataforma se entiende un área definida destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. La plataforma suele estar pavimentada pero, en ocasiones, puede no estarlo; por ejemplo, en algunos casos, una plataforma provista de césped puede ser adecuada para aeronaves pequeñas.

Tipos de plataformas

3.1.2 Plataforma terminal. La plataforma terminal es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situada junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros o fácilmente accesible. Desde este área los pasajeros que salen de la terminal embarcan en la aeronave. Además de facilitar el movimiento de pasajeros, la plataforma terminal se utiliza para el aprovisionamiento de combustible y mantenimiento de aeronaves, así como para el embarque y desembarque de carga, correo y equipaje. Cada uno de estos lugares de estacionamiento de aeronaves en la plataforma terminal se les denomina puestos de estacionamiento de aeronaves.

3.1.3 Plataforma de carga. Para las aeronaves que sólo transportan carga y correo puede establecerse una plataforma de carga separada junto al edificio terminal de carga. Es conveniente la separación de las aeronaves de carga y de pasajeros debido a los distintos tipos de instalaciones que cada una de ellas necesita en la plataforma y en la terminal.

3.1.4 Plataforma de estacionamiento. En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de estacionamiento por separado, además de la plataforma de la terminal, donde las aeronaves puedan permanecer estacionadas durante largos períodos. Estas plataformas pueden utilizarse durante la parada-estancia de la tripulación o mientras se efectúa el servicio y mantenimiento periódico menor de aeronaves que se encuentran temporalmente fuera de servicio. Aunque las plataformas de estacionamiento se encuentran alejadas de las plataformas de la terminal, aquéllas deberían ubicarse lo más cerca posible de éstas.

3.1.5 Plataformas de servicio y de hangares. Una plataforma de servicio es un área descubierta adyacente a un hangar de reparaciones en el que puede efectuarse el mantenimiento de aeronaves, mientras que una plataforma de hangar es un área desde la cual la aeronave sale y entra de un hangar de aparcamiento.

3.1.6 Plataformas para la aviación general. Las aeronaves de la aviación general, utilizadas para vuelos de negocios o de carácter personal, necesitan varias categorías de plataformas para atender distintas actividades de la aviación general.

3.1.6.1 Plataforma temporal. Las aeronaves de la aviación general que efectúan vuelos de carácter transitorio (temporal) utilizan este tipo de plataforma como medio de estacionamiento temporal de aeronaves así como para el acceso a las instalaciones de aprovisionamiento de combustible, servicio de las aeronaves y transporte terrestre. En los aeródromos utilizados solamente por las aeronaves de la aviación general, la plataforma temporal suele estar junto a un área perteneciente a un explotador que tiene su base con carácter fijo en el aeródromo, o forma parte integrante de dicha área. En la plataforma terminal, por lo general, se destinará alguna zona para las aeronaves de la aviación general que efectúan vuelos de carácter temporal.

3.1.6.2 Plataformas o puntos de aparcamiento de aeronaves que tienen su base en un aeródromo. Las aeronaves de la aviación general que tienen su base en un aeródromo necesitan ya sea espacio de aparcamiento o de amarre en un hangar, o una zona al descubierto.

Las aeronaves que se hallan aparcadas en un hangar necesitan también una plataforma enfrente del edificio para efectuar maniobras. Las zonas al descubierto utilizadas para el aparcamiento de aeronaves que tienen su base fija en el aeródromo, pueden ser pavimentadas, no pavimentadas, o cubiertas de césped, según el tamaño de las aeronaves y las condiciones meteorológicas locales y el estado del suelo. Es conveniente que estén ubicadas en emplazamientos alejados de las plataformas utilizadas por las aeronaves que realizan vuelos de carácter temporal.

3.1.6.3 Otras plataformas de servicio en tierra. Deberían también establecerse, en la medida necesaria, zonas para llevar a cabo las operaciones de servicio, aprovisionamiento de combustible o carga y descarga.

Requisitos relativos al proyecto

3.1.7 El proyecto de cualesquiera de los diversos tipos de plataformas exige la evaluación de muchas características relacionadas entre sí y a menudo contradictorias. A pesar de las distintas finalidades de los diferentes tipos de plataformas, hay muchas características generales del proyecto relacionadas con la seguridad, eficacia, configuración geométrica, flexibilidad y tecnología que son comunes a todos los tipos. En los siguientes párrafos se da una breve descripción de estos requisitos generales de proyecto.

3.1.8 Seguridad. El diseño de una plataforma debería tener en cuenta los procedimientos de seguridad relativos a las aeronaves que realizan maniobras en la plataforma. La seguridad en este contexto entraña que las aeronaves mantengan las distancias de separación especificadas y sigan los procedimientos establecidos para entrar, desplazarse dentro de las áreas de la plataforma y salir de ellas. La provisión de servicios a las aeronaves estacionadas en la plataforma debería también incluir procedimientos de seguridad, especialmente con respecto a las aeronaves que efectúen el aprovisionamiento de combustible. Los pavimentos deberían tener un declive desde los edificios de la terminal y otras estructuras para impedir la propagación de incendios resultantes de los vertidos de combustible en la plataforma. En cada puesto de estacionamiento deberían instalarse tomas de agua para regar de manera rutinaria la superficie de la plataforma. Debería también tenerse en cuenta la seguridad de la aeronave mediante la ubicación del área de la plataforma en un punto en que la aeronave pueda quedar protegida del personal no autorizado. Esto puede lograrse mediante la separación física de las zonas de acceso públicas de cualquier contacto con las zonas de la plataforma.

3.1.9 Eficacia. El proyecto de plataforma debería contribuir al establecimiento de un elevado grado de eficacia en los movimientos de las aeronaves y en lo tocante a la realización de las operaciones de servicio en la plataforma. La libertad de movimiento, las distancias de rodaje mínimas, y la mínima demora en la iniciación de los movimientos de las aeronaves en la plataforma, son todas medidas eficaces con respecto a cualquiera de los tipos de plataformas. Si la disposición definitiva del puesto de estacionamiento de aeronaves puede determinarse durante la etapa inicial de planificación del aeródromo, entonces los servicios y dispositivos deberían ubicarse como instalaciones fijas. Las tuberías de combustible y tomas de agua, conexiones de aire comprimido y sistemas de energía eléctrica deben planificarse cuidadosamente por hallarse estos sistemas instalados bajo el pavimento de la plataforma. El elevado coste inicial de estos sistemas quedará compensado por el mayor rendimiento del puesto de estacionamiento, lo que permitirá una mayor utilización de la plataforma. El logro de la eficacia prevista por estas medidas, asegurará el máximo valor económico de la plataforma.

3.1.10 Configuración geométrica. La planificación y proyecto de cualquier tipo de plataforma dependen de diversas consideraciones geométricas. Por ejemplo, la longitud y anchura de la parcela de terreno disponible para el establecimiento de plataformas puede imposibilitar la elección de determinados conceptos en relación con el trazado de plataformas. En el caso de un nuevo aeródromo, quizás sea posible proyectar la disposición más eficaz, basada en la naturaleza de las exigencias del tráfico, y entonces reservar una zona de terreno totalmente adecuada. Sin embargo, la ampliación o adición de plataformas en los aeródromos existentes tendrá, por lo general, una forma algo menos que ideal debido a las limitaciones que impone la configuración y dimensión de las parcelas disponibles.

La superficie total que se necesita para cada puesto de estacionamiento depende de la superficie que se precisa para las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves así como para las calles de rodaje en la plataforma utilizadas conjuntamente con otros puestos de estacionamiento de aeronaves. Por lo tanto, la superficie total que se necesita para el establecimiento de plataformas, no sólo depende del tamaño de las aeronaves, márgenes de separación y método de estacionamiento, sino también de la disposición geométrica de las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, de otras calles de rodaje, barreras protectoras contra el chorro de gases de los motores, zonas utilizadas para estacionamiento de vehículos de mantenimiento, y caminos utilizados para el desplazamiento de los vehículos.

3.1.11 Flexibilidad. La planificación de las plataformas debería comprender una evaluación de las siguientes características en cuanto a flexibilidad.

3.1.11.1 Variedad en los tamaños de aeronaves. El número y dimensiones de los puestos de estacionamiento de aeronaves debería ajustarse al número y tamaño de los tipos de aeronaves que se espera que utilicen la plataforma. Puede hallarse una fórmula de transacción entre las dos condiciones extremas siguientes:

- a) utilizar el puesto de estacionamiento de aeronaves de dimensiones lo suficientemente grandes para atender al tipo de aeronave más grande; y
- b) utilizar tantos tipos de estacionamiento de aeronaves de distintas dimensiones como tipos de aeronaves existentes.

El primer método ofrece una utilización sumamente ineficaz de la superficie, mientras que el segundo proporciona un bajo grado de flexibilidad operativa. Respecto a las plataformas en la terminal de pasajeros, una solución de transacción con la que se logra la flexibilidad apropiada consiste en agrupar las aeronaves en dos o tres clases de tamaños y establecer puestos de estacionamiento para una combinación de estos tamaños, en armonía con las exigencias del tráfico pronosticadas. Puede utilizarse un mayor número de espacios de estacionamiento de la aviación general, ya que el espacio puede arrendarse y ocuparse por una sola aeronave de dimensiones conocidas.

3.1.11.2 Posibilidad de ampliación. Otro elemento clave que ofrece un sistema flexible de plataformas es que permite la ampliación para satisfacer necesidades futuras. Para evitar las excesivas restricciones ante el posible crecimiento de una determinada zona de plataforma, la plataforma debería proyectarse en etapas modulares, de modo que las etapas sucesivas sean adiciones integrales a la plataforma existente realizadas con la mínima interrupción de las actividades que se estén llevando a cabo.

3.1.12 Características de proyecto comunes. Muchos de los requisitos técnicos de proyecto relativos a la construcción de superficies de plataformas, son comunes a todos los tipos de plataforma. En los párrafos siguientes se describen algunos de estos factores.

3.1.12.1 Pavimento. La elección de la superficie de un pavimento depende de la masa de la aeronave, de la distribución de la carga, del estado del suelo y del coste relativo de otros materiales que se elijan. El hormigón reforzado se suele utilizar en los aeródromos en que operan las aeronaves más grandes, donde se precisa una mayor resistencia y duración. La mayoría de los aeródromos necesitan una superficie de macadam asfáltico para satisfacer los requisitos de resistencia, drenaje y estabilización, si bien se han usado satisfactoriamente en algunos lugares plataformas con una capa de césped y arena estabilizada con cemento. La instalación de hormigón reforzado suele ser más cara que la de asfalto, pero su mantenimiento es menos costoso y de mayor duración. Además, los efectos de los derrames del combustible de los reactores suelen ser relativamente nulos en el hormigón, mientras que las superficies de asfalto sufren daños si el combustible permanece en la superficie incluso durante cortos períodos de tiempo. Este problema puede superarse fácilmente cubriendo el asfalto con sustancias especiales para el sellado y lavando frecuentemente el pavimento.

2.1.12.2 Pendiente en el pavimento. Las pendientes en una plataforma deberían tener un declive suficiente para impedir la acumulación de agua en la superficie de la plataforma, pero deberían mantenerse lo más horizontales que permitan las exigencias de drenaje. El avenamiento eficaz de las precipitaciones en grandes zonas pavimentadas de la plataforma, se logra normalmente mediante una pendiente pronunciada del pavimento y la instalación de numerosos drenes en la superficie. Sin embargo, en las plataformas, una pendiente demasiado pronunciada presentará problemas para las maniobras de las aeronaves y para los vehículos de servicio que se desplazan sobre la plataforma. Además, el aprovisionamiento de combustible de las aeronaves exige casi una superficie horizontal para conseguir el apropiado equilibrio de la masa de combustible en los diversos depósitos de combustible de las aeronaves. Las pendientes y drenajes deberían proyectarse de modo que el combustible derramado se encause en sentido distinto de los edificios y zonas de servicio en la plataforma. Con objeto de acomodar las necesidades relativas a drenaje, maniobrabilidad y aprovisionamiento de combustible, las pendientes de las plataformas deberían ser del 0,5 al 1,0% en el puesto de estacionamiento de las aeronaves, y no más del 1,5% en las demás zonas de la plataforma.

3.1.12.3 Chorro de gases de los reactores y torbellino de las hélices. Cuando se lleve a cabo la planificación de zonas de plataforma y de vías de servicio y edificios adyacentes deben tenerse en cuenta los efectos del calor extremo y las velocidades del aire del chorro de los reactores y de los motores provistos de hélice. En algunos aeródromos, puede que sea necesario proporcionar mayores separaciones entre aeronaves o instalar barreras protectoras contra el chorro de gases de los reactores entre los espacios de estacionamiento para contrarrestar estos efectos. En el Apéndice 2 se dan más detalles sobre este aspecto del proyecto.

3.2 TRAZADOS BASICOS DE PLATAFORMAS EN LA TERMINAL

Consideraciones generales

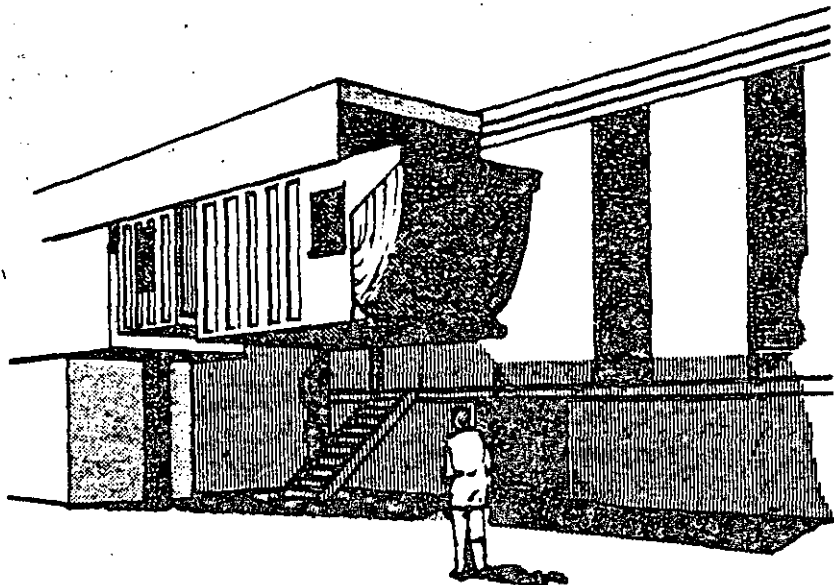
3.2.1 La determinación del tipo de trazado de plataforma de estacionamiento en la terminal más adecuado para satisfacer las necesidades de un determinado aeródromo depende de muchos criterios relacionados entre sí. El proyecto de la plataforma de la terminal debe, por supuesto, ser compatible totalmente con la elección del proyecto de terminal y viceversa. Debería utilizarse un procedimiento iterativo para seleccionar la mejor combinación de proyecto de plataforma y terminal con objeto de comparar por separado las ventajas y desventajas de cada sistema analizado. El volumen de tránsito de aeronaves que utiliza la terminal es un factor importante para decidir el trazado de plataforma que sea más eficaz para satisfacer las exigencias del proyecto de una determinada terminal. Además, un aeródromo que tenga un porcentaje desproporcionado de tráfico de transbordo internacional (conexiones directas con otro vuelo), o pasajeros cuyo punto de origen sea aquél en que se encuentra emplazado el aeródromo, puede que necesite un proyecto especial de sistema de terminal y plataforma para tener en cuenta las características asimétricas del tráfico de pasajeros.

Embarque de pasajeros

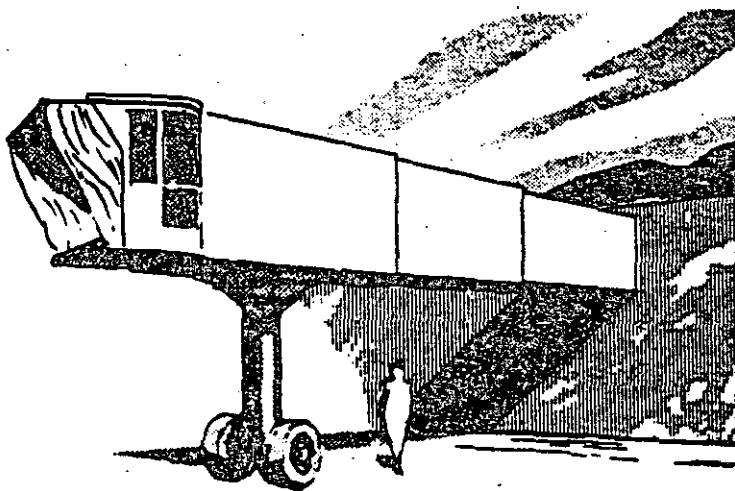
3.2.2 Cuando se lleve a cabo la planificación del trazado de la plataforma, debería tenerse en cuenta el método que debe utilizarse para el embarque de pasajeros. Algunos métodos sólo pueden usarse en uno o dos de los trazados básicos de estacionamiento.

3.2.2.1 Uno de los cambios más importantes en el diseño de las plataformas desde la puesta en servicio de aeronaves de gran tamaño, es la entrada a bordo de éstas desde un nivel igual al del piso de la aeronave. La entrada directa a este nivel se consigue mediante una pasarela que permite al pasajero entrar en la aeronave desde el edificio terminal sin haber cambiado de nivel. Hay dos tipos de pasarelas, que se ilustran en la Figura 3-1:

- a) Pasarela estacionaria. Esta va adosada a una salida del edificio. La aeronave aparca con la proa hacia adentro, a lo largo de la citada saliente, deteniéndose con la puerta delantera frente a la pasarela, la



PASARELA ESTACIONARIA:



PASARELA EXTENSIBLE

Figura 3-1. Pasarelas para la subida de los pasajeros a bordo

cual se alarga hacia la aeronave una pequeña distancia, habiendo muy pequeña variación entre la altura de la cabina principal de la aeronave y el piso de la terminal.

- b) Pasarela extensible. Uno de los extremos de la pasarela telescópica va unido al edificio terminal, mediante articulación, y el otro se sostiene sobre dos ruedas gemelas orientables, accionadas por motor. La pasarela se orienta hacia la aeronave y se alarga, hasta alcanzar la puerta de la misma. El extremo que se acopla a la aeronave puede levantarse o bajarse apreciablemente, lo que permite atender desde la pasarela a aeronaves que tienen distintas alturas de cabina.

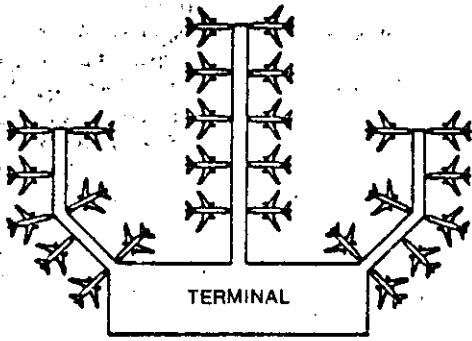
3.2.2.2 Además de las pasarelas, hay otros métodos básicos para la subida o la bajada de los pasajeros:

- a) Escalera móvil. La escalera se lleva hasta la aeronave y se ajusta para que coincida con el nivel de la puerta. Los pasajeros recorren a pie, al aire libre, o en autobús, la distancia que media entre el edificio terminal y la aeronave y suben por la escalera para embarcar en la aeronave.
- b) Transbordadores. Los pasajeros suben a un autobús, o a un transbordador especialmente concebido, en el edificio terminal y son conducidos a un puesto de estacionamiento de aeronaves alejado. El pasajero puede entonces utilizar las escaleras para subir a la aeronave o subir a ésta desde el mismo nivel que el suelo de la aeronave.
- c) Aeronaves con escalerilla propia. Este procedimiento es similar al de la escalera móvil y puede utilizarse en cualquier aeronave provista de escalerilla propia. Una vez parados los motores, la tripulación despliega la escalerilla, y los pasajeros han de recorrer a pie, o son conducidos en autobús, a lo largo de la plataforma, la distancia que haya entre la aeronave y el edificio terminal.

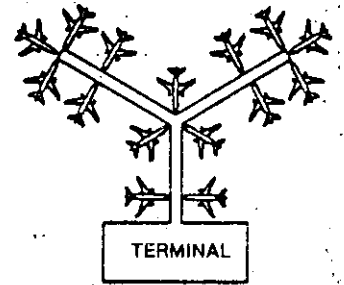
Conceptos sobre las plataformas en la terminal

3.2.3 Sistema lineal. En el caso de terminales que sólo requieran unos pocos puestos de estacionamiento de aeronaves, el sistema lineal de carga de aeronaves constituye la distribución más lógica. Con este sistema se reduce al mínimo la distancia que habrá de recorrerse entre la acera de la terminal y el puesto de estacionamiento. El sistema lineal también ha sido empleado en aeródromos provistos de un gran número de puestos de estacionamiento. Sin embargo, a medida que aumenta el número de puestos de estacionamiento necesarios, la circulación de pasajeros entre puestos de estacionamiento resulta más difícil y aumenta también el coste de la sala anexa.

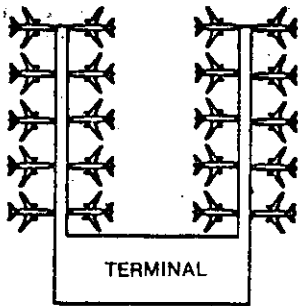
3.2.4 Sistema de muelle. Por lo general, se recomienda que la distancia que ha de recorrerse desde el mostrador de presentación de billetes hasta la aeronave no sobrepase los 300 m. Utilizando un solo muelle, (Figura 3-2B), la distancia que ha de recorrerse a pie aumenta proporcionalmente al número de puestos de estacionamiento. Cuando el número de puestos exceda de 12, con el sistema de dos muelles (Figura 3-2C) la distancia media que habrá que recorrer a pie será menor que cuando sólo haya un muelle. En la etapa de planificación deberían tenerse en cuenta tanto las necesidades iniciales como las finales. Por ejemplo, si las necesidades finales en cuanto al número de puestos de estacionamiento se ha estimado que no excederán de unos doce, bastaría con un solo muelle. En el caso de que en las necesidades finales se haya previsto que sean de unos veinte, sería más conveniente un sistema de dos muelles. Cuando las necesidades con respecto al número de puestos exceda de 30 aproximadamente, resultará más eficaz un sistema de muelles múltiples (Figura 3-2D). En algunos de los aeródromos del mundo con mayor afluencia de tránsito se están utilizando los sistemas de muelles. El espacio disponible puede que se preste mejor a un trazado en forma de "Y" (Figura 3-2E) o "T" (Figura 3-2F); sin embargo, este sistema se considera menos eficaz que el de muelles sencillos, debido a que se duplican las distancias hasta las partes más alejadas y no hacen más que aumentar excesivamente la distancia media que hay que recorrer a pie.



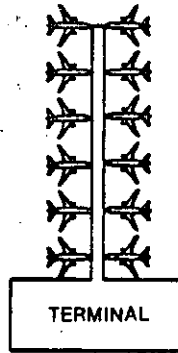
D) MUELLE MULTIPLE



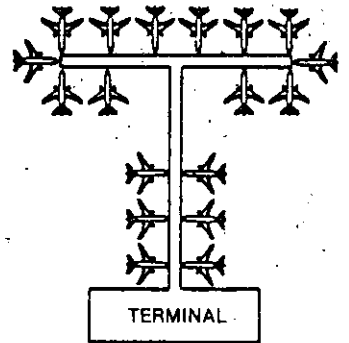
E) MUELLE DE FORMA "Y"



C) MUELLE DOBLE



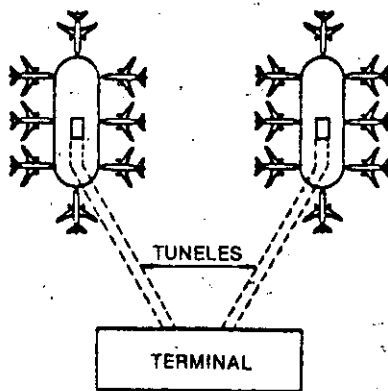
B) MUELLE SENCILLO



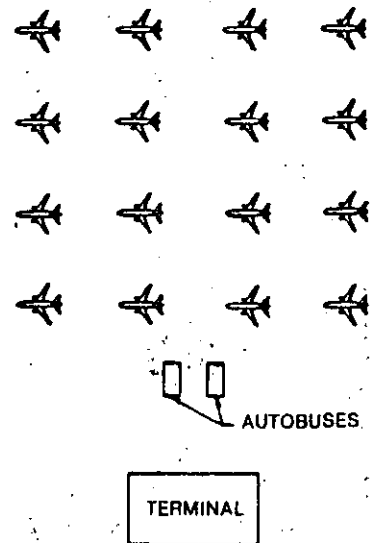
F) MUELLE EN FORMA DE "T"



A) LINEAL



G) SATELITE



H) PLATAFORMA ABIERTA

3.2.5 Sistema de satélite. El sistema de satélite se concibió para suprimir los obstáculos de la plataforma y permitir un estacionamiento más denso. Sin embargo, este sistema impone largos recorridos a pie entre el transporte de superficie y el puesto de aeronaves. La implantación de un sistema de transporte de personas (tren, acera móvil, etc.) entre el edificio terminal y el satélite, puede aliviar este problema, pero a un coste suplementario considerable. El concepto de satélite es especialmente eficaz si un gran porcentaje de pasajeros en tránsito efectúan sus conexiones entre distintos vuelos en la sala anexa del mismo satélite.

3.2.6 Sistema de plataforma abierta. En el sistema de plataforma abierta, las aeronaves se estacionan separadas del edificio terminal en filas (Figura 3-2H). Cuando se utiliza este sistema, el acceso a la aeronave se hace mediante autobús. El traslado de los pasajeros a pie hasta la aeronave que espera no se considera seguro con arreglo a este concepto, puesto que aquéllos se ven obligados a atravesar avenidas por las que circulan aeronaves. De esta manera las aeronaves pueden estacionarse en la forma más conveniente para las operaciones de mantenimiento, y el edificio terminal puede ser relativamente pequeño. Utilizando este sistema de plataforma descubierta, también pueden reducirse los tramos de rodaje de las aeronaves. Empleando un vehículo especialmente proyectado, los pasajeros pueden embarcar directamente en la aeronave protegidos totalmente contra el ruido y las emanaciones. Este sistema es el más flexible, debido a que pueden llevarse a cabo adiciones o modificaciones en la zona de la plataforma con poca o casi ninguna interrupción de las actividades que se estén llevando a cabo. Además, si se utilizan dos calles de rodaje para cada plataforma de estacionamiento de aeronaves, una de ellas delante y otra detrás de la aeronave, ésta puede maniobrar sirviéndose de su propia propulsión. Esta forma de estacionamiento es la más sencilla para las aeronaves, pero tiene las siguientes desventajas:

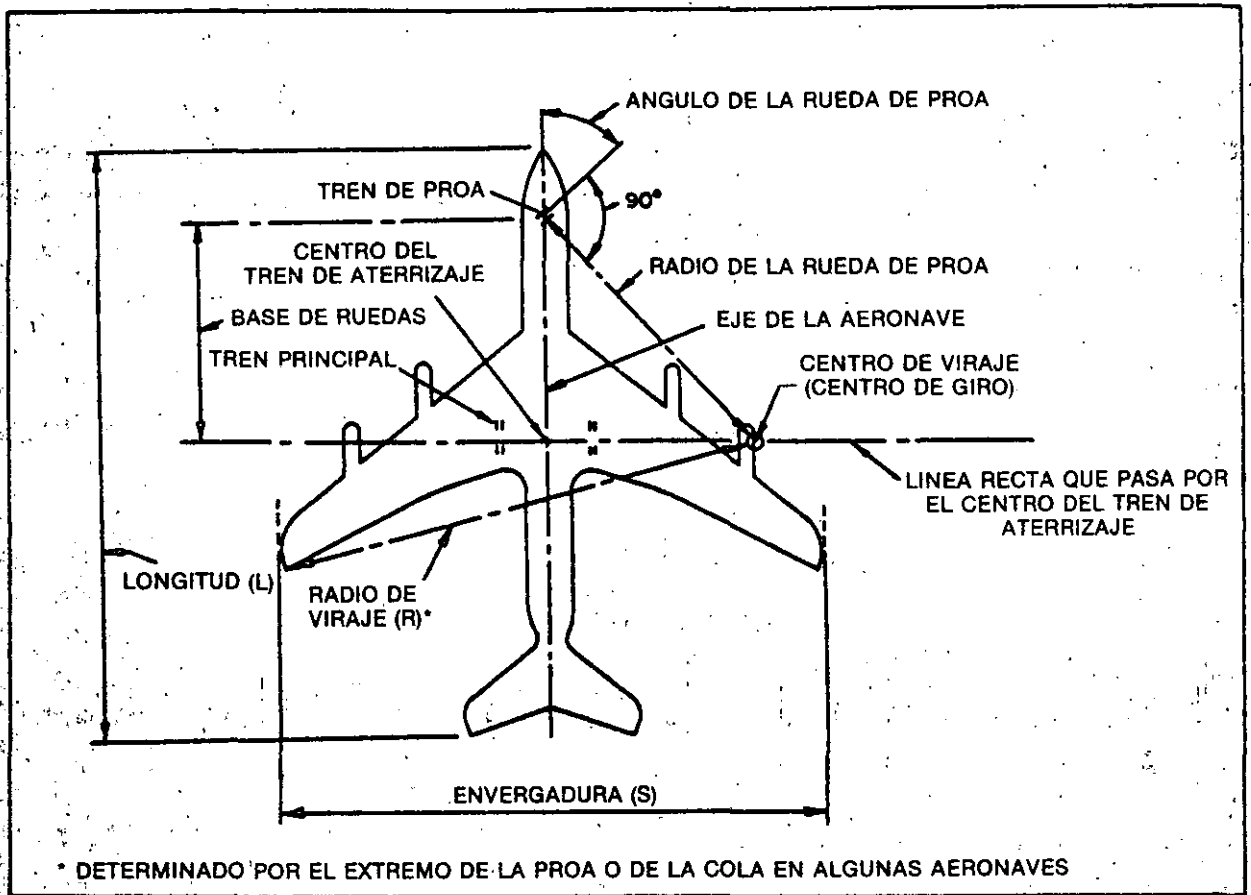
- a) la necesidad de dos calles de rodaje aumenta la superficie de pavimento necesaria por aeronave y, por lo tanto, el coste;
- b) la vía de servicio por la plataforma no puede situarse de forma que las aeronaves no tengan que cruzarla, porque si está situada detrás de los puestos de aeronave, no se puede proteger contra el chorro de gases durante el arranque;
- c) la iluminación y los postes de identificación no pueden situarse sin aumentar la separación entre puestos de aeronave;
- d) no existen zonas adecuadas para el equipo auxiliar de estacionamiento; y
- e) pueden ser excesivos los costes de utilización de algunos medios de transporte motorizados.

3.3 DIMENSIONES DE LAS PLATAFORMAS

Generalidades

3.3.1 El espacio necesario para un determinado trazado de plataforma depende de los siguientes factores:

- a) la dimensión y características de maniobrabilidad de la aeronave que utilice la plataforma;
- b) el volumen de tránsito que utilice la plataforma;
- c) requisitos en cuanto al margen de separación;
- d) modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves;
- e) trazado básico de terminal u otra utilización del aeropuerto (véase 3.2);
- f) requisitos con respecto a las actividades en tierra de las aeronaves; y
- g) calle de rodaje y vía de servicio.



* DETERMINADO POR EL EXTREMO DE LA PROA O DE LA COLA EN ALGUNAS AERONAVES

Figura 3-3. Dimensiones para evaluar el espaciado del puesto de estacionamiento de aeronaves

Dimensiones de las aeronaves

3.3.2. Antes de emprender un proyecto detallado de plataforma convendría saber la dimensión y maniobrabilidad de la combinación de aeronaves que se prevé habrán de utilizar una determinada plataforma. La Figura 3-3 muestra las dimensiones necesarias para evaluar el espaciado de un puesto de estacionamiento de aeronaves, y la Tabla 3-1 enumera los valores correspondientes a varios tipos de aeronaves. Las dimensiones totales de la aeronave relativas a la longitud total (L) y envergadura (S), pueden utilizarse como punto de partida para determinar la dimensión de la superficie total de plataforma que se requiera para un determinado aeródromo. Todas las demás superficies que se necesitan a efectos de márgenes de separación, rodaje, estaciones de servicio, etc., pueden determinarse en relación con esta "huella" básica de la aeronave. Las características de maniobrabilidad de una aeronave dependen del radio de viraje (R), lo que a su vez está relacionado con la posición del centro de viraje.

Tabla 3-1. Dimensiones de aeronaves seleccionadas

Tipo de aeronave	Longitud (m)	Envergadura (m)	Angulo de la rueda de proa	Radio de viraje (m)
A-300B-B2	46,70	44,80	50°	38,80 ^a
B-727-100	40,59	32,92	75°	21,90 ^c
B-727-200	46,68	32,92	75°	25,00 ^c
B-737-100	28,65	28,65	70°	18,40 ^a
B-737-200	30,58	28,35	70°	18,70 ^a
B-747	70,40	59,64	60°	60,20 ^a
B-757	47,32	37,95	60°	27,90 ^a
B-767	48,51	47,63	60°	36,00 ^a
BAC 111-400	28,50	27,00	65°	21,30 ^a
Caravelle	36,70	34,30	45°	29,00 ^a
Concorde	62,10	25,50	50°	30,10 ^c
DC-8-40/50	45,95	43,41	70°	29,20 ^a
DC-8-61/63	57,12	43,41/45,2	70°	32,70°
DC-9-10/20	31,82	27,25/28,5	75°	17,80 ^c
DC-9-30	36,36	28,44	75°	20,40 ^c
DC-9-40	38,28	28,44	75°	21,40 ^c
DC-9-50	40,72	28,45	75°	22,50 ^c
DC-9-80	45,02	32,85	75°	25,10 ^b
DC-10-10	55,55	47,35	65°	35,60 ^a
DC-10-30	55,35	50,39	65°	37,30 ^a
DC-10-40	55,54	50,39	65°	36,00 ^a
L-1011	54,15	47,34	60°	35,59 ^a
Vickers Viscount 800	26,10	28,60	50°	21,60 ^a

a. Hasta el extremo del ala

b. Hasta la proa

c. Hasta la cola

El centro de viraje es el punto en torno al cual gira la aeronave al hacer el viraje. Este punto se encuentra situado a lo largo del eje del tren de aterrizaje principal a una distancia variable del eje del fuselaje según sea el máximo ángulo de deflexión de la rueda de proa en que se lleve a cabo la maniobra de viraje. Los valores enumerados en la Tabla 3-1 para los radios de viraje se derivan de los ángulos de la rueda de proa y constan en dicha tabla. En la mayoría de los casos, estos valores de los radios se miden desde el centro del viraje hasta el extremo del ala; sin embargo, en algunas aeronaves, los extremos de proa de los estabilizadores horizontales son los puntos críticos.

Volumen de tráfico

3.3.3 El número y dimensiones de los puestos de estacionamiento de aeronaves necesarios para cualquier tipo de plataforma puede determinarse a partir de los pronósticos de los movimientos de aeronave en un aeródromo dado. El pronóstico de la actividad de una plataforma debe desglosarse en un período apropiado de planificación del tráfico para el tipo de plataforma de que se trate. No es preciso que se proyecte la plataforma para períodos punta extraordinarios de actividad, si bien ésta debería poder atender un período de actividad punta razonable con la menor demora posible. Por ejemplo, el número de puestos de estacionamiento de aeronaves en la terminal de pasajeros debería ser adecuado para efectuar el despacho de pasajeros en la hora punta del día medio del mes punta. El período punta de acumulación de aeronaves de transporte de mercancías es superior a una hora e inferior a un día; por lo tanto, la plataforma de mercancías debería atender las actividades del día medio del mes punta. Otros tipos de plataforma deberían disponer de suficientes espacios de estacionamiento para atender su correspondiente período punta de actividad. Además, la planificación de las plataformas debería dividirse en varias etapas para reducir al mínimo los desembolsos de capital para sufragar los gastos que han de hacerse a corto plazo. De este modo, las zonas para plataformas pueden ir agregándose a medida que se necesiten para satisfacer el incremento de las operaciones.

Requisitos relativos a márgenes de separación

3.3.4 Un puesto de estacionamiento de aeronaves debería proporcionar los siguientes márgenes mínimos de separación entre las aeronaves que utilicen el puesto de estacionamiento así como entre las aeronaves y edificios adyacentes u otros objetos fijos.

<u>Letra de clave</u>	<u>Márgenes (m)</u>
A	3,0
B	3,0
C	4,5
D	7,5
E	7,5

Cuando las letras de clave sean D y E los márgenes pueden reducirse en los siguientes lugares (únicamente en el caso de aeronaves que ejecuten la maniobra de entrada en rodaje y salida empujadas por tractor):

- a) entre la terminal, (incluidas las pasarelas de embarque de pasajeros) y la proa de la aeronave; y
- b) cualquier parte del puesto de estacionamiento equipado con guía azimutal proporcionada por algún sistema de guía de atraque visual.

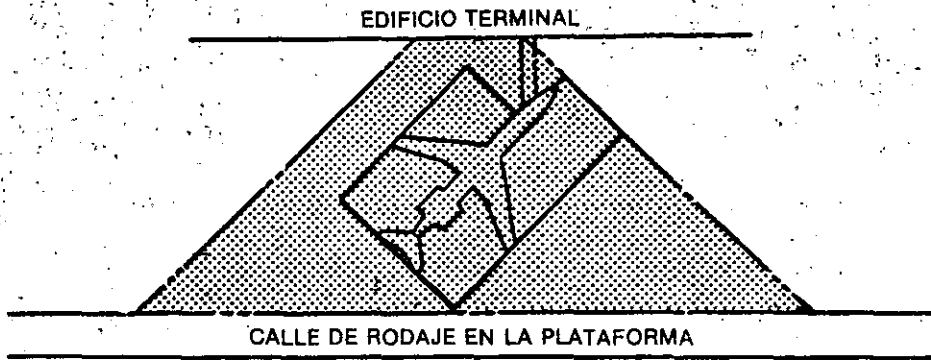
Estos márgenes pueden aumentarse, a discreción de los encargados de la planificación del aeropuerto, según sea necesario, para garantizar la utilización de la plataforma en condiciones de seguridad. La ubicación de las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y las calles de rodaje en la plataforma deberían proporcionar distancias de separación entre el eje de estas calles de rodaje y las aeronaves en el puesto de estacionamiento no inferiores a los valores que se dan a continuación:

Letra de clave	Distancias mínimas de separación	
	Entre el eje de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (m)	Entre el eje de una calle de rodaje en la plataforma y un objeto (m)
A	12,0	13,5
B	16,5	19,5
C	24,5	28,5
D	36,0	42,5
E	40,0	46,5

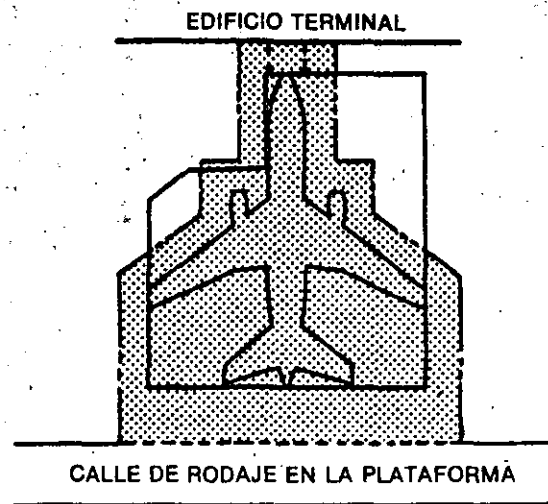
Modalidades de entrada y salida del puesto de estacionamiento de aeronaves

3.3.5 Son varios los métodos utilizados por las aeronaves para entrar y salir de un puesto de estacionamiento: pueden entrar y salir de su puesto sirviéndose de su propia propulsión; pueden entrar y salir remolcadas; pueden entrar a su puesto de estacionamiento por sus propios medios y salir remolcadas. Sin embargo, al considerar los requisitos en cuanto a las dimensiones de las plataformas, los diversos métodos pueden clasificarse ya sea como de maniobra autónoma o con ayuda de un tractor.

3.3.5.1 Maniobra autónoma. Esta expresión indica el procedimiento mediante el cual una aeronave entra y sale del puesto de estacionamiento sirviéndose de su propia propulsión, es decir, sin utilizar un tractor para la ejecución de la maniobra; la Figura 3-4 muestra la superficie necesaria para que las aeronaves efectúen la maniobra de entrada y salida de un puesto de estacionamiento de aeronaves formando ángulo con el edificio terminal. La dimensión absoluta de esta zona depende del máximo ángulo de deflexión que pueda alcanzarse durante las maniobras de entrada y salida (que depende también del radio de la curva descrita por los extremos de las alas de la aeronave). Un método utilizado frecuentemente para el estacionamiento de aeronaves consiste en disponer de varios puestos de aeronave de maniobra autónoma instalados en una zona adecuada del pavimento. La maniobra normal de entrada y salida rodando de un puesto de estacionamiento de aeronaves junto al edificio terminal o muelle, supone la ejecución de un viraje de 180°. El radio de este viraje y la configuración geométrica de la aeronave figuran entre los factores que determinan las distancias de separación en el puesto de estacionamiento de aeronaves. Este método de estacionamiento requiere más superficie de pavimento que la que se necesita cuando se utiliza un tractor, pero hay una compensación puesto que se ahorra el equipo y el personal que se necesitan para las maniobras con el tractor. También se ha tenido alguna experiencia por lo que respecta a la maniobra de entrada rodando, estacionamiento marcha atrás con motor, como tentativa para eliminar la necesidad tanto del tractor como del espacio suplementario de plataforma. Sin embargo, esto se encuentra todavía en una fase experimental, y no debería considerarse por el momento como orientación para el proyecto de plataformas.



A) MANIOBRA AUTONOMA



B) MANIOBRA SIRVIENDOSE DE TRACTOR

Figura 3-4. Superficie necesaria para la entrada y salida de la plataforma en la terminal

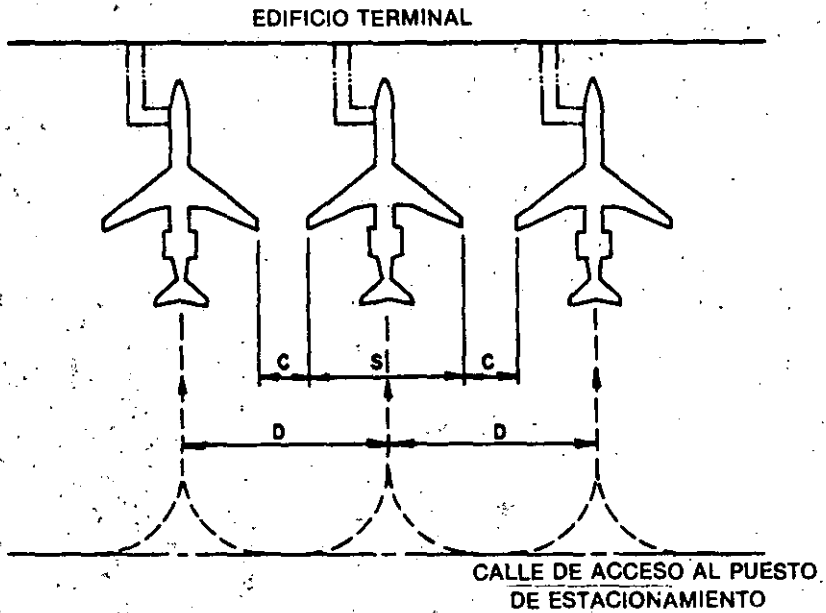
3.3.5.2 Remolque con tractor. Esta expresión se refiere a cualquier método de entrada y salida que requiere la utilización de un tractor o barra de arrastre. El procedimiento más corriente es el método de entrada y la operación de empujar las aeronaves, pero éstas pueden también entrar y salir remolcadas en otras configuraciones. La mayoría de los aeródromos de gran actividad del mundo emplean alguna variación de los métodos que se sirven de tractores. El empleo de tractores permite un espaciado más compacto de los puestos de aeronave, con lo que se reduce tanto el espacio para la plataforma como el de la terminal que se necesita para atender un elevado volumen de estacionamiento de aeronaves en la terminal. En los casos en que se sigue el método de entrada rodando y salida, por ejemplo, con tractor del puesto de estacionamiento, por lo general las aeronaves entran en la zona de la plataforma con la proa hacia adelante sirviéndose de su propia propulsión, y paran en la posición de proa hacia dentro. La Figura 3-4B muestra la superficie necesaria para las aeronaves que entran rodando y salen por empuje perpendicularmente al edificio de la terminal. Es evidente que este método ofrece una utilización más eficaz del espacio de la plataforma que el del método seguido en caso de la maniobra autónoma. Esta es una maniobra sencilla que puede efectuarse sin originar problemas excesivos resultantes del chorro de gases de los reactores. Por lo general, se proporciona alguna forma de guía. La maniobra de salida es algo más complicada, ya que en ella hay que empujar la aeronave hacia atrás por medio de un tractor hasta la calle de rodaje y al mismo tiempo hay que darle un giro de hasta 90°. Normalmente, la operación de empujar hacia atrás se efectúa sin haber puesto en marcha los motores. En esta operación se tarda una media de 3 a 4 minutos desde que se comienza a empujar hacia atrás hasta que se desconecta el tractor y la aeronave empieza a moverse por sus propios medios. Esta maniobra exige necesariamente habilidad y práctica por parte del conductor, para evitar un exceso de ángulo de orientación de la rueda de proa y, cuando el pavimento esté húmedo, para mantener el movimiento de la aeronave y el control de la dirección a causa de la disminución de la fuerza de tracción debido a la humedad.

3.3.5.3 Espaciado entre puestos de estacionamiento. Se han preparado fórmulas generales en varios casos para calcular la distancia requerida entre puestos de estacionamiento de aeronaves. El caso más sencillo es el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale directamente empujada hacia atrás. Como se muestra en la Figura 3-5A, la separación mínima entre puestos (D) es simplemente igual a la envergadura (S) más la distancia de separación requerida (C).

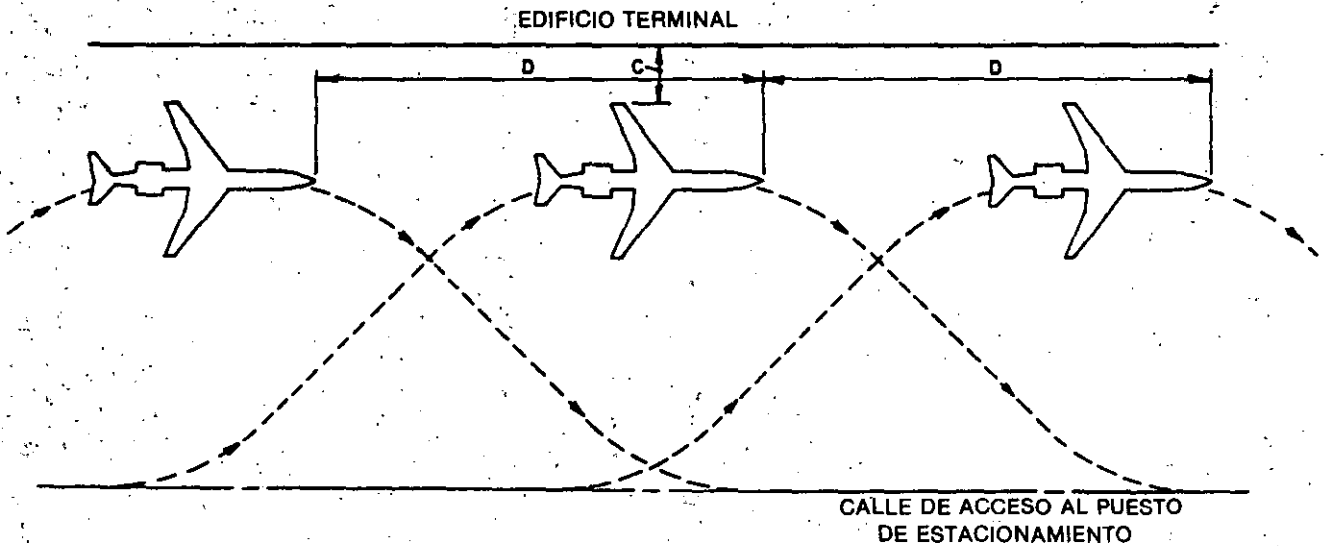
3.3.5.4 Respecto a otros procedimientos de entrada y salida, en otros ángulos de estacionamiento, la configuración geométrica es más compleja y exige un análisis detallado para determinar la separación entre puestos de estacionamiento. Por ejemplo, la Figura 3-5B muestra la separación entre puestos para un puesto de estacionamiento de aeronaves de maniobra autónoma, que depende del ángulo a que la aeronave pueda fácilmente maniobrar mientras hay otras aeronaves estacionadas en puestos contiguos. Deberían consultarse los datos técnicos de los constructores para determinar el radio de la curva descrita por el extremo del ala y las características operacionales de las aeronaves que se prevea utilicen estas técnicas de maniobra más complejas.

Operaciones de servicio a las aeronaves en tierra

3.3.6 Las operaciones de servicio a las aeronaves de pasajeros que se llevan a cabo durante el tiempo en que una aeronave se encuentra estacionada en un puesto comprenden: los servicios de inodoro, cocina, manejo de equipajes, abastecimiento de agua potable, aprovisionamiento de combustible, de aire acondicionado, oxígeno, remolque de aeronaves, suministro de energía eléctrica y aire para el arranque. La mayoría de estas funciones se realizan utilizando un vehículo y/o equipo conexo o bien valiéndose de algún tipo de instalación fija destinada a estos servicios. En la Figura 3-6 se muestra un modelo de configuración de los servicios en tierra para una aeronave de tamaño mediano. La zona situada a la derecha de la proa de la aeronave delante del ala, se utiliza a menudo como una zona de servicio dispuesta previamente para el depósito de vehículos y equipo.



A) METODO DE ENTRADA, RODANDO, SALIDA POR EMPUJE SIRVIENDOSE DE TRACTOR



B) METODO DE MANIOBRA AUTONOMA

Figura 3-5. Factores que determinan la separación necesaria entre puestos de estacionamiento de aeronaves

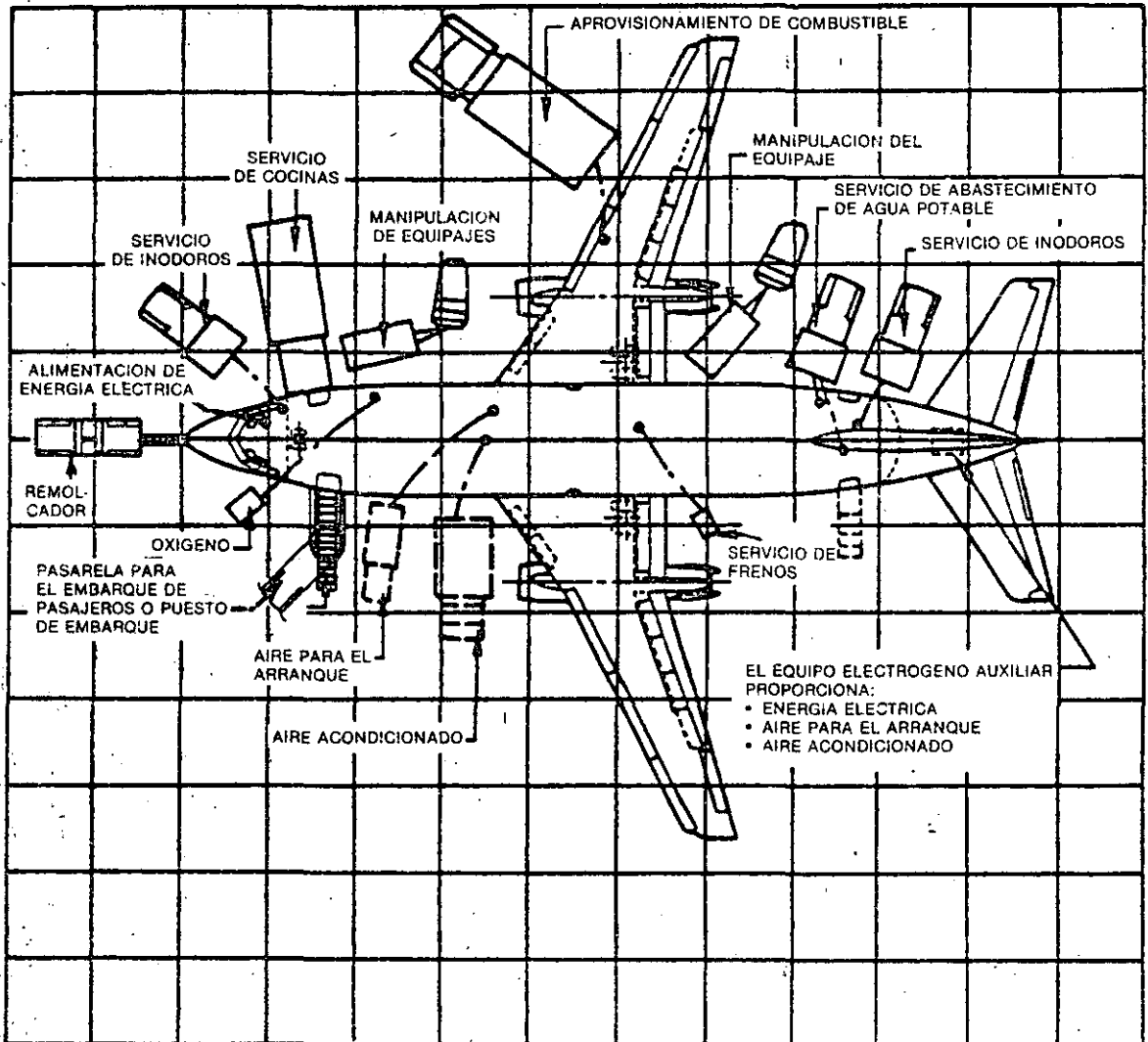


Figura 3-6. Modelo de la disposición de servicios en tierra

Calles de rodaje y vías de servicio

3.3.7 Generalidades. La superficie total necesaria para una plataforma, no sólo comprende cada uno de los puestos de estacionamiento de aeronaves, sino también la superficie necesaria para las calles de rodaje en la plataforma, las calles de acceso al puesto de estacionamiento y las vías de servicio que se necesitan para el acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves y proporcionar los servicios auxiliares que se precisen. La ubicación de estas instalaciones dependerán de la disposición de la terminal, ubicación de las pistas y emplazamiento de los servicios fuera de la plataforma, tales como cocinas, zonas de almacenamiento de combustible al aire libre, etc.

3.3.8 Calles de rodaje en la plataforma. En el Capítulo 1 del presente manual se definen las calles de rodaje en la plataforma y calles de acceso a los puestos de rodaje y su interacción con los puestos de estacionamiento de las aeronaves. Las calles de acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves son derivaciones que salen de las calles de rodaje en la plataforma, las cuales, a su vez, suelen estar ubicadas en el borde del pavimento de la plataforma.

3.3.9 Vías de servicio. En el Capítulo 4 del presente manual se examina la necesidad de las vías de servicio y su ubicación. Durante la etapa de planificación general de las plataformas debe tenerse en cuenta el espacio necesario para las vías de servicio. Estas suelen hallarse ubicadas próximas y paralelamente al edificio terminal o bien en la parte aeronáutica del puesto de estacionamiento de aeronaves, paralelamente a la calle de acceso a la plataforma de estacionamiento de aeronaves. La anchura necesaria dependerá del volumen previsto de tránsito y de si se puede establecer un sistema de vías en un solo sentido. Si las vías de servicio están ubicadas junto al edificio terminal, puede disponerse de suficiente margen vertical por debajo de los puentes de carga para los vehículos de mayor tonelaje que se prevea que han de utilizar la vía. Si la vía de servicio no se encuentra ubicada junto al edificio terminal, queda eliminada la dificultad de tener que proporcionar el margen vertical necesario debajo de los puentes, pero se plantea el problema relativo al conflicto vehículo/aeronave. La planificación general de la plataforma debería también tener en cuenta las zonas de maniobra y de estacionamiento de equipo terrestre.

3.4 GUIA EN LA PLATAFORMA

3.4.1 La Parte 4 del Manual de proyecto de aeródromos, "Ayudas Visuales", examina las ventajas que presenta el señalamiento e iluminación de las plataformas y, especialmente, la de la guía en los puestos de estacionamiento de aeronaves. El objeto de la guía en los puestos de estacionamiento es facilitar la ejecución de maniobras con seguridad por las aeronaves en el puesto de estacionamiento y la colocación de éstas con precisión en dicho puesto. Por lo general, cuando hay buena visibilidad, el uso de líneas pintadas, y, de ser necesario, de señaladeros, garantizará la realización de maniobras seguras y precisas. Debería agregarse iluminación con reflectores en la zona de la plataforma para las operaciones nocturnas y, cuando sea escasa la visibilidad, proporcionar iluminación del eje del pavimento. Se han comprobado también las ventajas que ofrecen los sistemas de guía para el atraque visual.

CAPITULO 4.- SEGREGACION DEL TRAFICO EN EL AREA DE MOVIMIENTO

4.1 NECESIDAD DE LA SEGREGACION DEL TRAFICO

4.1.1 Existe la posibilidad de que ocurran interacciones entre las aeronaves y los vehículos en tierra que maniobran en las pistas, calles de rodaje y plataformas que forman la zona de maniobras de las aeronaves. El número de interacciones puede reducirse al mínimo en la fase de planificación del aeródromo mediante la segregación del tránsito aéreo y terrestre. Las interacciones que sean necesarias deberían planificarse respecto a las áreas designadas previamente en que se sigan procedimientos comprobados. El tránsito segregado apropiadamente reducirá al mínimo la posibilidad de colisiones entre aeronaves y vehículos en tierra y acrecentará en sumo grado la eficacia de las maniobras de las aeronaves.

4.1.2 Es preciso utilizar algunos vehículos terrestres en el área de movimiento para las operaciones de servicio a las aeronaves, trabajos de mantenimiento y construcción en el aeródromo y operaciones de emergencia. Sin embargo, debido a las diferentes características físicas de los aeródromos no puede formularse un criterio específico de planificación para promover la segregación del tráfico. No obstante, deben tomarse algunas medidas para reducir la proporción de la mezcla de aeronaves y vehículos terrestres.

4.2 ACTIVIDADES QUE ORIGINAN UNA MEZCLA DE AERONAVES Y VEHICULOS TERRESTRES

4.2.1 La mayoría de las interacciones que pueden producirse entre aeronaves y vehículos terrestres ocurren en las zonas de las plataformas. A continuación, se presentan algunas operaciones para el servicio a las aeronaves que se llevan a cabo en las plataformas y que pueden implicar la presencia de vehículos de servicio y que, si procede, deberían tenerse en cuenta para la planificación de la segregación del tráfico en las plataformas:

- a) embarque y desembarque de pasajeros;
- b) embarque y desembarque de equipajes;
- c) embarque y desembarque de mercancías y/o correo;
- d) servicio de cocinas;
- e) servicio de lavabos;
- f) servicio de aprovisionamiento de combustible;
- g) aire comprimido para la puesta en marcha de los motores;
- h) mantenimiento de las aeronaves; y
- i) energía eléctrica y aire acondicionado (si no lo suministra el grupo auxiliar de alimentación de energía de la aeronave).

Además, debería preverse la utilización de vehículos en casos de emergencia y a efectos de seguridad en las zonas de la plataforma.

4.2.2 Entre las actividades de los vehículos terrestres que se desarrollan en las zonas de movimiento fuera de las plataformas, figuran las siguientes:

- a) Operaciones de emergencia - Equipo de salvamento y extinción de incendios que puede necesitarse en cualquier punto del aeródromo o zonas de aproximación a las pistas, incluso rociadores de espuma.
- b) Operaciones de seguridad - Pequeños vehículos utilizados para patrullar la demarcación del aeródromo y las zonas restringidas;
- c) Operaciones de mantenimiento y construcción en el aeródromo - Actividades que comprenden desde la reparación de pavimentos, ayudas para la navegación e iluminación, según sea necesario, hasta la siega del césped, tal como esté previsto efectuarlo reglamentariamente.

4.3 METODOS PARA LOGRAR LA SEGREGACION

4.3.1 En los siguientes párrafos se ofrecen varios conceptos generales para lograr la segregación del tráfico. Respecto a las zonas de plataforma en particular, el grado de segregación que puede conseguirse depende principalmente de la superficie utilizable. Cuanto mayor sea el espacio disponible en la plataforma para un número determinado de puestos de aeronave, mayor posibilidad existirá de segregar los tipos de tráfico. Normalmente, por razones de economía, raramente se proyectan las plataformas con una superficie excesiva y, en todo caso, el crecimiento del tráfico aéreo absorbe generalmente cualquier espacio de reserva proyectado de la plataforma. El grado necesario de segregación depende forzosamente de las dimensiones y de otras características de las aeronaves (por ejemplo, envergadura, maniobrabilidad y chorros de gases) así como de las características de los vehículos terrestres. Además, al planificar un aeródromo, se debería consultar a los explotadores de aeronaves para determinar con anticipación sus necesidades relativas al movimiento de vehículos terrestres.

4.3.2 Exclusión. Aunque el cálculo de las instalaciones de aeródromo puede facilitar considerablemente el problema de mezclar aeronaves con vehículos terrestres, es de la mayor importancia que las líneas aéreas tengan conciencia de la necesidad de mantener al mínimo el volumen de su tráfico terrestre. Deberían excluirse todos los vehículos que no necesiten estar en el área de movimiento para desempeñar sus funciones. Esta práctica está también de acuerdo con las medidas básicas de seguridad de aeródromo. Lo que quiere decir que deberían establecerse sistemas de carreteras en la parte pública, de forma que los vehículos públicos tengan acceso a todas las zonas públicas de un aeródromo sin desplazarse a través del área de movimiento. Significa también que deberían tomarse medidas para impedir el acceso, sin autorización, de vehículos públicos al área de movimiento. Esto entraña la instalación de vallas, puertas y otros sistemas de seguridad necesarios para controlar estrictamente el acceso.

4.3.3 Vías de servicio para vehículos terrestres. La existencia de vías de servicio en la parte aeronáutica para vehículos terrestres, puede eliminar o reducir considerablemente la necesidad de que estos vehículos utilicen las pistas y las calles de rodaje. Estas vías se pueden planificar de tal forma que por lo menos, en relación con la congestión del tráfico, las secciones críticas del área de movimiento puedan ser evitadas por el tráfico de vehículos terrestres. Por ejemplo, estas vías pueden utilizarse como vías de servicio periféricas del aeródromo que proporcionen el acceso a las ayudas para la navegación, como vías de servicio temporales para los vehículos empleados en la construcción, o como carreteras entre los edificios de las terminales y las plataformas para el paso de los vehículos de las líneas aéreas, trenes de equipaje, etc. En el caso de terminales que utilicen pasarelas para el embarque de pasajeros, las carreteras en la parte aeronáutica pueden pasar (para algunos proyectos) por debajo de la parte inamovible de las pasarelas de carga. En la Figura 4-1 se muestran ejemplos de las vías de servicio en la parte aeronáutica utilizadas en plataformas.

A continuación, se exponen algunas consideraciones de carácter general en la planificación de vías de circulación:

- a) al proyectar las vías de servicio en la parte aeronáutica, debería tratarse por todos los medios que no crucen pistas y calles de rodaje. En los aeródromos de mucho tráfico debería considerarse la construcción de

APENDICE 1

Proyecto de las superficies de enlace

1. Terminología y símbolos

1.1. Generalidades

1.1.1. A continuación, se describen las expresiones y símbolos utilizados en este Apéndice. En lo que a este Apéndice se refiere, se considera que la aeronave rueda sobre un pavimento horizontal.

1.2 Expresiones relativas a la aeronave (véase la Figura A1-1):

Punto de referencia de la aeronave (S) = punto del eje longitudinal de la aeronave que sigue la línea de guía en tierra. El punto de referencia está situado verticalmente debajo del puesto de pilotaje de la aeronave.

Centro de viraje (P) = centro de viraje de una aeronave en todo momento.

Eje teórico que pasa por el tren de aterrizaje principal = línea perpendicular desde el centro de viraje al eje longitudinal de la aeronave.

Longitud de referencia (d) = distancia entre el punto de referencia de la aeronave y el eje teórico que pasa por el tren de aterrizaje.

Centro del tren de aterrizaje principal (U) = punto de intersección del eje longitudinal de la aeronave y el eje teórico que pasa por el tren de aterrizaje principal.

Ancho de vía del tren de aterrizaje principal (T) = distancia entre las ruedas exteriores principales de la aeronave, incluyendo la anchura de las ruedas.

Angulo de guía (β) = ángulo formado por la tangente a la línea de guía y el eje longitudinal de la aeronave.

Angulo de guía de la rueda de proa = ángulo formado por el eje longitudinal de la aeronave y la dirección de la rueda de proa.

1.3 Expresiones relacionadas con el proyecto de calles de rodaje y superficies de enlace (véase la Figura A1-2);

Línea de guía = línea indicada sobre el pavimento por medio de señales y/o luces, que el punto de referencia de la aeronave debe seguir durante el rodaje.

Centro de la línea de guía (O) = centro de curvatura de la línea de guía en el punto S.

Desviación del tren de aterrizaje principal (λ) = distancia entre el centro del tren de aterrizaje principal (U) y la línea de guía, medida en sentido perpendicular a esta última.

1.4 Glosario de símbolos

1.4.1 Los símbolos siguientes se emplean para describir la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal y en el cálculo de las superficies de enlace (véanse las Figuras Al-1 y Al-2):

d = longitud de referencia de la aeronave

M = distancia mínima de seguridad entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal y el borde del pavimento

O = centro de curvatura de la línea de guía en el punto S

P = centro de viraje

r = radio del arco de la superficie de enlace

R = radio de curvatura de la línea de guía en el punto S

S = punto de referencia de la aeronave

T = ancho de vía del tren de aterrizaje principal

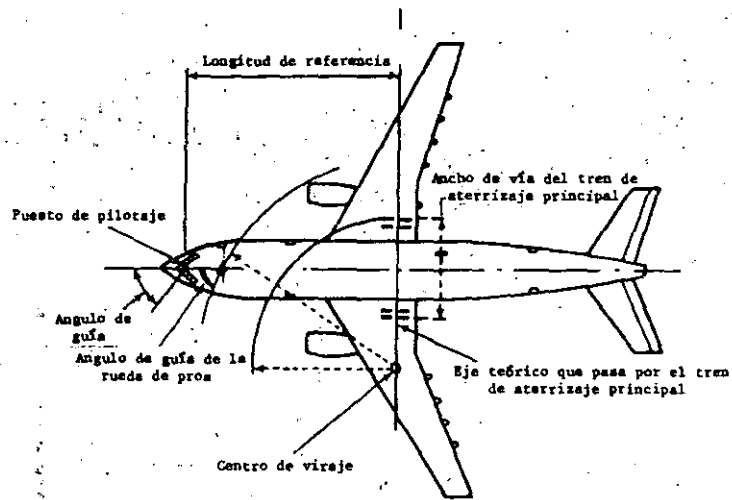
U = centro del tren de aterrizaje principal

α = ángulo entre la línea radial OU y la tangente a la trayectoria del centro principal del tren de aterrizaje en U

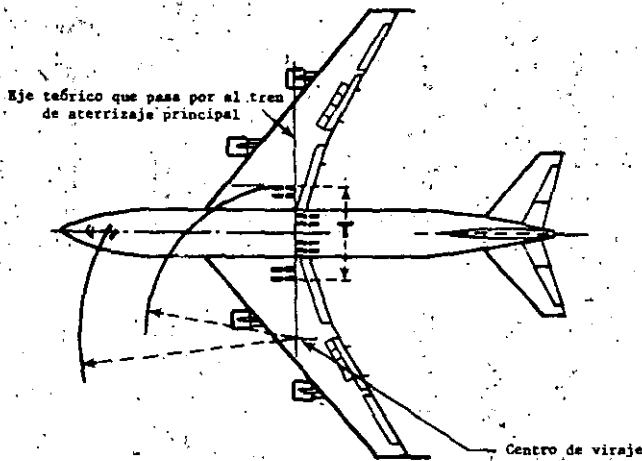
β = ángulo de guía

λ = desviación del tren de aterrizaje principal

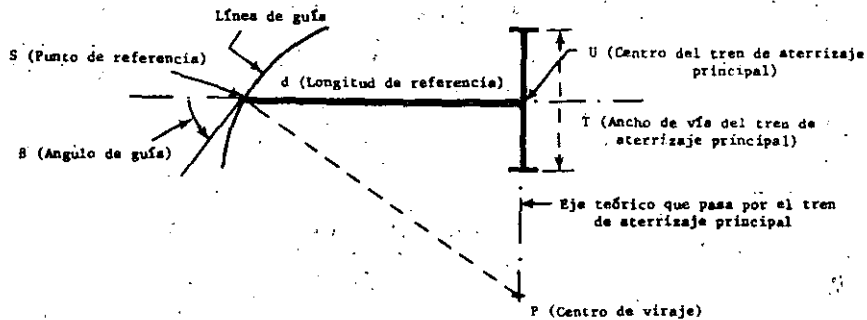
ρ y θ = coordenadas polares de un punto (S) o (U) , según sea el caso



A. Expresiones - Aeronave con tren de aterrizaje principal de dos patas

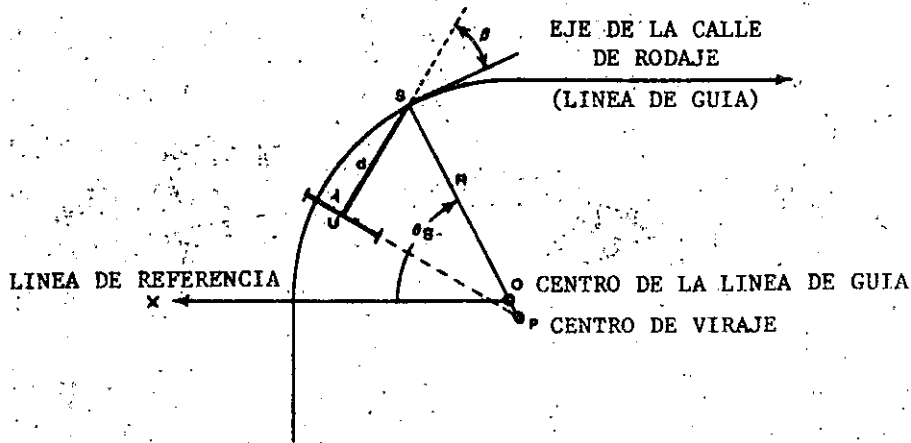


B. Expresiones - Aeronave con tren de aterrizaje principal de cuatro patas

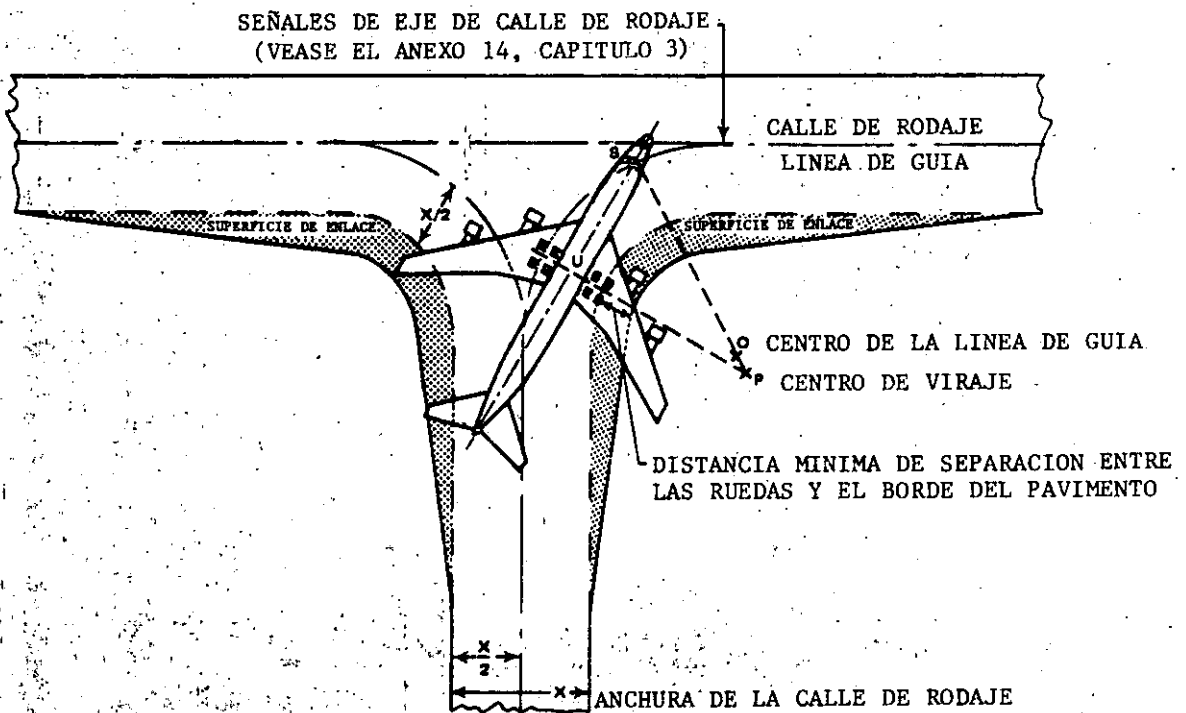


C. Símbolos

Figura Al-1. Expresiones y símbolos relativos a la aeronave



A - Símbolos



Nota.- La figura indica:

- a) la ubicación del eje de la calle de rodaje;
- b) dos superficies de enlace incluyendo cada una de ellas un arco de círculo y las tangentes;
- c) el puesto de pilotaje del avión siguiendo el eje de la calle de rodaje.

B - Expresiones

Figura Al-2. Expresiones y símbolos relativos al proyecto de calles de rodaje y superficies de enlace

2. Determinación de la trayectoria seguida por el tren de aterrizaje principal de una aeronave en rodaje

2.1 Determinación de la trayectoria por medio del cálculo

2.1.1 Generalidades

2.1.1.1 En general, la unión o intersección de calles de rodaje con pistas, plataformas y otras calles de rodaje se logra por medio de un arco de círculo (Figura A1-2B). Por lo tanto, los cálculos que siguen se limitan a soluciones basadas en esta suposición. No obstante, los cálculos siguientes son de índole más general que los estrictamente necesarios para el estudio de superficies de enlace, pues se aplica también al movimiento de una aeronave que abandona su posición de estacionamiento en una plataforma o que maniobra en un apartadero de espera.

2.1.2 El punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo

Trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal (U)

2.1.2.1 A causa de la simplificación que representa la suposición anterior, el punto de referencia de la aeronave (S) sigue un arco de círculo con centro en O y radio R durante el viraje. A efectos de describir el movimiento de una aeronave en rodaje, es necesario disponer de un sistema de coordenadas de referencia. Sea OX la línea de referencia, ρ y θ_U las coordenadas polares de U (véase la Figura A1-3). Durante el movimiento, la línea recta U S permanece tangente a la trayectoria del punto U en U. Esta condición da origen a la ecuación diferencial de la trayectoria seguida por U:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\rho \cdot (d\theta_U)}{(d\rho)} \quad (1)$$

ρ puede expresarse como una función de d , R y α de la manera siguiente:

$$\rho = d \cdot \cos \alpha \pm \sqrt{(d^2 \cdot \cos^2 \alpha - d^2 + R^2)} \quad (2)$$

Nota. - El signo debe ser positivo (+) si $\alpha > \pi/2$ y negativo (-) si $\alpha < \pi/2$.

Separando las variables, la ecuación diferencial (1) se puede expresar de la manera siguiente:

$$d\theta_U = \frac{d \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{\sqrt{[R^2 + d^2 \cdot (\cos^2 \alpha - 1)]}} \cdot (d\alpha) \quad (3)$$

Integrando la fórmula (3) se obtiene una relación biunívoca entre θ_U y α en las condiciones iniciales dadas.

$$\theta_U - \theta_0 = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{\sqrt{[(\frac{R^2}{d^2}) + \cos^2 \alpha - 1]}} \cdot (d\alpha) \quad (4)$$

2.1.2.2 Caso particular en que $R = d$: La integración resulta fácil solamente en el caso particular en que $R = d$ (véase la Figura A1-3B). Efectivamente, si R (radio de curvatura de la línea de guía) es igual a d (la longitud de referencia de la aeronave):

$$\theta_U - \theta_S = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} \cdot (d\alpha) = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot (d\alpha) = \left[\operatorname{tg} \alpha - \alpha \right]_{\alpha_0}^{\alpha}$$

y suponiendo las condiciones iniciales $\theta_0 = 0$, $\alpha_0 = 0$ y $\rho_0 = 2d$

$$\theta_U = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \quad (5)$$

en la que los ángulos se expresan en radianes. El ángulo polar del punto de referencia S es entonces:

$$\theta_S = \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

El ángulo de guía correspondiente es:

$$\beta = 2\alpha - \pi/2 \quad (7)$$

y la desviación del tren de aterrizaje puede calcularse por medio de la fórmula:

$$\lambda = d \cdot (2 \cos \alpha - 1) \quad (8)$$

Las curvas para este caso particular se muestran en la Figura A-4. Su empleo se explica en 2.2.

2.1.2.3 Caso general en que $R \neq d$. Si R no es igual a d, la ecuación (4) sólo puede resolverse por medio de una integral elíptica. Dicha solución exige cálculos considerables que no se justifican para el proyecto de una superficie de enlace, aun cuando se disponga de una computadora. El método alternativo que hace uso de una aproximación, el cual se describe en 2.1.2.4, evita cálculos excesivamente trabajosos, proporcionando, no obstante, una superficie de enlace de precisión adecuada.

2.1.2.4 El conocimiento del ángulo de guía (β) en cualquier punto de la trayectoria del punto de referencia (S) de la aeronave permite determinar fácilmente la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal (U) y de ahí obtener la trayectoria del tren de aterrizaje durante el viraje. Supongamos ahora que O sea el centro de la línea de guía y R su radio. Suponiendo que el ángulo de guía (β) permanece sin cambios, el centro instantáneo de rotación de la aeronave en un momento dado es P, y no O. Consecuentemente, durante el corto recorrido, el punto de referencia se habrá apartado de la línea de guía y habrá recorrido un arco que subtende un ángulo pequeño igual a:

$$\frac{R}{d} \operatorname{sen} \beta \cdot (d\theta_S) \quad (9)$$

donde: d es la longitud de referencia de la aeronave;

R y θ_S son las coordenadas polares del punto S, referidas a la línea de referencia OX.

Como una primera aproximación, puede aceptarse que cuando el punto de referencia (S) sigue la línea de guía, la variación del ángulo de guía es:

$$d\beta = \left(1 - \frac{R}{d} \operatorname{sen} \beta\right) \cdot (d\theta_S) \quad (10)$$

Esta condición produce la siguiente relación biunívoca entre θ_S y β en las condiciones iniciales dadas:

$$\theta_S - \theta_0 = \int_{\beta_0}^{\beta} \frac{d}{d - R \operatorname{sen} \beta} \cdot (d\beta) \quad (11)$$

2.1.2.5 La integración de esta ecuación lleva a la suposición de que R/d es igual a X , y a la consideración del caso en que $R > d$, $K = \sqrt{X^2 - 1}$. Resolviendo la ecuación con respecto a $\beta/2$ y aplicando las condiciones iniciales $\theta_0 = 0$, $\beta_0 = 0$, se halla que:

$$\theta_S = \frac{1}{K} \log \frac{1 + (K - X) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 - (K + X) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (12)$$

que expresada en función de los parámetros R y d , da:

$$\theta_S = \frac{d}{\sqrt{R^2 - d^2}} \cdot \log \left[\frac{d + \sqrt{R^2 - d^2} - R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{d - \sqrt{R^2 - d^2} + R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right] \quad (13)$$

en la que θ_S viene expresado en radianes, empleándose logaritmos naturales. Esto permite obtener $\operatorname{tg} \beta/2$ en función de θ_S . Haciendo uso de las notaciones anteriores hallamos:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{1 - e^{K\theta}}{X - K - X \cdot e^{K\theta} - K \cdot e^{K\theta}}, \quad \text{suponiendo que } R > d. \quad (14)$$

Desviación del centro del tren de aterrizaje principal (λ)

2.1.2.6 En la plataforma, dependiendo de las condiciones iniciales, la desviación de U puede ser interior o exterior con respecto a la línea de guía seguida por S (véase la Figura Al-5). En una pista o calle de rodaje, cuando el punto de referencia (S) de la aeronave entra en el viraje, la desviación inicial del centro del tren de aterrizaje principal es hacia afuera del arco de círculo, y durante el viraje tiende gradualmente a adentrarse en la curva. Por lo tanto, en todo momento (véase la Figura Al-3):

$$\widehat{USO} = \frac{\pi}{2} \pm \beta; \quad y \quad (R + \lambda)^2 = R^2 + d^2 - 2 d \cdot R \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \pm \beta \right) \quad (15)$$

Las soluciones de esta ecuación producen los siguientes valores de desviación:

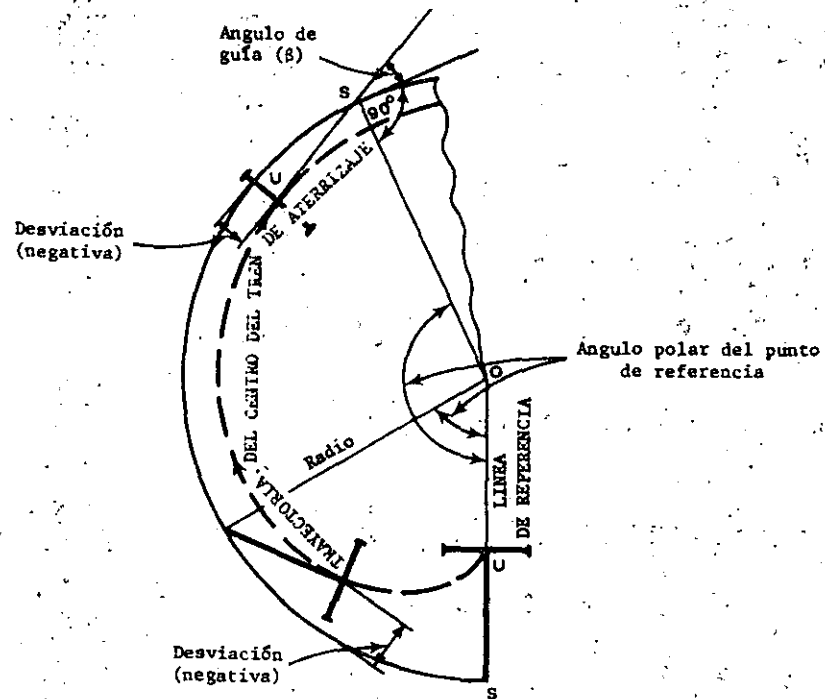
dentro del arco $\lambda = \sqrt{R^2 + d^2 - 2dR \operatorname{sen} \beta} - R; \quad y$

fuera del arco $\lambda = \sqrt{R^2 + d^2 + 2dR \operatorname{sen} \beta} - R; \quad o$

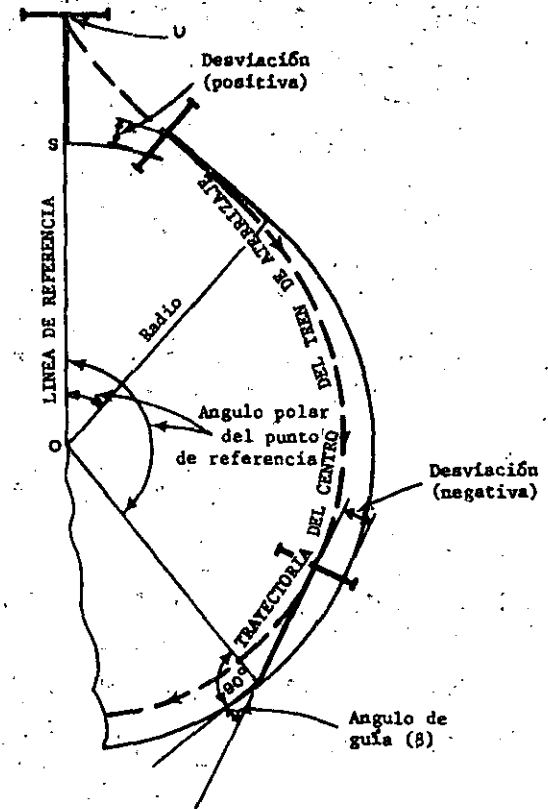
si el valor de desviación se expresa como porcentaje de la longitud de referencia de la aeronave:

$$\frac{\lambda}{d} = \sqrt{1 + X^2 \pm 2X \operatorname{sen} \beta} - X \quad (16)$$

en la que debe usarse el signo positivo en el caso de desviación por fuera del arco de círculo, y el signo negativo en el caso de desviación interior con respecto al arco de círculo.



A. Desviación inicial dentro de la línea de guía



B. Desviación inicial fuera de la línea de guía

Figura A1-5. Desviación del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia sigue un arco de círculo

2.1.3 El punto de referencia de la aeronave (S) sigue una línea recta

Trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal (U)

2.1.3.1 Una vez recorrida la curva, el punto de referencia (S) sigue una trayectoria recta a lo largo del eje de la calle de rodaje. El ángulo de guía se reduce progresivamente y el centro del tren de aterrizaje principal describe una tractriz (véase la Figura Al-6). Como resultado, la fórmula

$$\log \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \log \operatorname{tg} \frac{\beta_{\max}}{2} - \frac{F}{d} \quad (17)$$

permite calcular el ángulo de guía cuando el punto de referencia (S) ha recorrido una distancia F, a lo largo de la porción recta del eje de la calle de rodaje.

Desviación del centro del tren de aterrizaje principal (λ)

2.1.3.2 Cuando el punto de referencia (S) ha cubierto la distancia F a lo largo de un tramo recto de la línea de guía (véase la Figura Al-6) el ángulo de guía (β) ha alcanzado el valor calculado en 2.1.3.1 y la desviación del centro del tren de aterrizaje principal (U) viene dada por la siguiente fórmula:

$$\frac{\lambda}{d} = \operatorname{sen} \beta \quad (18)$$

2.1.4 Resultados de los cálculos anteriores

Las ecuaciones establecidas más arriba permiten hallar la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal de una aeronave durante un viraje. Además, permite trazar gráficos similares a los que se presentan en las Figuras Al-7, Al-9, Al-11, Al-14, Al-15, Al-16 y Al-17. En 3 se indica el empleo de estos gráficos como ayuda para el proyecto de superficies de enlace.

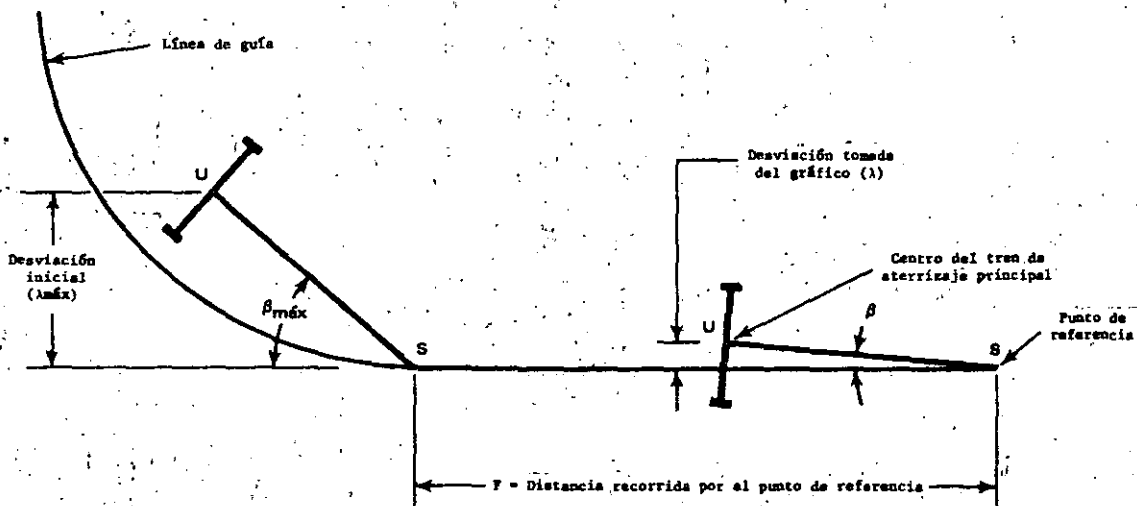


Figura Al-6. Desviación del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia sigue una línea recta

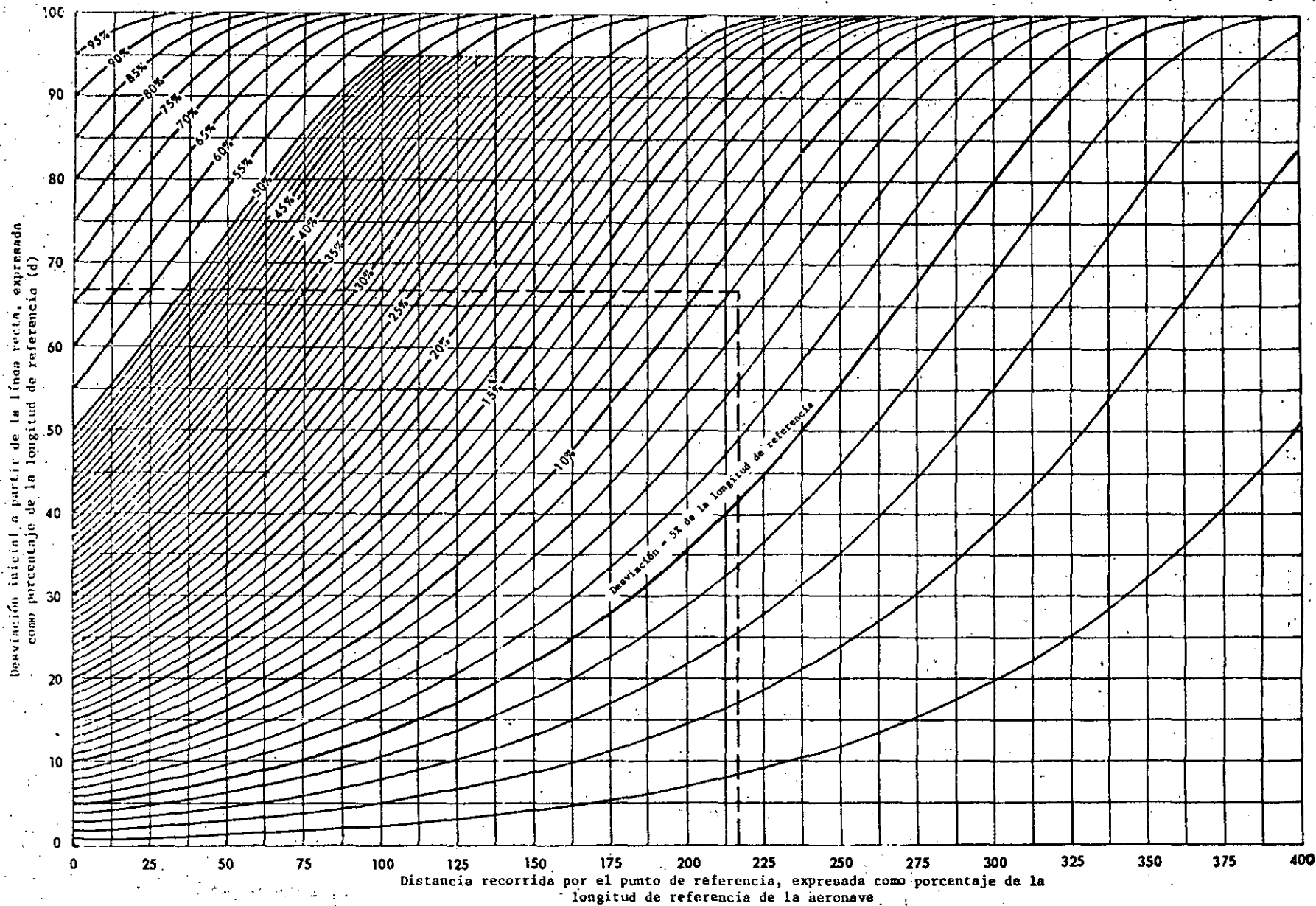


Figura A1-7. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia (S) recorre una línea recta

2.2 Determinación de la trayectoria con ayuda de gráficos

2.2.1 Generalidades

2.2.1.1 Este método¹ entraña la determinación de varias posiciones sucesivas de la aeronave empleando los siguientes parámetros:

β = ángulo de guía; y

λ' = desviación del tren de aterrizaje principal

y el trazado de la trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal, punto por punto, durante la maniobra de la aeronave. El gráfico obtenido debe comprobarse, a efectos de verificar que el ángulo de viraje permanece dentro de los límites permisibles de deflexión de la rueda de proa de la aeronave en cuestión durante el viraje.

2.2.2 El punto de referencia (S) sigue una línea recta

Trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal (U)

2.2.2.1 La Figura Al-7 da la desviación del centro del tren de aterrizaje principal con respecto a una línea recta, conociendo la desviación inicial y la distancia recorrida a lo largo de dicha línea por el punto de referencia.

EJEMPLO:

Una aeronave con una longitud de referencia de 18 m sigue una línea recta en una distancia de 40 m, tal como se indica en la Figura Al-8.

Fase 1. Mídase la desviación inicial según se indica. Desviación inicial = 12 m = 66,7% de la longitud de referencia.

Fase 2. La distancia de 40 m recorrida por el punto de referencia es el 216,7% de la longitud de referencia.

Fase 3. La desviación del centro del tren de aterrizaje principal después de que el punto de referencia se ha desplazado por la línea recta, es 8,75% de la longitud de referencia, según se indica en la Figura Al-7. La desviación en esta posición es de 1,60 m.

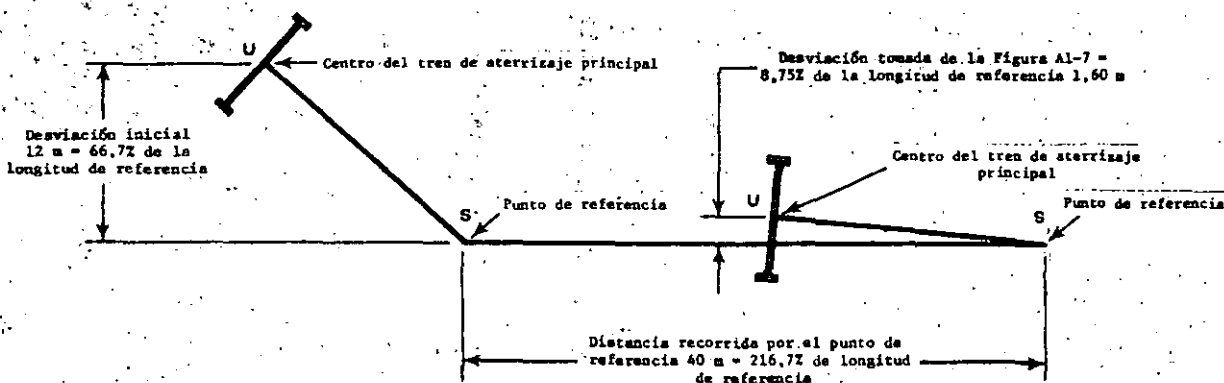


Figura Al-8. Ejemplo de desviación del centro del tren de aterrizaje principal (U) cuando el punto de referencia sigue una línea recta

1. Los gráficos de las Figuras Al-7, Al-9, y la Tabla Al-1 fueron preparados por Australia. Los gráficos pueden aplicarse también a una aeronave que maniobra en un apartadero de espera o que abandona un punto de aeronave.

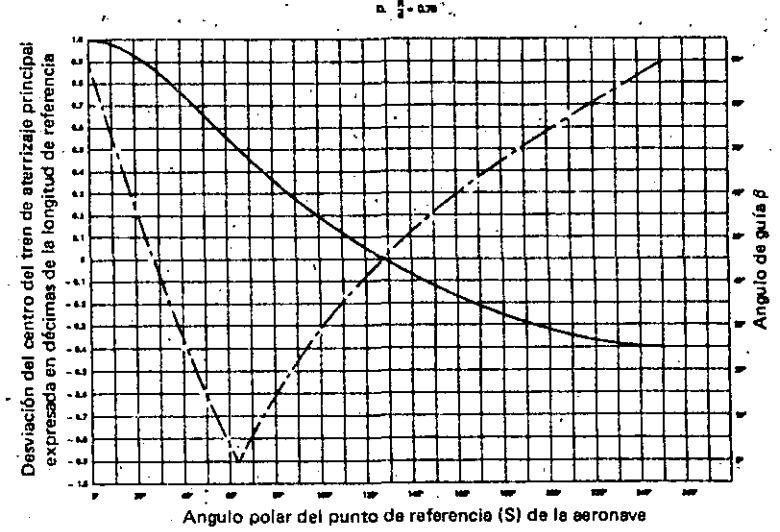
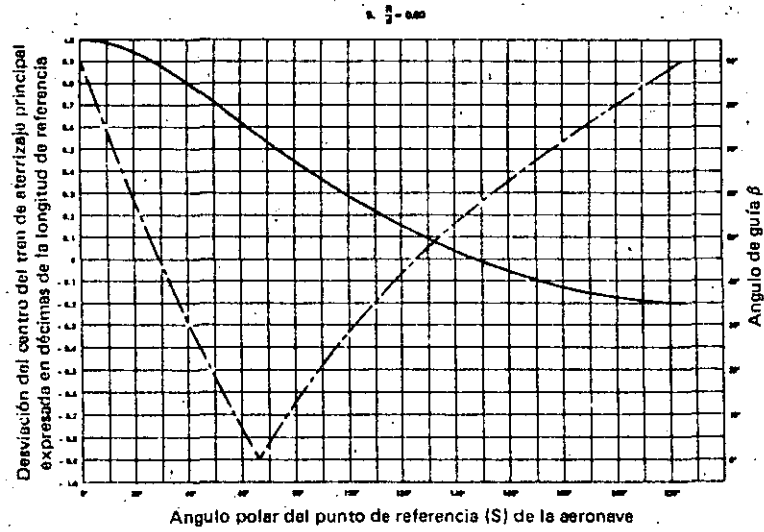
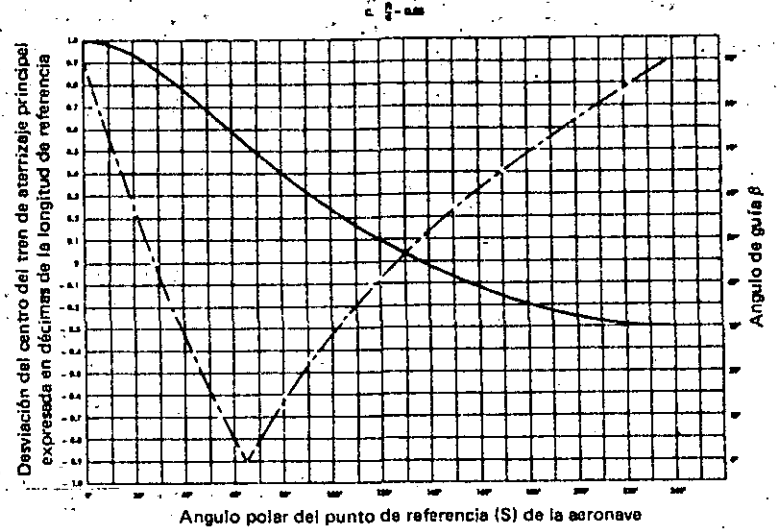
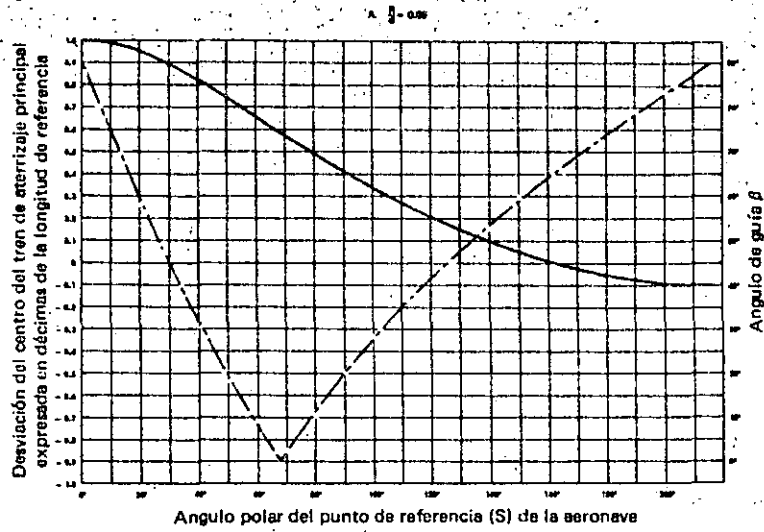


Figura A1-9: Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo

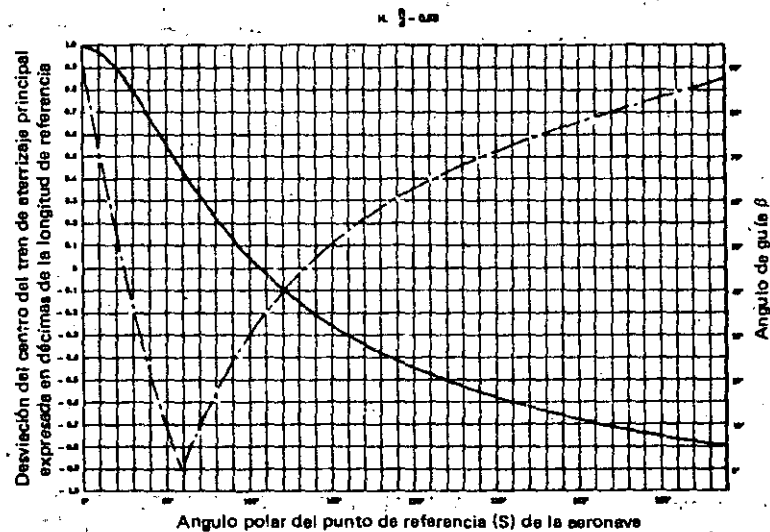
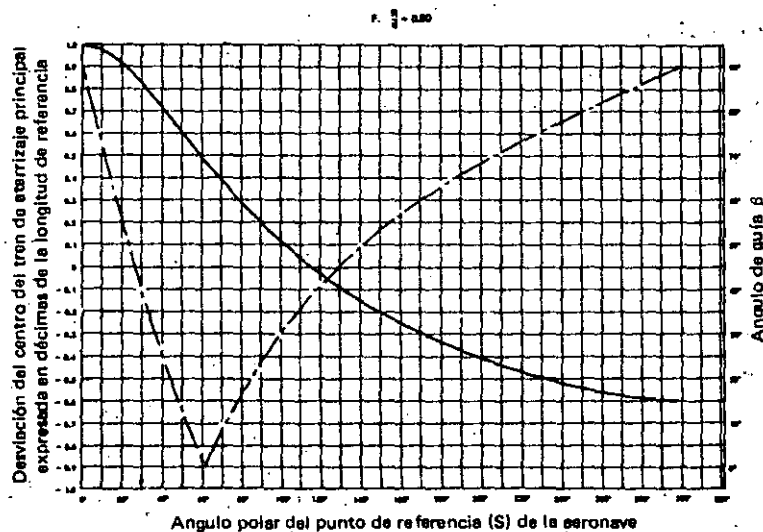
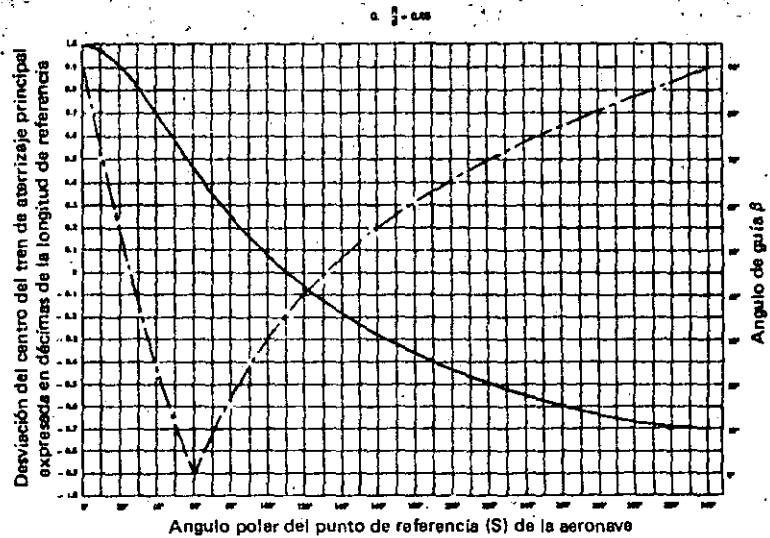
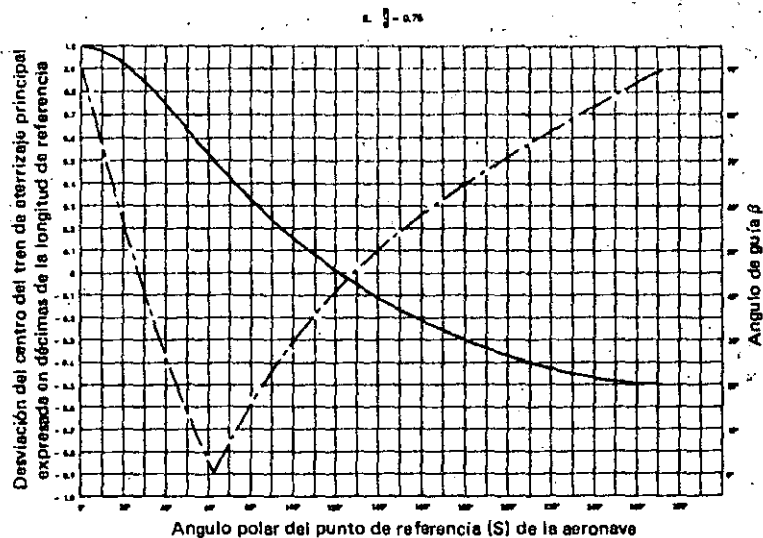


Figura A1-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

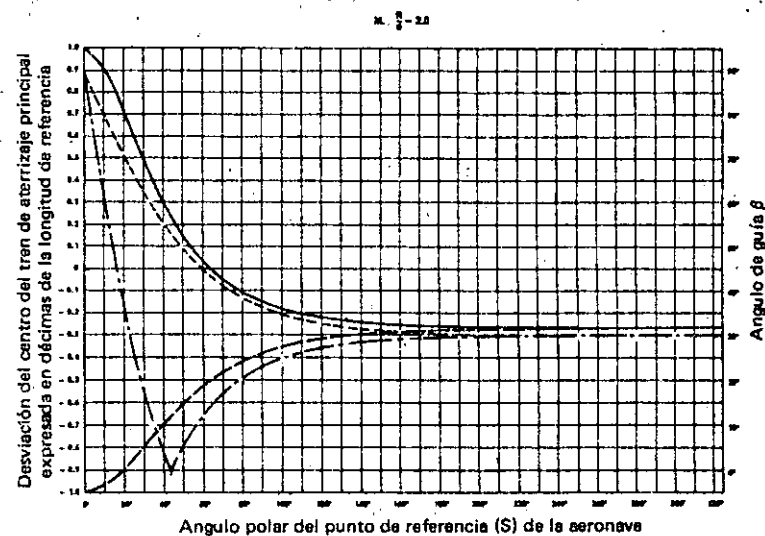
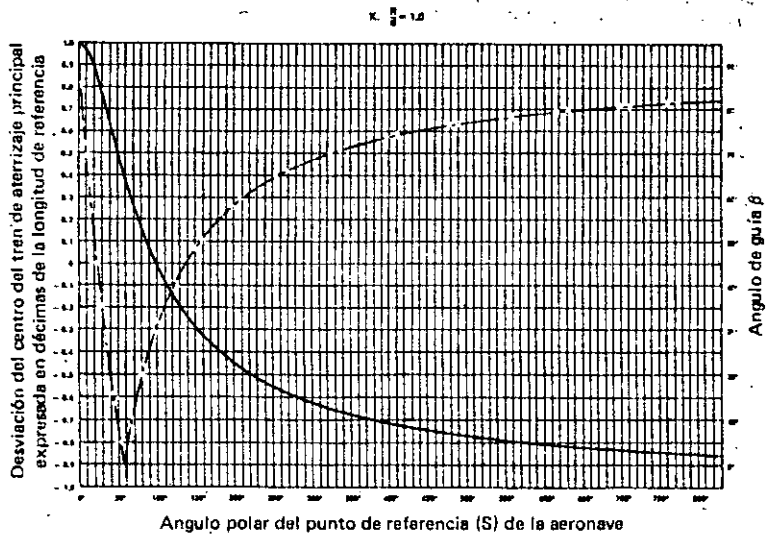
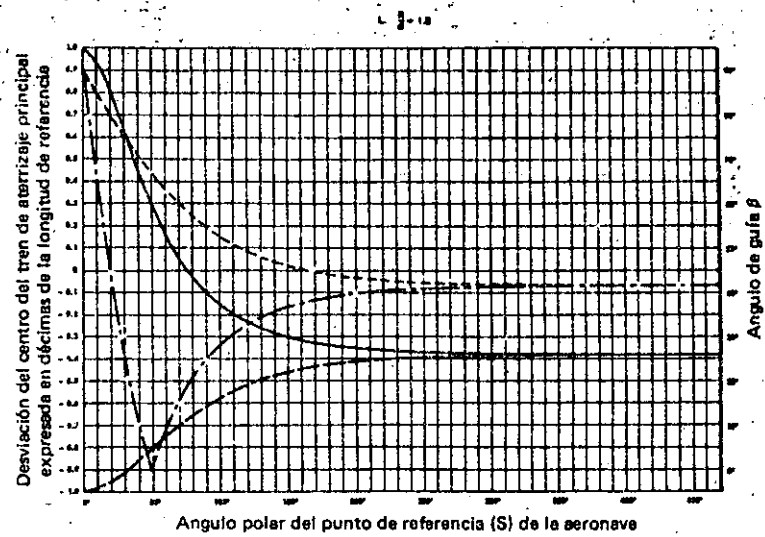
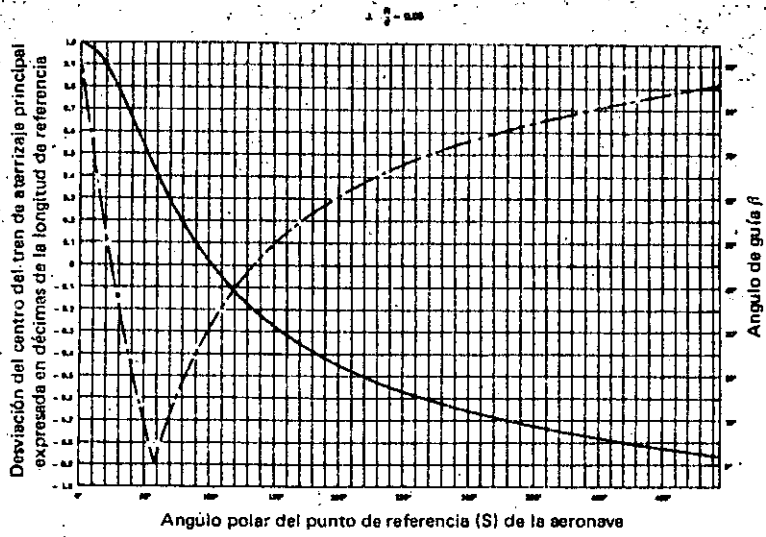


Figura A1-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

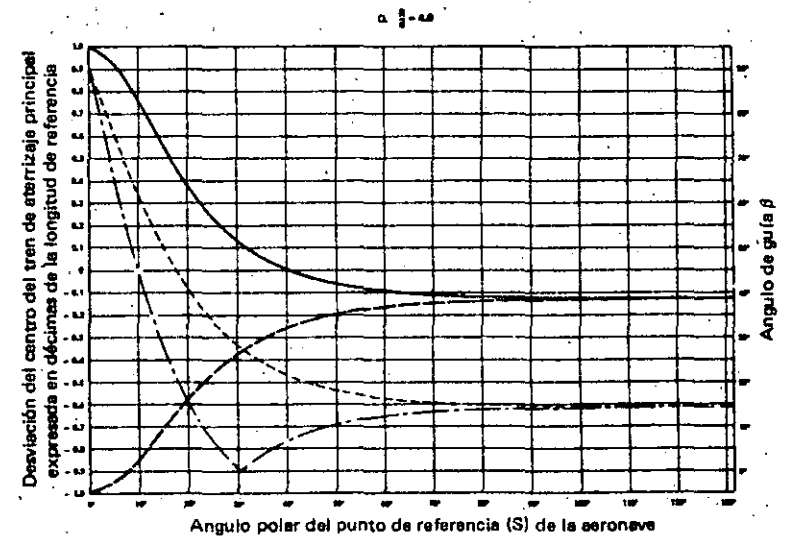
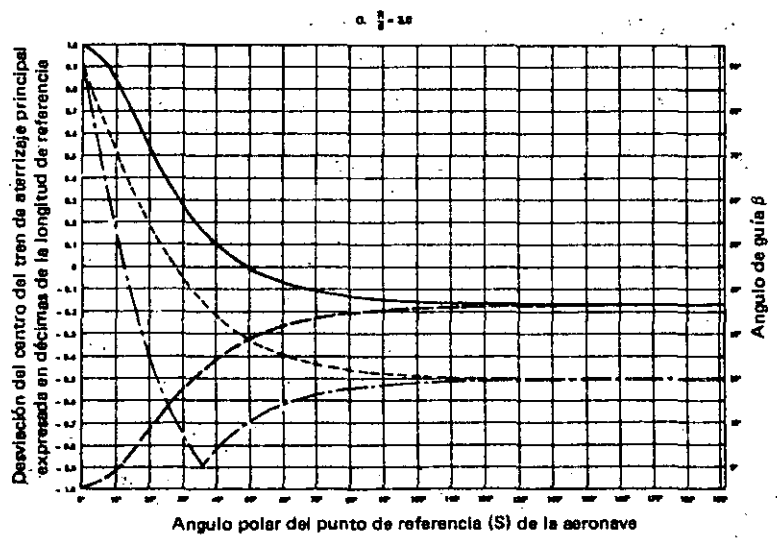
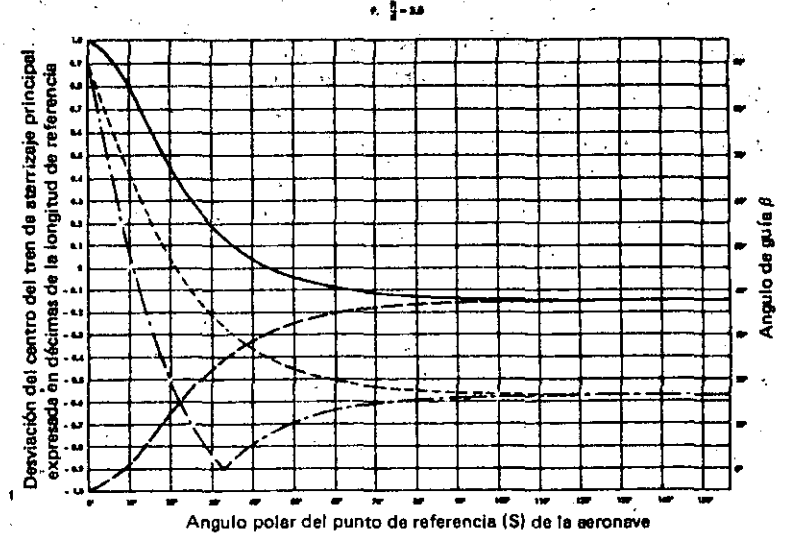
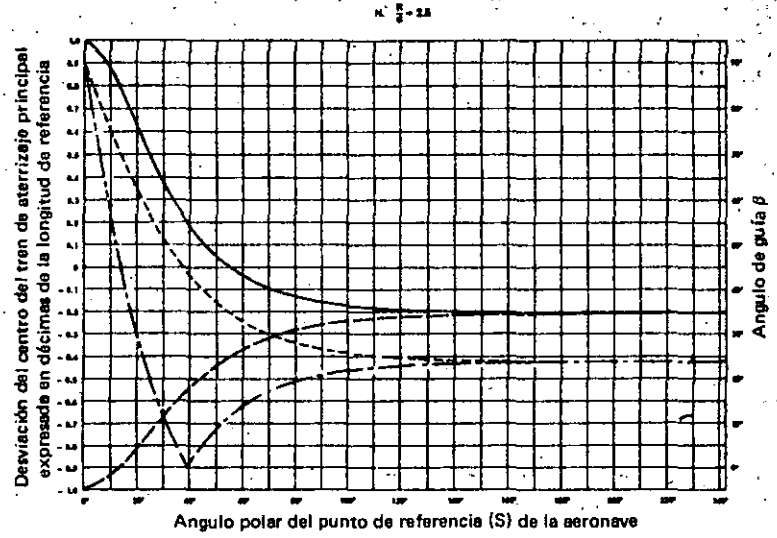


Figura A1-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

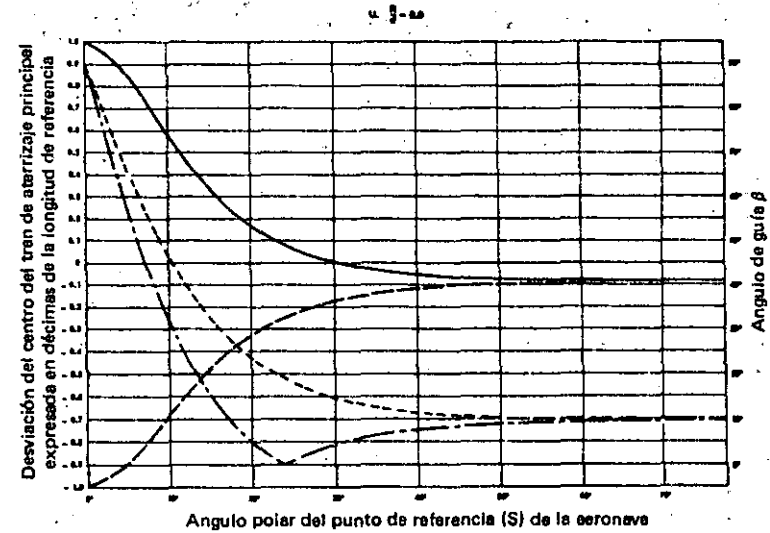
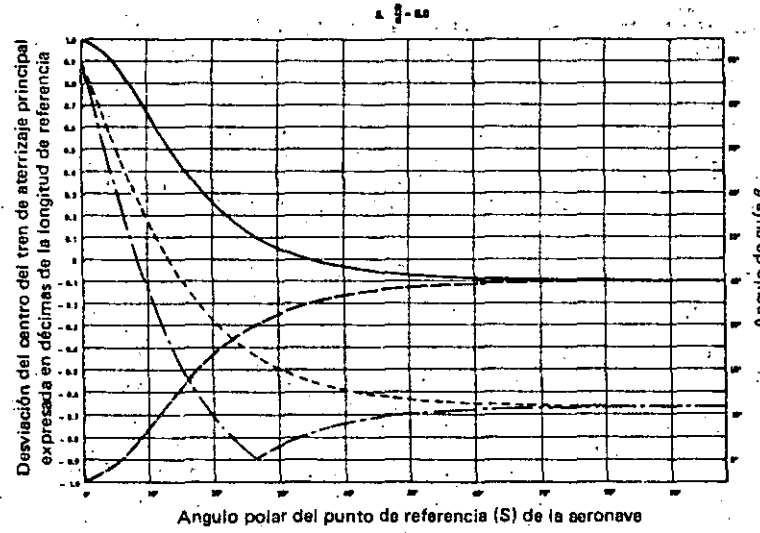
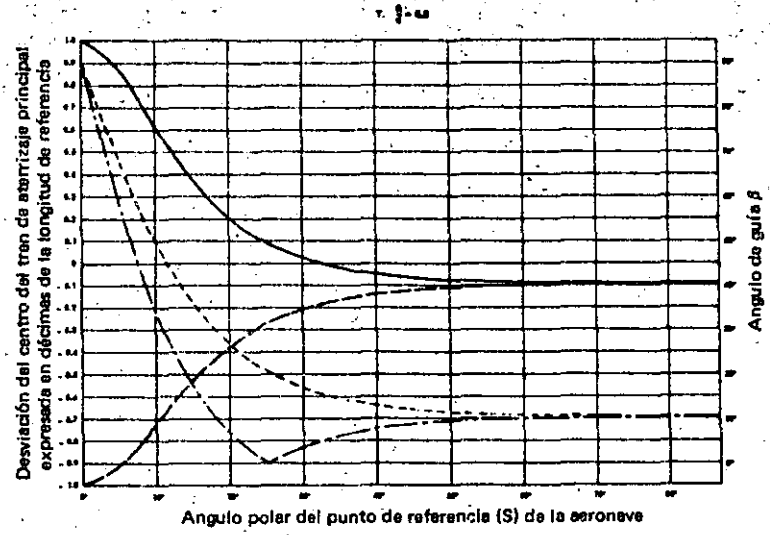
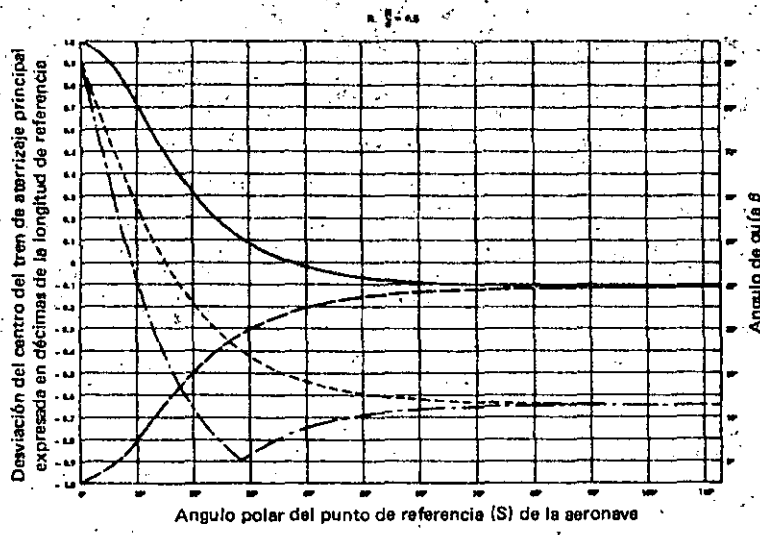


Figura A1-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

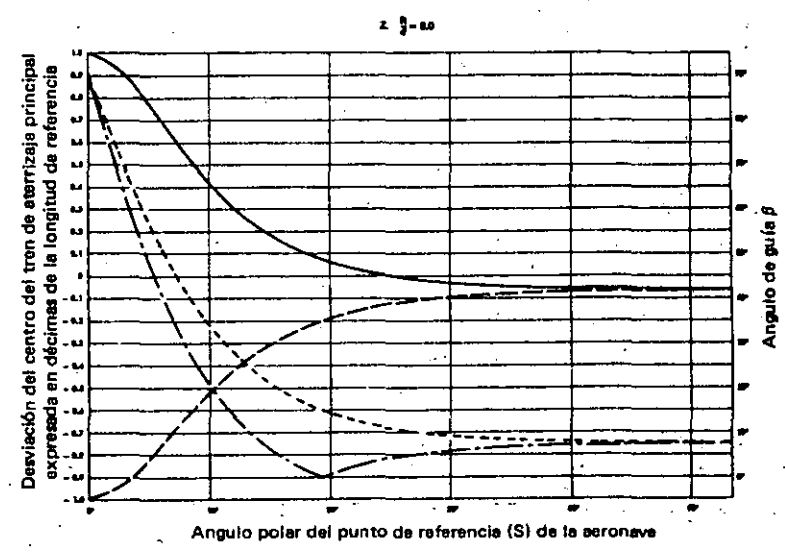
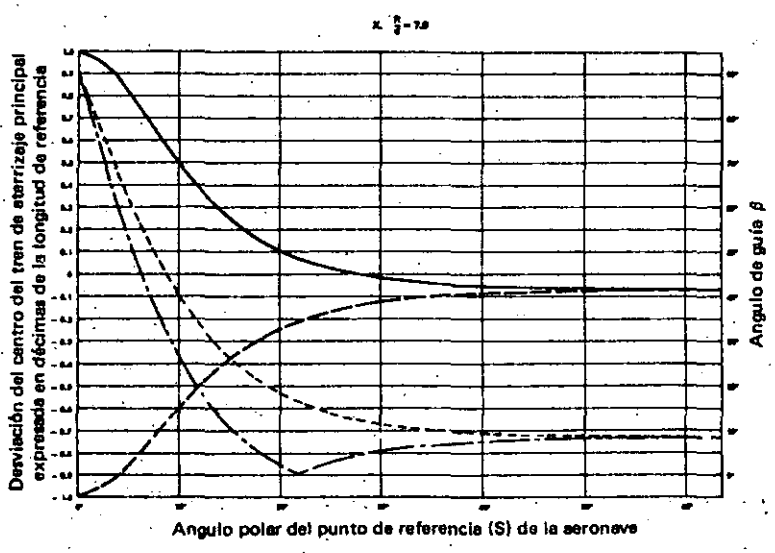
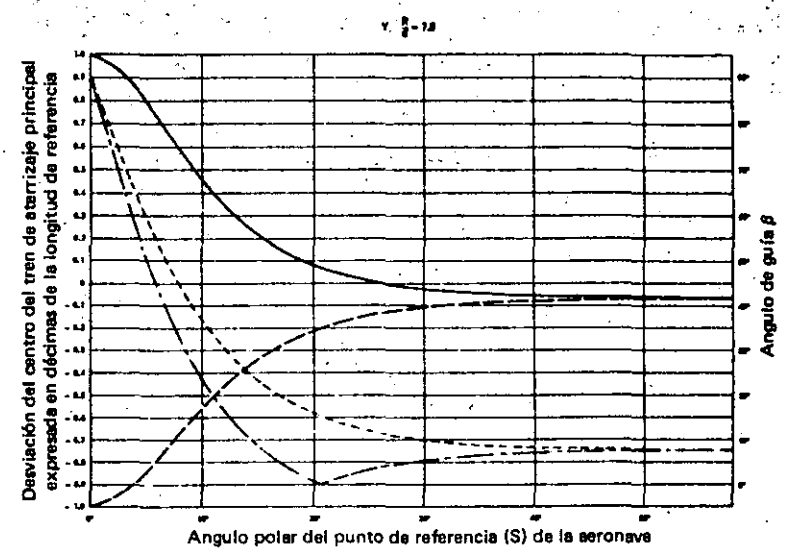
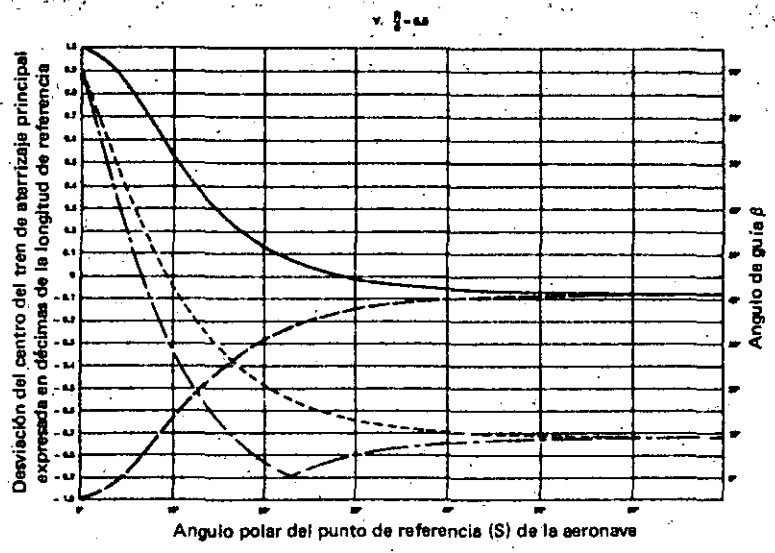


Figura Al-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

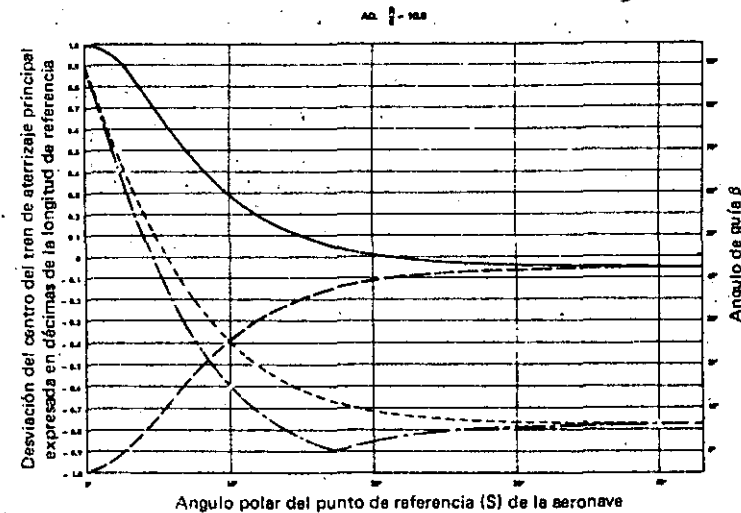
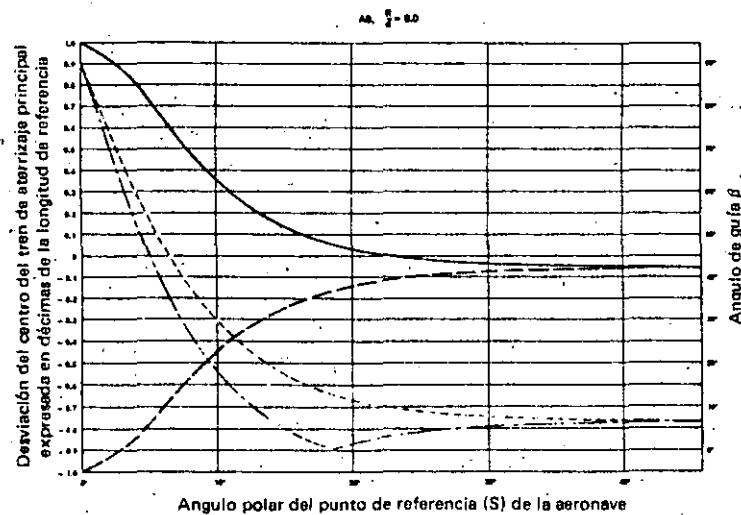
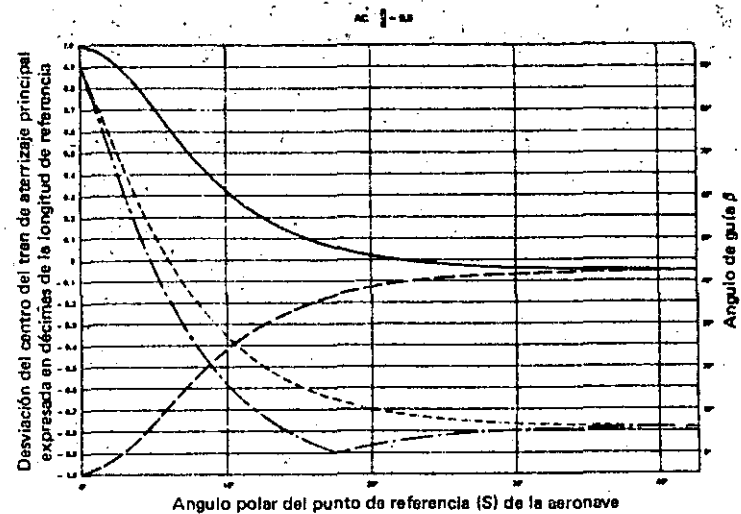
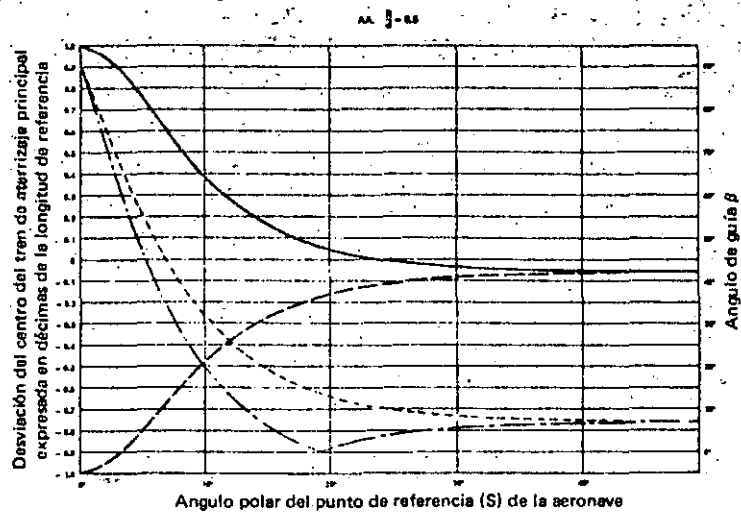


Figura A1-9. Angulo de guía (β) y desviación (λ) del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia de la aeronave sigue un arco de círculo (Cont.)

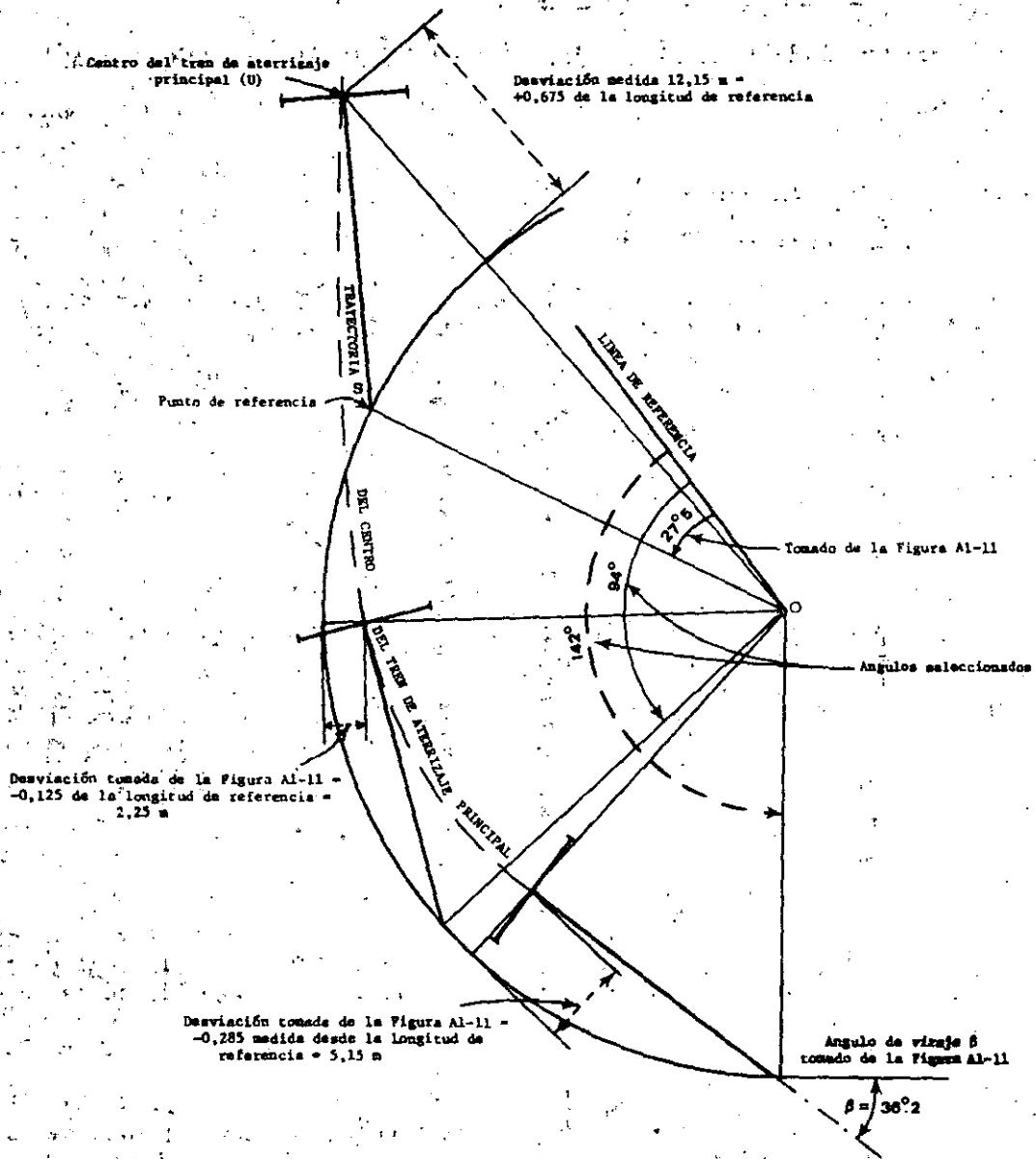


Figura A1-10. Ejemplo de trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal cuando el punto de referencia sigue un arco de círculo

2.2.3 El punto de referencia (S) sigue un arco de círculo

Trayectoria seguida por el centro del tren de aterrizaje principal (U)

2.2.3.1 Los gráficos de la Figura A1-9 se han dibujado para valores seleccionados de la relación:

$$\frac{\text{Radio del arco de círculo}}{\text{Longitud de referencia de la aeronave}} = \frac{R}{d}$$

Los gráficos están preparados para valores de R/d que varían entre 0,5 y 10,0. Estos valores están indicados encima de cada gráfico, que muestra:

- a) la desviación del centro del tren de aterrizaje principal;
- b) el ángulo de guía (línea de puntos)

como función de los valores que adquiere el ángulo polar del punto de referencia de la aeronave.

EJEMPLO:

Una aeronave con una longitud de referencia de 18 m sigue un arco de círculo de 27 m de radio, tal como se indica en la Figura A1-10.

Fase 1. Mídase la desviación del centro del tren de aterrizaje principal en el lugar en que el punto de referencia comienza a trasladarse alrededor de la curva.

Desviación = 12,15 m = +0,675 de la longitud de referencia.

Fase 2. Calcúlese $\frac{R}{d} = \frac{27}{18} = 1,5$

Fase 3. En la Figura A1-11, léase para R/d = 1,5 el ángulo polar del punto de referencia correspondiente a la desviación obtenida en la fase 1.

Desviación = +0,675. Ángulo polar del punto de referencia = 27,5°.

Fase 4. Utilizando el ángulo polar del punto de referencia que se ha obtenido en la fase 3, trácese la línea de referencia tal como se indica en el diagrama.

Fase 5. Elíjanse ángulos polares convenientes del punto de referencia, tal como se indica en el diagrama, y léanse las desviaciones correspondientes de los mismos en la Figura A1-11.

Ángulo polar del punto de referencia de la aeronave	Desviación del centro del tren de aterrizaje principal
94°	0,125 de la longitud de referencia = 2,25 m
142°	0,285 de la longitud de referencia = 5,15 m

Fase 6. A base de las desviaciones obtenidas en la fase 5, trácese la posición del centro del tren de aterrizaje principal tal como se indica en el diagrama.

Desviación del tren de aterrizaje principal expresada en décimas de la longitud de referencia

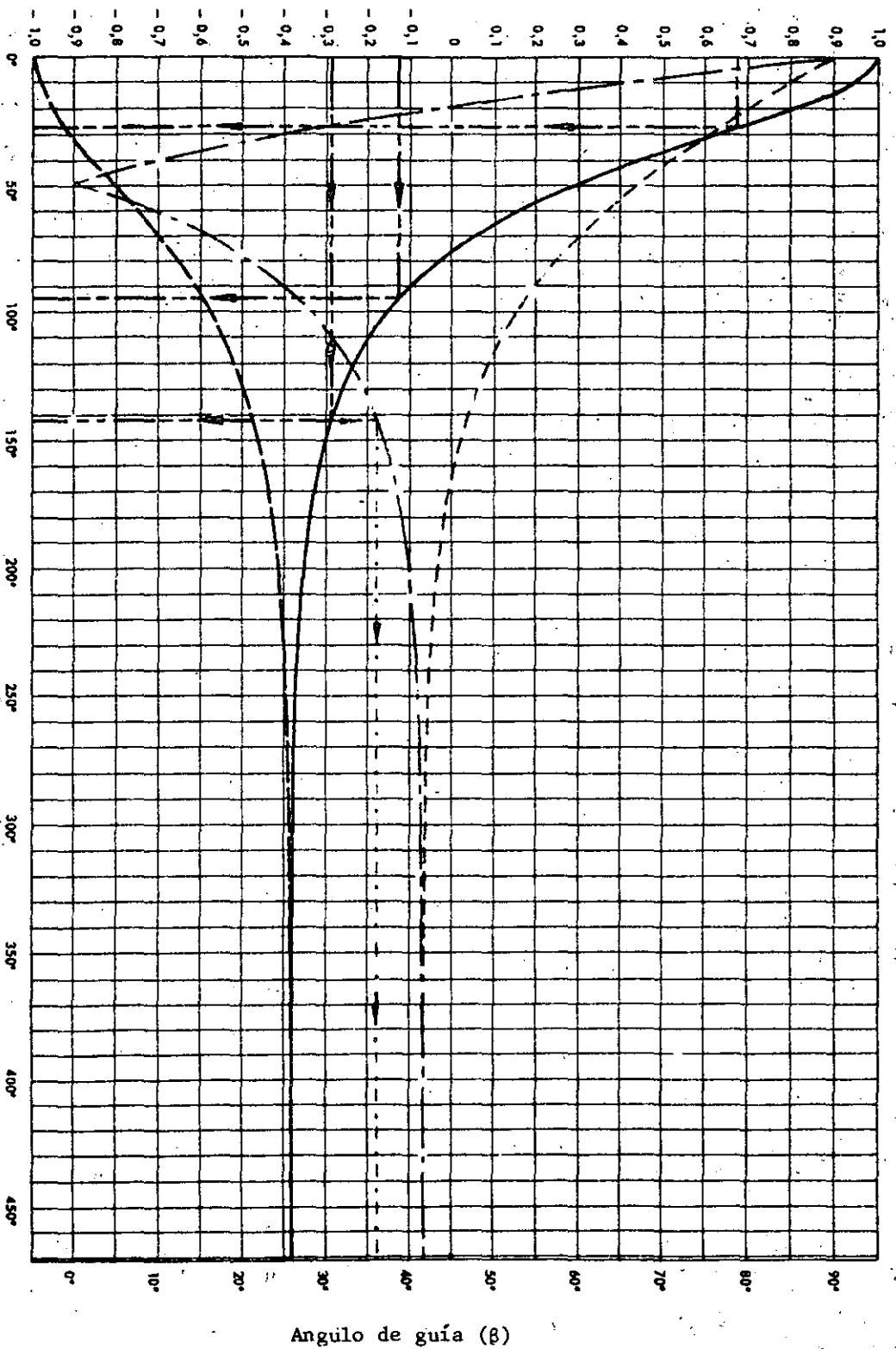


Figura A1-11. Angulo polar del punto de referencia de la aeronave (S)

Fase 7. Leyendo los valores que figuran en las líneas de puntos de los gráficos, pueden obtenerse los ángulos de guía correspondientes a cualquier ángulo polar seleccionado del punto de referencia.

por ejemplo: Angulo polar del punto de referencia = 142°

Angulo de guía = $36,2^{\circ}$

Nota.- En los gráficos, una línea de puntos para el ángulo de guía corresponde a una línea continua que representa la desviación del tren de aterrizaje principal. Cuando la desviación del tren de aterrizaje principal se indica con una línea de puntos y trazos, se debe leer el ángulo de guía en la línea de puntos y trazos correspondiente.

Ángulos de guía de la rueda de proa (8)

2.2.3.2. Conociendo la relación X entre la longitud de referencia y la base de las ruedas de la aeronave, (distancia entre la rueda de proa y el eje teórico que pasa por el tren de aterrizaje principal) pueden obtenerse en la Tabla Al-1 los ángulos de guía de la rueda de proa correspondientes a cualquier ángulo de guía dado.

EJEMPLO:

Una aeronave con una longitud de referencia de 55 m y una base de ruedas de 36,6 m después de recorrer un arco de círculo, desarrolla un ángulo de guía de $77,778^{\circ}$.

Fase 1. Calcúlese el valor de la relación "X".

$$X = \frac{55}{36,6} = 1,5$$

Fase 2. En la Tabla Al-1, búsquese la columna correspondiente a $X = 1,5$.

Fase 3. Léase en la Tabla Al-1 el ángulo de guía de la rueda de proa correspondiente al ángulo de guía de $77,778^{\circ}$, es decir, el ángulo de guía de la rueda de proa es de 72° .

Fase 4. Debe comprobarse entonces que no se ha excedido el ángulo máximo de guía de la rueda de proa de la aeronave. Si hubiese excedido, dicho ángulo, debería tomarse un valor superior para el radio de la línea de guía (aplicando el proceso que se describe, en 3.2.4 para el caso de que $R < d$), y así la superficie de enlace resultará mayor, aunque en algunos casos sería preferible proyectar de nuevo la calle de rodaje, empleando un radio mayor para la curva del eje de la misma.

3. Proyecto de superficies de enlace²

3.1 Método gráfico

3.1.1 El método más fácil consiste en determinar la superficie de enlace directamente sobre el plano. La única precaución que conviene tomar es que la escala que se elija sea lo suficientemente grande, a fin de que la precisión del dibujo corresponda a la del replanteo subsiguiente. Este plano puede trazarse en etapas sucesivas, tal como se describe a continuación:

- a) trazado de los ejes de las calles de rodaje (o pistas) que han de conectarse;
- b) trazado de los bordes de las calles de rodaje y/o pistas que deben figurar en el plano;

² Los gráficos contenidos en esta Sección han sido preparados por el Reino Unido.

Tabla Al-1. Relación entre ángulo de guía y ángulo de guía de la rueda de proa

Angulo de guía de la rueda de proa (°)	X=1,0	X=1,1	X=1,2	X=1,3	X=1,4	X=1,5	X=1,6	X=1,7	X=1,8	X=1,9	X=2,0
0,5	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950	1,000
1,0	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	1,899	1,999
1,5	1,500	1,650	1,800	1,950	2,100	2,249	2,399	2,549	2,699	2,848	2,998
2,0	2,000	2,200	2,400	2,599	2,799	2,998	3,198	3,397	3,597	3,796	3,995
2,5	2,500	2,750	2,999	3,249	3,498	3,747	3,996	4,245	4,494	4,742	4,991
3,0	3,000	3,299	3,599	3,898	4,196	4,495	4,793	5,091	5,389	5,686	5,984
3,5	3,500	3,849	4,198	4,546	4,894	5,242	5,589	5,936	6,283	6,629	6,974
4,0	4,000	4,399	4,797	5,194	5,591	5,988	6,384	6,779	7,174	7,568	7,961
4,5	4,500	4,948	5,395	5,842	6,288	6,733	7,177	7,621	8,063	8,505	8,945
5,0	5,000	5,497	5,993	6,489	6,983	7,476	7,969	8,460	8,949	9,438	9,925
5,5	5,500	6,046	6,591	7,135	7,677	8,219	8,758	9,296	9,833	10,368	10,900
6,0	6,000	6,595	7,188	7,780	8,371	8,959	9,546	10,131	10,713	11,293	11,871
6,5	6,500	7,144	7,785	8,425	9,063	9,698	10,331	10,962	11,590	12,215	12,837
7,0	7,000	7,692	8,382	9,069	9,754	10,436	11,115	11,790	12,463	13,132	13,797
7,5	7,500	8,240	8,978	9,712	10,443	11,171	11,895	12,615	13,332	14,044	14,751
8,0	8,000	8,788	9,573	10,354	11,131	11,904	12,673	13,437	14,196	14,951	15,700
8,5	8,500	9,336	10,167	10,995	11,818	12,635	13,448	14,255	15,057	15,852	16,642
9,0	9,000	9,883	10,761	11,635	12,502	13,364	14,220	15,070	15,912	16,748	17,577
9,5	9,500	10,430	11,355	12,273	13,185	14,091	14,989	15,880	16,763	17,638	18,505
10,0	10,000	10,977	11,947	12,911	13,867	14,815	15,755	16,686	17,609	18,522	19,425
10,5	10,500	11,523	12,539	13,547	14,546	15,536	16,517	17,488	18,449	19,399	20,339
11,0	11,000	12,069	13,130	14,181	15,223	16,255	17,276	18,286	19,284	20,270	21,244
11,5	11,500	12,615	13,720	14,815	15,899	16,971	18,031	19,079	20,113	21,134	22,142
12,0	12,000	13,160	14,309	15,447	16,572	17,684	18,783	19,867	20,937	21,992	23,031
12,5	12,500	13,705	14,898	16,077	17,243	18,394	19,530	20,650	21,754	22,842	23,912
13,0	13,000	14,249	15,485	16,706	17,912	19,101	20,274	21,429	22,566	23,685	24,784
13,5	13,500	14,793	16,071	17,333	18,578	19,805	21,013	22,202	23,371	24,520	25,648
14,0	14,000	15,337	16,657	17,959	19,242	20,505	21,748	22,970	24,170	25,348	26,503
14,5	14,500	15,880	17,241	18,583	19,904	21,203	22,479	23,733	24,963	26,168	27,350
15,0	15,000	16,423	17,825	19,205	20,563	21,896	23,206	24,490	25,748	26,981	28,187
15,5	15,500	16,965	18,407	19,825	21,219	22,587	23,928	25,242	26,528	27,785	29,015
16,0	16,000	17,506	19,988	20,444	21,873	23,273	24,645	25,988	27,300	28,582	29,834
16,5	16,500	18,047	19,568	21,061	22,524	23,957	25,358	26,728	28,066	29,371	30,644
17,0	17,000	18,588	20,147	21,675	23,172	24,636	26,066	27,463	28,825	30,152	31,444
17,5	17,500	19,128	20,725	22,288	23,818	25,312	26,770	28,192	29,577	30,924	32,235
18,0	18,000	19,667	21,301	22,899	24,460	25,984	27,469	28,915	30,321	31,689	33,017
18,5	18,500	20,206	21,876	23,508	25,100	26,652	28,162	29,632	31,059	32,445	33,790
19,0	19,000	20,745	22,450	24,115	25,737	27,316	28,851	30,343	31,790	33,194	34,553
19,5	19,500	21,282	23,023	24,719	26,371	27,976	29,535	31,048	32,514	33,934	35,308
20,0	20,000	21,820	23,594	25,322	27,001	28,633	30,214	31,747	33,231	34,666	36,052
20,5	20,500	22,356	24,164	25,922	27,629	29,285	30,889	32,440	33,940	35,389	36,788
21,0	21,000	22,892	24,733	26,520	28,254	29,933	31,558	33,127	34,643	36,105	37,514
21,5	21,500	23,427	25,300	27,116	28,876	30,577	32,221	33,808	35,338	36,812	38,232
22,0	22,000	23,962	25,866	27,710	29,494	31,218	32,880	34,483	36,026	37,512	38,940
22,5	22,500	24,496	26,430	28,301	30,109	31,854	33,534	35,152	36,708	38,203	39,639
23,0	23,000	25,029	26,993	28,891	30,722	32,485	34,183	35,814	37,382	38,886	40,330
23,5	23,500	25,561	27,554	29,478	31,330	33,113	34,826	36,471	38,049	39,562	41,011
24,0	24,000	26,093	28,114	30,062	31,936	33,737	35,465	37,122	38,709	40,229	41,684
24,5	24,500	26,625	28,673	30,644	32,539	34,356	36,098	37,766	39,362	40,889	42,348
25,0	25,000	27,155	29,230	31,224	33,138	34,971	36,726	38,405	40,009	41,540	43,003
25,5	25,500	27,685	29,786	31,802	33,734	35,582	37,349	39,037	40,648	42,185	43,650
26,0	26,000	28,214	30,340	32,377	34,326	36,189	37,967	39,664	41,281	42,821	44,288
26,5	26,500	28,742	30,892	32,950	34,916	36,792	38,580	40,284	41,906	43,450	44,919
27,0	27,000	29,270	31,443	33,520	35,502	37,390	39,188	40,899	42,525	44,071	45,541
27,5	27,500	29,796	31,992	34,088	36,084	37,985	39,791	41,508	43,138	44,685	46,155
28,0	28,000	30,323	32,540	34,653	36,664	38,575	40,389	42,111	43,744	45,292	46,760
28,5	28,500	30,848	33,086	35,216	37,240	39,161	40,982	42,708	44,343	45,892	47,358
29,0	29,000	31,372	33,631	35,777	37,811	39,742	41,570	43,299	44,936	46,484	47,949
29,5	29,500	31,896	34,174	36,335	38,382	40,370	42,153	43,885	45,527	47,069	48,531
30,0	30,000	32,419	34,715	36,890	38,948	40,993	42,731	44,465	46,107	47,648	49,107

Tabla Al-1. Relación entre ángulo de guía y
ángulo de guía de la rueda de proa (Cont.)

Ángulo de guía de la rueda de proa (°)	X=1,0	X=1,1	X=1,2	X=1,3	X=1,4	X=1,5	X=1,6	X=1,7	X=1,8	X=1,9	X=2,0
30,5	30,500	32,941	35,255	37,443	39,511	41,463	43,304	45,039	46,676	48,219	49,674
31,0	31,000	33,463	35,793	37,994	40,071	42,028	43,872	45,608	47,244	48,784	50,235
31,5	31,500	33,983	36,329	38,542	40,627	42,589	44,435	46,172	47,805	49,342	50,788
32,0	32,000	34,503	36,864	39,088	41,180	43,146	44,994	46,730	48,361	49,893	51,334
32,5	32,500	35,022	37,397	39,631	41,730	43,700	45,548	47,282	48,910	50,438	51,874
33,0	33,000	35,540	37,929	40,172	42,276	44,249	46,097	47,810	49,454	50,977	52,406
33,5	33,500	36,057	38,459	40,710	42,819	44,794	46,642	48,372	49,991	51,509	52,932
34,0	34,000	36,574	38,987	41,246	43,359	45,335	47,182	48,908	50,524	52,035	53,451
34,5	34,500	37,090	39,514	41,780	43,896	45,872	47,717	49,440	51,050	52,555	53,964
35,0	35,000	37,604	40,039	42,311	44,430	46,406	48,248	49,967	51,571	53,069	54,470
35,5	35,500	38,119	40,562	42,839	44,960	46,935	48,775	50,488	52,086	53,578	54,971
36,0	36,000	38,632	41,084	43,365	45,467	47,461	49,297	51,005	52,596	54,080	55,465
36,5	36,500	39,144	41,604	43,889	46,011	47,983	49,814	51,517	53,101	54,577	55,953
37,0	37,000	39,656	42,122	44,410	46,532	48,501	50,328	52,024	53,601	55,068	56,435
37,5	37,500	40,166	42,639	44,929	47,050	49,015	50,637	52,526	54,095	55,553	56,911
38,0	38,000	40,676	43,154	45,445	47,565	49,526	51,341	53,024	54,584	56,034	57,382
38,5	38,500	41,185	43,667	45,960	48,077	50,033	51,842	53,517	55,068	56,509	57,847
39,0	39,000	41,693	44,179	46,471	48,585	50,537	52,339	54,005	55,548	56,978	58,307
39,5	39,500	42,201	44,689	46,981	49,091	51,036	52,831	54,489	56,022	57,443	58,761
40,0	40,000	42,707	45,198	47,487	49,594	51,533	53,320	54,968	56,492	57,902	59,210
40,5	40,500	43,213	45,704	47,992	50,094	52,026	53,804	55,443	56,957	58,357	59,654
41,0	41,000	43,719	46,210	48,494	50,590	52,515	54,285	55,914	57,418	58,807	60,093
41,5	41,500	44,222	46,713	48,994	51,084	53,001	54,761	56,381	57,874	59,252	60,527
42,0	42,000	44,725	47,215	49,492	51,575	53,483	55,234	56,843	58,325	59,692	60,956
42,5	42,500	45,227	47,716	49,988	52,063	53,963	55,703	57,302	58,772	60,128	61,381
43,0	43,000	45,729	48,215	50,481	52,549	54,439	56,169	57,756	59,215	60,559	61,800
43,5	43,500	46,229	48,712	50,972	53,031	54,911	56,631	58,206	59,654	60,986	62,216
44,0	44,000	46,729	49,208	51,461	53,511	55,381	57,089	58,653	60,088	61,409	62,626
44,5	44,500	47,228	49,702	51,947	53,988	55,847	57,543	59,096	60,519	61,827	63,033
45,0	45,000	47,726	50,194	52,431	54,462	56,310	57,995	59,534	60,945	62,241	63,435
45,5	45,500	48,224	50,685	52,914	54,934	56,770	58,442	59,970	61,368	62,652	63,833
46,0	46,000	48,720	51,175	53,394	55,403	57,227	58,887	60,401	61,787	63,058	64,227
46,5	46,500	49,216	51,663	53,872	55,869	57,681	59,328	60,829	62,202	63,460	64,616
47,0	47,000	49,711	52,149	54,347	56,333	58,132	59,765	61,254	62,613	63,858	65,002
47,5	47,500	50,205	52,634	54,821	56,794	58,580	60,200	61,675	63,021	64,253	65,384
48,0	48,000	50,698	53,118	55,293	57,253	59,025	60,631	62,092	63,425	64,644	65,763
48,5	48,500	51,190	53,600	55,762	57,709	59,467	61,059	62,506	63,825	65,031	66,137
49,0	49,000	51,682	54,080	56,230	58,163	59,907	61,485	62,917	64,222	65,415	66,508
49,5	49,500	51,173	54,559	56,696	58,614	60,343	61,907	63,325	64,616	65,795	66,876
50,0	50,000	52,663	55,037	57,159	59,063	60,777	62,326	63,730	65,007	66,172	67,240
50,5	50,500	53,152	55,513	57,621	59,510	61,209	62,742	64,131	65,394	66,546	67,600
51,0	51,000	53,641	55,988	58,081	59,954	61,637	63,155	64,530	65,778	66,916	67,957
51,5	51,500	54,128	56,461	58,539	60,396	62,063	63,566	64,925	66,159	67,283	68,311
52,0	52,000	54,615	56,933	58,995	60,836	62,487	63,974	65,317	66,537	67,647	68,662
52,5	52,500	55,102	57,404	59,449	61,273	62,908	64,379	65,707	66,912	68,008	69,010
53,0	53,000	55,587	57,873	59,901	61,709	63,326	64,781	66,094	67,284	68,366	69,355
53,5	53,500	56,072	58,341	60,351	62,142	63,743	65,181	66,478	67,653	68,721	69,697
54,0	54,000	56,556	58,807	60,800	62,573	64,156	65,578	66,859	68,019	69,074	70,035
54,5	54,500	57,039	59,272	61,247	63,001	64,568	65,972	67,238	68,383	69,423	70,371
55,0	55,000	57,521	59,736	61,692	63,428	64,977	66,364	67,614	68,744	69,770	70,705
55,5	55,500	58,003	60,199	62,136	63,358	65,383	66,754	67,987	69,102	70,114	71,035
56,0	56,000	58,484	60,660	62,577	64,276	65,788	67,141	68,358	69,458	70,455	71,363
56,5	56,500	58,964	61,120	63,017	64,696	66,190	67,526	68,727	69,811	70,794	71,688
57,0	57,000	59,444	61,579	63,456	65,115	66,590	67,909	69,093	70,161	71,130	72,011
57,5	57,500	59,923	62,037	63,893	65,532	66,988	68,289	69,457	70,510	71,464	72,331
58,0	58,000	60,401	62,493	64,328	65,947	67,384	68,667	69,818	70,856	71,795	72,649
58,5	58,500	60,878	62,948	64,762	66,360	67,778	69,043	70,177	71,199	72,124	72,965
59,0	59,000	61,355	63,402	65,194	66,772	68,170	69,417	70,534	71,540	72,451	73,278
59,5	59,500	61,831	63,855	65,624	67,181	68,360	69,789	70,889	71,879	72,775	73,589
60,0	60,000	62,307	64,307	66,053	67,589	68,948	70,158	71,242	72,216	73,098	73,898

- c) trazado, punto por punto, de la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal para el tipo más exigente de aeronave;
- d) proyecto de la superficie de enlace.

3.1.2 La trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal puede trazarse empleando los gráficos de las Figuras Al-7 y Al-9, tal como se describe en 2.2. Para el proyecto de la superficie de enlace que se muestra en la Tabla Al-1 hay diversos trazos aceptables, a condición de que se cumpla con el margen mínimo de seguridad. Para asegurarse de que se cumplen estas condiciones, un método práctico consiste en trazar una curva paralela a la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal de la aeronave, que está ubicado a una distancia igual a $(T/2 + M)$, y a continuación proyectar la superficie de enlace partiendo de esta nueva curva.

Ejemplo: Proyecto de una superficie de enlace por el método gráfico (véase la Figura Al-12)

	<u>Datos</u>
	<u>Metros</u>
Cambio de dirección de la calle de rodaje 90°	
Radio del eje de la calle de rodaje (R)	36,6
Anchura de la calle de rodaje (X)	23,0
Longitud de referencia de la aeronave (d)	18,3
Ancho de vía del tren de aterrizaje de la aeronave (T)	8,0
Margen de seguridad (M)	4,5

Fase 1. De la Figura Al-9M, para $R/d = 2$, obténgase:

- a) el valor del ángulo polar para el punto de referencia (S) al comienzo del viraje, siendo 0 el correspondiente ángulo de guía (β);
- b) el valor correspondiente de la desviación del centro de aterrizaje principal, expresado en décimas de la longitud de referencia, que da 0,235. A continuación, anótense algunos valores de λ/d y β para una secuencia de θ_S (por ejemplo, en incrementos de 20°). Trácese después la línea de referencia y a continuación distribúyanse los puntos tal como se describe en la Fase 3, más adelante.

θ_S	$\frac{\lambda}{d}$	β
43°	+0,235	0
60°	+0,03	13°
80°	-0,11	21°
100°	-0,19	25°
120°	-0,22	27°
133°	-0,24	28°

Fase 2. La Figura Al-7 permite encontrar los siguientes valores de λ/d para una secuencia de F/d, para la desviación inicial $\lambda/d = \text{sen } 28^\circ = 0,47$

$\frac{\lambda}{d}$	0,47	0,35	0,25	0,15	0,10	0,05
$\frac{F}{d}$	0	0,34	0,69	1,21	1,62	2,31

Fase 3. Las curvas pueden trazarse de la manera siguiente:

- a) trácese la línea de referencia tal como se indica en la Figura Al-12;
- b) para cada valor de θ_S elegido en la Fase 1, señálese la posición correspondiente de U. Para ello, hállese el punto S sobre la línea de guía, trácese el eje longitudinal de la aeronave con el ángulo de guía correspondiente β y señálese el punto U a una distancia $d = 18,3$ m desde S. Empleando los valores de λ/d de la Fase 1, compruébese la precisión del trazado;
- c) donde el punto de referencia S sigue nuevamente una línea recta después de haber salido del viraje, empleando los valores de λ/d y F/d de la Fase 2, trácese la posición del centro del tren de aterrizaje, tal como se indica en la Figura Al-12.
- d) sobre una perpendicular al eje longitudinal de la aeronave trazada desde cada posición elegida de U, señálese una distancia hacia el interior del viraje iguala $(T/2 + M) = 4 + 4,5 = 8,50$ m. La línea que pasa por estos puntos es la curva paralela a la trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal. Este es el límite teórico mínimo para la superficie de enlace.

Nota.- Si la calle de rodaje pudiera ser utilizada por aeronaves en ambas direcciones, trácese, asimismo, la curva pertinente.

- e) elíjase un diseño de superficie de enlace que pueda replantearse fácilmente. Como regla, es preferible elegir un trazado compuesto de secciones rectas y un arco de círculo. En el caso en cuestión, un arco con un radio de 31,7 m es el trazado más fácil. (Véase la Figura Al-12).

Fase 4. Compruébese la validez del proyecto, Figura Al-12:

- a) el margen de seguridad es de 4,50 m de acuerdo con el mínimo recomendado en el Anexo 14, Capítulo 3 (Véase Tabla Al-1); y
- b) el valor máximo (28°) del ángulo de guía es compatible con los límites operacionales de deflexión de la rueda de proa para todos los tipos de aeronaves que probablemente utilizarán el aeródromo.

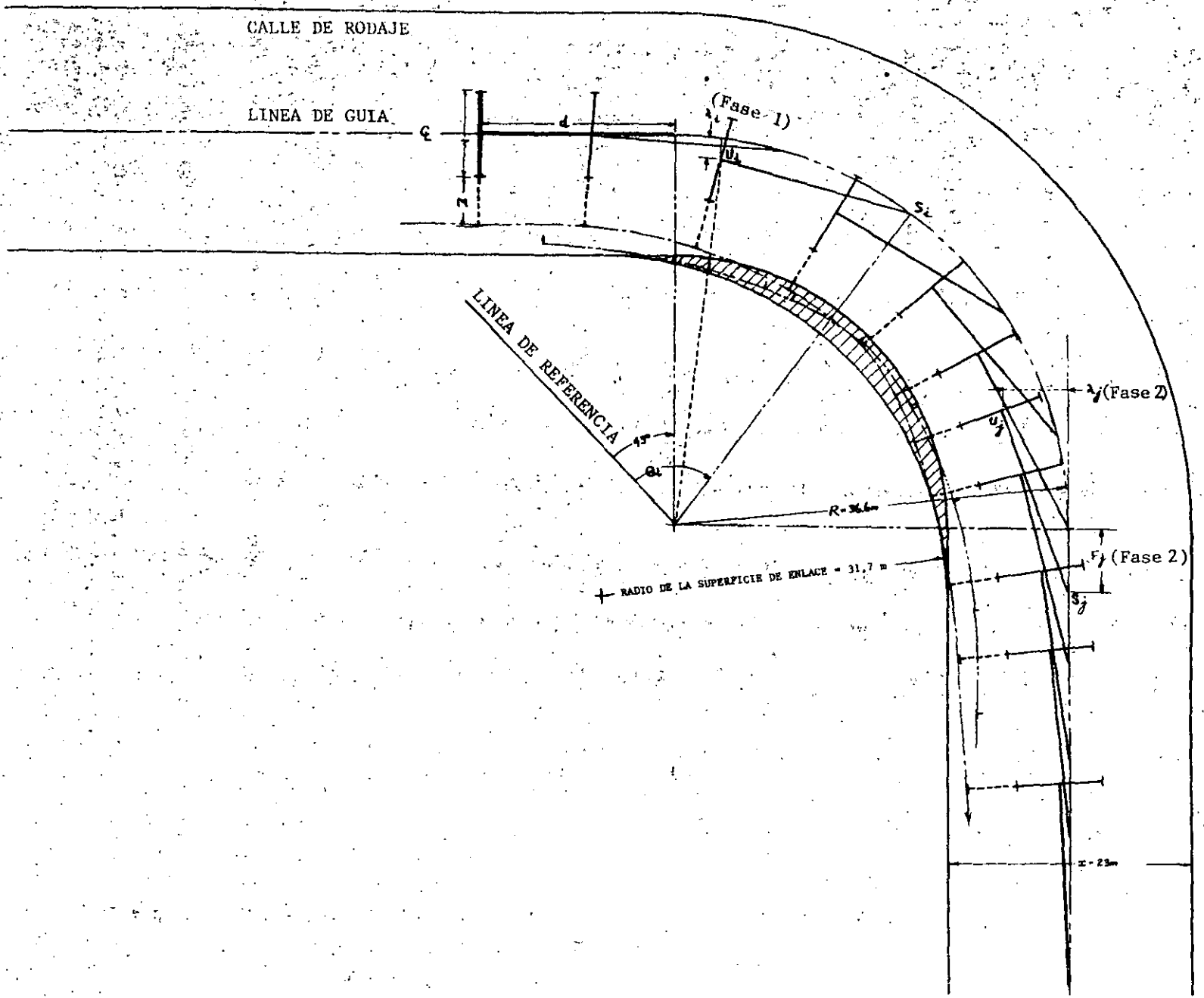


Figura A1-12. Método gráfico para proyectar superficies de enlace

3.2 Método de arco y tangente

3.2.1 La trayectoria del centro del tren de aterrizaje principal de una aeronave durante un viraje es una curva compleja, pero se aproxima a un arco de círculo y sus tangentes. Puede lograrse un proyecto de superficie de enlace que se ajuste estrechamente a la trayectoria del tren de aterrizaje principal y tenga en cuenta el margen de seguridad requerido, empleando: (véase la Figura Al-13

- a) un arco concéntrico con el eje de la calle de rodaje, a efectos de proporcionar la anchura adicional necesaria de pavimento en la parte interior del viraje; y
- b) una tangente en cada extremo del arco, formando un extremo cuneiforme para la superficie de enlace, a fin de tener en cuenta la desviación residual del tren de aterrizaje principal.

Para trazar la superficie de enlace, es suficiente conocer el radio (r) del arco y la longitud (l) de los extremos en forma de cuña de la superficie de enlace.

Determinación del radio de la superficie de enlace (r)

3.2.2 El radio de la superficie de enlace se obtiene de la fórmula:

$$r = R (\lambda_{\text{máx}} + M + \frac{T}{2})$$

donde R = radio del eje de la calle de rodaje tomado como línea de guía
 $\lambda_{\text{máx}}$ = valor máximo de la desviación del tren de aterrizaje principal
 M = margen mínimo de seguridad
 T = ancho de vía del tren de aterrizaje principal

3.2.3 El valor máximo de la desviación del tren de aterrizaje principal ($\lambda_{\text{máx}}$) depende de la longitud de referencia (d), del radio de curvatura del eje de la calle de rodaje (R) y del régimen de cambio de dirección. Este valor máximo se obtiene de la Figura Al-14 como porcentaje de la longitud de referencia de la aeronave para cualquier valor de la relación R/d comprendida entre 1 y 5.

3.2.4 Cuando la longitud de referencia de la aeronave (d) es superior al radio de la curva del eje (R), debería utilizarse una línea de guía ficticia con un valor para el radio igual a la longitud de referencia, suponiendo que R/d = 1. A efectos de trazar los extremos en forma de cuña, deberían señalarse los puntos en los que esta línea de guía se une a la sección recta del eje de la calle de rodaje (véase 3.2.8).

Determinación de la longitud de los extremos en forma de cuña

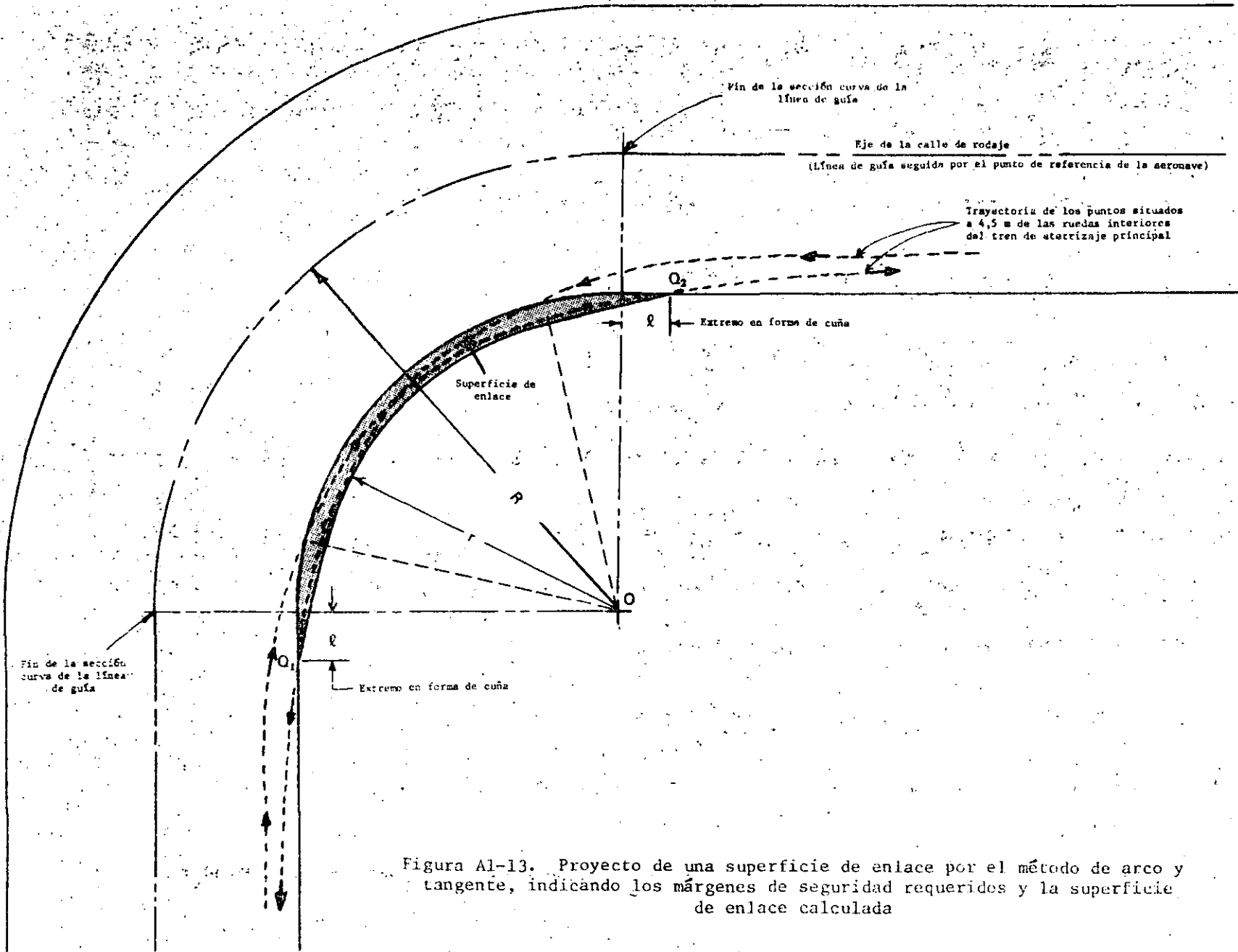
3.2.5 En el punto donde la desviación del tren de aterrizaje principal pasa a ser inferior a la desviación máxima permisible sin superficie de enlace, ésta deja de ser necesaria:

$$\lambda = \frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2})$$

donde X = anchura de la calle de rodaje
 M = margen mínimo de seguridad
 T = ancho de vía del tren de aterrizaje principal

La desviación residual se alcanza al final del viraje, cuando el punto de referencia (S) ha recorrido, a lo largo del eje de la calle de rodaje en línea recta, una distancia F que viene dada por la ecuación (17) de 2.1.3.1. Por lo tanto, la longitud de cada extremo en forma de cuña de la superficie de enlace es:

$$l = F - d$$



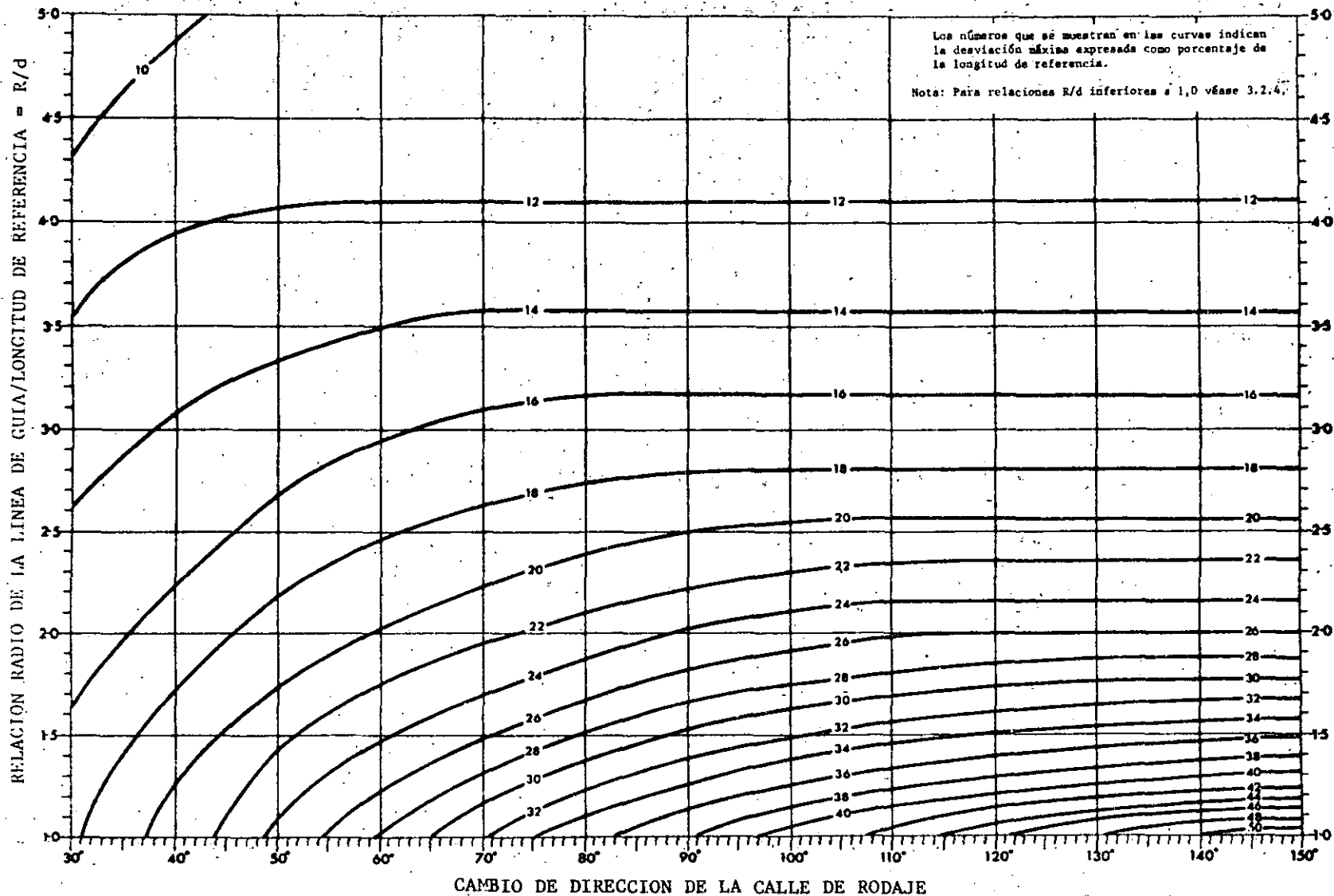


Figura A1-14. Desviación máxima ($\lambda_{\text{máx}}$) del centro del tren de aterrizaje principal.

3.2.6 La ecuación (17) permite expresar F como función de:

- a) β , ángulo de guía residual correspondiente a λ , tal como se obtiene en 3.2.5 anterior; y
- b) $\beta_{\text{máx}}$, valor máximo del ángulo de guía durante un viraje. Este valor se alcanza cuando λ es igual a $\lambda_{\text{máx}}$, tal como viene dado en la Figura Al-14.

El empleo de gráficos preestablecidos evita todo cálculo. El ángulo de guía residual alcanzado cuando la desviación es igual a la desviación máxima permisible sin superficie de enlace, se obtiene de la Figura Al-15. (Se suministran valores que cubren longitudes de referencia entre 12 y 60 m. El valor máximo del ángulo de guía durante un viraje se obtiene del ábaco en la Figura Al-16, entrando por el valor del cambio de dirección de la calle de rodaje hasta encontrar la curva de R/d correspondiente y leyendo a la izquierda el ángulo de guía. Finalmente, la Figura Al-17 permite convertir los valores del ángulo de guía en desplazamientos a lo largo de la línea de guía recta.

3.2.7 Debe tenerse cuidado de asegurar que el ángulo de guía no exceda el ángulo máximo de deflexión de la rueda de proa de las aeronaves que hayan de utilizar el aeródromo. Si se excediera dicho ángulo, deberá aumentarse el radio de curvatura de la línea de guía y las dimensiones de la superficie de enlace.

Nota. - Como el punto de referencia no coincide en general con la rueda de proa, esto introduce un pequeño error. Este error es a favor de la seguridad.

Trazado de la superficie de enlace

3.2.8 La superficie de enlace necesaria se obtiene de la manera siguiente:

- a) Trácese un arco concéntrico con el eje de la calle de rodaje empleando el radio (r) (o, si fuese necesario, un arco concéntrico con la línea de guía ficticia que se menciona en 3.2.4).
- b) A lo largo del borde interior de la calle de rodaje, márchense los puntos Q_1 y Q_2 a la distancia l a partir de la sección curva de la línea de guía, como se muestra en la Figura Al-13.
- c) A partir de los puntos obtenidos en b) y con el radio (r) trácense las tangentes al arco.

3.2.9 El método de arco y tangente está ilustrado en el Ejemplo 1 siguiente.

Variante del método de arco y tangente

3.2.10 Puede lograrse una mayor precisión de la superficie de enlace necesaria empleando dos líneas de acuerdo. El segundo punto se obtiene calculando nuevamente la desviación máxima permisible sin superficie de enlace pero empleando un margen de seguridad inferior. El método práctico y el resultado obtenido se ilustran en el Ejemplo 2.

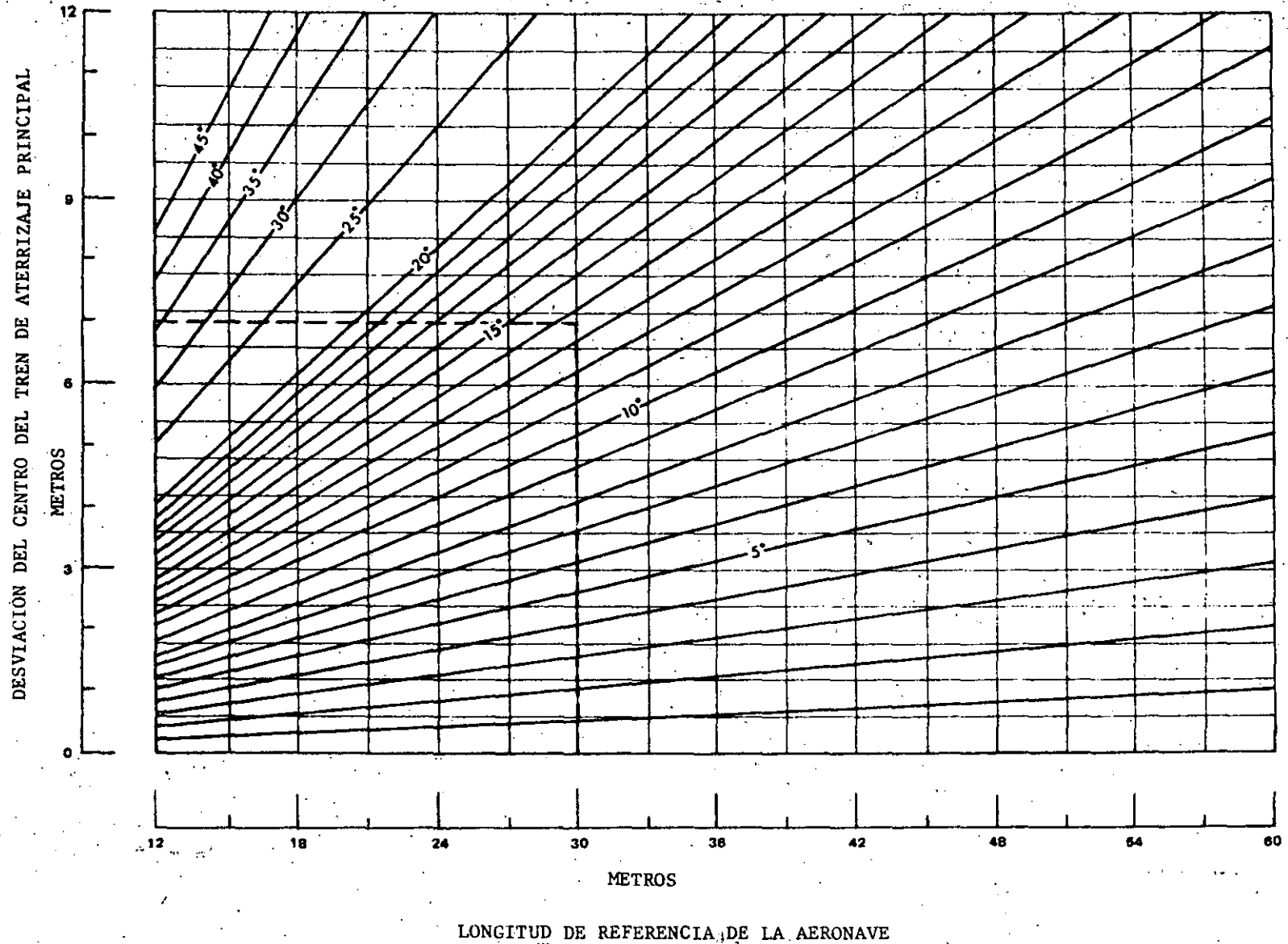


Figura A1-15. Angulo de guía (β) y desviación del centro del tren de aterrizaje principal (λ).
(Las cifras en las líneas inclinadas indican los ángulos de guía)

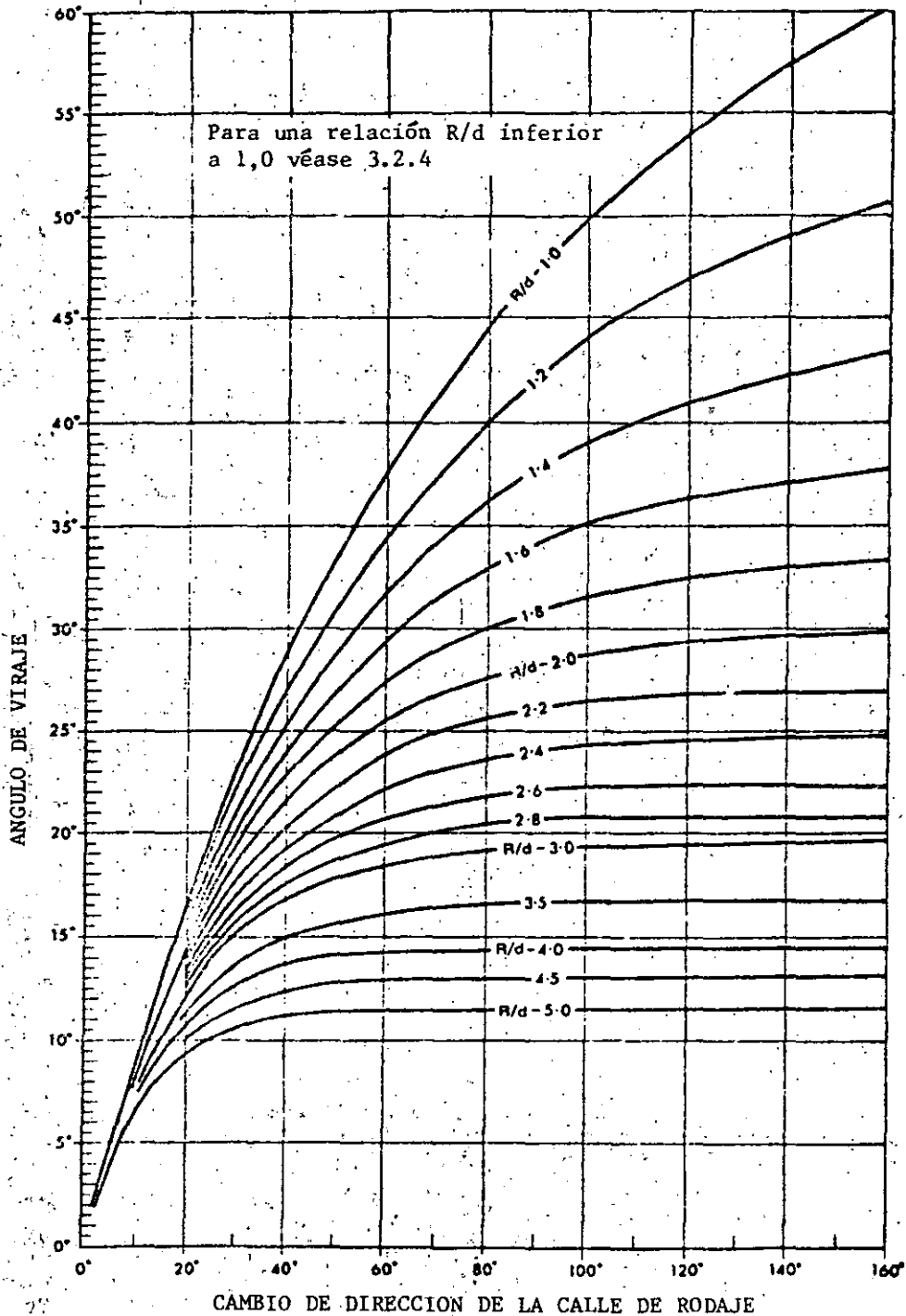


Figura A1-16. Aumento del ángulo de guía durante un viraje

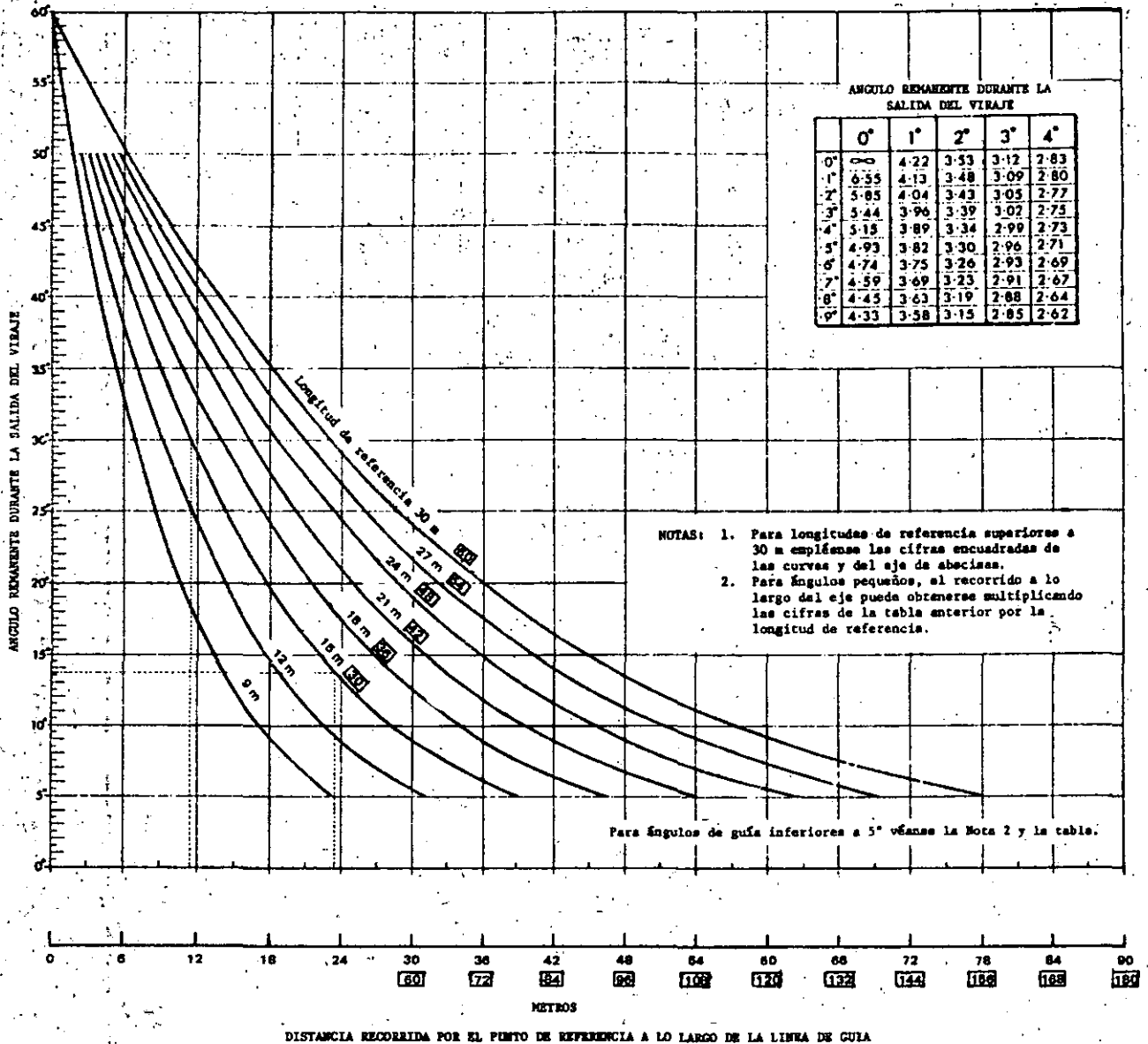


Figura A1-17. Disminución del ángulo de guía al terminar el viraje

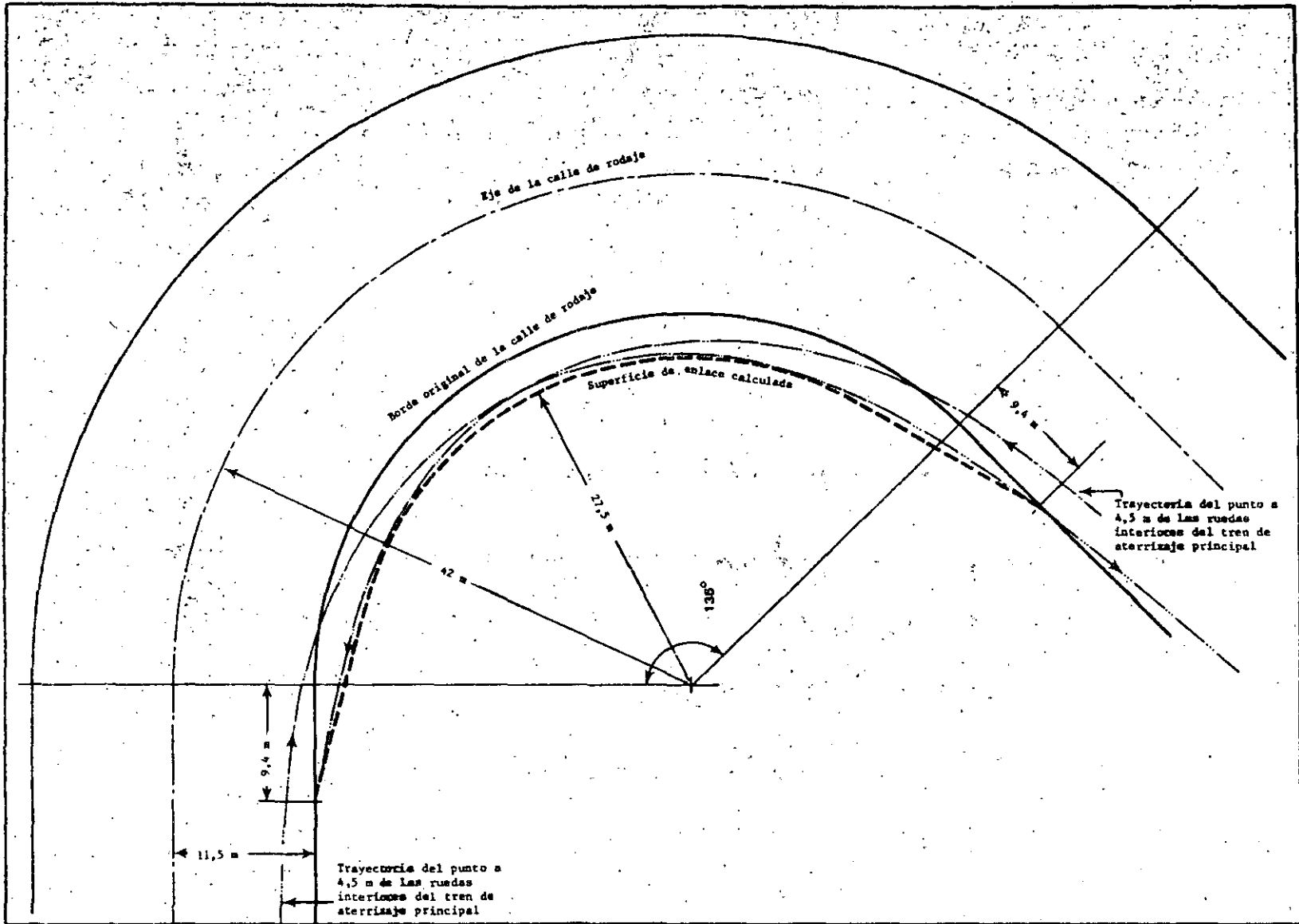


Figura A1-18. Ejemplo 1: Proyecto de superficie de enlace típica empleando el método de arco y tangente

EJEMPLO 1: Proyecto de superficie de enlace empleando el método de arco y tangente (véase la Figura Al-18)

	<u>Datos</u>
	<u>Metros</u>
Cambio de dirección de la calle de rodaje	135°
Radio del eje de la calle de rodaje (R)	42
Anchura de la calle de rodaje (X)	23
Longitud de referencia de la aeronave (d)	22
Ancho de vía del tren de aterrizaje de la aeronave (T)	8
Margen de seguridad (M)	4,5

Relación $\frac{R}{d} = \frac{42}{22} = 1,9$

Desviación máxima (Figura Al-14)
27% de d. $\lambda \text{ máx} = 6 \text{ m}$

Radio del arco de la superficie de enlace r
 $= R - (\lambda \text{ máx} + \frac{T}{2} + M) = 42 - (6 + 4 + 4,5) = 27,5 \text{ m}$

Desviación máxima sin superficie de enlace
 $= \frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2}) = 11,5 - (4,5 + 4) = 3 \text{ m}$

De acuerdo con la Figura Al-15, esto equivale a un ángulo de guía de 7,6°

Entrese en el ábaco de la Figura Al-16 y obténgase el ángulo de guía al final del viraje (135°, R/d = 1,9). Resultado = 31°

Estos ángulos de guía se convierten en recorrido a lo largo del eje recto por medio de la Figura Al-17. 7,6° proporciona una distancia L₁ y 31° una distancia L₂. La diferencia L₃ entre L₁ y L₂ es la distancia que debe recorrer el punto de referencia para reducir el ángulo de guía de 31 a 7,6°.

L₁ = 47,9 m
L₂ = 16,5 m
L₃ = 31,4 m

La distancia a que se encuentra el centro del tren de aterrizaje más allá del final de la curva, se obtiene restando de L₃ la longitud de referencia.
31,4 - 22 = 9,4 m

TRAZADO

1. Trácese un arco de radio 27,5 m con centro en O (centro de la curva de la calle de rodaje).
2. Márquense puntos en el borde interior de la calle de rodaje a una distancia de 9,4 m más allá del final de la curva.
3. Trácese desde esos puntos tangentes al arco.

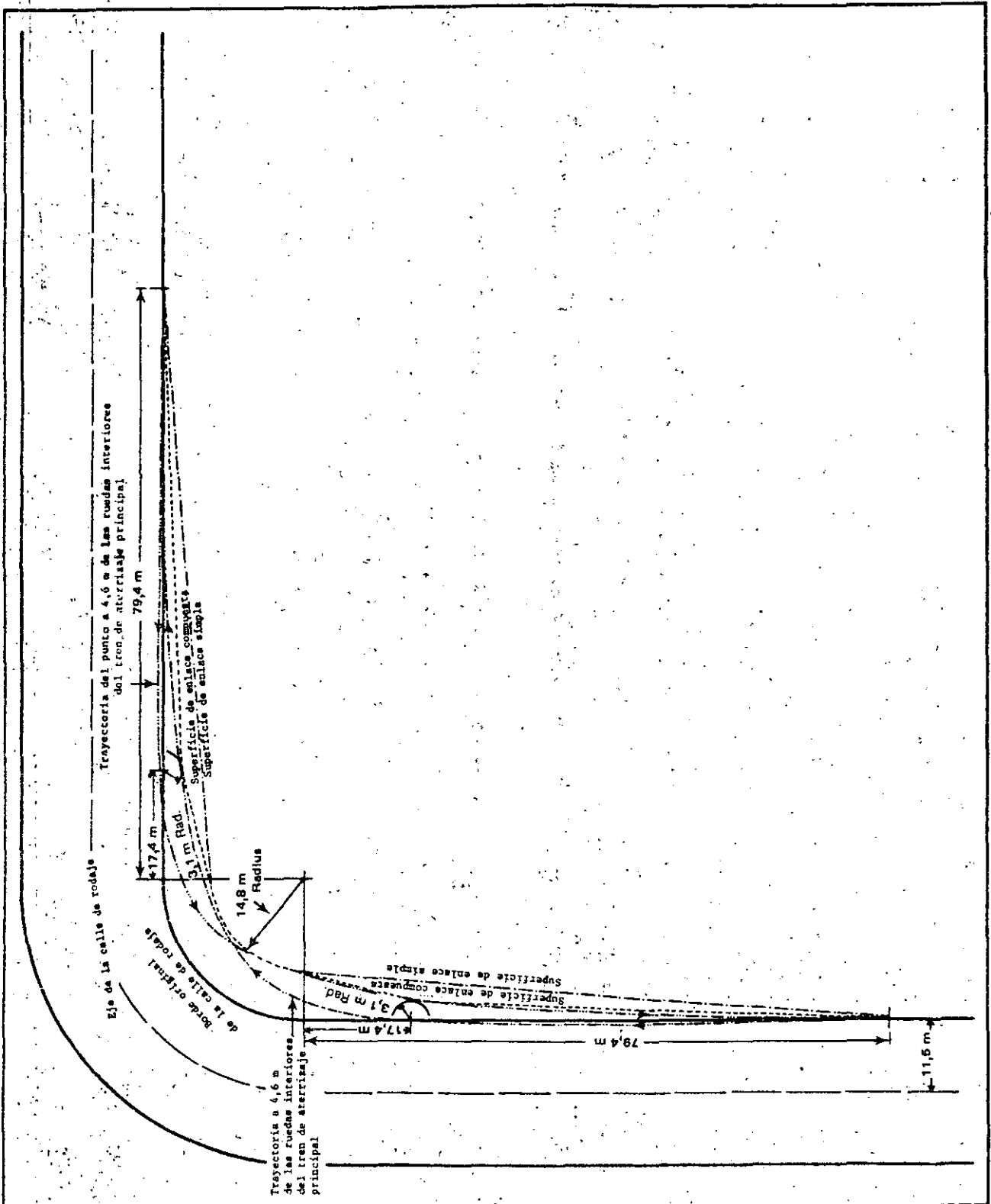


Figura A1-19. Ejemplo 2: Superficie de enlace compuesta, para aeronaves de gran ancho de vía

EJEMPLO 2: Superficie de enlace compuesta para aeronaves de gran ancho de vía y gran longitud de referencia (véase la Figura Al-19).

	<u>Datos</u>
	<u>Metros</u>
Cambio de dirección de la calle de rodaje	90°
Radio del eje de la calle de rodaje (R)	34,3
Anchura de la calle de rodaje (X)	23
Longitud de referencia de la aeronave (d)	25,6
Ancho de vía del tren de aterrizaje de la aeronave (T)	13,1
Margen de seguridad (M)	4,6

Para obtener el primer punto de la superficie de enlace

Relación $\frac{R}{d} =$	$\frac{34,3}{25,6} = 1,34$
Desviación máxima (Figura Al-14) 32,6% de d)	$\lambda_{m\acute{a}x} = 8,3 \text{ m}$
Radio del arco de la superficie de enlace $r = R - (\lambda_{m\acute{a}x} + \frac{T}{2} + M)$	$34,3 - (8,3 + 6,6 + 4,6) = 14,8 \text{ m}$
Desviación máxima sin superficie de enlace $= \frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2})$	$11,5 - (4,6 + 6,6) = 0,3 \text{ m}$

A base de la Figura Al-15 se ve que esto equivale a un ángulo de guía de 0,7°

Entrese en el ábaco de la Figura Al-16 y obténgase el ángulo de guía al final del viraje (90°, R/d = 1,34).
Resultado = 39°

Estos ángulos de guía se convierten en recorrido a lo largo del eje recto por medio de la Figura Al-17. El valor 0,7° está por debajo de las curvas del gráfico y por lo tanto debe emplearse la tabla; en la intersección de la columna 0° y el incremento de 0,7° se obtiene la cifra de 4,59. La distancia recorrida es $4,59 \times d = L_1$. Por medio del gráfico se obtiene el valor de L_2 correspondiente a 39°.

$$L_1 = 4,59 \times 25,6 = 117,5 \text{ m}$$

La diferencia L_3 entre L_1 y L_2 es el recorrido del punto de referencia para pasar de 39° a 0,7°.

$$L_2 = \frac{12,5 \text{ m}}{L_3 = 105 \text{ m}}$$

La distancia a que se encuentra el centro del tren de aterrizaje más allá del final de la curva, se obtiene restando de L_3 la longitud de referencia.

$$105 - 25,6 = 79,4 \text{ m}$$

Para obtener el segundo punto de la superficie de enlaceSistema métrico

El segundo punto de la superficie de enlace se obtiene calculando nuevamente los datos anteriores y empleando un valor inferior para el margen de seguridad.

Los siguientes pasos no cambian:

- a) Relación $R/d = 1,34$
- b) Desviación máxima $\lambda_{\text{máx.}} = \lambda_{\text{máx.}} = 8,3 \text{ m}$
- c) Angulo de guía al final del viraje = 39°
- d) El recorrido del punto de referencia para reducir 39° es $L_2 = 12,5 \text{ m}$

El nuevo valor elegido para el margen de seguridad (M_1) = 1,5 m (5 pies)

Desviación máxima sin superficie de

$$\text{enlace} = \frac{X}{2} - (M_1 + \frac{T}{2})$$

$$11,5 - (1,5 + 6,6) = 3,4 \text{ m}$$

De acuerdo con la Figura A1-15 esto equivale a un ángulo de guía de $7,5^\circ$ que se convierte (Figura A1-17) en un recorrido del punto de referencia de L_1 . La diferencia L_3 entre L_1 y L_2 es el recorrido del punto de referencia para pasar de 39 a $7,5^\circ$.

$$L_1 = 55,5 \text{ m}$$

$$L_3 = 55,5 - 12,5 = \underline{43 \text{ m}}$$

La distancia a que se encuentra el centro del tren de aterrizaje más allá del final de la curva, se obtiene restando de L_3 la longitud de referencia.

$$43 - 25,6 = \underline{17,4 \text{ m}}$$

Este punto proporciona un margen de seguridad de 1,5 m. Dado que se requieren 4,6 m, la superficie de enlace final debe pasar 3,1 m más al interior de este punto.

TRAZADO

1. Trácese un arco de 14,8 m de radio con centro en O (centro de la curva de la calle de rodaje).
2. Márquese puntos a una distancia de 17,4 m más allá del final de la curva en el borde interno de la calle de rodaje.
3. Trácese arcos de 3,1 m de radio, con un centro en los puntos indicados en 2.
4. Trácese las tangentes comunes a los arcos que se describe en 1 y 3.
5. Márquense puntos a 79,4 m más allá del final de la curva y sobre el borde interno de la calle de rodaje.
6. Trácese, a partir de esos puntos, tangentes a los arcos que se describen en 3.

GRAFICO A - RADIO DEL ARCO DE LA SUPERFICIE DE ENLACE (r).

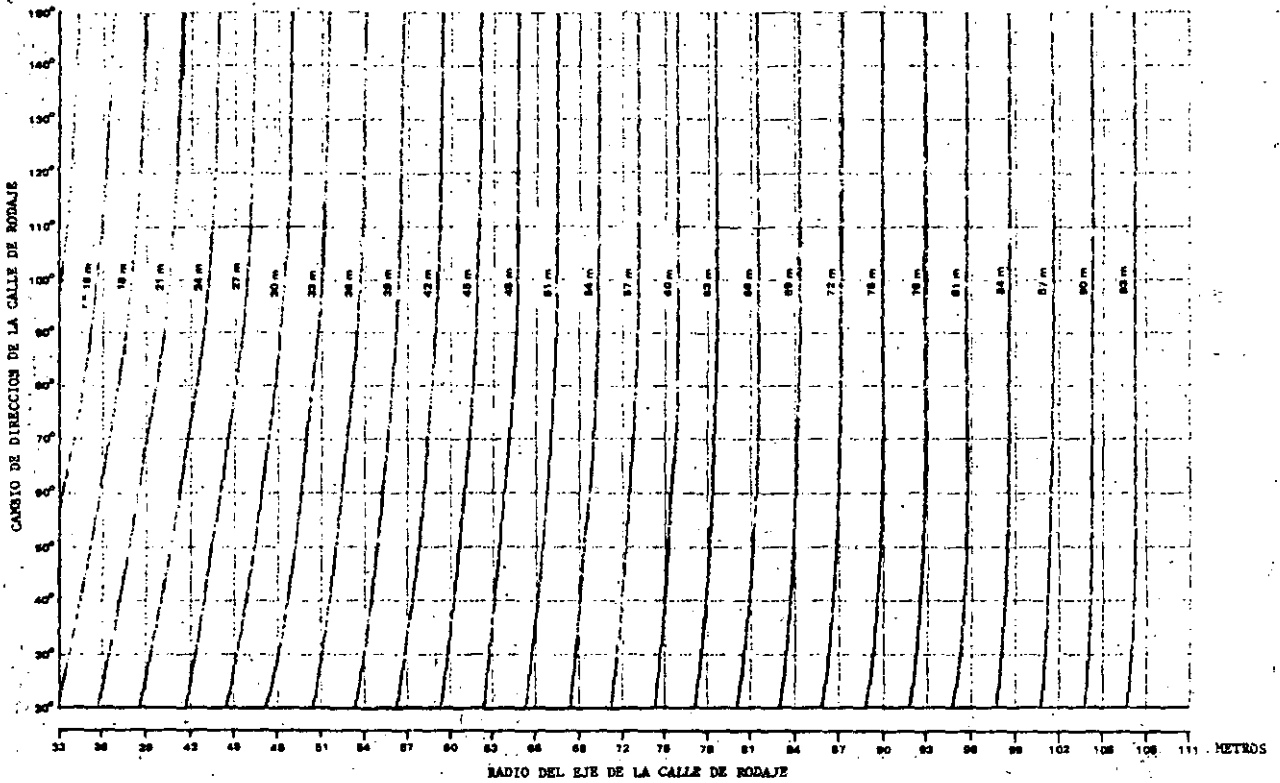


GRAFICO B - DISTANCIA RECORRIDA (F)

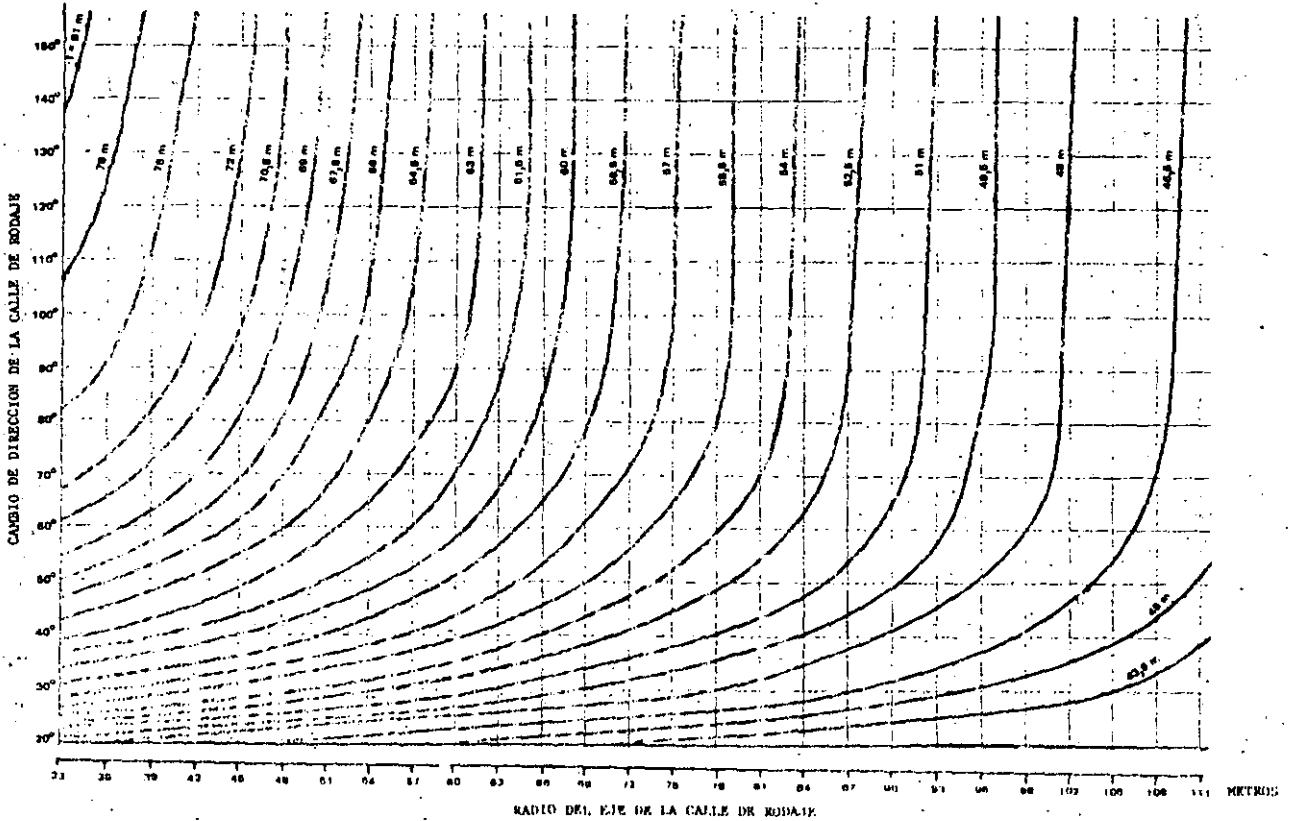


Figura A1-20. Gráfico de lectura rápida para el Boeing 747
(Punto de pilotaje sobre el eje de la calle de rodaje)

GRAFICO A - RADIO DEL ARCO DE LA SUPERFICIE DE ENLACE (r)

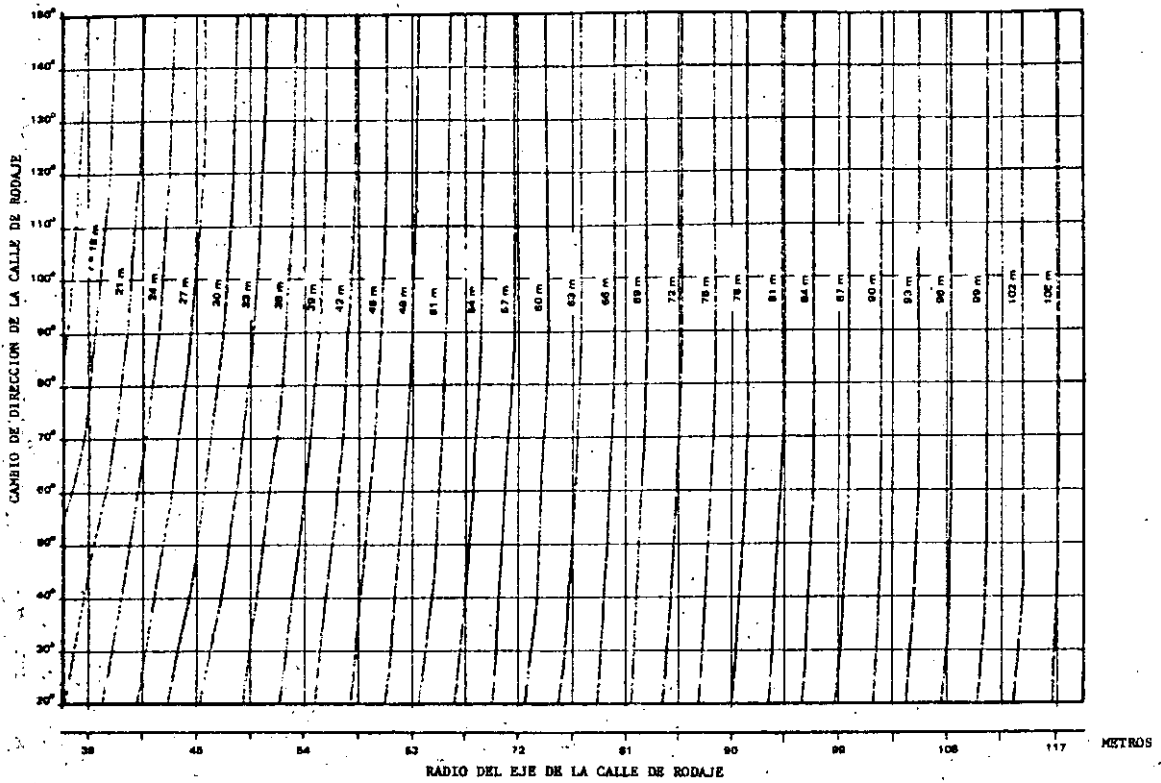


GRAFICO B - DISTANCIA RECORRIDA (F)

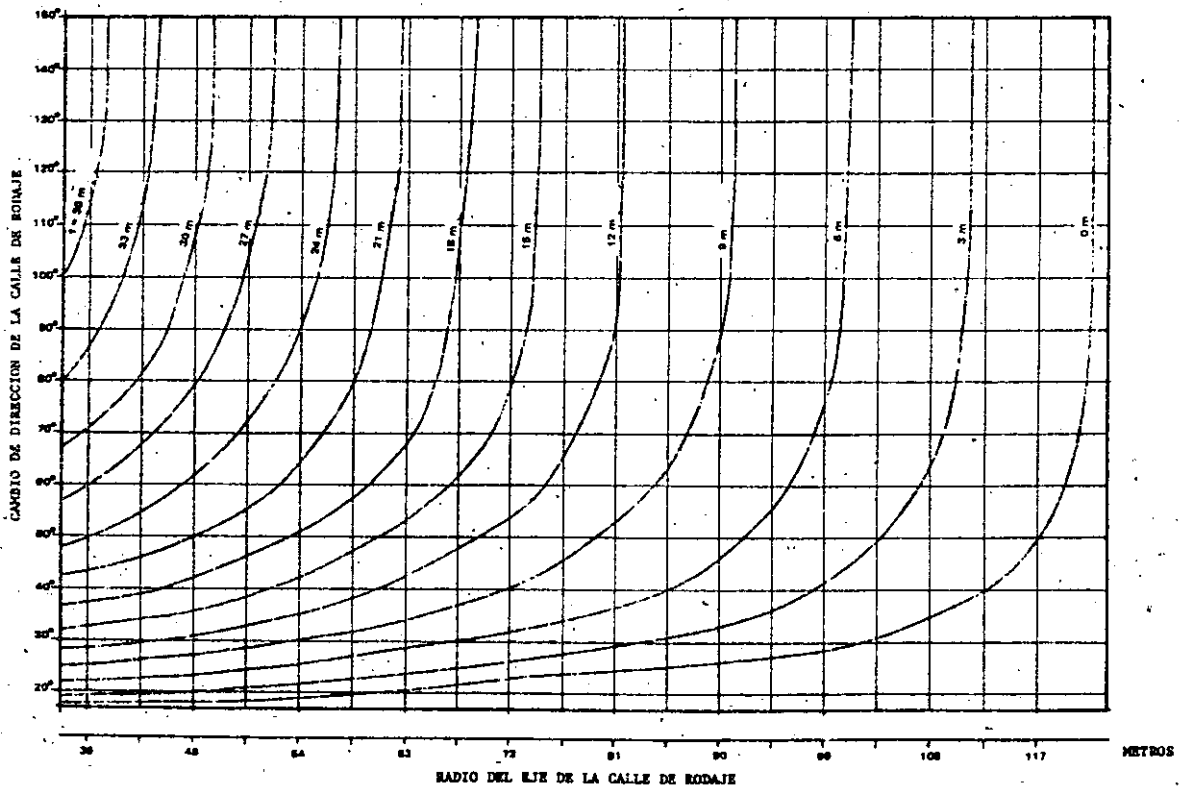


Figura A1-21. Gráfico de lectura rápida para el Concorde (puesto de pilotaje sobre el eje de la calle de rodaje)

3.3. Método de gráficos de lectura rápida

3.3.1 Los gráficos de lectura rápida permiten proyectar las superficies de enlace de las calles de rodaje de manera relativamente sencilla, a condición de que se den valores constantes a ciertas variables:

- la anchura de la calle de rodaje
 - la distancia mínima de seguridad
 - la longitud de referencia
 - el ancho de vía del tren de aterrizaje
- } correspondientes a la letra de clave de la pista más larga servida
- } correspondientes al tipo de aeronave más exigente que utilice el aeródromo

3.3.2 Las Figuras Al-20 y Al-21 han sido preparadas para dos tipos particulares de aeronaves, el Boeing 747 y el Concorde, y han sido trazadas a base de los siguientes valores constantes, tal como lo recomienda el Anexo 14:

- X - anchura de la calle de rodaje = 23 m
- M - distancia mínima de seguridad = 4,5 m

y tomando como línea de guía el eje de la calle de rodaje. De acuerdo con las disposiciones del Anexo 14, el punto de referencia seleccionado está situado verticalmente debajo del puesto de pilotaje. Los siguientes valores constantes se refieren a cada uno de los tipos de aeronave:

Parámetro	B-747	Concorde
	m	m
Longitud de referencia de la aeronave (d)	27,7	29,5
Ancho del tren de aterrizaje (T)	12,8	8,5

3.3.3 El borde de la superficie de enlace (Figura Al-22) se determina de la manera siguiente:

- Fase 1. En primer lugar se determina el radio del arco de la superficie de enlace (r) trazado en el gráfico A de la Figura Al-20 o Al-21, de acuerdo con el tipo de aeronave, el punto correspondiente al cambio de dirección de la calle de rodaje y al radio del eje curvo. El valor obtenido por interpolación entre las curvas trazadas para valores redondeados de r se emplea para trazar un arco concéntrico con la línea de guía.
- Fase 2. La distancia recorrida (F) desde el punto en que la superficie de enlace resulta innecesaria, se obtiene de la misma manera por medio del gráfico B de las Figuras Al-20 y Al-21, de acuerdo con el tipo de aeronave. Esto proporciona la distancia desde el punto en que el borde interno de la calle de rodaje pasa a ser nuevamente recto.
- Fase 3. Se trazan tangentes al arco de modo que corten al borde de la calle de rodaje al final de la distancia recorrida (F). La línea que se obtiene es la superficie de enlace necesaria, tal como se indica en la Figura Al-22.

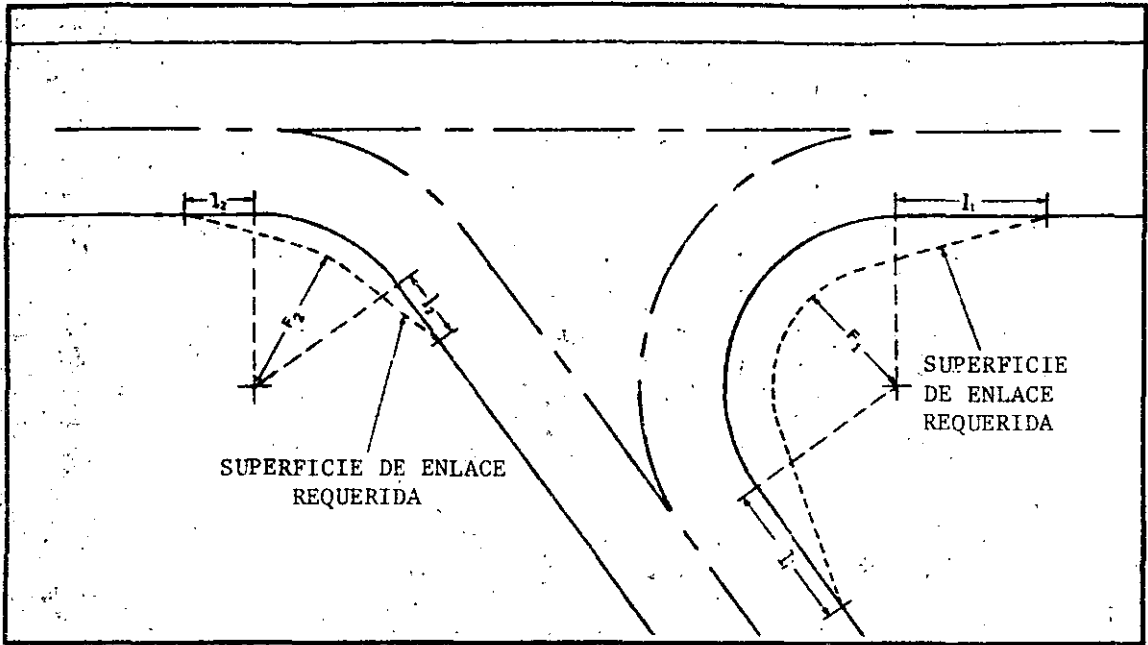


Figura A1-22. Diagrama de superficie de enlace de calle de rodaje.

APENDICE 2

Consideraciones sobre el chorro de los reactores y barreras antichorro

Generalidades

- Introducción. El "chorro de los reactores" y el "torbellino de la hélice" son expresiones que se utilizan para describir corrientes de aire resultantes del funcionamiento de los reactores y de los motores provistos de hélice, respectivamente. El proyecto de las instalaciones en tierra, edificio y pavimentos debe tener en cuenta el impacto de las fuerzas resultantes de estos movimientos de aire. Antes de la puesta en servicio de aeronaves provistas de reactores y turbinas, se prestó muy poca atención, al proyectar instalaciones y pavimentos, a los efectos perjudiciales del torbellino de la hélice. En las zonas de servicio y mantenimiento se instalaron algunas veces barreras protectoras para desviar el viento, debido a la escasa distancia de separación utilizada en esta zona, si bien en el proyecto de plataformas y edificios de las terminales, por lo general, no llegó a influir ninguna consideración del efecto resultante del torbellino de las hélices. La implantación de los reactores y las mejoras tecnológicas que se han llevado a cabo en lo tocante al aumento de la potencia y rendimiento de estos motores, ha dado lugar a un incremento significativo de las velocidades del chorro de los reactores y, por lo tanto, planteado la necesidad de proyectar instalaciones que tengan en cuenta las fuerzas del viento resultantes de estas velocidades. En el presente Apéndice se describe la naturaleza de estas fuerzas en lo tocante a su magnitud y ubicación, y contiene conceptos por lo que se refiere al emplazamiento y proyecto de las barreras contra el chorro y sobre los pavimentos que pueden necesitarse en los aeródromos para atenuar estas fuerzas del viento.
- Efectos conexos. Además de las elevadas velocidades del viento, cuando se lleve a cabo la planificación de las instalaciones de aeródromo, deberían también preverse los efectos del ruido, calor y emanaciones de la salida de gases de los reactores. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las zonas en que estos efectos conexos son perjudiciales para el personal o los edificios, han dejado ya de estar ocupadas, a causa de los elevados valores de las velocidades del aire resultantes del chorro de los reactores. Otro problema que plantean las fuerzas del viento es la posibilidad de que la arena, grava u otros objetos sueltos puedan ser lanzados como proyectiles a grandes distancias. Debe tenerse cuidado de que los objetos empujados por el viento no causen daños al personal, equipo, instalaciones o a otras aeronaves.
- Niveles de empuje para el cálculo. Se suelen comúnmente utilizar tres niveles de empuje de los motores a fin de determinar las velocidades críticas para los cálculos de los edificios y pavimento: empuje en régimen de marcha lenta, empuje en el arranque y empuje continuo máximo (empuje en el despegue). Casi todas las instalaciones junto a las áreas de movimiento de la aeronave estarán sometidas por lo menos al empuje en régimen de marcha lenta desarrollado por los motores de la aeronave crítica para el cálculo. El empuje en el arranque es el nivel de arranque necesario para que la aeronave inicie el movimiento de rodaje y, por lo general, suele alcanzar valores del 50 al 60% del empuje continuo máximo. Entre las zonas característicamente proyectadas a los efectos del empuje en el arranque pueden figurar los edificios de la terminal, márgenes de plataforma y calles de rodaje, apartaderos de espera y todos los pavimentos, salvo los de las pistas. Las aeronaves utilizan la tracción máxima continua durante el despegue y, por lo tanto, el pavimento de la pista, márgenes y extremos de ésta (superficies protectoras contra el chorro), se proyectarían para tener en cuenta este peor posible caso de tracción.
- Velocidades umbral. Las velocidades superiores a 56 km/h no se consideran convenientes para la comodidad de los pasajeros o para el funcionamiento de vehículos u otro equipo en el área de movimiento. Pueden proyectarse los edificios de modo que resistan velocidades mucho más elevadas, pero puede resultar excesivo el coste adicional de construcción que sea preciso efectuar para tolerar presiones del viento superiores a las normalmente calculadas en la construcción de edificios. Los edificios se calculan normalmente

para soportar velocidades del viento de 130-200 km/h, según el lugar. Si las velocidades de cálculo experimentan un incremento por encima de este nivel debido al chorro, entonces habrá que reforzar en consonancia la armazón estructural y las estructuras de las fachadas. La solución de transacción entre el aumento del coste del edificio y otras soluciones tendientes a reducir las velocidades del chorro de los reactores que percuten contra el edificio (tales como la instalación de barreras protectoras o el aumento de las dimensiones de la plataforma), deben examinarse con respecto a cualquier aeródromo dado.

Velocidades y presiones del chorro de gases

5. Curvas de velocidad. Las Figuras A2-1 a A2-4 muestran las curvas de velocidad para los aviones Douglas DC-8, Boeing B-727, Boeing B-747 y Douglas DC-10. En cada gráfico figuran curvas de velocidad en relación con la distancia a los tres niveles de empuje de cálculo. Por medio de varios estudios se ha determinado que las velocidades de chorro son cíclicas, pudiendo acaecer velocidades punta de dos a seis veces por segundo. Estas velocidades punta no son continuas, lateral o verticalmente, y cubren zonas relativamente pequeñas. Las velocidades máximas presentadas en todas las figuras constituyen una media de las velocidades punta. El documento "Características de la aeronave - Planificación de aeropuertos", preparado por el fabricante de aeronaves para esos modelos de aeronaves, contiene información sobre determinadas velocidades de los escapes de gases de los motores de reacción, incluso perfiles laterales y verticales. En las Figuras A2-5 a A2-8 se muestran los perfiles laterales y verticales del McDonnell Douglas DC-8, Boeing 727, Boeing 747 y McDonnell Douglas DC-10 a la potencia de arranque y de despegue.



Figura A2-1. Curvas de velocidades máximas (DC-8)

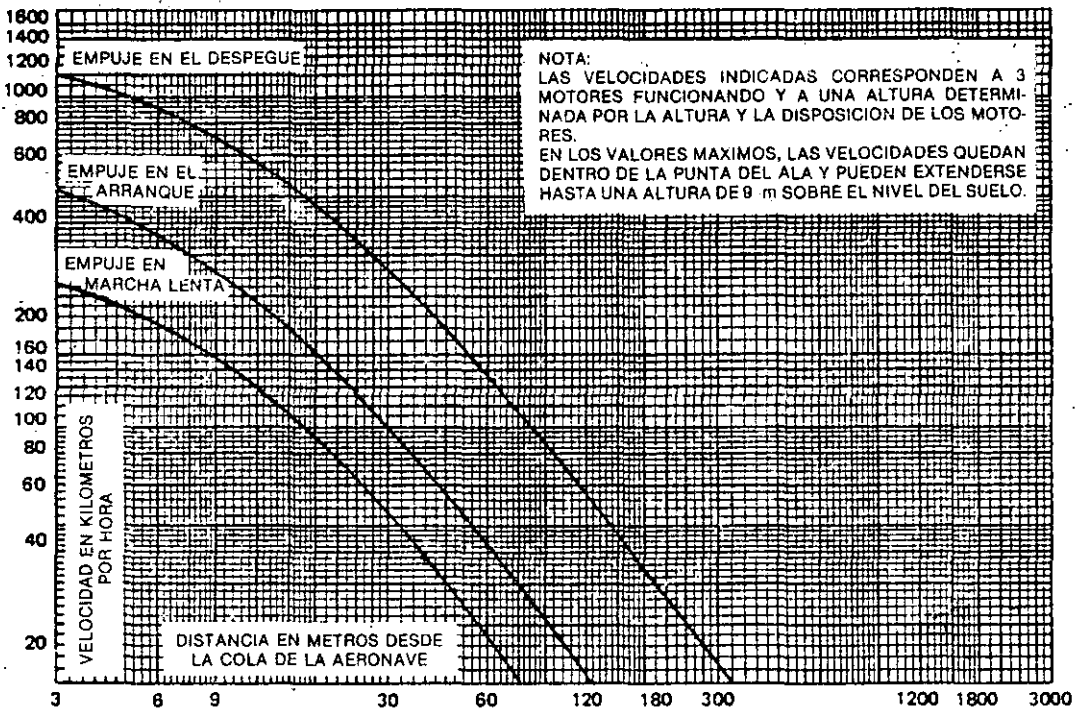


Figura A2-2. Curvas de velocidades máximas (Boeing 727)

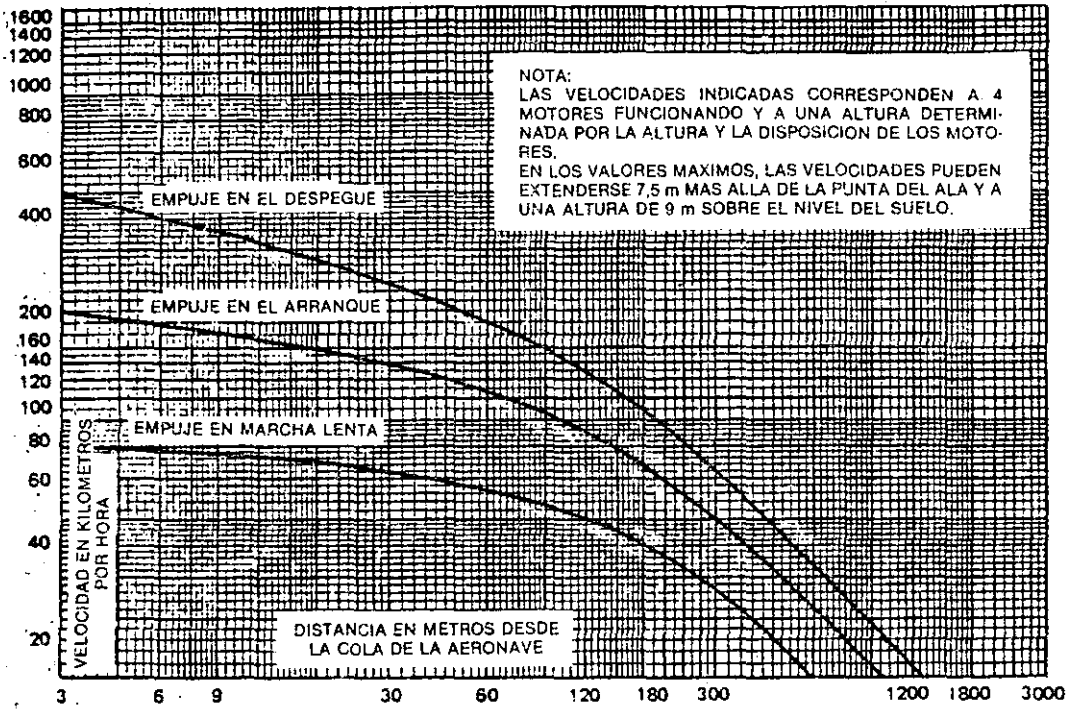


Figura A2-3. Curvas de velocidades máximas (Boeing 747)

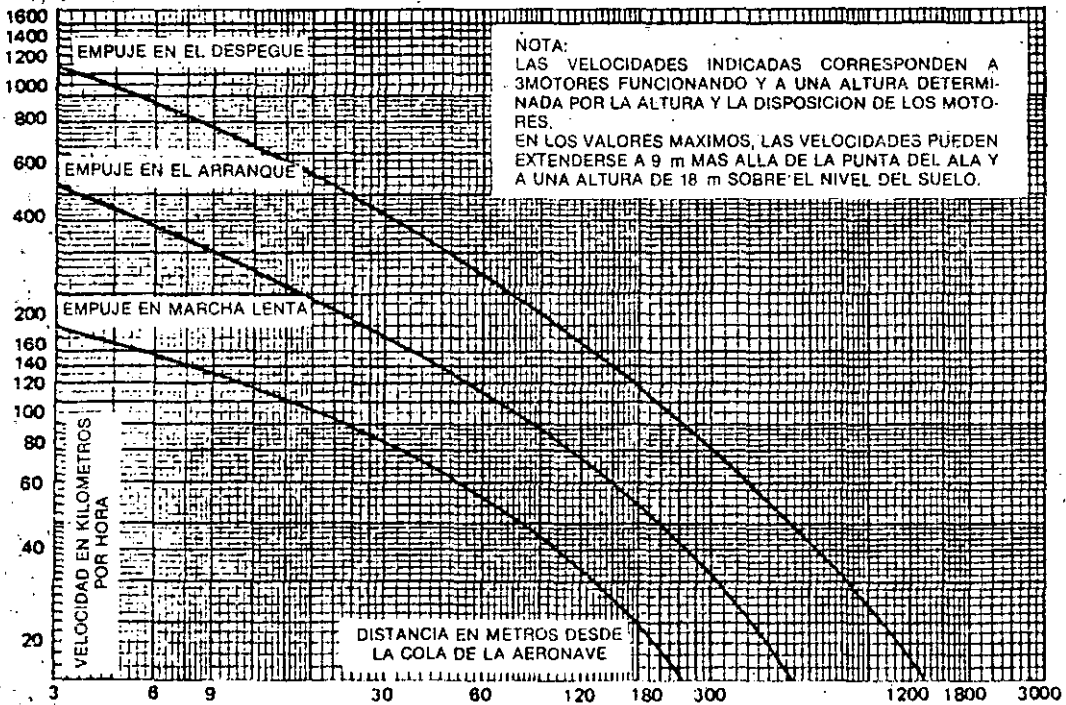
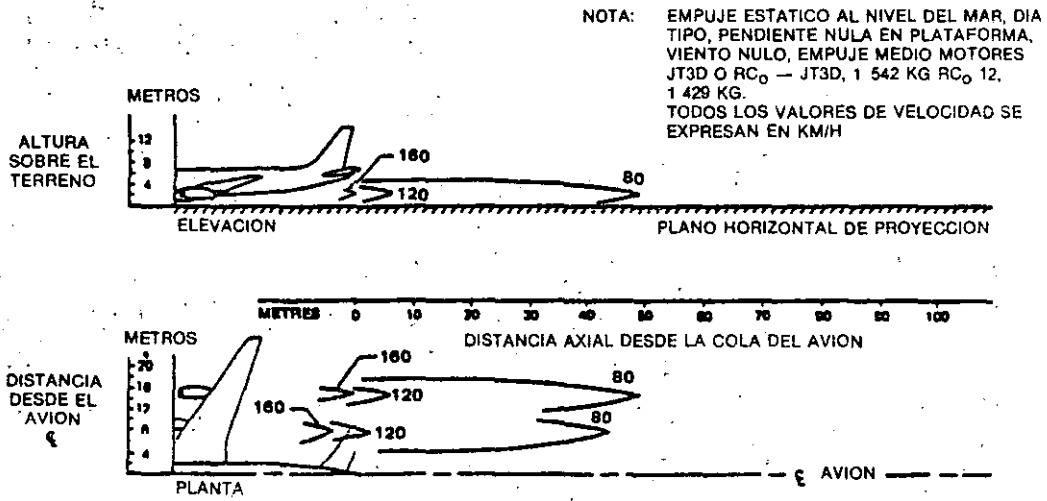
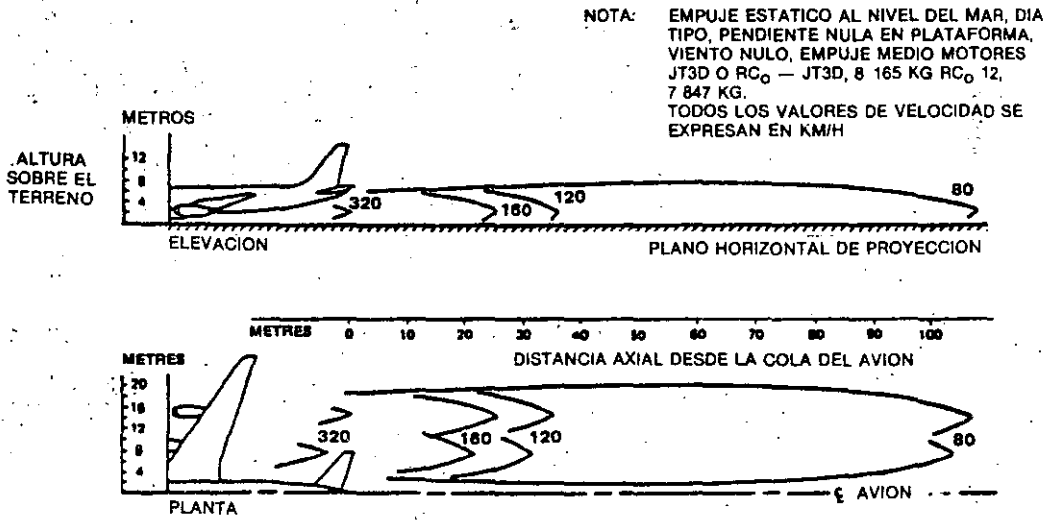


Figura A2-4. Curvas de velocidades máximas (DC-10)



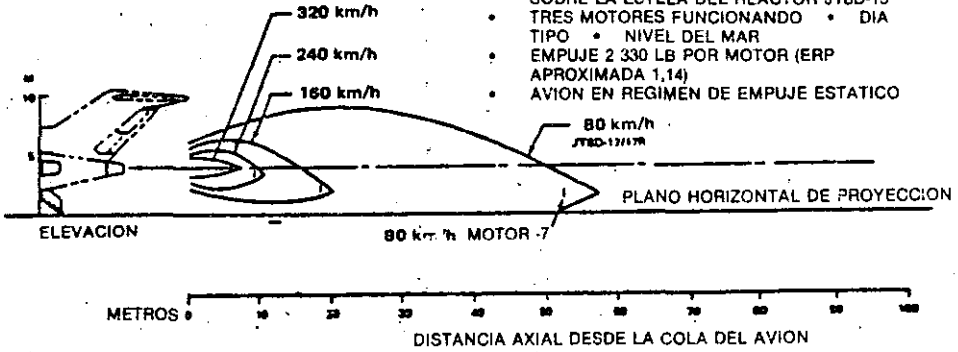
POTENCIA EN EL ARRANQUE



POTENCIA EN EL DESPEGUE

Figura A2-5. Perfiles de velocidad de los escapes de los reactores Modelo McDonnell Douglas DC-8

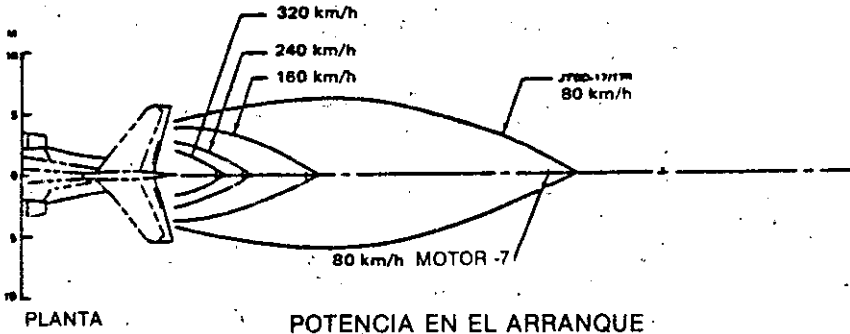
ALTURA SOBRE EL PLANO
HORIZONTAL DE PROYECCION



NOTAS:

- PERFILES ESTIMADOS DE LOS ESCAPES DE LOS MOTORES JT8D-17/17R
- LOS DATOS DE LOS MOTORES JT8D-9 y -15 SE HALLAN ENTRE LA INFORMACION QUE SE DA PARA LOS MOTORES -7 y -17
- BASADOS EN LOS DATOS DE LOS ENSAYOS SOBRE LA ESTELA DEL REACTOR JT8D-15
- TRES MOTORES FUNCIONANDO • DIA TIPO • NIVEL DEL MAR
- EMPUJE 2 330 LB POR MOTOR (ERP APROXIMADA 1,14)
- AVION EN REGIMEN DE EMPUJE ESTATICO

DISTANCIA DESDE EL EJE
LONGITUDINAL DEL AVION

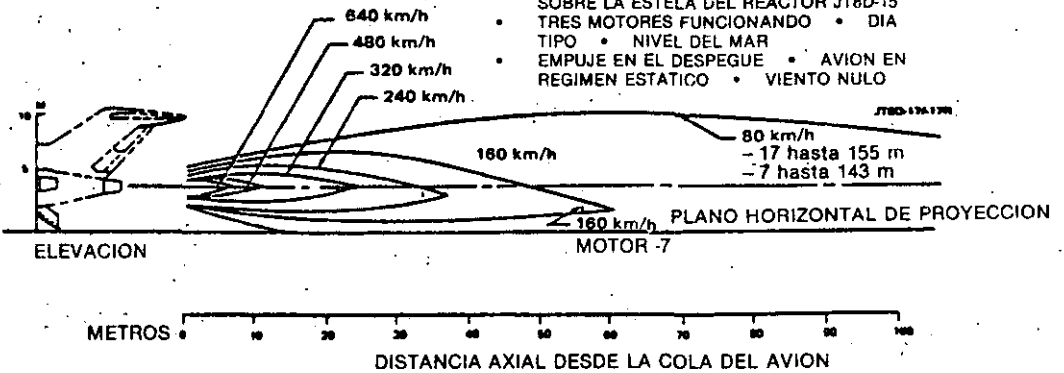


POTENCIA EN EL ARRANQUE

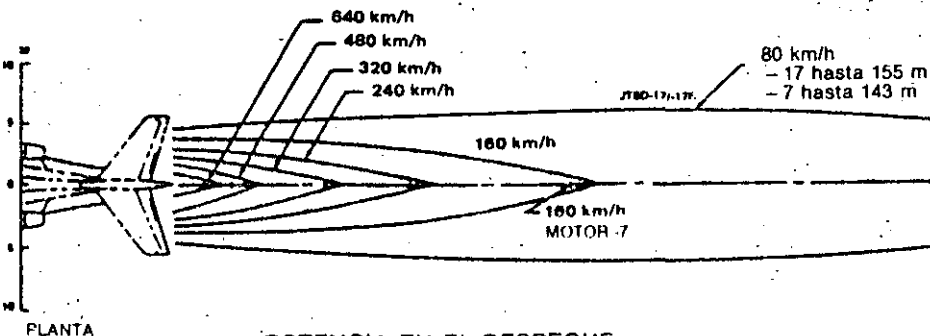
NOTAS:

- PERFILES ESTIMADOS DE LOS ESCAPES DE LOS MOTORES JT8D-17/17R
- LOS DATOS DE LOS MOTORES JT8D-9 y -15 SE HALLAN ENTRE LA INFORMACION QUE SE DA PARA LOS MOTORES -7 y -17
- BASADOS EN LOS DATOS DE LOS ENSAYOS SOBRE LA ESTELA DEL REACTOR JT8D-15
- TRES MOTORES FUNCIONANDO • DIA TIPO • NIVEL DEL MAR
- EMPUJE EN EL DESPEGUE • AVION EN REGIMEN ESTATICO • VIENTO ENULO

ALTURA SOBRE EL PLANO
HORIZONTAL DE PROYECCION



DISTANCIA DESDE EL EJE
LONGITUDINAL DEL AVION



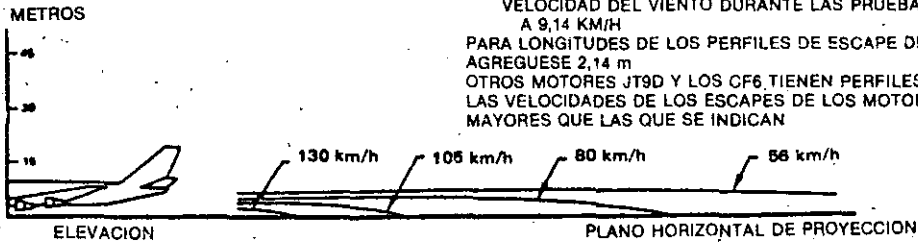
POTENCIA EN EL DESPEGUE

Figura A2-6. Perfiles de velocidad de los escapes de los reactores Modelo Boeing 727

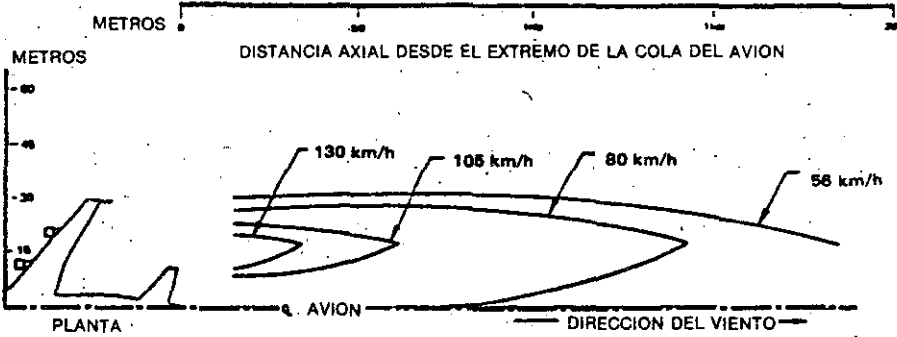
NOTAS:

TIPO DE MOTOR JT9D-3, BLOQUE II (MISMA TOBERA DE ESCAPE QUE -7)
 EMPUJE MOTOR 4 989 KG
 DATOS VERIFICADOS MEDIANTE PRUEBAS
 ELEVACION DEL SITIO DE PRUEBAS
 TEMPERATURA DEL AIRE AMBIENTE 10°C
 VELOCIDAD DEL VIENTO DURANTE LAS PRUEBAS INFERIOR A 9,14 KM/H
 PARA LONGITUDES DE LOS PERFILES DE ESCAPE DEL 747SP, AGREGUESE 2,14 m
 OTROS MOTORES JT9D Y LOS CF6 TIENEN PERFILES SIMILARES LAS VELOCIDADES DE LOS ESCAPES DE LOS MOTORES RB211 NO SON MAYORES QUE LAS QUE SE INDICAN

ALTURA SOBRE EL PLANO HORIZONTAL DE PROYECCION



DISTANCIA DESDE EL EJE LONGITUDINAL DEL AVION

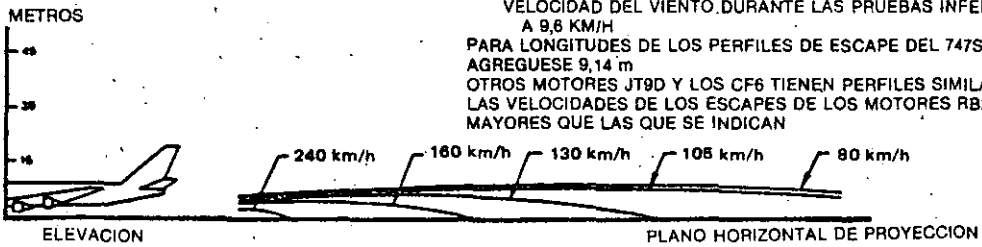


POTENCIA EN EL ARRANQUE

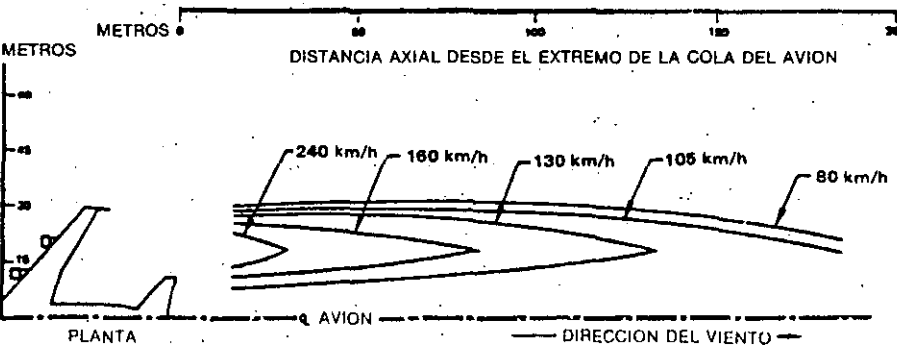
NOTAS:

TIPO DE MOTOR JT9D-3, BLOQUE II (MISMA TOBERA DE ESCAPE QUE -7)
 EMPUJE MOTOR 18 141 KG
 DATOS VERIFICADOS MEDIANTE PRUEBAS
 ELEVACION DEL SITIO DE PRUEBAS 362 m
 TEMPERATURA DEL AIRE AMBIENTE 10°C
 VELOCIDAD DEL VIENTO DURANTE LAS PRUEBAS INFERIOR A 9,8 KM/H
 PARA LONGITUDES DE LOS PERFILES DE ESCAPE DEL 747SP, AGREGUESE 9,14 m
 OTROS MOTORES JT9D Y LOS CF6 TIENEN PERFILES SIMILARES LAS VELOCIDADES DE LOS ESCAPES DE LOS MOTORES RB211 NO SON MAYORES QUE LAS QUE SE INDICAN

ALTURA SOBRE EL PLANO HORIZONTAL DE PROYECCION



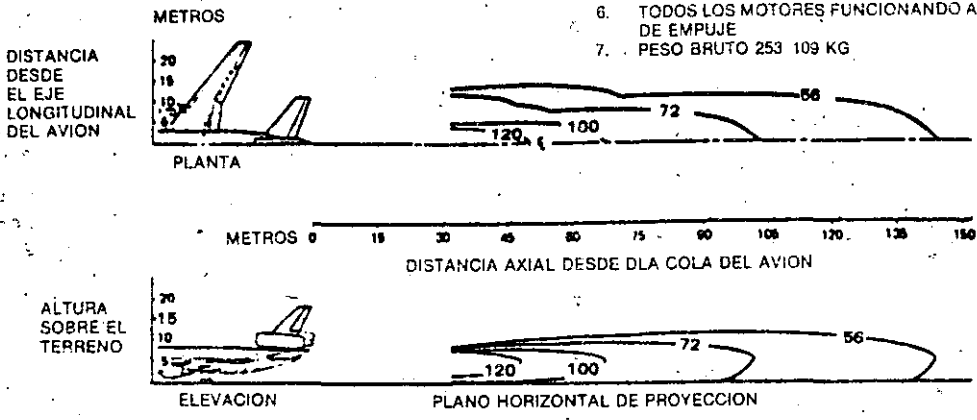
DISTANCIA DESDE EL EJE LONGITUDINAL DEL AVION



POTENCIA EN EL DESPEGUE

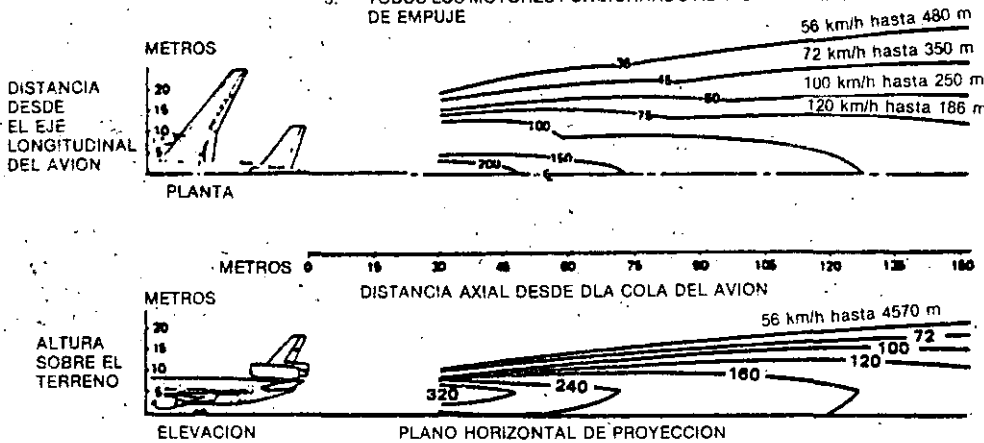
Figura A2-7. Perfiles de velocidad de los escapes de los reactores. Modelo Boeing 747

- NOTAS:
1. ESTOS PERFILES DEBEN SOLO SERVIR DE ORIENTACION PUESTO QUE EL MEDIO OPERACIONAL VARIA BASTANTE — INCUMBE AL USUARIO/PROYECTISTA OCUPARSE DE LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES
 2. TODOS LOS VALORES DE VELOCIDAD SE EXPRESAN EN KM/HORA
 3. LOS VIENTOS DE COSTADO TENDRAN UN EFECTO CONSIDERABLE EN LOS PERFILES
 4. LA PENDIENTE DE LA PISTA AFECTARA AL EMPUJE QUE SE REQUIERE EN EL RODAJE Y EN EL ARRANQUE
 5. EMPUJE ESTATICO AL NIVEL DEL MAR • DIA TIPO
 6. TODOS LOS MOTORES FUNCIONANDO AL MISMO REGIMEN DE EMPUJE
 7. PESO BRUTO 253 109 KG



POTENCIA EN EL ARRANQUE

- NOTAS:
1. ESTOS PERFILES DEBEN SOLO SERVIR DE ORIENTACION PUESTO QUE EL MEDIO OPERACIONAL VARIA BASTANTE — INCUMBE AL USUARIO/PROYECTISTA OCUPARSE DE LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES
 2. TODOS LOS VALORES DE VELOCIDAD SE EXPRESAN EN KM/HORA
 3. LOS VIENTOS DE COSTADO TENDRAN UN EFECTO CONSIDERABLE EN LOS PERFILES
 4. EMPUJE ESTATICO AL NIVEL DEL MAR • DIA TIPO
 5. TODOS LOS MOTORES FUNCIONANDO AL MISMO REGIMEN DE EMPUJE



POTENCIA EN EL DESPEGUE

Figura A2-8. Perfiles de velocidad de los escapes de los reactores Modelo McDonnell DC-10

6. Velocidades comparativas. La Tabla A2-1, preparada basándose en las Figuras A2-1 a A2-4, muestra la distancia desde la cola de la aeronave donde la velocidad del chorro queda reducida a 56 km/h, que constituye el valor umbral de comodidad individual y de utilización de vehículos y otro equipo, para cada uno de los cuatro tipos de aeronaves comerciales y niveles de empuje.

Tabla A2-1 - Distancia a la que la velocidad del chorro queda reducida a 56 km/h

<u>Tipo de aeronave</u>	<u>Empuje en marcha lenta</u> (m)	<u>Empuje en el arranque</u> (m)	<u>Empuje en el despegue</u> (m)
DC-8	6	79	160
B-727	29	49	30
B-747	76	250	410
DC-10	64	180	460

7. Los tipos más antiguos de las aeronaves DC-8 y las más modernas B-727 tienen características de velocidades similares, si bien en el régimen de marcha lenta es mayor el empuje de la B-727, pero desarrolla mucho menos empuje en el arranque. Las aeronaves B-747 y DC-10 de fuselaje alargado, confirman la tendencia antes mencionada de que los perfeccionamientos técnicos han agravado considerablemente el problema del chorro de los reactores. Cada uno de estos dos tipos de aeronaves requiere una distancia por detrás de la aeronave dos o tres veces mayor que los otros dos tipos de aeronaves para reducir la velocidad hasta niveles cómodos para los viajeros. La Tabla A2-1 presenta las velocidades del chorro a 15 y 30 m de la cola de la aeronave para las mismas aeronaves comerciales y para un grupo de aviones de reacción utilizados en vuelos de negocios.

Tabla A2-2 - Niveles de velocidad del chorro

Tipo de aeronave	Velocidad del chorro a 15 m			Velocidad del chorro a 30 m		
	Marcha lenta (km/h)	En el arranque (km/h)	En el despegue (km/h)	Marcha lenta (km/h)	En el arranque (km/h)	En el despegue (km/h)
Reactores comerciales						
DC-8	29	122	210	14	96	161
B-727	106	193	530	53	96	290
B-747	74	164	320	67	143	260
DC-10	116	260	610	85	177	420
Reactores de negocios						
Lear-Commander	47	95	215	21	43	98
Falcon	72	137	305	43	64	146
Sabreliner	79	162	370	35	74	169
Gulfstream-II	145	297	675	80	141	320

8. Merece observar que si bien los niveles de velocidad del chorro para los reactores de negocios que se muestran en la tabla son de la misma magnitud que la de los reactores comerciales, las dimensiones de la zona expuesta a estas velocidades del chorro es mucho menor en el caso de los reactores de negocios. Además, el chorro de los reactores más pequeños - el B-727 y los cuatro reactores de negocios - disminuyen más rápidamente con la distancia, ya que los vientos generados por el chorro se dispersan con mayor rapidez que en el caso de los motores de reacción más pequeños de estas aeronaves.

9. Presión del chorro. Las fuerzas generadas por el chorro del reactor pueden calcularse por medio de la fórmula de la presión general del viento que adopta la forma $P = C \times V^2$, en la que P es la presión, C es un factor de forma y V^2 es el cuadrado de la velocidad del viento perpendicular a la superficie. La Figura A2-9 presenta un gráfico de presión en relación con la velocidad del chorro e incluye la fórmula general en función de las unidades dadas para la velocidad y presión. Las curvas superiores dan la presión en una superficie plana orientada perpendicularmente a la dirección del chorro que produce la mayor presión posible. La curva inferior es para una superficie de forma más aerodinámica con un coeficiente del factor de forma del 70% del coeficiente de la superficie plana. La fuerza total en una superficie curva puede obtenerse multiplicando la presión por la dimensión del área de la superficie proyectada en un plano perpendicular a la dirección del chorro. Como la presión es función del cuadrado de la velocidad, la duplicación de la velocidad hace que se cuadruplique la presión. Por otro lado, un aumento relativamente pequeño de la distancia entre la cola de una aeronave y edificios, equipo o personal producirá una reducción importante de la presión ejercida por el chorro en el objeto. Asimismo, en la Figura A2-9 se muestran velocidades del chorro representativas tomadas de la Tabla A2-2 para demostrar la relación entre el nivel de comodidad individual y la presión del viento para el proyecto típico de edificios.

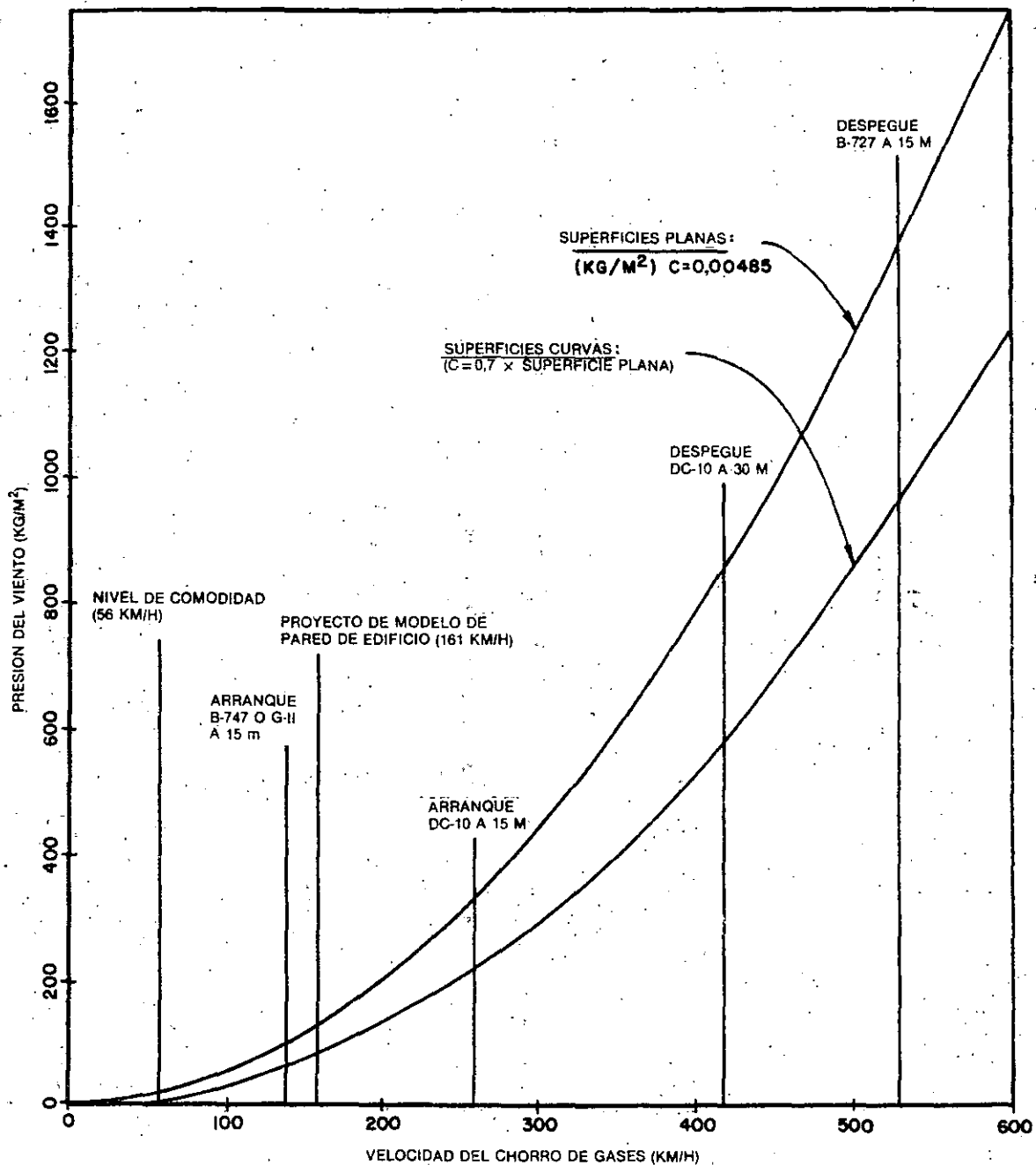


Figura A2-9. Presión del viento en función de la velocidad del chorro de gases

10. Otras consideraciones. Entre otros varios factores suplementarios que definen en mayor medida la naturaleza del chorro figuran los siguientes:

- a) el chorro de gases es de naturaleza irregular y turbulenta. Al proyectar ventanas y elementos del edificio de dimensiones inferiores a 1,4 m, deberían tenerse en cuenta las vibraciones causadas por el carácter cíclico de las velocidades del chorro de gases;
- b) la altura del eje del chorro depende de la altura y de la posición angular de los motores en la aeronave;
- c) salvo en las aeronaves de fuselaje largo, la dispersión lateral de los vientos del chorro de gases normalmente queda circunscrita a los extremos del ala de la aeronave a lo largo de una distancia significativa detrás de la aeronave (véanse las notas en las Figuras A2-1 a A2-4); y
- d) los vientos ambiente pueden aumentar, disminuir o desviar el chorro de gases de los motores, según sea la dirección del viento. Este factor puede tenerse en cuenta agregando una velocidad del viento ambiente (apropiada para un lugar dado) a la velocidad del chorro de gases.

Barreras protectoras contra el chorro de gases de los motores

11. Aplicación. Las barreras protectoras se utilizan en los aeródromos para reducir o eliminar los efectos perjudiciales del chorro mediante la desviación de las elevadas velocidades del aire, calor, emanaciones y el ruido que acompaña al chorro. Resulta necesaria la instalación de barreras o pantallas cuando no sea práctico proporcionar una separación segura y razonable entre los motores de las aeronaves y la gente, edificios u otros objetos que se hallen en el aeródromo. En la Figura A2-10 se indican los lugares del aeródromo en que es preciso instalar barreras protectoras contra el chorro.

12. Criterios sobre planificación. Cuando se proyecte un sistema de barreras protectoras contra el chorro para un aeródromo nuevo o ya existente, debe adquirirse un conocimiento a fondo de los tipos de aeronaves y de sus posibles modalidades de movimiento. Debe analizarse cada tramo del área de movimiento de la aeronave, el uso de las plataformas, calles de rodaje, apartaderos de espera y pistas para determinar todas las posibles magnitudes y orientaciones en relación con el chorro en el lugar de que se trate. Respecto a un nuevo aeródromo, esta información puede utilizarse como uno de los muchos criterios necesarios para definir las pertinentes limitaciones de construcción, con miras al emplazamiento de instalaciones futuras. Respecto a un aeródromo existente, esta información puede servir para determinar dónde deberían ubicarse o modificarse las nuevas barreras contra el chorro, debido a la puesta en servicio de aviones de reacción más grandes, a la adición de nuevas pistas o calles de rodaje, o a un cambio en las modalidades de movimiento de las aeronaves en tierra.

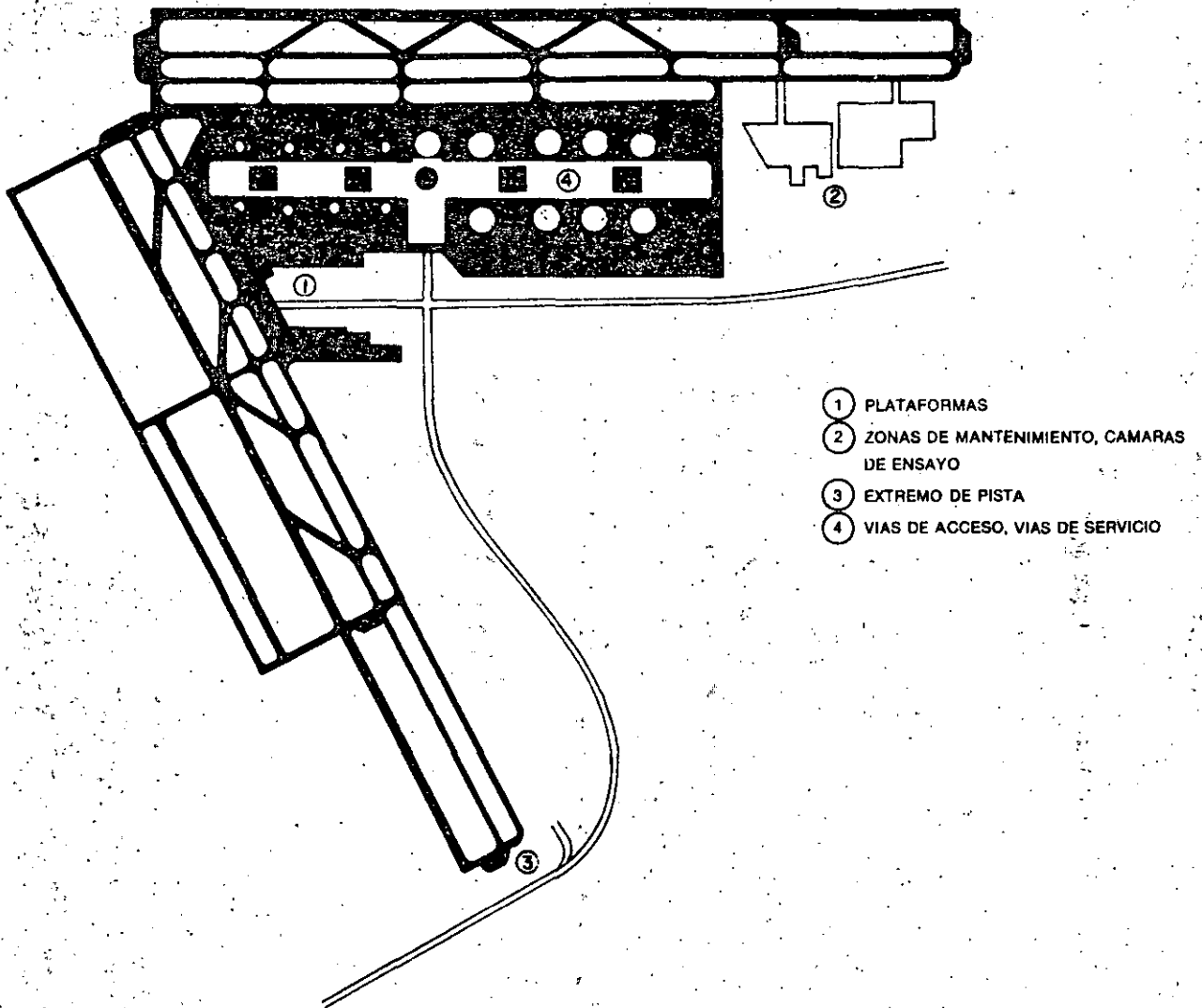


Figura A2-10. Lugares del aeródromo que requieren barreras protectoras contra el chorro de gases

13. Barreras contra el chorro en las plataformas. Las modalidades del movimiento en las plataformas por las aeronaves que entren o salgan de los puestos de estacionamiento de aeronaves, es un factor crítico para determinar la necesidad y ubicación de las barreras contra el chorro. En la Figura A2-11 se muestra un ejemplo de los requisitos relativos a un puesto de estacionamiento de aeronaves de maniobra autónoma así como respecto al mismo puesto empleando el método de entrada y salida por empuje con tractor. Como la aeronave en este puesto de maniobra autónoma debe efectuar un viraje completo de 180° dentro de la zona de la plataforma, en las condiciones del chorro producido por la aeronave en el arranque, todas las zonas a lo largo de las vías de acceso públicas, vías de servicio y entre los puestos de estacionamiento de aeronaves pueden verse sometidas a un chorro de gases excesivo. Por ello, será preciso instalar barreras en todos estos lugares, a menos que pueda proporcionarse suficiente separación entre los puestos de aeronave y la zona afectada (véase la Figura A2-11). Esta situación hace que sea necesario adoptar precauciones suplementarias para protegerlas del chorro de las aeronaves que entren o salgan de puestos de estacionamiento adyacentes. Si la plataforma se hubiese proyectado de modo que pueda emplearse el método de estacionamiento proa hacia adentro, salida por empuje con tractor y dispositivos de carga por la proa, sólo se necesitaría una barrera contra el chorro a lo largo de la vía de acceso pública. (Figura A2-11). Este tipo de sistema de plataforma se suele utilizar más corrientemente en los aeródromos importantes que atienden el tráfico de los aviones de reacción más modernos, debido al creciente problema del chorro de gases que originan los nuevos aviones de reacción y a la necesidad de reducir el coste y la complejidad que supone hacer frente al problema del chorro de gases en los puestos de estacionamiento de maniobras autónomas.

14. Barreras contra el chorro en áreas fuera de la plataforma. Las barreras contra el chorro deberían también utilizarse en cualquier lugar de un aeródromo en que el chorro de gases pueda constituir un peligro para el personal o causar daños a edificios, equipo o a otras aeronaves. Estas barreras se instalan a menudo a lo largo de las calles de rodaje y cerca de los cruces de las calles de rodaje para proteger los hangares o las instalaciones de la terminal donde las aeronaves pueden efectuar un giro de 90 a 180° . Otro lugar crítico es la zona situada fuera del extremo de la pista, centrada en torno al eje de la pista, la cual debería ser objeto de detenido examen por hallarse sometida al empuje continuo máximo de la aeronave en el despegue. Las vías de circulación o vías férreas que cruzan estas zonas pueden también necesitar la protección que ofrecen las barreras contra el chorro. Por supuesto, el empleo de barreras contra el chorro en cualquier lugar no debería crear ningún riesgo para el movimiento de las aeronaves o de los vehículos terrestres. (Véase la Figura A2-11).

15. Otros tipos de protección contra el chorro de gases. Aunque el uso de barreras prefabricadas ha sido eficaz, puede conseguirse protección contra el chorro de gases con otros métodos y materiales. Todo obstáculo, natural o artificial ofrecerá cierta protección. Objetos altos, especialmente, pueden utilizarse ventajosamente en algunos casos, como por ejemplo, alrededor de las zonas para prueba de motores.

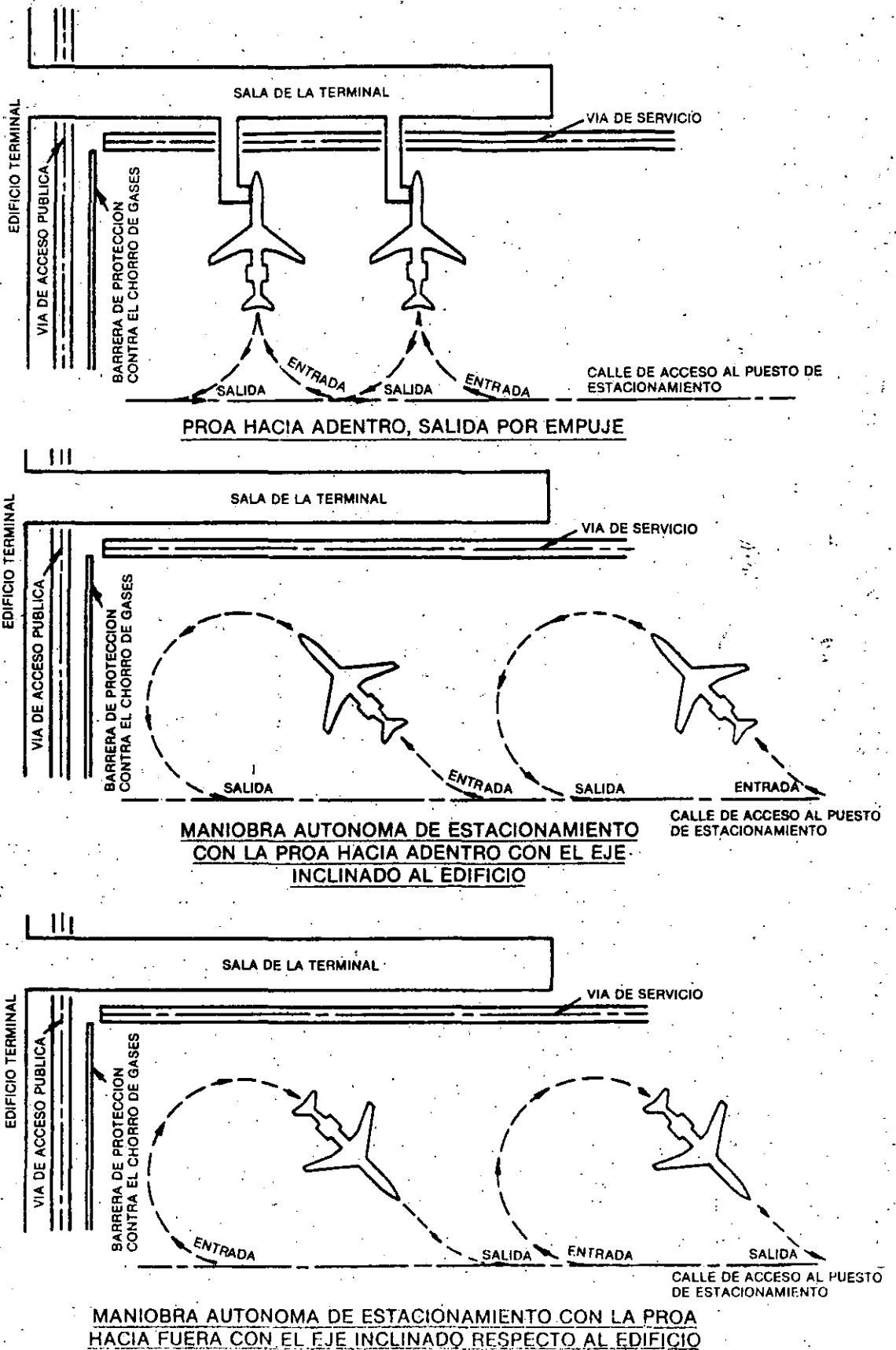


Figura A2-11. Barreras de protección contra el chorro de gases

Proyecto de barreras de protección contra el chorro de gases

16. Si bien a menudo las barreras de protección contra el chorro de gases son esenciales para la ejecución con seguridad de las operaciones en un aeródromo, éstas son raramente el punto de partida en el proyecto de plataformas o instalaciones de aeródromo. En vez de ello, las barreras suelen instalarse después de que ha sido determinado el trazado básico del aeródromo, y se erigen donde es más adecuado a cuenta de los movimientos de las aeronaves y de los vehículos en tierra. Además, el aspecto de las barreras tendrá que regirse con frecuencia por consideraciones arquitectónicas generales. Por estas razones, resulta difícil normalizar el proyecto de barreras contra el chorro y a menudo tendrán que diseñarse especialmente para cada caso.

17. Tipos de barreras. Las barreras pueden ser de hormigón o metálicas. La mayoría de las barreras prefabricadas son metálicas. Los deflectores de hormigón suelen necesitar mucho menos mantenimiento. Las barreras constituidas por losas con persianas desvían el chorro en toda su altura y, por lo tanto, se encuentran sometidas a fuerzas del viento más bajas que una barrera sólida en las mismas condiciones de chorro de gases. Las pantallas simples, perforadas, con persianas y onduladas, pueden utilizarse por separado o combinadas para reducir mejor o eliminar los efectos del chorro detrás de la barrera. En la Figura A2-12 se ilustran varios tipos de barreras contra el chorro de gases.

18. Cálculo estructural de las barreras contra el chorro. Tanto las barreras contra el chorro proyectadas especialmente para cada caso como las prefabricadas, requieren un análisis estructural minucioso para asegurarse de que la barrera utilizada tiene la resistencia adecuada para soportar las fuerzas del viento. Los principios que se utilizarían en un cálculo típico de dichas barreras se resumen en los párrafos siguientes:

- a) Presión total del viento - Para un determinado emplazamiento de barreras, la peor velocidad del chorro posible de la aeronave que ha de utilizar el aeródromo puede determinarse remitiéndose a las curvas de la velocidad del chorro en función de la distancia, tales como las que aparecen en las Figuras A2-1 a A2-4. La presión del chorro puede determinarse efectuando la conversión de la velocidad del viento a presión, sirviéndose de la Figura A2-9.
- b) Altura de la barrera - La barrera de protección contra el chorro debería ser, por lo menos, lo suficientemente alta para desviar la porción central del chorro. Esta altura es una variable que depende del tipo de aeronave y debería utilizarse conjuntamente con el cálculo de la presión para determinar la sección crítica de la barrera.
- c) Forma y tipo de barrera - La forma de la barrera, sea de configuración curva, plana, en forma de ángulo o vertical, y el tipo de barrera, por ejemplo, maciza o de persiana, determinará la presión neta del viento contra la pared. Las formas aerodinámicamente diseñadas y la utilización de perforaciones en las barreras harán que sean menores las exigencias en cuanto a la presión total.

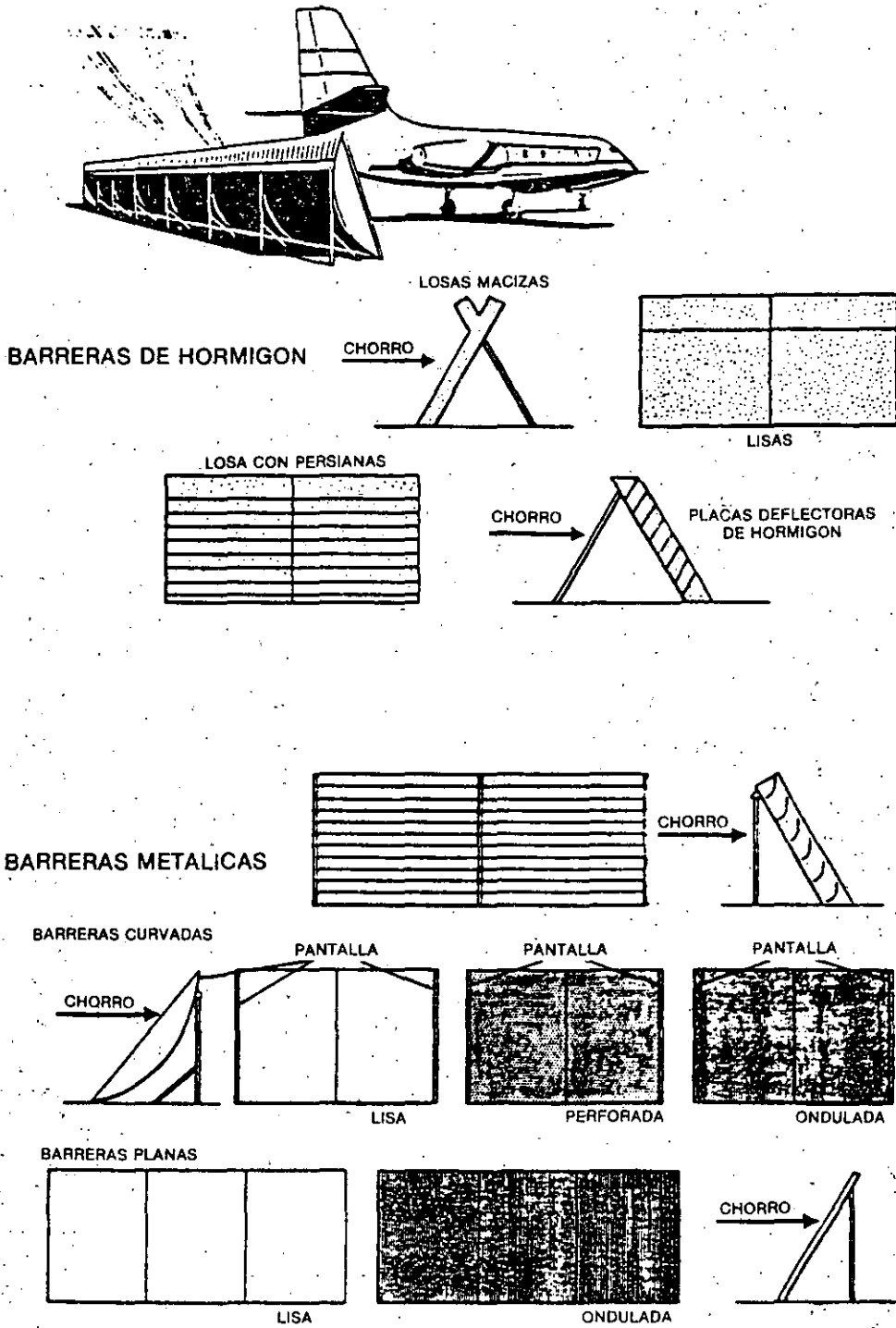


Figura A2-12. Tipos de barreras de protección contra el chorro de gases

- d) **Análisis de fuerzas** - Conocida la presión neta ejercida contra la pared, puede determinarse su altura, la ubicación de otros soportes tales como largueros o riostras, y el tipo de materiales utilizados, las dimensiones y resistencias de los elementos necesarios para la construcción de la pared. Este procedimiento se aplica a las secciones de las barreras prefabricadas, así como a las secciones diseñadas especialmente para cada caso.
- e) **Cimientos** - La dimensión y forma de los cimientos de sustentación dependerán de los factores enumerados en d) anterior, así como del tipo de terreno o de la zona de que se trate. Por lo tanto, los cimientos deben, necesariamente proyectarse especialmente para cada caso.

Márgenes y superficies protectoras contra el chorro

19. Los márgenes contiguos a las calles de rodaje y pistas y especialmente las zonas fuera de los extremos de las pistas están expuestos a intensas fuerzas del chorro de gases. En realidad, las fuerzas de resistencia al avance y de sustentación originadas por los escapes de los reactores de gran potencia en las aeronaves de reacción, pueden mover piedras de varios pies de grosor, y, a una distancia de 10,5 m detrás de la tobera de escape de un motor funcionando al empuje máximo, pueden levantar del suelo, completamente, piedras de 0,6 m de diámetro. Las fuerzas que originan esta erosión disminuyen rápidamente con la distancia, y más allá de 360 m aproximadamente del motor de una aeronave de fuselaje largo afectan únicamente a suelos de arena y de otros materiales, sin cohesión, más finos. Deberían utilizarse, en la medida necesaria, superficies protectoras y márgenes pavimentados para atenuar los efectos perjudiciales de estos factores. En 1.6.9 se da orientación sobre el tratamiento de márgenes y superficies protectoras contra el chorro.

20. Dimensiones. Las superficies protectoras contra el chorro deberían tener un ancho igual al de la pista más los márgenes. La longitud de la superficie protectora contra el chorro puede determinarse de la forma siguiente:

- para aeronaves como las Boeing 747 y L-500, se recomienda una superficie protectora contra el chorro de 120 m de longitud;
- para aeronaves más pequeñas, se recomienda una longitud de superficie protectora contra el chorro de 60 m de longitud.

21. Drenaje. Debería mantenerse o mejorarse el drenaje en las zonas afectadas. Los desniveles de borde de pavimento y las pendientes transversales del 5% de las zonas de césped existentes, pueden retenerse en la nueva superficie pavimentada. Se recomienda proporcionar recorridos a profundidad suficiente como para mantener un drenaje positivo de firme granular o recorridos de base secundaria por debajo del pavimento de la pista. Otra posibilidad es el proporcionar drenajes secundarios en el borde del pavimento. Debería proporcionarse un número suficiente de registros en los drenajes secundarios a fin de permitir la observación y el flujo del agua del sistema de drenaje secundario.

22. Condiciones especiales. Hay que reconocer que las condiciones locales de algunos de los lugares en que están emplazados los aeropuertos pueden necesitar una protección suplementaria de superficie contra la erosión. En estas circunstancias, se recomienda un pavimento adicional. La sección de pavimento y el material de superficie que han de emplearse deberían ser los indicados por anterior y satisfactoria experiencia local. Al aprobar materiales y procedimientos de reducido coste debería tenerse en cuenta el tiempo de mantenimiento, particularmente para las zonas adyacentes y pistas de utilización crítica.

APENDICE 3

Clasificación de aviones por letra y número de clave

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Beaver DHC-2	1A	381	14,6	3,3
Turbo Beaver DHC-2T	1A	427	14,6	3,3
Beechcraft A24R	1A	603	10	3,9
Beechcraft A36	1A	670	10,2	2,9
Beechcraft 76	1A	430	11,6	3,3
Beechcraft B55	1A	457	11,5	2,9
Beechcraft B60	1A	793	12,0	3,4
Beechcraft B100	1A	579	14,0	4,3
Britten Norman Islander BN2A	1A	353	14,9	4,0
Cessna 152	1A	408	10,0	-
Cessna 172	1A	381	10,9	-
Cessna 180	1A	367	10,9	-
185	1A	416	10,9	-
Cessna Stationair 6	1A	543	10,9	-
Turbo 6	1A	500	10,9	-
Cessna Stationair 7	1A	600	10,9	-
Turbo 7	1A	567	10,9	-
Cessna Skylane	1A	479	10,9	-
Turbo Skylane	1A	479	10,9	-
Cessna 310	1A	518	11,3	-
310 Turbo	1A	507	11,3	-
Cessna Golden Eagle 421C	1A	708	12,5	-
Cessna Titan 404	1A	721	14,1	-
Beechcraft E18S	1B	753	15,0	3,9
Beechcraft B80	1B	427	15,3	4,3
Beechcraft C90	1B	488	15,3	4,3
Beechcraft 200	1B	579	16,6	5,6

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
Otter DHC-3	1B	497	17,7	3,7
Short SC7-3/SC7-3A	1B	616	19,8	4,6
Twin Otter DH-6	1B	695	19,8	4,1
Dash 7 DHC-7	1C	689	28,4	7,8
Lear Jet 24F	2A	1 005	10,9	2,5
Lear Jet 28/29	2A	912	13,4	2,5
Short SD3-30	2B	1 106	22,8	4,6
NAMC YS-11	2D			
Hawker Siddley HS125-400	3A	1 646	14,3	3,3
HS125-600	3A	1 646	14,3	3,3
HS125-700	3A	1 768	14,3	3,3
Lear Jet 24D	3A	1 200	10,9	2,5
Lear Jet 35A/36A	3A	1 287/1 458	12,0	2,5
Lear Jet 54	3A	1 217	13,4	2,5
Lear Jet 55	3A	1 292	13,4	2,5
Canadair CL600	3B	1 310	18,8	3,6
Fokker F28-1 000	3B	1 646	23,6	5,8
F28-2 000	3B	1 646	23,6	5,8
Nord 262	3B	1 260	21,9	3,4
Antonov AN-24	3C	1 600	29,2	8,8
Convair 240	3C	1 301	28,0	8,4
Convair 440	3C	1 564	32,1	8,6
Convair 580	3C	1 341	32,1	8,6
Convair 600	3C	1 378	28,0	8,4
Convair 640	3C	1 570	32,1	8,6
DC-3	3C	1 204	28,8	5,8
DC-4	3C	1 542	35,8	8,5
DC-6A/6B	3C	1 375	35,8	8,5

Modelo de aeronave	Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
1	2	3	4	5
DC-9-20	3C	1 551	28,5	6,0
Fokker F27-500	3C	1 670	29,0	7,9
F27-600	3C	1 670	29,0	7,9
Fokker F28-3 000	3C	1 640	25,1	5,8
F28-4 000	3C	1 640	25,1	5,8
F28-6 000	3C	1 400	25,1	5,8
Buffalo DHC-5D	3D	1 471	29,3	10,2
Airbus A300 B2	3D	1 676	44,8	10,9
BAC 1-11-200	4C	1 884	27,0	5,2
BAC 1-11-300	4C	2 484	27,0	5,2
BAC 1-11-400	4C	2 420	27,0	5,2
BAC 1-11-475	4C	2 286	28,5	5,4
BAC 1-11-500	4C	2 408	28,5	5,2
B-727-100	4C	2 502	32,9	6,9
B-727-200	4C	3 176	32,9	6,9
B-737-100	4C	2 499	28,4	6,4
B-737-200	4C	2 295	28,4	6,4
B-737 Advanced-200	4C	2 707	28,4	6,4
Caravelle 12	4C	2 600	34,3	5,9
Concorde	4C	3 400	25,5	8,8
DC-9-10	4C	1 975	27,2	5,9
DC-9-30	4C	2 134	28,5	6,0
DC-9-40	4C	2 091	28,5	5,9
DC-9-50	4C	2 451	28,5	5,9
DC-9-80	4C	2 195	32,9	6,2
Trident 1E	4C	2 590	29,0	7,3
2E	4C	2 780	29,9	7,3
3	4C	2 670	29,0	7,3
Viscount 800	4C	1 859	28,6	7,9



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"

MODULO: "PROYECTO"

P A R T E 4

AYUDAS VISUALES

OCTUBRE, 1986.

Manual de proyecto de aeródromos

(Doc 9157-AN/901)

Parte 4

Ayudas visuales

Segunda edición — 1983



PREAMBULO

La concepción e instalación apropiadas de las ayudas visuales constituyen un requisito previo indispensable para conseguir la seguridad y regularidad de la aviación civil. Así pues, esta versión actualizada del *Manual de proyecto de aeródromos*, Parte 4, proporciona orientación sobre las características de las ayudas visuales utilizadas en los aeropuertos.

Gran parte de este texto está íntimamente relacionado con las especificaciones del Anexo 14 - *Aeródromos*. Uno de los objetivos del presente Manual es fomentar la aplicación uniforme de esas especificaciones. A continuación se indican las partes importantes que, al hacer la revisión actual, se han añadido a este Manual, que también ha llevado a la reorganización de su contenido:

- a) la guía proporcionada por los paneles de señalización (Capítulo 3);
- b) texto sobre el proyecto e instalación del PAPI (Capítulo 8);
- c) orientación sobre la iluminación de las calles de rodaje de salida (Capítulo 9); y
- d) orientación sobre la selección, aplicación y remoción de las pinturas (Apéndice 3).

Los textos relacionados con el proyecto de los circuitos eléctricos y el mantenimiento de la iluminación de los aeródromos, antes incluidos en el Capítulo 1 del Manual, se han revisado considerablemente y transferido respectivamente al *Manual de proyecto de aeródromos*, Parte 5, *Sistemas eléctricos*, y al *Manual de servicios de aeropuertos*, Parte 9, *Métodos de mantenimiento de los aeropuertos*. Por eso, conviene que el lector consulte esos manuales para conseguir la orientación deseada sobre aspectos tales como el proyecto de circuitos eléctricos, fuentes primarias y secundarias de energía, verificación y mantenimiento de los sistemas de iluminación, etc.

Las ediciones futuras se mejorarán a base de los resultados de la labor del Grupo de expertos sobre ayudas visuales, de la OACI, y de los comentarios y sugerencias que se reciban de los usuarios de este Manual. Por lo tanto, se ruega a los lectores a que den a conocer sus opiniones, comentarios y sugerencias sobre esta edición, dirigiéndose para ello al Secretario General.

INDICE

	<u>Página</u>
CAPITULO 1	Características funcionales de las ayudas visuales terrestres 4-1
1.1	Introducción 4-1
1.2	Factores operacionales 4-1
1.3	Requisitos operacionales 4-12
1.4	Utilidad de las ayudas visuales y referencias visuales para los pilotos 4-15
CAPITULO 2	Señales y balizas de superficie 4-31
2.1	Señales en las pendientes situadas inmediatamente antes de los extremos de las pistas 4-31
2.2	Señalización adicional de los márgenes laterales pavimentados 4-32
2.3	Señales de plataforma 4-33
2.4	Balizas de borde de calle de rodaje 4-43
CAPITULO 3	Area de señales y paneles de señalización 4-44
3.1	Generalidades 4-44
3.2	Diseño 4-44
CAPITULO 4	Distribución e intensidad necesarias de la iluminación de las pistas para aproximaciones de precisión de las Categorías I, II y III y de las calles de rodaje 4-46
4.1	Factores que determinan la distribución luminosa necesaria 4-46
4.2	Envolventes de la trayectoria de vuelo 4-46
4.3	Limitaciones del alcance visual 4-47
4.4	Procedimientos de operación en las Categorías III A y B 4-47
4.5	Análisis del proyecto de iluminación 4-48
4.6	Especificaciones para la iluminación 4-48
CAPITULO 5	Reglajes de intensidad luminosa 4-62
CAPITULO 6	Sistema de luces de entrada a la pista 4-65
CAPITULO 7	Luces de guía para el vuelo en circuito 4-67
7.1	Introducción 4-67
7.2	Requisitos de iluminación 4-67
CAPITULO 8	Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación 4-69
8.1	Generalidades 4-69
8.2	VASIS y VASIS de 3 BARRAS 4-69
8.3	T-VASIS 4-83
8.4	PAPI 4-92
CAPITULO 9	Iluminación de pista y de calle de rodaje 4-104
9.1	Luces empotradas 4-104
9.2	Luces de calle de rodaje - Confusión por el exceso de luces azules . 4-107
9.3	Iluminación de las calles de rodaje de salida 4-107

	<u>Página</u>
CAPITULO 10	Sistema de guía y control de los movimientos en la superficie 4-110
10.1	Generalidades 4-110
10.2	Selección de las ayudas visuales de un sistema SMGC 4-110
10.3	Ayudas visuales para guía de ruta 4-111
10.4	Ayudas visuales para controlar 4-112
CAPITULO 11	Letreros de guía para el rodaje 4-114
11.1	Generalidades 4-114
11.2	Letreros obligatorios 4-114
11.3	Letreros de información 4-114
CAPITULO 12	Sistemas de guía visual para el estacionamiento y atraque 4-123
12.1	Introducción 4-123
12.2	Luces de guía para las maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves 4-123
12.3	Sistemas de guía visual de atraque 4-123
CAPITULO 13	Iluminación de plataformas con proyectores 4-132
13.1	Introducción 4-132
13.2	Funciones de la iluminación de la plataforma con proyectores 4-132
13.3	Idoneidad requerida del material 4-133
13.4	Criterios de proyecto 4-140
CAPITULO 14	Luces de obstáculos, de gran intensidad 4-142
14.1	Introducción 4-142
14.2	Antenas de radio, de televisión, chimeneas, torres de refrigeración, edificios prominentes y obstáculos aislados similares 4-143
14.3	Estructuras que soportan líneas de alta tensión y obstáculos complejos similares 4-143
14.4	Consumo de energía 4-144
14.5	Percepción de los obstáculos 4-147
14.6	Inspección y mantenimiento 4-147
CAPITULO 15	Frangibilidad 4-148
15.1	Frangibilidad de los dispositivos de las ayudas visuales y de los dispositivos para su montaje 4-148
APENDICE 1	Requisitos operacionales aplicables a los sistemas de guía visual de atraque con la proa hacia adentro 4-151
APENDICE 2	Requisitos operacionales aplicables a los sistemas de guía visual para el estacionamiento 4-152
APENDICE 3	Selección, aplicación y remoción de las pinturas 4-153

CAPITULO 1.- CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS AYUDAS VISUALES TERRESTRES

1.1 Introducción

1.1.1 Finalidad

1.1.1.1 El presente Capítulo tiene por objeto proporcionar al personal técnico una idea general de la tarea del piloto al mando en cuanto a la utilización de las ayudas y referencias visuales y al grado en que tiene que depender de ellas mientras efectúa la aproximación, el aterrizaje y evoluciona en la superficie del aeropuerto. La información contenida en el presente texto sólo se da a título informativo y no implica necesariamente la aprobación o ratificación por la OACI de los métodos y procedimientos operacionales descritos. Por lo que se refiere a los procedimientos y métodos operacionales detallados actualmente en vigor, deberían consultarse los documentos operacionales y de formación profesional pertinentes.

1.2.- Factores operacionales

1.2.1 Problemas del piloto

1.2.1.1 En sus movimientos, el ser humano evoluciona en dos dimensiones. Desde el momento en que comienza a andar a gatas, interpreta las referencias visuales y utiliza su sentido del equilibrio para desplazarse sobre la superficie de la tierra. Este proceso de asimilación largo y gradual continúa hasta que, con el transcurso del tiempo, aprende a servirse de diversos tipos de medios mecánicos de transporte sobre tierra o sobre el agua, contando para aquel entonces con años de experiencia a la que puede acudir. Tan pronto como se hace al aire debe tener en cuenta una tercera dimensión, y esto significa que todos sus años de experiencia para resolver problemas bidimensionales no serán de gran utilidad.

1.2.1.2 Hay dos maneras de gobernar una aeronave en vuelo - bien por medio del piloto automático o bien manualmente. El piloto puede gobernar a la aeronave manualmente sea sirviéndose del tablero de instrumentos, cuando un sistema directo de vuelo puede efectuar algunas evaluaciones para él, o bien puede gobernar por sí solo la aeronave por referencia al mundo exterior y realizar sus propias apreciaciones utilizando las referencias visuales. El último método supone la existencia a priori de condiciones de buena visibilidad y de un horizonte bien definido, que puede ser el horizonte real o el horizonte aparente debido a los desniveles percibidos en el relieve o al detalle de la superficie terrestre.

1.2.1.3 Cuando se pilota un avión en condiciones de vuelo visual, las tareas más difíciles son las de juzgar la aproximación a una pista y efectuar las maniobras de aterrizaje subsiguientes. Durante la aproximación, no sólo debe vigilarse cuidadosamente la velocidad, sino que también es necesario efectuar al mismo tiempo correcciones continuas en las tres dimensiones a fin de seguir la trayectoria de vuelo correcta. Esta puede definirse como la intersección de dos planos en ángulo recto, de los cuales el plano vertical contiene la prolongación del eje de la pista y el otro contiene la pendiente de aproximación.

1.2.1.4 El mantenimiento de una pendiente de aproximación precisa, sin ayuda del sistema visual indicador de pendiente de aproximación se ha hecho aún más difícil con la introducción del motor de reacción. Las antiguas aeronaves de hélice respondían casi instantáneamente a un aumento de la potencia; las hélices girando a mayor velocidad aceleraban la corriente de aire por encima de las alas, lo que originaba un aumento de la sustentación. El motor de reacción no sólo es más lento para responder a un aumento del reglaje del mando de gases, sino que además no tiene efecto directo en el flujo del aire sobre el ala. No se producirá ningún aumento de la sustentación hasta que se haya acelerado toda la masa de la aeronave como consecuencia de un aumento del empuje.

1.2.1.5 Es esencial que las aeronaves crucen el umbral de la pista con un margen suficiente de altura y de velocidad. A fin de efectuar una toma de contacto suave tanto la velocidad como la velocidad vertical de descenso deben reducirse simultáneamente durante la maniobra conocida por el nombre de enderezamiento en el aterrizaje, de modo que las ruedas toquen la pista justamente antes o en el mismo momento de producirse la pérdida de sustentación de las alas.

1.2.1.6 Después de la toma de contacto el piloto continúa necesitando guía direccional para mantener su aeronave sobre el eje de la pista o cerca del mismo (a velocidades de toma de contacto que a menudo exceden de los 255 km/h o 138 nudos). El piloto también necesita información a partir de la cual pueda juzgar la longitud de pista restante y, una vez que haya reducido suficientemente la velocidad de su aeronave, habrá que indicarle de antemano una salida adecuada de la pista, y en el caso de que no se disponga de iluminación de eje de calle de rodaje, debe estar bien delimitada la anchura de la calle de salida.

1.2.1.7 Una vez que haya salido de la pista, el piloto debe conducir un aparato de difícil manejo, a lo largo de un verdadero laberinto de calles de rodaje hasta llegar al puesto de estacionamiento/atracque que se le ha asignado en una plataforma la mayoría de las veces congestionada. Al piloto no sólo se le deben dar instrucciones claras sobre la ruta a seguir y advertirle que se abstenga de cruzar cualquier pista en uso, sino que también es preciso protegerle de las aeronaves y vehículos que circulan por las calles de rodaje en dirección distinta de la suya.

1.2.1.8 Si consideramos el caso más crítico, el de los reactores de gran tamaño, el piloto que efectúa el rodaje tiene que conducir uno de los triciclos más grandes, más pesados y más ineficaces desde el punto de propulsión que se haya construido jamás. Sentado a una altura no inferior a 6 m por encima del nivel del suelo, el punto más próximo que puede ver el piloto se encuentra a una distancia aproximada superior a 12 m por delante de él. La rueda de proa orientable de su aparato se encuentra a varios metros por detrás de su asiento en el puesto de pilotaje (lo cual plantea sus propios problemas especiales cuando el piloto tiene que tomar una curva), mientras que los bogies de las ruedas principales están por lo menos a 27 m por detrás de él. El piloto no dispone, por supuesto, de "transmisión directa" para propulsar esas ruedas, sino que debe utilizar el empuje de sus reactores, que tienen un rendimiento notablemente inferior a bajas velocidades de avance. Al igual que en el caso de muchos aviones de reacción modernos de alas en flecha (prescindiendo de su tamaño), le resulta a menudo imposible ver los extremos de las alas desde el puesto de pilotaje.

1.2.1.9 En la Sección 1.4 se describe detalladamente la manera en que se utilizan las ayudas visuales para satisfacer los diversos requisitos operacionales expuesto en los párrafos precedentes.

1.2.2 Las cuatro "C"

1.2.2.1 Hay cuatro elementos principales que engloban las características del sistema completo de iluminación de aeropuerto tal como se ha ido perfeccionando gracias a los programas de investigación y desarrollo así como a la experiencia práctica adquirida durante un largo período. Conocidos por el nombre de "las cuatro C", para recordarlos mejor, estos elementos son: configuración, color, candelas y cobertura. La configuración y el color proporcionan información esencial para la orientación dinámica en tres dimensiones. La configuración proporciona información de guía y el color informa al piloto de su emplazamiento en el seno del sistema. Las candelas y la cobertura se refieren a las características de la luz, que son elementos absolutamente esenciales para el proceso correcto de diferenciación de la configuración y del color. Un piloto competente estará bien familiarizado con los sistemas de configuración y de color y también estará enterado de los cambios en las candelas que aumentan o disminuyen la intensidad luminosa. Para todos los sistemas de iluminación de aeropuerto, comprendidos desde los grandes aeropuertos internacionales hasta los campos de aviación utilizados por aeronaves pequeñas, rigen con grandes variaciones los referidos cuatro elementos que se examinan en los párrafos que siguen.

1.2.2.2 Configuración. Esta característica se refiere al emplazamiento de los componentes y al espaciado de las luces y señales dentro del sistema. Las luces están dispuestas en filas longitudinales y transversales con respecto al eje de la pista, mientras que las señales pintadas en la pista están únicamente alineadas longitudinalmente con el eje de la pista. (La iluminación visual de una pista, que aparece más corta al verse las señales transversales a ángulos de aproximación, hace que sea impracticable su utilización.)

1.2.2.3 El espaciado de los dispositivos de fijación de las luces varía esencialmente atendiendo a si las luces están dispuestas en el sentido longitudinal o transversal. Es evidente que la vista en perspectiva de los sistemas de ayudas visuales para el piloto hace que las luces muy espaciadas en una fila longitudinal produzcan un "efecto lineal". En cambio, para lograr un "efecto lineal" con las luces dispuestas en fila transversal, es preciso que el espacio entre luces sea pequeño. Otro factor que influye en el espaciado de las luces lo constituye las condiciones de visibilidad durante la utilización del sistema de guía visual. Cuando las operaciones se realizan en condiciones de visibilidad más reducida, se requieren espaciados menores, especialmente en las filas longitudinales, con objeto de proporcionar referencias visuales apropiadas dentro del campo visual restringido.

1.2.2.4 El emplazamiento de las luces de borde de pista, de umbral y de extremo de pista nunca ha planteado problemas, ya que su propia designación indica su emplazamiento. Sin embargo, el emplazamiento de las luces de umbral ha sido un tanto complicado debido a consideraciones relativas a los umbrales desplazados. El perfeccionamiento de nuevos dispositivos de fijación de luces semiempotrados, ha resuelto este problema y ahora es posible instalar iluminación de umbral desplazado de pista conforme a una configuración normalizada en el pavimento de la pista propiamente dicha. El espaciado de las luces utilizadas para la iluminación de los bordes de pista, ha variado muy poco desde que se comenzaron a iluminar las pistas, debido a que la guía visual principal, en condiciones de visibilidad reducida, se proporciona en vez de por luces de borde de la pista por los nuevos sistemas, recientemente perfeccionados, de iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto.

1.2.2.5 Aun cuando el perfeccionamiento de la iluminación de pista se ha efectuado sin muchas complicaciones, la investigación y mejora de las luces de aproximación ha dado lugar, en diversos Estados, a diferencias importantes con respecto al emplazamiento y al espaciado de los sistemas. Durante el estudio de las operaciones en pistas para aproximaciones de precisión de Categoría II, se convino en que era necesaria una configuración normalizada en una longitud del sistema no inferior a 300 m antes del umbral. Gracias a un programa llevado a cabo en colaboración por Estados de la OACI se ha alcanzado este objetivo.

1.2.2.6 Color. La función de las señales luminosas de color consiste en identificar los diferentes sistemas de iluminación del aeródromo, transmitir instrucciones o información, y hacer que resalten más las distintas secciones del aeródromo. Así pues, las luces de borde de pista son blancas y las luces de borde de calle de rodaje son azules; las señales rojas, blancas y verdes del proyecto de señales sirven para transmitir instrucciones al tránsito en tierra y en el aire; y las luces rojas de indicación de obstáculos se ven mejor sobre un fondo de luces blancas que las luces de otros colores. Además, el color rojo sirve también para advertir de un peligro.

1.2.2.7 Si bien es posible distinguir muchos colores cuando las superficies coloreadas son lo suficientemente grandes para percibir las como una superficie, sólo pueden identificarse cuatro señales luminosas de colores distintos cuando las luces se ven aisladamente en forma de fuentes "puntiformes".

1.2.2.8 Con una selección adecuada de los límites de color, pueden reconocerse los colores rojo, blanco o amarillo, verde y azul. Es posible distinguir el blanco del amarillo únicamente:

- a) si las luces de los dos colores se muestran simultáneamente en partes adyacentes del mismo sistema de señales; o
- b) si el color blanco y amarillo se muestran como fases sucesivas de la misma señal (por ejemplo, los destellos alternos blancos y amarillo del faro de un hidroaeródromo); o
- c) si la luz tiene una dimensión apreciable que impide percibirla como una fuente puntiforme.

De manera parecida, una señal VASIS rosa puede reconocerse por cuanto la otra señal es roja o blanca. Debido a la limitación impuesta por los colores identificables, los colores tienen más de un significado, y el emplazamiento y la configuración de las luces de colores permiten efectuar la diferenciación que se precise de su significado. Así, el color verde se utiliza para las luces de umbral, para las luces de eje de calle de rodaje y como una señal de "siga" emitida por el proyector de señales, al igual que para las luces de control de tránsito. Cuando se instalen sistemas de iluminación de aeródromo deben tenerse en cuenta las luces de navegación y anticollisión de las aeronaves, ya que las luces de las aeronaves podrían originar problemas de identificación al confundirse aquéllas con algunas de las ayudas luminosas en tierra.

1.2.2.9 Las luces de color se suelen obtener utilizando una fuente incandescente de tungsteno conjuntamente con un filtro luminoso apropiado. Este filtro es corrientemente de vidrio y puede ser una pieza adicional colocada sobre un dispositivo luminoso, el cual, de no utilizarse ese filtro daría una señal de color blanco, o bien puede ser parte integrante del sistema óptico del dispositivo. En cualquiera de los dos casos, el filtro actúa de modo que suprime la luz de longitudes de onda no deseadas, sin que agregue luz de la longitud de onda deseada. Además, alguna cantidad de luz de la longitud de onda deseada, queda eliminada. Por lo tanto, la intensidad de un dispositivo que emite luz de color, es inferior a la de un dispositivo proyectado para emitir luz blanca. Con relación a la posible intensidad de una señal blanca, las intensidades de las señales de color suelen equivaler aproximadamente a los porcentajes siguientes: 40% para el amarillo, 20% para el rojo y el verde y 2% para el azul.

1.2.2.10 Sin embargo, debería observarse que puesto que el umbral de iluminancia en el caso de la luz roja es aproximadamente igual a la mitad del umbral de iluminación del correspondiente a luz blanca, la intensidad eficaz de una luz roja producida adicionando un filtro rojo a un dispositivo que emite una luz blanca es superior al valor expresado por el porcentaje indicado antes. Por ejemplo, la adición de un filtro rojo con un factor de transmitancia del 20% reduce la intensidad eficaz a un 40% aproximadamente de la intensidad de una luz blanca en vez del 20%.

1.2.2.11 Candelas. La iluminación producida por una luz medida en el ojo del observador que determinará si la luz será vista. La iluminación producida a una distancia V por una fuente de luz de intensidad I , medida en candelas, en una atmósfera que tenga una transmisibilidad (transmitancia por unidad de distancia) T viene dada por la ley de Allard:

$$E = IT^V/V^2.$$

Cuando la iluminación es igual a E_c , que es la iluminancia mínima perceptible, la luz es justamente visible y V es igual al alcance visual de la luz. Los valores correspondientes a la iluminancia mínima perceptible que se utilizan para determinar el alcance visual y que se dan en el Anexo 3, Adjunto C, son:

Umbral de iluminación

	(lux)	candelas-km
Noche	8×10^{-7}	0,8
Valor intermedio	10^{-5}	10
Día normal	10^{-4}	100
Día luminoso (niebla con el sol)	10^{-3}	1 000

1.2.2.12 La relación entre la transmisividad, T , la distancia, V , y la relación intensidad a iluminancia, I/E , se ilustra en la Figura 1-1. Las intensidades de las luces utilizadas en la iluminación de aeródromo oscilan entre unas 10 y 2 000 000 candelas. La transmisividad de la atmósfera sufre considerables variaciones, fluctuando entre más de 0,95 por kilómetro en tiempo muy despejado a menos de 10^{-50} en condiciones de niebla densa.

1.2.2.13 Según se desprende de la Figura 1-1, una luz de intensidad relativamente baja, es visible a gran distancia en condiciones de tiempo despejado. Considérese, por ejemplo, las condiciones nocturnas en las cuales la transmisibilidad es igual a 0,90 por kilómetro. Por consiguiente, en el caso de una luz cuya intensidad fuese de 90 candelas, I/E sería de 80/0,8 ó 100, y el alcance visual sería de unos 7 km. Sin embargo, en presencia de niebla se acusa el efecto de la ley del rendimiento decreciente a distancias relativamente cortas. Por ejemplo, si la transmitancia fuese de 10^{-20} por kilómetro (niebla densa), una luz con una intensidad de 80 candelas sería visible a unos 0,17 km, y una luz con una intensidad de 80 000 candelas no sería visible a más de 0,3 km aproximadamente. Por lo tanto, a menudo resulta imposible hacer que las luces de borde de pista

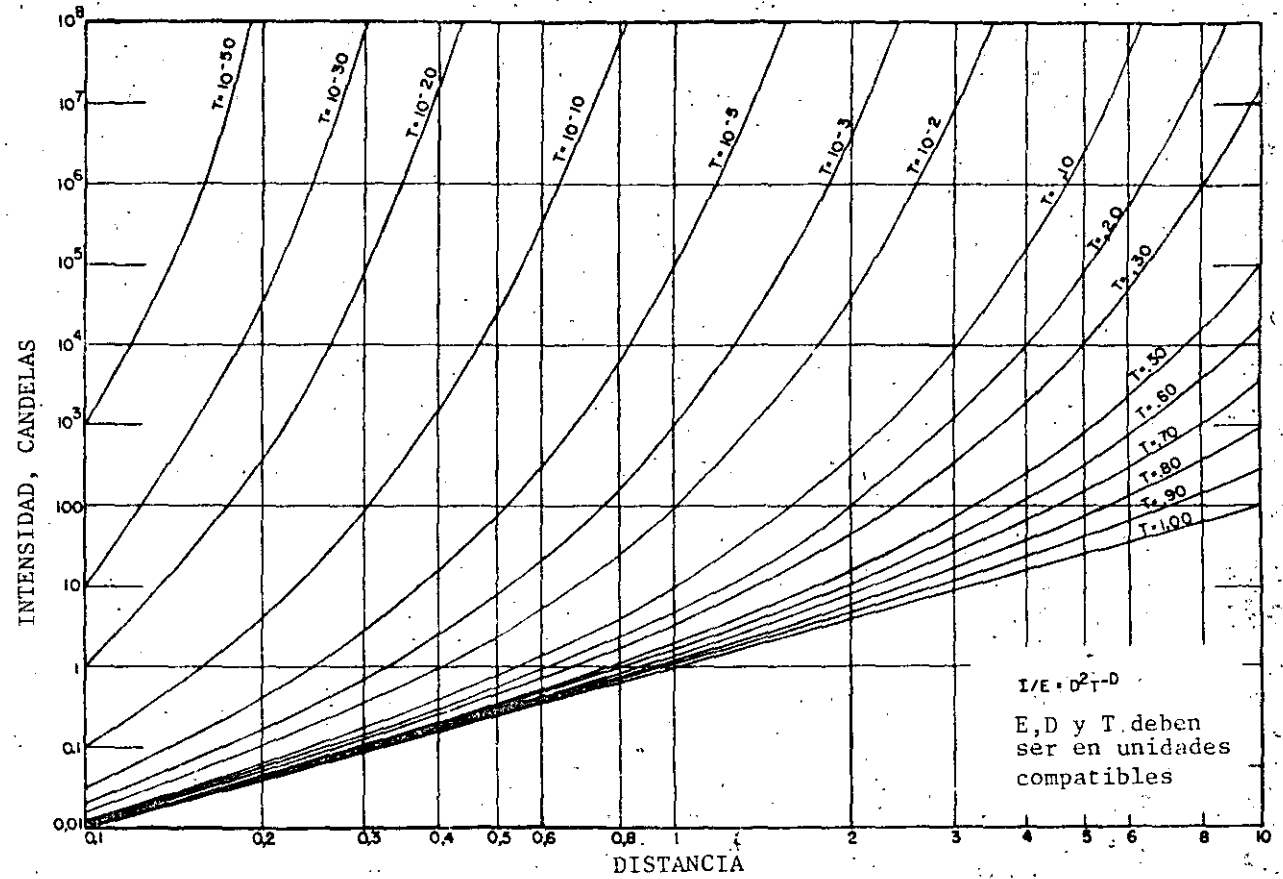


Figura 1-1.- La intensidad requerida para producir una iluminancia, igual a la unidad, trazada en función de la distancia para varios valores de transmisibilidad atmosférica. Puede utilizarse cualquier conjunto, de unidades compatibles.

proporcionen guía suficiente en condiciones de Categorías II y III aun cuando se aumente la intensidad de las luces que fueron proyectadas para ser utilizadas con tiempo más despejado. Por lo tanto, al sistema de iluminación de pista se agregaron luces de zona de toma de contacto y de eje de pista de espaciado reducido con objeto de que fuesen menores las distancias a las cuales es preciso que sean visibles las luces.

1.2.2.14 Otro efecto de la atmósfera que debe tenerse presente, consiste en el aspecto tan distinto que la transmitancia atmosférica da a las luces, por ejemplo, una luz de 80.000 candelas que sería justamente visible a 0,3 km cuando la transmisibilidad fuese de 10^{-20} por kilómetro produciría una iluminancia un millón de veces superior a la que se precisaría para ser apenas visible en una atmósfera con aire completamente despejado. En este caso sería necesario reducir la intensidad de la luz. Sin embargo, aun cuando la intensidad se redujera a 0,1% de su valor máximo, la intensidad de ésta sería aún mucho mayor de lo deseado. Por lo tanto, si bien es necesaria la atenuación de las luces de alta intensidad y de las luces de pista, el procedimiento no puede contrarrestar completamente los efectos de las variaciones de la transmitancia atmosférica.

1.2.2.15 Cobertura. Las primeras luces terrestres aeronáuticas sólo eran lámparas simples o lámparas simples con cubiertas de vidrio transparente. La luz emitida tenía, esencialmente, la misma intensidad en todas las direcciones. A medida que se dejó sentir la necesidad de disponer de mayores intensidades, comenzaron a instalarse luces dotadas de reflectores, lentes o prismas. Reorientando los haces luminosos de modo que se concentrasen en las direcciones que debían iluminarse, fué posible aumentar la intensidad en direcciones sin que fuese necesario aumentar el consumo de energía. Además, se redujo el deslumbramiento molesto causado por las lámparas cercanas reorientando parte de la luz emitida en las direcciones desde las cuales sólo sería visible a distancias cortas hacia direcciones en que la luz fuese visible a mayores distancias en condiciones de mejor visibilidad. Cuanto más estrecha sea la abertura del haz luminoso producido por el dispositivo óptico, mayor será la intensidad de la luz dentro del haz.

1.2.2.16 Es teóricamente posible proyectar un dispositivo óptico tal que, en el caso de una línea de aproximación fija o de una transmisibilidad atmosférica dada, la intensidad máxima del haz luminoso se dirija hacia el punto en el cual la luz se verá por primera vez. A medida que disminuye la distancia entre la aeronave y la luz, disminuye la intensidad en la dirección de la aeronave, de modo que el brillo de la luz permanece constante. (Se excluyen las trayectorias orientadas directamente hacia la luz.) Así pues, es posible proyectar un faro de modo que, para una transmisibilidad atmosférica dada, los destellos tendrán un brillo constante cuando se ven desde una aeronave que vuele hacia el faro a una altura fija por encima del mismo. Un proyecto de este tipo reduce al mínimo la cantidad de energía necesaria para obtener el alcance visual deseado. Sin embargo, las aeronaves no siguen una sola trayectoria ni vuelan en las mismas condiciones de visibilidad. Por ello, es necesario proyectar la configuración de los haces de las luces aeronáuticas terrestres de modo que abarque una gama de trayectorias y transmisibilidades atmosféricas.

1.2.2.17 Estos principios se han tomado en consideración en la determinación de las aberturas de haz de las luces que se especifican en la Tabla 4-1 del Capítulo 4 de este Manual y en las Tablas 5-1, 5-2 y 5-3 del Anexo 14.

1.2.2.18 Conviene observar que cuando las exigencias de operación varían, para poder conseguir la performance máxima es generalmente necesario diseñar de nuevo el haz de luz. Por ejemplo, con el advenimiento de las aeronaves de reacción, se hizo necesario conseguir que los faros aeronáuticos abarcasen altitudes de hasta 9 000 m. No era suficiente elevar simplemente el haz del faro, ya que éste habría disminuido considerablemente la cobertura a las altitudes que vuelan las aeronaves pequeñas de hélice, tal cual indica la Figura 1-2, curvas "a" y "b". En vez de esto, a base de modificar el diseño de la lámpara, el abanico del haz vertical del faro se aumentó para proporcionar la cobertura indicada por la curva "c". De igual modo, es necesario modificar el abanico del haz de las luces de aproximación y de pista previstas para las operaciones de la Categoría I, con objeto de conseguir también la cobertura deseada para la Categoría II, y especialmente para la Categoría III.

1.2.3 El elemento humano en el empleo de las ayudas visuales terrestres

1.2.3.1 Son muchos los factores que determinan de qué manera reaccionan efectivamente los pilotos a las ayudas visuales, al captarlas, comprenderlas y al actuar a base de los elementos de orientación e información que perciben al hacer la aproximación. Si bien no sería posible examinar la causa y efecto de todas las dificultades concomitantes, los aspectos que siguen conciernen a quienes se ocupan de los proyectos de sistemas y de la "sugestión visual" dentro del ambiente, así como de la posibilidad de error del piloto al hacer ésto las aproximaciones y aterrizajes.

1.2.3.2 Normalización de sistemas. El piloto siempre ve en perspectiva el sistema de iluminación de aproximación y de pista, nunca en planta, y sólo en las mejores condiciones meteorológicas tendrá una vista completa del sistema. Frecuentemente, ha de interpretar la guía proporcionada por un "segmento visual móvil" luminoso que se desplaza hacia la parte inferior de su parabrisas a medida que avanza a lo largo de la trayectoria de aproximación. La longitud de este segmento variará según la altura de la aeronave y el alcance visual oblicuo desde el puesto de pilotaje. (Véase la Figura 1-3.) La información que el piloto puede adquirir de un tramo relativamente corto de la configuración luminosa de aproximación es excesivamente limitada cuando percibe esta configuración a una velocidad elevada en condiciones de visibilidad reducida. Habida cuenta de que el piloto sólo dispone de pocos segundos para ver las ayudas visuales y reaccionar en condiciones de visibilidad reducida, es de suma importancia que la configuración de las luces sea, además de simple, normalizada.

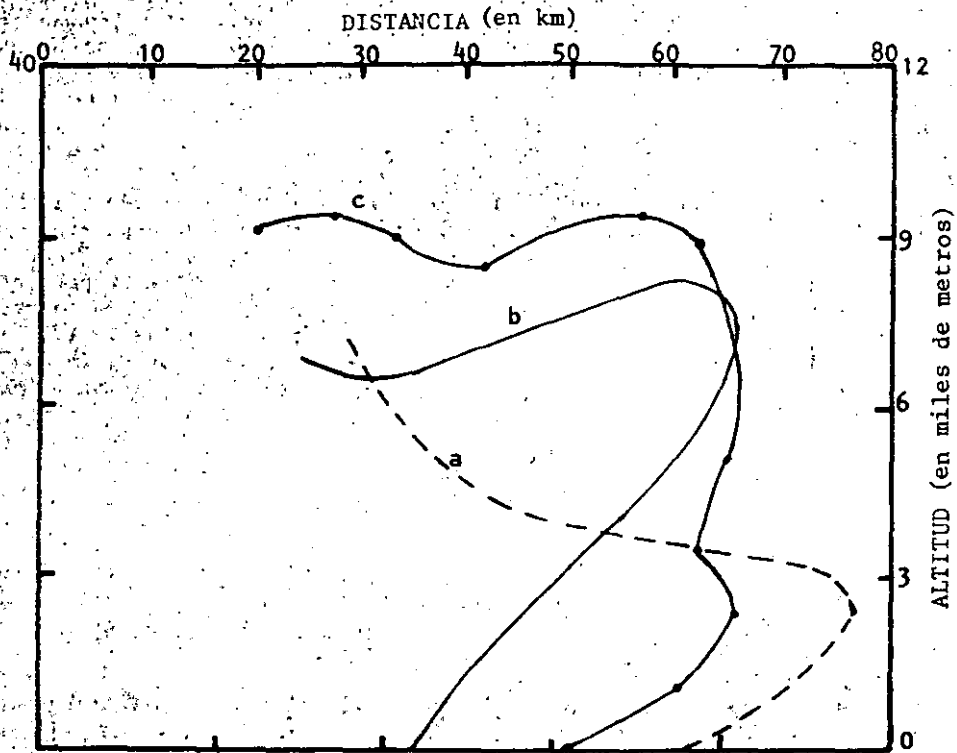
1.2.3.3 Diferencias individuales. La agudeza visual y la sensibilidad frente al deslumbramiento varían según los pilotos y en parte dependen de la edad, grado de fatiga y de la adaptación a los niveles de luz utilizados. Además, las aptitudes, reacciones y respuestas de un mismo piloto variarán con arreglo a sus condiciones en el momento de que se trate. Asimismo, el sistema de guía visual debe poder atender por igual a los pilotos con menos experiencia, así como a los pilotos medios y a los pilotos cuyo nivel de competencia es superior a la media.

1.2.3.4 Factores que intervienen en la función visual. Hay dos factores importantes que deben tomarse en consideración con objeto de proporcionar siempre al piloto la mejor guía visual. En primer lugar, es esencial que el reglaje de la intensidad se adapte bien a las condiciones del medio ambiente. En segundo lugar, las intensidades de cada una de las diversas secciones que forman el conjunto del sistema deben adaptarse bien entre sí, particularmente cuando se utiliza el color. Estos dos factores garantizan que el piloto no deje de darse cuenta de una referencia esencial, tal como las luces verdes de umbral, si la intensidad es demasiado débil ni tampoco que le deslumbren algunas luces que sean demasiado brillantes para las condiciones existentes en el momento de que se trate.

1.2.3.5 Obedece a dos razones que los sistemas de iluminación de aproximación y de pista tengan distribuciones que hagan resaltar el eje de pista. La primera razón es evidente, puesto que el aterrizaje debería efectuarse idealmente a lo largo del eje de la pista. La segunda razón es que la fovea del ojo, la región de visión aguda, corresponde a un ángulo de sólo $1,5^\circ$ aproximadamente.

1.2.3.6 Los estudios han demostrado que el tiempo medio que requiere un piloto para desplazar su mirada de las referencias visuales exteriores a los instrumentos y para dirigirla nuevamente a las referencias exteriores es de unos 2,5 segundos. Si se tiene en cuenta que las aeronaves de gran performance recorrerán unos 150 m durante ese intervalo de tiempo, es evidente que, en la medida de lo posible, las ayudas visuales deberían proporcionar la máxima guía así como la mayor información posible que permita que el piloto no tenga que consultar sus instrumentos para fines de verificación. Otros miembros de la tripulación se encargan de anunciar la información crítica proporcionada por los instrumentos, lo cual constituye un procedimiento apropiado para reforzar la seguridad de las operaciones en condiciones de visibilidad reducida.

1.2.3.7 Grado de actividad visual. Es considerable la aptitud del piloto para tratar los datos si se satisfacen ciertas condiciones, particularmente cuando la situación se desarrolla de acuerdo con las previsiones y las referencias sucesivas confirman lo que ha precedido. En este caso, el piloto puede examinar un esquema de datos que evolucionan rápidamente, puede aprovechar su capacidad para apreciar la situación y ejecutar una serie de respuestas apropiadas, ajustadas con precisión



Condiciones nocturnas

- Curva a - Cobertura de los faros anteriores a la época de los aviones de reacción
- Curva b - Cobertura de los faros elevados anteriores a la época de los aviones de reacción.
- Curva c - Cobertura de los faros modificados de conformidad con lo previsto en el Anexo 14, 5.3.3.5.

Figura 1-2.- Cobertura de los faros de aeródromo.

DIBUJO NO HECHO A ESCALA

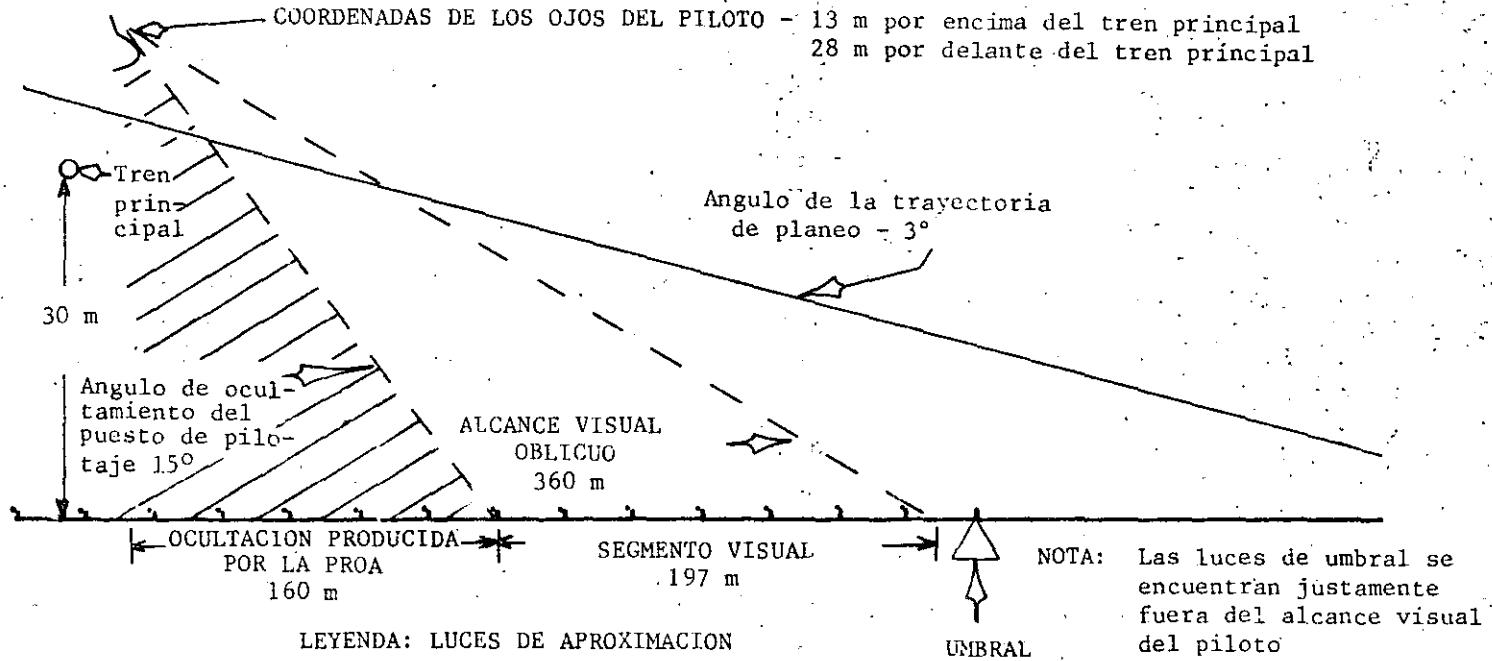


Figura 1-3.- Segmento visual desde un avión de reacción de fuselaje ancho a 30 m.
El alcance visual oblicuo es de 360 m

en el tiempo y atendiendo a su importancia. La aptitud del piloto para tratar la información puede malograrse cuando los datos de entrada no coincidan con las previsiones y sean ambiguos o tengan un carácter transitorio. En este caso, el piloto puede verse comprometido a ejecutar un procedimiento de aproximación, cuando, en realidad, las condiciones exigen que interrumpa su aproximación.

1.2.3.8 Las consideraciones anteriores indican que es sumamente importante asegurarse de que el sistema de guía visual funcione como sistema. Los elementos que lo componen deben estar equilibrados desde el punto de vista de la intensidad y espaciado, de modo que se garantice que el piloto vea una configuración que puede reconocer como el sistema normal que espera ver en vez de una masa de elementos sin coordinación en la que algunos neutralizan la percepción de otros. Como mejor se consigue reducir el grado de actividad visual es mediante la normalización, equilibrio e integridad de elementos. Un sistema incompleto en el que falten muchos proyectores puede darle la impresión al piloto de que se trata de sistemas separados, habida cuenta de la posición de sus ojos, cuya visión queda limitada por los ángulos de ocultamiento y por la posible limitación de la visibilidad debido a la presencia de bancos de niebla o a otras condiciones. Es posible quedar momentáneamente desorientado cuando el piloto traslada su vista del tablero de instrumentos a un sistema incompleto o visualmente desequilibrado.

1.2.3.9 Ilusiones visuales durante la aproximación para el aterrizaje. Los pilotos tienen que hacer frente a problemas visuales complejos cuando efectúan la aproximación a una pista en que no se proporciona guía sirviéndose de ayudas visuales o no visuales en la dirección del ángulo correcto de pendiente de aproximación. Algunos de estos problemas se clasifican corrientemente en la categoría de ilusiones visuales, si bien, en vez de referencias falsas o que pueden inducir a error, lo que en realidad ocurre es que no hay una ausencia o son pocas las referencias visuales para facilitar que el piloto aprecie la altura/distancia. Al examinar los problemas de aproximación visual que se enumeran más adelante, se ha supuesto que no hay ayudas visuales/no visuales o que, si las hay, no se utilizan para guiar al piloto a lo largo de la pendiente de aproximación a la pista.

1.2.3.10 Problemas relacionados con el terreno. Durante el día se plantean problemas de apreciación de la altura/distancia al aproximarse a pistas al sobrevolar grandes superficies de agua, terreno desprovisto de características distintivas (incluidos los terrenos cubiertos de nieve), y los terrenos situados a una altitud inferior a la de la pista, como, por ejemplo, valles profundos, aeropuertos construidos en cimas de montañas, vertientes abruptas, etc. En estos casos, la falta o el número limitado de referencias visuales normales, complica las apreciaciones de la altura/distancia. Por esta misma razón, resulta difícil juzgar la altura/distancia en noches oscuras, durante las cuales el área de aproximación y sus proximidades están insuficientemente iluminadas por fuentes luminosas ajenas a la aeronave. Sin embargo, la iluminación por fuentes ajenas, de valles profundos, vertientes abruptas, etc., puede complicar el proceso de toma de decisiones por cuanto los pilotos pueden creer que su aeronave se encuentra a demasiada altura, cuando en realidad está en la pendiente de aproximación correcta hacia la pista. Es probable que la ejecución de una maniobra de compensación reduzca el ángulo de pendiente de aproximación con respecto a la pista.

1.2.3.11 Los despegues sobre grandes extensiones de agua o terreno árido en condiciones de bruma, incluso durante las horas diurnas, pueden resultar peligrosos para los pilotos que no puedan volar por referencia a los instrumentos de vuelo. Este problema es aún más agudo en el caso de estos pilotos si las referencias visuales no pueden verse después del despegue sin que los pilotos tengan que girar mucho la cabeza para establecer referencias visuales con el terreno. Si se inclina la cabeza cuando la aeronave está virando, ello provoca desorientación, conocida como vértigo, y éste va frecuentemente acompañado de náuseas. Es necesario referirse a los instrumentos de vuelo para superar el vértigo; por ello, si los pilotos no están habilitados para el vuelo por instrumentos, puede haber consecuencias peligrosas.

1.2.3.12 Los pilotos experimentados llevan en la mente una imagen "ideal" en perspectiva de la pista; consecuentemente, las pistas con pendiente ascendente tendrán tendencia a hacer que los pilotos se aproximen por debajo de los ángulos normales de pendiente de aproximación y las pistas que tienen pendientes descendentes tenderán a hacer que los pilotos se aproximen por encima del ángulo normal de pendiente de aproximación. Teniendo en cuenta que la pendiente media longitudinal de la pista no debería exceder del 2% (del 1% cuando el número de clave es 3 ó 4) el error aportado no crearía, normalmente, un problema grave. Sin embargo, puede verse que las condiciones generales del área pueden combinarse para disminuir o aumentar el efecto total. Por ejemplo, una aproximación hacia una pista con pendiente ascendente, que se realice sobre un valle profundo, aumentaría la tendencia de los pilotos a ejecutar la aproximación por debajo del ángulo normal de pendiente de aproximación hacia la pista.

1.2.3.13. Los pilotos que no estén familiarizados con las técnicas de vuelo relacionadas con el terreno montañoso, pueden utilizar ángulos de aproximación inferiores al normal cuando aterrizan en pistas que están orientadas hacia elevaciones montañosas. Esto se debe a que el horizonte aparente está por encima del horizonte verdadero, lo que da lugar a un juicio erróneo en cuanto a la relación correcta entre el punto de la pista donde se pretende hacer la toma de contacto y el horizonte verdadero. Si la aproximación se realiza durante la noche, sobre terreno no iluminado, es mayor el peligro de que se efectúe un aterrizaje demasiado corto.

1.2.3.14. Problemas relacionados con la iluminación de aproximación y de pista. Teniendo en cuenta que las luces brillantes parecen estar más próximas que las que tienen menos brillo o en las que éste ha sido reducido, el mantenimiento de una intensidad razonablemente equilibrada de las luces de aproximación y de pista desempeña un papel importante al juzgar la altura/distancia durante la aproximación. Al considerar los problemas conexos con la percepción ilusoria, este factor es de la mayor importancia cuando la visibilidad permite que los pilotos vean tanto los sistemas de luces de aproximación como de iluminación de pista durante la aproximación. Dado que la disposición de las luces de aproximación no permiten una referencia visual para juzgar la altura/distancia, tan buena como la que permite la configuración de luces de pista, las luces de aproximación brillantes combinadas con las luces de brillo reducido de la pista plantean al piloto un problema más grave que el que constituiría el caso inverso. Las luces de aproximación más brillantes atraen la atención del piloto, y debido a que las luces más brillantes dominan la escena y también apantallan las luces de pista, más distantes, las referencias para determinar la altura/distancia se ven degradadas.

1.2.3.15. Si las luces situadas en un borde de pista son más brillantes que las del otro borde, los pilotos tenderán a inclinar lateralmente la aeronave apartándose del borde más brillante en un esfuerzo para equilibrar las intensidades. Normalmente, los dos bordes de la iluminación de pista permiten buen equilibrio, pero cuando en uno de los bordes se produce una descarga de energía eléctrica debido a una conexión accidental a tierra, las luces de éste tendrán menos brillo que las del otro borde, situación que también puede presentarse cuando se aparta o sopla nieve (o hay vientos cruzados) y la nieve se acumula a lo largo de uno de los bordes de la pista.

1.2.3.16. Es conveniente que los pilotos utilicen pistas que dispongan de un espaciado uniforme entre las filas de luces de borde de pista, de zona de toma de contacto, y luces de eje así como entre las luces individuales del sistema. Se sabe que algunos pilotos inician el enderezamiento cuando las filas de luces comienzan a fusionarse o adoptan una cierta apariencia lineal.

1.2.3.17. Cuando se desciende hacia un terreno cubierto de niebla en superficie, en capas delgadas, puede resultar bastante peligroso por cuanto los haces luminosos de los sistemas de luces de aproximación y de iluminación de pista, que son visibles a través de la niebla mientras se realiza el descenso de aproximación, decrecen rápidamente en su alcance o desaparecen completamente cuando la aeronave se aproxima y penetra en la parte superior de la capa de niebla. En condiciones de niebla de superficie, las referencias luminosas no son visibles a baja altura y los pilotos que vuelan estrictamente por referencia visual, entre el momento en que son visibles las referencias visuales y el que ya no es posible percibir las, pueden recibir la falsa impresión de que la aeronave está subiendo en vez de descender. Si se reacciona a la impresión de que la aeronave asciende, aumentando aun más la velocidad vertical de descenso cuando se está a baja altura sin ayuda de referencias visuales, o en el mejor de los casos sirviéndose de referencias visuales limitadas, esto hará que la aeronave choque con el terreno o la pista a una elevada velocidad vertical de descenso.

1.2.3.18. Problemas relacionados con las dimensiones de pista y contraste. Las pistas de diversas anchuras y longitudes pueden hacer que los pilotos juzguen erróneamente el ángulo de la pendiente de aproximación por cuanto las pistas anchas y largas parecerán estar más próximas que las pistas estrechas y cortas. Los pilotos de aeronaves de gran tamaño llegan y salen, normalmente, de aeropuertos que presentan imágenes en perspectivas razonablemente uniformes. Es posible que los pilotos de aeronaves pequeñas utilicen pistas de anchuras y longitudes que varíen considerablemente; por lo tanto, el piloto de una aeronave pequeña es el que, normalmente, se ve más frecuentemente expuesto a problemas durante la aproximación y el aterrizaje en relación con la configuración de la pista, y tenderá a utilizar ángulos de pendiente de aproximación inferiores a los normales en los aterrizajes en pistas de gran tamaño.

1.2.3.19. Cuando una aeronave en aproximación vuela en dirección al sol en días claros, ello puede involucrar problemas visuales extremadamente difíciles. En ciertas condiciones, el resplandor entorpece la visión hasta el punto de que resulta difícil la localización de la pista y cuando ello se logra, resulta difícil observarla durante la aproximación. Además del problema de deslumbramiento, el contraste de la pista queda modificado (normalmente atenuado) por el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la pista lo que hace que se vea a "contraluz" todo cuanto se halla en torno al pavimento y reduce también el contraste de las señales de pista.

1.2.3.20 Del mismo modo que los pilotos que se aproximan a una pista se ven atraídos por las luces más brillantes, éstos también se ven atraídos por los pavimentos que tienen un mayor contraste con el terreno que los rodea. Así, se ha dado el caso de aeronaves que han aterrizado en calles de rodaje que corren paralelas a las pistas por cuanto los pilotos han visto en primer término la calle de rodaje, y han seguido concentrándose en ella durante la aproximación y el aterrizaje. Un incidente de este tipo ocurrió cuando un piloto de un avión de transporte de gran tamaño se aproximaba al aeropuerto donde tenía su base, donde se habían quitado grandes cantidades de nieve tanto de la pista como de la calle de rodaje que corría paralela a la primera, debido a lo cual la superficie negra de la calle de rodaje ofrecía un contraste excelente con respecto a la nieve, mientras que la pista de hormigón se destacaba débilmente de la nieve a sus costados.

1.2.3.21 Problemas relacionados con la experiencia. Los cambios en las referencias visuales conocidas respecto a las cuales se suele estar acostumbrado pueden dar lugar a problemas de percepción ilusoria. Los pilotos habituados a sobrevolar árboles de gran tamaño pueden aproximarse a las pistas con ángulos inferiores a los normales cuando sobrevuelan "monte bajo" que parezcan ser de la misma variedad que los árboles de más altura. Los pilotos que vuelan mayormente sobre terreno plano, pueden tener dificultades para juzgar la aproximación a una pista emplazada en terreno ondulado o montañoso. Otro ejemplo sería el de los pilotos acostumbrados a sobrevolar zonas con gran densidad de construcciones y que deben aterrizar en pistas situadas en zonas despejadas desprovistas de objetos verticales elevados, construidos o naturales.

1.2.3.22 Problemas relacionados con la aeronave. Por supuesto, los pilotos podrán hacer el mejor uso posible de las referencias y ayudas visuales en tierra cuando los parabrisas de la aeronave están limpios y exentos de precipitación. Los parabrisas mojados por la lluvia pueden provocar ondas y manchas que distorsionan la visión. Las configuraciones geométricas de las ayudas visuales en tierra pueden extinguirse, con lo cual resulta difícil, si no imposible, interpretar debidamente el significado de las ayudas visuales. Hay pruebas de que con la presencia de lluvia en los parabrisas, los objetos parecen estar a una altura inferior a la real, ilusión que puede hacer que los pilotos utilicen ángulos de pendiente de aproximación a las pistas inferiores a los normales. Por esta razón, los pilotos deberían utilizar, en la medida de lo posible, los sistemas de limpiaparabrisas (escobillas limpiadoras, eliminación neumática de la lluvia, repelentes químicos del agua) al efectuar una aproximación para aterrizar en condiciones de lluvia densa.

1.3.- Requisitos operacionales

1.3.1 Generalidades

1.3.1.1 Los requisitos operacionales que deben satisfacer las ayudas visuales varían de acuerdo con el tipo de aeronave utilizada, las condiciones meteorológicas en el punto de destino, el tipo de radioayuda para la navegación utilizada para la aproximación, las características físicas de la pista o de calle de rodaje, y de la disponibilidad de información de aterrizaje sirviéndose de radiocomunicaciones.

1.3.2 Aeropuertos pequeños

1.3.2.1 Es frecuente que los aeropuertos proyectados para uso de aeronaves monomotoras y bimotoras pequeñas, con un peso inferior a 5 700 kg, no dispongan de ayudas para la aproximación por instrumentos o de instalaciones para el control del tránsito aéreo. Por lo tanto, las ayudas visuales terrestres en muchos aeropuertos pequeños deben satisfacer todas las necesidades operacionales de los pilotos. Es posible que algunos de estos aeropuertos no dispongan de pistas con superficie pavimentada, situación que agrava el problema de proporcionar a los pilotos las ayudas visuales apropiadas.

1.3.2.2 Los requisitos operacionales enumerados en el orden que normalmente se presenta a los pilotos, son los siguientes:

- a) Ubicación del aeropuerto.
- b) Identificación del aeropuerto.

- c) Información para el aterrizaje:
 - 1) Dirección y velocidad del viento.
 - 2) Designación de la pista.
 - 3) Estado de la pista - cerrada o habilitada.
 - 4) Designación de las pistas por orden de preferencia. (Normalmente para fines de atenuación del ruido, siempre que la dirección y velocidad del viento permitan el uso de las pistas.)
- d) Guía para el vuelo en circuito.
- e) Guía de aproximación final para la toma de contacto:
 - 1) Indicación de borde de pista y de umbral.
 - 2) Guía de pendiente de aproximación.
 - 3) Guía para el punto de referencia visual.
 - 4) Indicación del eje de la pista. (Nota: No es posible indicar el eje de la pista en el caso de pistas sin pavimento. Esas pistas se usan, normalmente, sólo en condiciones de buena visibilidad. Por lo tanto, la indicación del eje no es tan importante como cuando se trata de aeropuertos donde se autorizan las operaciones en condiciones de visibilidad reducida conjuntamente con la utilización de una ayuda para la aproximación por instrumentos.)
- f) Guía para el recorrido en tierra.
 - 1) Indicación de eje de pista. (Véase la nota e) 4) anterior.)
 - 2) Indicación de borde de pista.
 - 3) Ubicación de la salida hacia la calle de rodaje.
 - 4) Indicación de extremo de pista.
- g) Guía para el rodaje.
 - 1) Indicación de borde y/o eje de calle de rodaje.
 - 2) Señalización (letreros de emplazamiento y de encaminamiento) hacia las zonas de estacionamiento y servicio.
 - 3) Señalización (letreros de emplazamiento y de encaminamiento) hacia la pista de salida.
- h) Información para el despegue.

(Nota: La información necesaria es la misma que se da en c) anterior; sin embargo, los pilotos obtienen normalmente toda esa información antes de abandonar la oficina de operaciones, sin tener que recurrir a las ayudas visuales.)
- i) Guía para el despegue.
 - 1) Indicación de eje de pista. (Véase la nota e) 4) anterior.)
 - 2) Indicación de borde de pista.
 - 3) Indicación de extremo de pista.

1.3.3 Aeropuertos importantes

1.3.3.1 Los aeropuertos importantes disponen, normalmente, de radioayudas para la navegación y de instalaciones para el control del tránsito aéreo que se sirven de radiocomunicaciones. Cuando estos aeropuertos se utilizan en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) sin tener que recurrir a estas ayudas, las características de las ayudas visuales terrestres son iguales que las que se han indicado para los aeropuertos pequeños. Además, los aeropuertos importantes disponen de sistemas para guiar a las aeronaves hacia las plataformas de estacionamiento así como de sistemas de guía visual para el atraque en los terminales equipados con pasarelas telescópicas para el desembarque de pasajeros. También es necesario disponer de iluminación de plataformas para facilitar el estacionamiento de aeronaves y proteger a los pasajeros que se trasladan de las aeronaves a los edificios terminales y viceversa.

1.3.3.2 Cuando las condiciones meteorológicas son inferiores a las VMC, las ayudas visuales terrestres desempeñan un papel más vital para la seguridad de las operaciones de vuelo. Los vuelos que se realizan en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (INC) imponen la utilización de ayudas visuales complementarias a las que se enumeran anteriormente con respecto a los aeropuertos pequeños. Los requisitos operacionales complementarios siguientes interesan a las cuatro categorías de pistas para aproximaciones por instrumentos.

1.3.3.3 Pista para aproximaciones que no sean de precisión

- a) Guía para la aproximación final a la zona de toma de contacto.
 - 1) Guía para la alineación con el eje de la pista a una distancia no inferior a 420 m antes del umbral.
 - 2) Una indicación de distancia a 300 m antes del umbral.

1.3.3.4 Pista para aproximaciones de precisión - Categoría I

- a) Guía para la aproximación final a la zona de contacto.
 - 1) Guía para la alineación con el eje de la pista sobre una distancia de 900 m antes del umbral.
 - 2) Una indicación de distancia a 300 m antes del umbral.
 - 3) Guía en la zona de toma de contacto.

1.3.3.5 Pista para aproximaciones de precisión - Categoría II

- a) Guía para la aproximación final a la zona de toma de contacto.
 - 1) Guía para la alineación con el eje de la pista sobre una distancia de 900 m antes del umbral.
 - 2) Indicaciones de distancia a 300 m y a 150 m antes del umbral.
 - 3) Guía para la alineación en la zona de toma de contacto sobre una distancia de 300 m antes del umbral.
 - 4) Guía en la zona de toma de contacto.
- b) Guía para el recorrido en tierra.
 - 1) Información sobre la distancia de pista que queda por recorrer.

c) Guía para el rodaje.

- 1). Guía hacia la salida que conduce a la calle de rodaje.
- 2). Indicación del eje de calle de rodaje con claves de cambio de dirección.

1.3.3.6 Pista para aproximaciones de precisión - Categoría III. Los requisitos operacionales relativos a ayudas visuales en condiciones meteorológicas de Categoría III son, desde el punto de vista de la configuración para la aproximación y el aterrizaje, iguales a los que se especifican para las condiciones meteorológicas de Categoría II. Las características fotométricas de los dispositivos luminosos adecuados para las operaciones de Categorías I y II requieren modificación para proporcionar una cobertura vertical aumentada, especialmente por lo que se refiere a las aeronaves en que es grande la distancia vertical entre el ojo del piloto y las ruedas.

1.3.3.7 Aunque los pilotos que operan en condiciones meteorológicas de Categoría III disponen de las mismas ayudas visuales que se utilizan en condiciones de Categoría II, las posibilidades de que el sistema proporcione guía visual disminuyen en proporción con el grado de empeoramiento de las condiciones meteorológicas durante la aproximación. Normalmente, en condiciones de visibilidades más elevadas correspondientes a la Categoría IIIA, la guía visual se proporciona mediante el sistema de luces de aproximación, lo que permite al piloto juzgar la trayectoria de vuelo en relación con su alineación con el eje. En condiciones de visibilidades tan reducidas no es posible juzgar la pendiente de aproximación sirviéndose de las ayudas visuales.

1.3.3.8 Al operar en la superficie en condiciones meteorológicas de Categoría III en aeropuertos importantes, es preciso contar con señales visuales adicionales para que las aeronaves se mantengan separadas entre sí. Dos ejemplos de estas señales son las barras de parada y las barras de cruce, a las que se refiere el Capítulo 5 del Anexo 14. Este requisito también se aplica a los aeropuertos principales en condiciones de visibilidad elevada. Sin embargo, el requisito se ha incluido en esta sección debido a que la necesidad se acusa en grado máximo cuando la visibilidad llega a su más bajo nivel. Un sistema de este tipo no sirve para proporcionar guía visual sino más bien para prevenir colisiones de los movimientos de las aeronaves en las pistas de aterrizaje y de despegue de otras aeronaves que efectúan lentamente el rodaje.

1.4.- Utilidad de las ayudas visuales y referencias visuales para los pilotos

1.4.1 Generalidades

1.4.1.1 El establecimiento y mantenimiento de una orientación tridimensional dinámica respecto a la pista durante la aproximación y el aterrizaje constituyen tareas de pilotaje complejas y difíciles, particularmente en condiciones de visibilidad limitada (IMC). Una vez en tierra, la aeronave que efectúa el rodaje en condiciones de visibilidad reducida tiene que depender continuamente de las ayudas visuales hasta que llega al punto de atraque. En la Sección 1.3 se enumeran los requisitos operacionales relativos a los pequeños y grandes aeropuertos. Esta sección trata de la relación entre el piloto, su aeronave y las ayudas visuales y no visuales previstas para ayudarlo, insistiendo especialmente acerca de la manera en que las ayudas visuales en tierra proporcionan información y guía.

1.4.1.2 Sistema de referencia. Se puede apreciar la importancia de esta relación entre el piloto y su aparato en los casos de vuelo visual, observando a un piloto que se sienta para hacerse cargo de los mandos de su aeronave. Raramente se siente satisfecho de la forma en que ha colocado verticalmente el asiento que ha ocupado el piloto que le ha precedido. Después de avanzar su asiento para sentirse cómodo ante los mandos de vuelo, suele aflojar el dispositivo de fijación vertical del asiento, mira al exterior por encima de la proa de la aeronave manteniendo derechos su tronco y cabeza, luego ajusta la posición vertical de su asiento hasta que le parece que sus ojos se encuentran en el punto "óptimo" con respecto al borde inferior del parabrisas y el horizonte - que constituyen su sistema de referencia para el vuelo visual. Algunos pilotos ajustan la posición de los ojos sobre un punto relativamente elevado; otros prefieren un punto más bajo. Por su experiencia anterior de vuelo, cada piloto intuye qué punto "debería" tomar como base para ajustar la posición de sus propios ojos. La posición de sus ojos le ayuda a juzgar el ángulo de su aeronave respecto a las ayudas visuales a medida que se aproxima la pista, siendo el ángulo más importante el que forma la

intersección de la trayectoria de vuelo de su aeronave con el terreno, es decir, el punto donde intenta hacer la toma de contacto. La posición de los ojos del piloto también determina el ángulo del campo de visión del piloto, que comúnmente se denomina ángulo de ocultamiento del puesto de pilotaje. La parte inferior del parabrisas también se utiliza para establecer y mantener el vuelo visual horizontal y de ayuda al juzgar el ángulo de inclinación lateral respecto al horizonte o a los elementos transversales de los sistemas de ayudas visuales cuando el horizonte está oculto. En consecuencia, puede observarse que el parabrisas de la aeronave desempeña un papel importante como ayuda para el piloto durante el vuelo visual.

1.4.1.3 Las aeronaves de transporte recientes están equipadas con dispositivos de alineación para ayudar a los pilotos a ajustar la altura de sus ojos de modo que la línea de visión hacia adelante y hacia abajo (ocultamiento del puesto de pilotaje) coincida con la posición de los ojos prevista en el proyecto de la aeronave de que se trate. Estos dispositivos de alineación son bastante sencillos, de bajo coste, y fáciles de utilizar. Resultan especialmente importantes en el caso de aeronaves que realizan la aproximación y toma de contacto con un ángulo de encabritamiento elevado (esto es, de cinco a diez grados). El ejemplo siguiente servirá para explicar la construcción y funcionamiento de estos dispositivos. Cabe imaginarse tres pequeñas bolas montadas en configuración triangular por detrás del larguero central del parabrisas y que son utilizadas por el piloto y el copiloto. Los asientos se ajustan en sentido vertical, hacia adelante y hacia atrás, en el sentido horizontal, de modo que una de las bolas posteriores quede alineada con la bola delantera (central) - el piloto usa la bola posterior ubicada en su lado y el copiloto la que queda en el suyo. Cuando la bola posterior se confunde con la bola anterior, los ojos del piloto y del copiloto están ajustados con la posición prevista para el tipo de aeronave.

1.4.2 Ayudas visuales para las condiciones meteorológicas de vuelo visual

1.4.2.1 Localización del aeropuerto. Los aeropuertos se localizan de diversas maneras atendiendo a sus dimensiones y a la naturaleza de las ayudas visuales y no visuales de que dispongan. Durante el día, las pistas de grandes dimensiones son visibles, en buenas condiciones meteorológicas, a grandes distancias, variando la distancia con arreglo a la altura de la aeronave, dirección del sol, contraste entre la pista y el terreno circundante, etc. La localización de aeropuertos pequeños, particularmente aquéllos cuyas pistas no están pavimentadas, se determina frecuentemente por la presencia de aeronaves estacionadas pintadas con colores vivos. Las ayudas no visuales y/o las cartas aeronáuticas son ayudas básicas para los vuelos de día y de noche, y el faro del aeropuerto es sumamente útil de noche en los aeropuertos que no disponen de ayudas no visuales.

1.4.2.2 Identificación del aeropuerto. La identificación de un aeropuerto constituye frecuentemente un problema para el piloto con poca experiencia, particularmente cuando los aeropuertos están muy próximos. Aun los pilotos de línea aérea, experimentados, aterrizan ocasionalmente en un aeropuerto distinto del que tenían que hacerlo, y se encuentran en una situación embarazosa. En algunos aeropuertos pequeños se muestra el nombre del aeropuerto en una calle de rodaje o en el techo de un hangar, mientras que en otros se utiliza una clave de identificación en vez del nombre. Algunos aeropuertos iluminan los nombres o claves con objeto de que sean legibles de noche para fines de identificación. Raramente se utilizan los faros de identificación. Un aeropuerto terrestre puede reconocerse por su faro de luces alternas verdes y blancas y un hidropuerto por su faro de luces alternas amarillas y blancas. En algunos Estados los faros de los aeropuertos civiles y militares tienen una clave que permite diferenciarlos.

1.4.2.3 Información de aterrizaje. Los indicadores de la dirección del viento son ayudas visuales importantes, particularmente en los aeropuertos que no proporcionan información de aterrizaje por radiocomunicaciones. Los indicadores de la dirección de aterrizaje raramente se utilizan a consecuencia de la necesidad, y, por consiguiente, la responsabilidad de tener que cambiar su dirección conforme a la del viento. Las señales visuales terrestres para indicar el estado de las pistas y calles de rodaje se describen en el Anexo 14; sin embargo la explicación de estas ayudas aparece en el Anexo 2. (Véase asimismo el Capítulo 3 de este Manual.) El Anexo 14 también contiene especificaciones relativas a las señales designadoras de pistas, pero no figuran en él disposiciones sobre las ayudas visuales terrestres que indiquen las configuraciones no normalizadas del tránsito (virajes a la derecha, hacia el tramo básico y hacia la aproximación final) o para la designación de pistas preferentes.

1.4.2.4 Los pilotos prefieren, por lo general, el cono de viento, de tela, ya que proporciona una indicación general de la velocidad del viento. Son muy útiles los conos que se despliegan totalmente cuando soplan vientos de unos 15 nudos, ya que esta velocidad es el valor máximo admisible de viento de costado para el aterrizaje de aeronaves pequeñas. Un cono de viento desplegado a 90° respecto a la pista en uso proporcionaría a los pilotos información muy útil.

1.4.2.5 Cuando se proporcionan las ayudas visuales precitadas, y no se disponga de radiocomunicaciones, dichas ayudas son observadas por el piloto desde un punto cercano y a una altura bastante superior a la altitud del circuito de tránsito a fin de evitar a las demás aeronaves que vuelan en el circuito. (El color de estas ayudas debería brindar el máximo contraste con el terreno circundante.) Seguidamente, el piloto entra en el circuito de tránsito apropiado preparándose para aterrizar.

1.4.2.6 Guía para el vuelo en circuito. En condiciones VMC, es preciso efectuar la entrada inicial en la mayoría de los circuitos de tránsito a un ángulo de 45° con respecto al tramo a favor del viento (Figura 1-4). Los pilotos sitúan sus aeronaves en el tramo a favor del viento evaluando la distancia que les separa de la pista y el ángulo de la pista por debajo del horizonte. El recorrido del tramo a favor del viento no suele plantear ningún problema ya que la componente transversal del viento es corrientemente bastante reducida. La altura de las aeronaves durante el tramo a favor del viento se controla con arreglo a la lectura del altímetro de a bordo y la línea del horizonte por delante de la aeronave.

1.4.2.7 El umbral de la pista sirve de punto de referencia para determinar el tramo básico. Los pilotos de aeronaves pequeñas pueden iniciar el viraje para comenzar el tramo básico cuando la aeronave rebasa el umbral; por el contrario, los pilotos de aeronaves de gran tamaño prolongan el tramo a favor del viento para contar con un tramo de aproximación final más ligero. El piloto ve disminuir el ángulo que forma la pista con su aeronave mientras efectúa el viraje para iniciar la aproximación final, y cesa de virar en el momento que la pista parece girar hasta un punto perpendicular con el horizonte. Los pilotos de todas estas aeronaves tienen las mismas necesidades, que consisten en fijar sus posiciones respecto al umbral y en disponer de guía para alinearse y mantenerse sobre la prolongación del eje de la pista durante la aproximación final.

1.4.2.8 Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje. Esta fase del pilotaje de una aeronave es bastante difícil e implica estimaciones complicadas de la distancia, altura, deriva y ángulo con respecto a la pista. Tanto el piloto novicio como el experimentado tienen la misma visión del mundo exterior cuando están sentados en el puesto de pilotaje, pero cuando se trata de percepción consciente o de reacción inconsciente el piloto experimentado es capaz de hacer evaluaciones visuales más bien precisas que aproximadas y, por lo tanto, puede pilotar su aeronave con mayor precisión.

1.4.2.9 Mientras una aeronave vuela en condiciones VMC, las mínimas meteorológicas suelen permitir que el piloto se sirva de una referencia al horizonte para pilotar su aeronave utilizando referencias visuales exteriores. El horizonte puede ser real o aparente - siendo éste una línea de referencia percibida o imaginaria en un plano horizontal determinada por las referencias visuales en tierra, la configuración de las nubes o la línea de demarcación luminosa entre el cielo y el suelo a falta de un horizonte real claramente visible. Cuando se observa la pista de aterrizaje en condiciones de buena visibilidad, la ubicación de la aeronave con respecto a las cercanías de la pista (a diferencia de las condiciones IMC) no constituye ningún problema. La fase de aproximación final se subdivide en dos partes sucesivas: primero, la aproximación al umbral y, seguidamente, el aterrizaje después de cruzar el umbral de la pista.

1.4.2.10 En la aproximación final, la trayectoria que el piloto desea seguir puede considerarse como la intersección de dos planos, que son el plano inclinado de la pendiente de aproximación óptima, y el plano vertical que contiene la prolongación del eje de la pista.

1.4.2.11 Para lograr su propósito, el piloto debe estar constantemente al corriente de seis variables:

- a) desplazamiento con respecto a cada plano de referencia;
- b) velocidad de acercamiento a cada plano de referencia; es decir, información sobre la velocidad de acercamiento; y

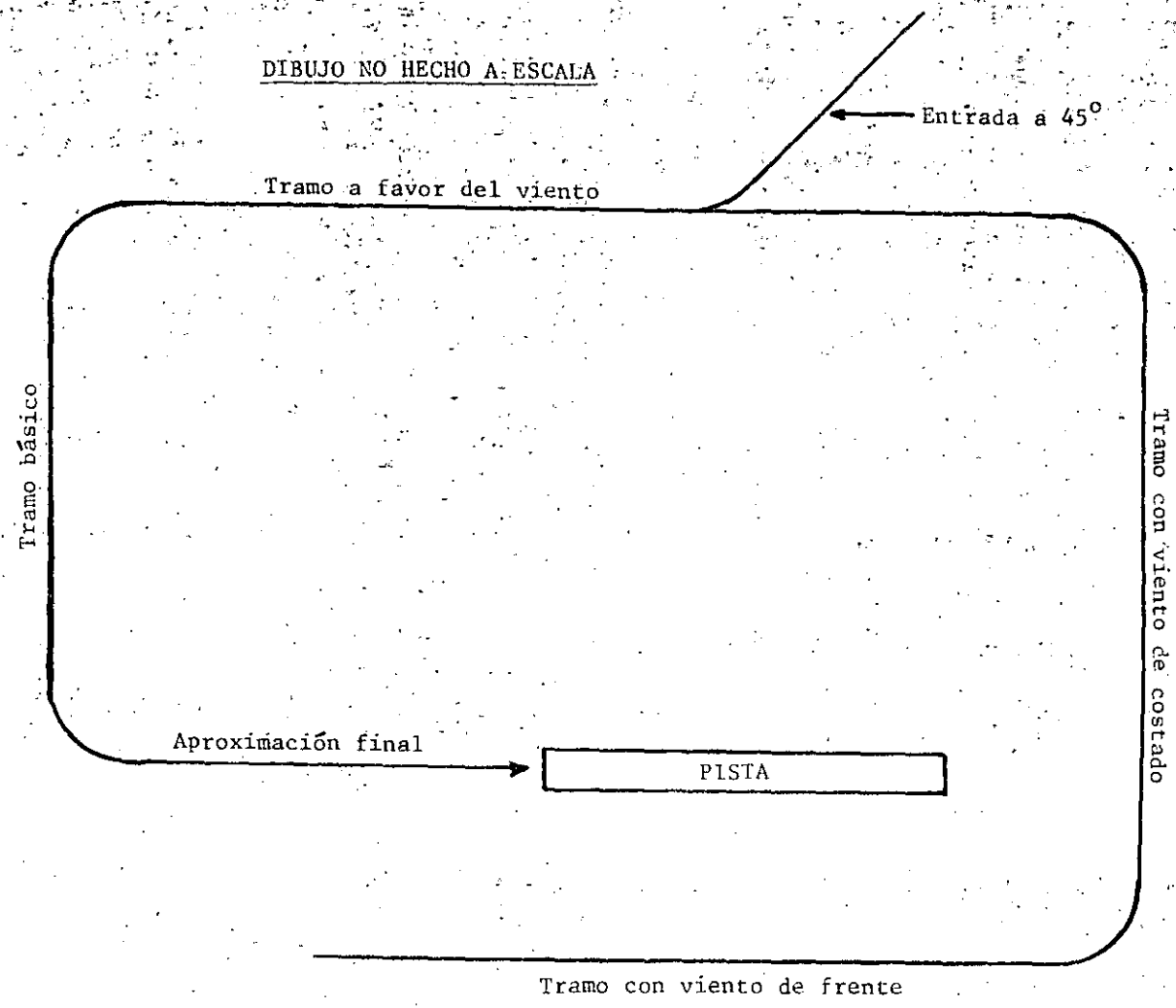


Figura 1-4.- Circuito normal de tránsito en condiciones VMC.

- c) ritmo de variación de la velocidad de acercamiento a cada plano de referencia, es decir, información sobre la velocidad de acercamiento y ritmo de variación.

1.4.2.12 El piloto adapta continuamente las indicaciones relativas al desplazamiento y a la velocidad a fin de conseguir, en definitiva, que el desplazamiento sea igual a cero y que el ritmo de variación del desplazamiento sea también cero, o, expresado de otra manera, debe conocer:

- a) lugar en que se encuentra en un momento dado;
- b) su punto de destino en ese momento; y
- c) lugar en que se encontrará dentro de unos instantes.

Las indicaciones visuales asociadas a estos dos planos difieren considerablemente y se examinan más adelante en 1.4.2.14 y 1.4.2.15.

1.4.2.13 Antes de examinar los pormenores de la guía o de su carencia, según el caso, es preciso comprender la dinámica del mundo visual percibido por los pilotos. Comúnmente, al hablar de movimiento percibido, se alude al "movimiento de un objeto". Sin embargo, en el caso de la percepción de las ayudas visuales por el piloto, es evidente que habría que referirse al "movimiento del observador", lo que va acompañado de un aumento de la perspectiva visual a medida que el piloto se acerca a la pista. El punto hacia el cual se dirige la trayectoria de vuelo constituye el centro de esa perspectiva, es decir, el punto donde las referencias visuales parecen estar inmóviles. La velocidad relativa, casi nula en el punto de convergencia con el horizonte, aumenta con arreglo al alejamiento de las ayudas visuales.

1.4.2.14 Guía en azimut. El desplazamiento igual a cero respecto al plano vertical (desplazamiento lateral) se indica por la imagen en perspectiva de la pista y de las luces de aproximación, en el caso de haberlas, cuando su disposición es perpendicular al horizonte. Como la pista tiene una longitud considerable, la referencia visual para el desplazamiento [variable a) enumerada en 1.4.2.11 anterior] es instantánea. La derrota seguida y el ritmo de variación de ésta (variables b) y c) de 1.4.2.11 anterior) no son instantáneas, pero pueden corregirse los errores de manera que sean pequeñas las desviaciones con respecto a la derrota deseada, a medida que el piloto se acerca a su punto de destino durante la aproximación final. Así pues, la pista, o las luces de borde de pista, pueden considerarse como referencias visuales que permiten al piloto alinear rápidamente la aeronave y mantener la alineación con ligeras desviaciones respecto a la prolongación del eje de la pista.

1.4.2.15 Información sobre la pendiente de aproximación. Este título no incluye la palabra "guía" utilizada en 1.4.2.14 relativo a la guía en azimut. Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación proporcionan guía de pendiente de aproximación, pero otras ayudas visuales corrientemente asociadas a las pistas sólo sirven de referencia para el ángulo de pendiente de aproximación. Esta parte se refiere al supuesto de tener que hacer una aproximación cuando no están instalados sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación, o, cuando, si las hay, no están funcionando. Como se verá en los párrafos que siguen los pilotos que se sirven de sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación quedan relevados de la ardua tarea que supone el tener que juzgar el ángulo apropiado de la pendiente de aproximación.

1.4.2.16 A medida que la aeronave se aproxima a la pista de aterrizaje, antes de iniciar el descenso para la aproximación final, el piloto observa cómo las referencias visuales asociadas a la pista se desplazan hacia la parte inferior del parabrisas de la aeronave. Cuando el punto, a lo largo de la pista, al que se dirige la aeronave durante el descenso (punto de mira), queda más bajo que el horizonte al ángulo de aproximación deseado, el piloto inicia el descenso apuntando la aeronave al punto de mira elegido. Este punto varía según las dimensiones de la aeronave y la longitud de pista disponible para el aterrizaje. Se hace que las aeronaves pequeñas apunten normalmente hacia las señales designadoras de pista o hacia un punto situado un poco más allá; las aeronaves de gran tamaño apuntan, normalmente, hacia las señales de distancia fija situadas a 300 m más allá del umbral o hacia un punto próximo.

1.4.2.17 El desplazamiento por encima o por debajo del ángulo de pendiente de aproximación ideal entraña una extensión y compresión verticales de la imagen en perspectiva de la pista, lo que va acompañado de cambios en los ángulos que los bordes de pista forman con el umbral de la pista y el horizonte (Figura 1-5). Para determinar si se encuentran cerca del ángulo de aproximación deseado, comparan la imagen real de la pista con la imagen "ideal" formada en su mente, imagen esta que ha quedado grabada tras largos años de práctica y experiencia. A medida que la aeronave desciende, los bordes de la pista convergen. Cuanto a más altura se encuentra la aeronave, más parecen separarse los bordes de pista.

1.4.2.18 Durante el descenso de la aeronave de una altura de 45 m a 22,5 m por encima de la pista (según el ángulo de pendiente de aproximación y la velocidad), el piloto se percata más de la separación de los bordes de la pista debido a que las referencias visuales parecen desplazarse rápidamente hacia afuera a partir del punto de convergencia. Esto se debe a que la velocidad del "campo visual cambiante" aumenta a una velocidad inversamente proporcional a la distancia del piloto. Es por ello que a estas alturas relativamente pequeñas el piloto se da cuenta mejor de la dirección precisa de la trayectoria de vuelo de la aeronave. Se percata del punto de desplazamiento nulo y, si es necesario, hace los ajustes finales de la trayectoria de vuelo para poder efectuar un aterrizaje seguro dentro de los límites de la zona de toma de contacto de la pista.

1.4.2.19 Enderezamiento y aterrizaje. El enderezamiento de la aeronave es una maniobra durante la cual el piloto o el piloto automático hacen que la trayectoria de vuelo de la aeronave pase de la aproximación final a una trayectoria apreciablemente paralela a la superficie de la pista antes de aterrizar. El enderezamiento puede iniciarse a una buena distancia del umbral en el caso de aeronaves de grandes dimensiones y por encima del umbral en el caso de aeronaves pequeñas.

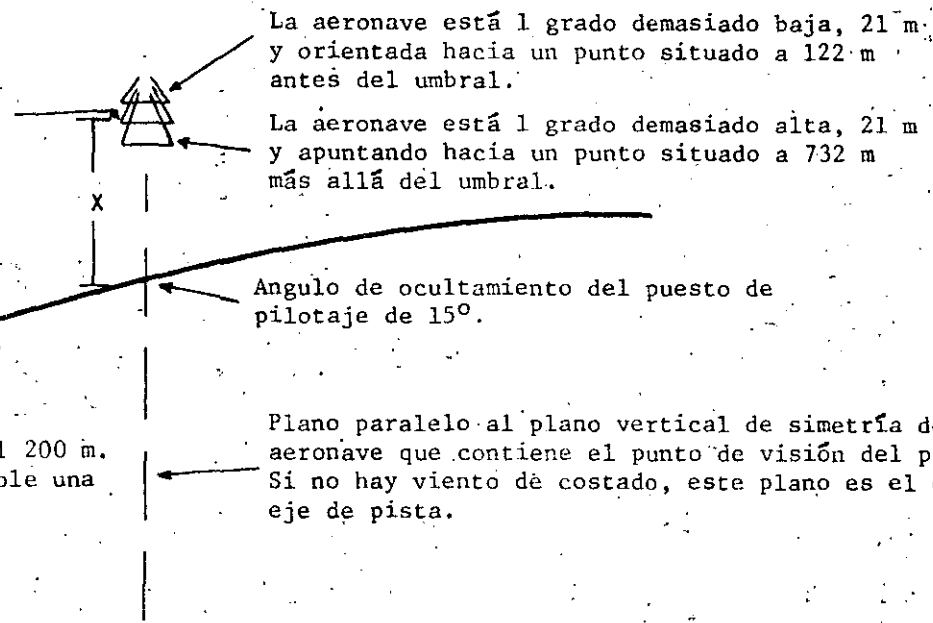
1.4.2.20 Las ayudas visuales utilizadas para el enderezamiento y aterrizaje son aquellas que señalan el umbral, delimitan los bordes del pavimento reforzado e indican el eje de la pista. De día, los bordes de pista se perciben normalmente por el contraste que ofrece el pavimento de la pista con el terreno circundante, mientras que de noche es necesario disponer de luces de borde de pista. Las señales de umbral de pista y de eje se usan tanto de día como de noche. Las ayudas visuales proporcionan guía de alineación. La textura de la superficie del pavimento depara el medio principal para determinar la altura tanto de día como de noche (utilizándose los faros de aterrizaje de la aeronave durante la noche) a menos, por supuesto, que se disponga de luces de zona de contacto y que se utilicen en las operaciones VMC. La iluminación de pista, y en particular la iluminación de eje y de zona de toma de contacto, inducen al piloto a sobrestimar la altura debido a que la mezcla de las luces le dan una impresión de configuración lineal y a que las luces más próximas se transforman en fuentes lineales que se suceden rápidamente habida cuenta de las elevadas velocidades que intervienen.

1.4.2.21 Guía para el recorrido en el suelo. El recorrido en el suelo comienza inmediatamente después de que las ruedas del tren principal hacen contacto con la superficie de la pista. Las señales o luces de eje de pista proporcionan la principal guía visual para la alineación durante el recorrido en el suelo. La iluminación de borde de pista se utiliza durante la noche para complementar el eje de pista, particularmente cuando no hay iluminación de eje de pista.

1.4.2.22 En los casos en que se ha provisto, la clave de color de las luces de eje de pista ayuda al piloto a juzgar su posición a medida que la aeronave decelera durante el recorrido en el suelo. La clave consiste en luces rojas y blancas alternas dentro de los límites de la zona 900 m a 300 m antes del extremo de la pista y de luces rojas únicamente dentro de la zona que se extiende a 300 m del extremo final de la pista. Las señales de zona de toma de contacto cuando se han provisto para el aterrizaje en dirección opuesta, también son de utilidad para juzgar la posición dentro de los 900 m finales del recorrido en el suelo. Las señales de distancia fija indican la posición a 300 m del extremo de la pista. Las luces de extremo de pista señalan el límite de pista de la longitud disponible para el recorrido en el suelo.

- A. Obsérvese que el aumento de la convergencia de los bordes de pista es inversamente proporcional a la altura.
- B. La altura X de la imagen por encima de la línea de ocultamiento del puesto de pilotaje proporciona al piloto una idea aproximada del ángulo de pendiente de aproximación cuando el horizonte no es visible.

Aeronave a un ángulo de pendiente de aproximación de $2,86^\circ$, a 60 m por encima del punto de mira ubicado a 300 m más allá del umbral.



La aeronave está 1 grado demasiado baja, 21 m y orientada hacia un punto situado a 122 m antes del umbral.

La aeronave está 1 grado demasiado alta, 21 m y apuntando hacia un punto situado a 732 m más allá del umbral.

Angulo de ocultamiento del puesto de pilotaje de 15° .

Plano paralelo al plano vertical de simetría de la aeronave que contiene el punto de visión del piloto. Si no hay viento de costado, este plano es el del eje de pista.

C. El punto de mira está a una distancia de 1 200 m. El alcance visual es de 3 350 m. Es visible una longitud de pista de 2 438 m.

Figura 1-5.- Errores de altura y de orientación aparentes cuando sólo es visible la pista y el horizonte está oculto

1.4.2.23 Guía para la salida de pista. A medida que el piloto decelera su aeronave hasta la velocidad de salida, es importante que salga cuanto antes de la pista, especialmente en aeropuertos de mucho tránsito. Cuando se dispone de calles de rodaje para la salida a gran velocidad, es posible salir pronto de la pista. Es preciso indicar con antelación a los pilotos el punto de salida, puesto que, si no se les proporcionase esta información, se verían obligados a seguir rodando en el suelo buscando una salida que, con frecuencia, se ve demasiado tarde para poder utilizarla. La iluminación de eje de calle de rodaje que se prolonga hasta el eje de la pista, según se especifica en el Anexo 14, para el caso de calles de rodaje que no cuentan con salidas rápidas es una ayuda muy útil durante la noche. (los datos sobre los movimientos de la cabeza y de los ojos del piloto indican una reducción considerable de estos movimientos mientras se efectúa el rodaje que sigue al aterrizaje, en comparación con los movimientos durante el rodaje antes del despegue. Esto puede explicar en parte las dificultades que el piloto experimenta inmediatamente después del aterrizaje, es decir, la fatiga y/o la repercusión de la "mirada fija" durante el enderezamiento y aterrizaje.)

1.4.2.24 Generalmente, la guía para rodaje hacia el edificio terminal a la llegada o hacia la pista para el despegue no plantea problemas importantes para los pilotos que están familiarizados con el aeropuerto y operan en condiciones VMC. Los pilotos de aeronaves con fuselaje de gran tamaño deben proceder con prudencia en las intersecciones de las calles de rodaje, particularmente durante la noche. Los problemas principales se refieren a lo inadecuado de:

- a) la información sobre ubicación y destino;
- b) la limpieza de la nieve en los lugares donde están instaladas las luces de eje de calle de rodaje;
- c) el control del tránsito en la superficie, particularmente en las intersecciones con pistas; y
- d) la indicación de la ruta a seguir en las zonas de grandes plataformas.

1.4.2.25 Guía para el despegue. Desde el punto de vista de la guía visual, la fase del despegue no constituye ningún problema. El piloto sigue la calle de rodaje para dirigirse al punto de despegue y se sirve de las luces de borde de pista o de eje durante la noche para centrar su aeronave sobre la pista. La guía de alineación es proporcionada por las señales y/o luces de eje de pista. La clave de luces de eje de pista, cuando se dispone de ella, y las luces de extremo de pista son de primordial importancia cuando un piloto interrumpe su recorrido de despegue durante la noche.

1.4.3. Ayudas visuales para condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC)

1.4.3.1 En 1.4.2 se examinó el vuelo en condiciones VMC y se analizó el proyecto de las ayudas visuales terrestres para ayudar a los pilotos. Estos mismos análisis son aplicables a la presente sección, cuando durante la ejecución de una aproximación por instrumentos un piloto pasa al vuelo visual y concluye su aproximación, enderezamiento y aterrizaje sirviéndose únicamente de las referencias visuales exteriores.

1.4.3.2 Sólo se permite volar en condiciones IMC a los pilotos experimentados, habilitados para el vuelo por instrumentos y para la utilización de radiocomunicaciones. Sin embargo, las aproximaciones, aterrizajes y despegues realizados en condiciones IMC, particularmente cuando la visibilidad es inferior a 800 m, exigen el uso de ayudas visuales más potentes y complejas que las que se utilizan en condiciones VMC.

1.4.3.3 Localización del aeropuerto. En condiciones IMC la localización del aeropuerto va ligada primordialmente a la utilización de ayudas no visuales. Cuando se establecen procedimientos para las aproximaciones que no son de precisión, que exigen volar por "contacto" una distancia de varios kilómetros, siguiendo un rumbo especificado desde la vertical del punto de referencia de la ayuda no visual en la aproximación final hasta el aeropuerto, las ayudas visuales terrestres ayudan a localizar los aeropuertos, particularmente durante la noche. Las luces de aproximación, de borde de pista y de guía para el vuelo en circuito así como el faro del aeropuerto, se utilizan según el tipo de operación que se realice.

1.4.3.4 Identificación del aeropuerto. La identificación del aeropuerto es un problema sólo cuando se utiliza una ayuda que no es de precisión. El piloto se encarga de la identificación del aeropuerto cuando percibe los alrededores de una pista en el momento apropiado que se ha calculado a partir del punto de posición de la aproximación final. Cuando un aeropuerto se encuentra en la

proximidad inmediata de otro, es muy posible que los pilotos que utilicen las ayudas de aproximación por instrumentos que no son de precisión aterricen en el aeropuerto que no corresponde si las pistas están orientadas aproximadamente en la misma dirección. En estas condiciones, un faro de identificación podría resultar una ayuda visual de suma utilidad.

1.4.3.5 Información de aterrizaje. Con objeto de evitar las pérdidas de tiempo y las aproximaciones frustradas innecesarias, es esencial que los pilotos obtengan toda la información de aterrizaje pertinente (base de nubes y visibilidad, dirección y velocidad del viento, pista en uso, etc.) antes de iniciar un procedimiento de aproximación por instrumentos. Las ayudas visuales que proporcionan información para el aterrizaje en condiciones VMC no son de utilidad en condiciones IMC.

1.4.3.6 Pista para aproximaciones por instrumentos. Un procedimiento de aproximación directa que no sea de precisión, no debería exigir un cambio de rumbo en la aproximación final hacia la pista de aterrizaje que exceda de 30° (Figura 1-6). Para la aproximación final, los procedimientos de aproximación por instrumentos autorizan, normalmente, maniobras de vuelo en circuito hacia otras pistas, además de la pista (si la hubiere) que esté dentro de los 30° de la trayectoria de aproximación final. La tarea del piloto resulta menos complicada, y por ende más segura, cuando la trayectoria de aproximación final está alineada con la pista de aterrizaje. Puede considerarse que el grado de dificultad es directamente proporcional a la magnitud del cambio de rumbo necesario para alinear la trayectoria de aproximación final con la pista.

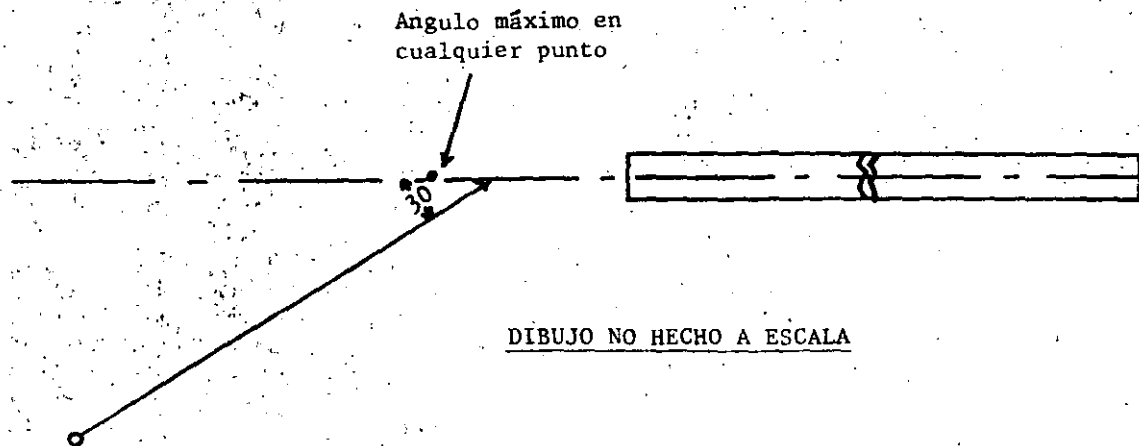
1.4.3.7 Los procedimientos de aproximación por instrumentos permiten a la aeronave descender hasta la altitud mínima establecida para el procedimiento antes de que la trayectoria de vuelo corte la prolongación del eje de la pista (Figura 1-6). Cuando lo hay, el sistema de iluminación de aproximación (ALS), proporciona guía en azimut. En caso de que se haya instalado un ALS, deben aplicarse límites mínimos superiores de visibilidad a fin de que el piloto disponga de tiempo para cruzar la prolongación del eje de la pista basándose en el contraste de esta última con el terreno circundante, o en luces de borde de pista, para la guía visual.

1.4.3.8 Guía para el vuelo en circuito. El vuelo en circuito para aterrizar después de una aproximación por instrumentos, cuando las condiciones meteorológicas son mínimas o casi mínimas para el procedimiento establecido, es una tarea de pilotaje que requiere pericia considerable. El piloto debe establecer referencia visual con la pista mientras vuela con su aeronave a una altura de tan solo 90 m por encima de obstáculos. Las referencias visuales son análogas a las requeridas para las condiciones VMC, previstas en 1.4.2.6 y 1.4.2.7, sin embargo, el piloto hace un mayor uso de los instrumentos a bordo para ayudarlo a mantener la alineación y la altura. La dimensión aparente de objetos conocidos, el movimiento aparente de los objetos, la imposibilidad de ver un objeto oculto por otro, y las características topográficas, son puntos de referencia importantes para juzgar la relación altura/distancia durante las horas diurnas.

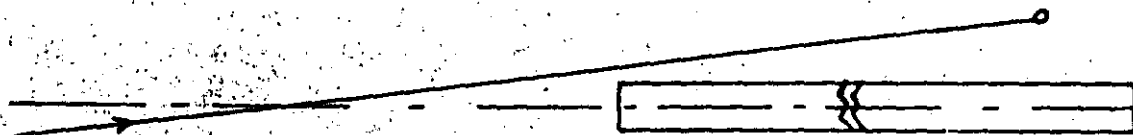
1.4.3.9 Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje. A medida que la aeronave se alinea con la pista, después de una aproximación directa de una aproximación de circuito, las ayudas visuales terrestres se usan, salvo en contados casos, siguiendo métodos bastante parecidos a los descritos anteriormente para las operaciones en condiciones VMC. Dado que el horizonte no es visible, el ángulo de pendiente de aproximación (cuando no se dispone de sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación) se obtiene por la altura del punto de mira en la pista por encima del borde inferior del parabrisas. A medida que los bordes de pista se hacen suficientemente visibles, la convergencia de los ángulos ayuda al piloto a juzgar su ángulo de pendiente de aproximación hacia el punto de mira. La guía de alineación puede no ser instantánea debido a que la visibilidad no permite ver una gran parte de la pista en la aproximación final.

1.4.3.10 Los sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación constituyen ayudas visuales de gran importancia por cuanto muchas referencias visuales quedan ocultas en condiciones meteorológicas desfavorables. En muchos lugares, al realizar aproximaciones sin disponer de sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación, los pilotos tropiezan con grandes dificultades, especialmente cuando las aproximaciones se realizan sobre superficies de agua o sobre terrenos sin características distintivas.

1.4.3.11 Pista de aproximaciones de precisión. Para todas las categorías de aproximaciones de precisión se utiliza el mismo tipo de ayuda terrestre no visual (ILS), siendo la diferencia que tanto el equipo terrestre como el de a bordo debe ser más preciso para satisfacer los requisitos de homologación relativos a las operaciones en condiciones de visibilidad reducida. Esta mayor precisión se refleja en las envolventes de trayectorias de vuelo que se describen en la Figura 5-8 del Anexo 14.



A. Trayectoria típica de aproximación final, instalaciones fuera del aeropuerto.



B. Trayectoria típica de aproximación, instalaciones en el aeropuerto.

Nota: En los dos casos A y B anteriores, el punto deseado para la intersección con la prolongación del eje de la pista está a 900 m del umbral de pista.

Figura 1-6.- Ejemplos de aterrizajes directos sirviéndose de ayudas utilizadas para hacer aterrizajes que no son de precisión

1.4.3.12 La mayor preocupación del piloto que opera en las categorías de visibilidad reducida es que, a medida que la aproximación por instrumentos prosigue hasta llegar a mínimas inferiores de visibilidad y por consiguiente el piloto sigue el vuelo por instrumentos hasta un punto situado más cerca del umbral), la fase de vuelo por instrumentos se prolonga y la fase visual se acorta. Por ejemplo, la altura de decisión normal mínima (DH) es de 60 m para las operaciones de Categoría I; de 30 m para las operaciones de Categoría II; no se aplica ninguna altura de decisión (DH) a las operaciones de Categoría III A y B; y, finalmente, las operaciones de la Categoría III C se realizan sin recurrir a las ayudas visuales. La altura de decisión real en un aeropuerto dado dependerá de las condiciones locales.

1.4.3.13 A medida que transcurre la etapa de vuelo por instrumentos, el piloto trata de saber su posición en el sentido lateral, vertical y longitudinal así como el valor probable de su ángulo de deriva cuando logre establecer contacto visual con el sistema de iluminación. Cuando el piloto ve las luces de aproximación, debe verificar rápidamente las impresiones facilitadas por su guía electrónica y decidir si debe continuar la aproximación por debajo de la altura de decisión, si procede hacerla.

1.4.3.14 Aproximación final - guía en azimut. En el momento en que el piloto percibe un tramo corto del eje del sistema de luces de aproximación (ALS), puede verificar rápidamente si se desplaza con respecto al eje. Si el sistema cuenta con barretas laterales dentro de los 300 m interiores del sistema, los pilotos obtienen información adicional relativa a la magnitud del desplazamiento. Se requieren unos tres segundos para establecer la trayectoria de vuelo con respecto al eje (variable b), 1.4.2.11). Si la aeronave está alineada, los elementos que forman el eje del sistema de luces de aproximación aparecen simétricos. Si no hay alineación, los elementos del eje del sistema de luces de aproximación tienen una apariencia oblicua, y el piloto debe decidir si la aeronave vuela hacia el eje, paralelamente al mismo, o se aparta de él. En cualquiera de los dos últimos casos, la magnitud de la corrección que puede realizarse con seguridad depende no sólo de la velocidad de aproximación y de la distancia con respecto al umbral, sino también de la maniobrabilidad de la aeronave y de la longitud disponible de pista para el aterrizaje. Esta decisión vital basada en muchos parámetros ha de tomarse en el transcurso de pocos segundos.

1.4.3.15 Las barretas laterales son especialmente útiles en condiciones de visibilidad reducida. Ellas permiten tomar decisiones más rápidas debido a que están alineadas con las barretas de la zona de toma de contacto, y por ello constituyen un punto de posición positivo con relación a la zona en la pista dentro de la cual debería aterrizar la aeronave. Esta zona interior del sistema de luces de aproximación proporciona referencias excelentes para juzgar la actitud de balanceo de la aeronave - referencias que son esenciales para mantener la alineación con la pista. Cuando la aeronave llega a la altura de decisión de Categoría II, de 30 m, la pista se encuentra entonces a menos de cinco segundos de vuelo, y, por lo tanto, la decisión de proseguir la aproximación depende, en gran medida, en el hecho de si la trayectoria de vuelo se situará entre las barretas laterales.

1.4.3.16 Aproximación final - información sobre la altura. En el caso de que no se haya instalado ningún sistema indicador visual de la pendiente de aproximación o que éste sea imperceptible debido a visibilidad reducida, es preciso que se pueda percibir un punto de mira para fines de guía de pendiente de aproximación sirviéndose de ayudas visuales. Por lo tanto, es evidente que las operaciones en condiciones de Categoría II de visibilidad reducida e inferiores se realizan sin beneficiarse de la guía visual de pendiente de aproximación. (Véase la Figura 1-3.) Cuando una aeronave desciende por debajo de la trayectoria de planeo a alturas de unos 15 m por encima del sistema de luces de aproximación, los componentes transversales definen una configuración lineal cuando la percepción de la altura es buena, a condición de que la visibilidad permita al piloto ver y seguir viendo un segmento visible equivalente a unos tres segundos de tiempo de vuelo. Este procedimiento no es apropiado ni se recomienda debido a la posibilidad de encontrar una zona de niebla densa que pueda ocasionar la desaparición o acortamiento del segmento visual. En este caso, el piloto puede tener la impresión de que su aeronave tiene tendencia a encabritarse y su reacción normal sería iniciar el descenso a un ángulo que podría hacerle aterrizar antes de llegar al umbral de la pista (Figura 1-7).

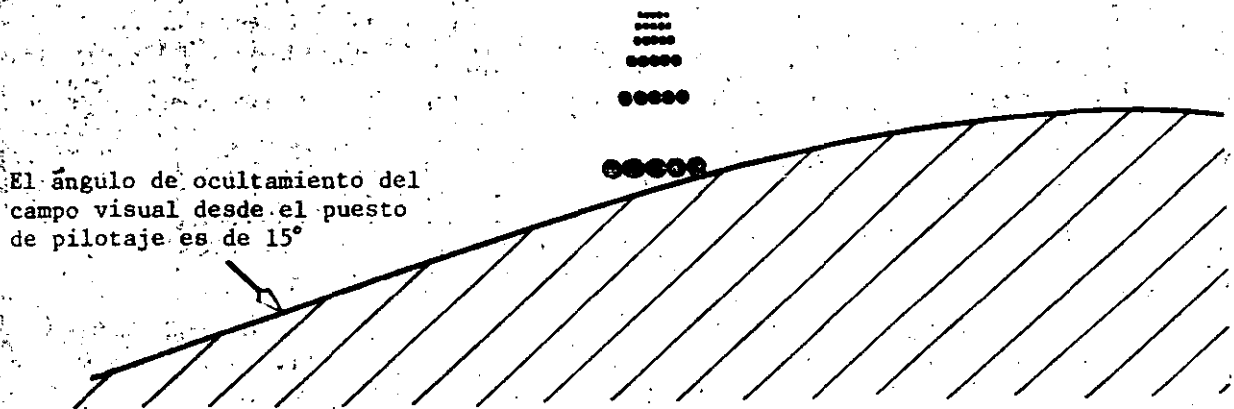


Figura 1-7.- Un segmento de ayudas visuales en tierra de 150 m tal como lo ve un piloto que vuela a una altura de 15 m por encima del sistema de luces de aproximación

1.4.3.17 Enderezamiento y aterrizaje. Antes del perfeccionamiento de la iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto, los pilotos se enfrentaban con una tarea extremadamente difícil al operar en condiciones de visibilidad equivalentes a las condiciones meteorológicas actuales de Categoría II e inferiores. El problema era más agudo durante la noche y la condición se denominaba, apropiadamente, el "agujero negro". Las luces de aterrizaje de las aeronaves eran inútiles ya que iluminaban la niebla y no la superficie de la pista, lo que deterioraba aún más el medio ambiente visual. El perfeccionamiento y uso de la iluminación de eje de pista y de zona de contacto proporciona a los pilotos guía en azimut e información sobre la altura, que es la solución del problema del "agujero negro". Los componentes transversales de las luces de zona de toma de contacto facilitan guía para el recorrido en tierra, lo que permite mantener a la aeronave alineada con la pista. Estas luces indican también los límites laterales (izquierdo-derecho) y longitudinales de la zona de toma de contacto, particularmente para las aeronaves de gran tamaño.

1.4.3.18. Durante el día, las señales de pista dentro de la zona de toma de contacto proporcionan guía en azimut e información sobre la altura para las operaciones de Categoría I. Las señales también son ayudas visuales importantes para las operaciones de Categorías II y III, especialmente de día cuando los niveles de luminosidad de fondo son elevados.

1.4.3.19. Al aproximarse a la pista, las distintas luces de eje de pista y de zona de contacto se ven como fuentes puntuales, pero durante el enderezamiento a baja altura las fuentes puntuales más próximas se transforman en fuentes lineales (efecto lineal). La distancia por delante de la aeronave a la que las fuentes puntuales se convierten en fuentes lineales varía según la velocidad de la aeronave y la altura del puesto de pilotaje. El efecto lineal se debe a la elevada velocidad angular de desplazamiento de las luces en la retina del ojo; es decir, que no pueden observarse por los movimientos de seguimiento

del ojo. Ello puede originar que se refuerce la impresión de altura experimentada por el piloto o de cualquier cambio en azimut que pueda producirse. De este modo, puede verse que cuando los pilotos de muchas aeronaves (velocidades de aterrizaje elevadas, y escasa altura del puesto de pilotaje) aterrizan en condiciones de la Categoría III.B, verán mayormente trazos de luz durante la noche, puesto que la fuente puntual de casi todas las luces estará oculta por la niebla. El efecto lineal no es tan evidente durante el día, por cuanto la superficie de la pista, compuesta de millones de referencias de las características estructurales, es visible y se desplaza también a gran velocidad en sentido inverso a la aeronave.

1.4.3.20 Guía de recorrido en el suelo. A medida que disminuye el RVR, el piloto tiene que depender cada vez más de la iluminación de eje de pista y llega a un punto en el que casi lo único que ve es el eje de la pista en condiciones de Categoría III. La iluminación y señales de eje de pista son eficaces para guiar la aeronave en tierra con alcances visuales muy reducidos, especialmente cuando el piloto está por encima de las señales. El desplazamiento máximo suele ser de unos 9 m a la izquierda o a la derecha, pero un desplazamiento de este orden reduce apreciablemente la guía en azimut en condiciones de visibilidad más reducida. La Figura 1-8 indica que el desplazamiento de estas luces formará un ángulo relativamente grande con el eje longitudinal de la aeronave. En estas condiciones los pilotos mantendrán normalmente sus aeronaves en la dirección y por encima del eje de la pista o lo más cerca de éste para mejorar la guía en azimut.

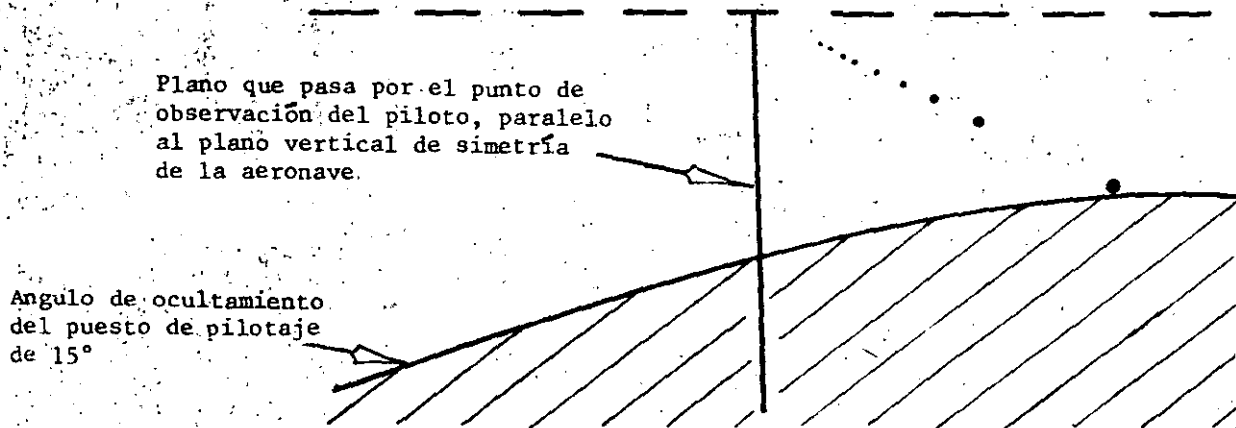
1.4.3.21 Guía de salida de pista. La ubicación de la salida de pista puede ser un problema importante cuando se opera con un RVR inferior a unos 400 m, a menos que las luces verdes de calle de rodaje se prolonguen sobre la pista de conformidad con las especificaciones del Anexo 14. La experiencia ha demostrado que la salida de pista puede ser lenta, aun en condiciones VMC, a menos que se provean luces que se prolonguen hasta el eje de la pista. Las luces de gran intensidad, el efecto de halo en torno a las luces, los niveles de luminosidad ambiental elevados en condiciones de niebla, las gotas de lluvia en el parabrisas - son factores que, combinados con la fatiga del piloto después del aterrizaje, imponen la necesidad operacional absoluta de contar con buena iluminación de salida para las operaciones en condiciones de visibilidad.

1.4.3.22 Información sobre distancia. La iluminación de aproximación y de pista proporcionan en varias etapas información sobre distancia a lo largo de la longitud total de los sistemas combinados. Estas etapas se indican en la Tabla 1-1. La disponibilidad de ayudas visuales terrestres, para mantener informados a los pilotos de su posición en condiciones de visibilidad reducida, es una característica importante de la seguridad del sistema.

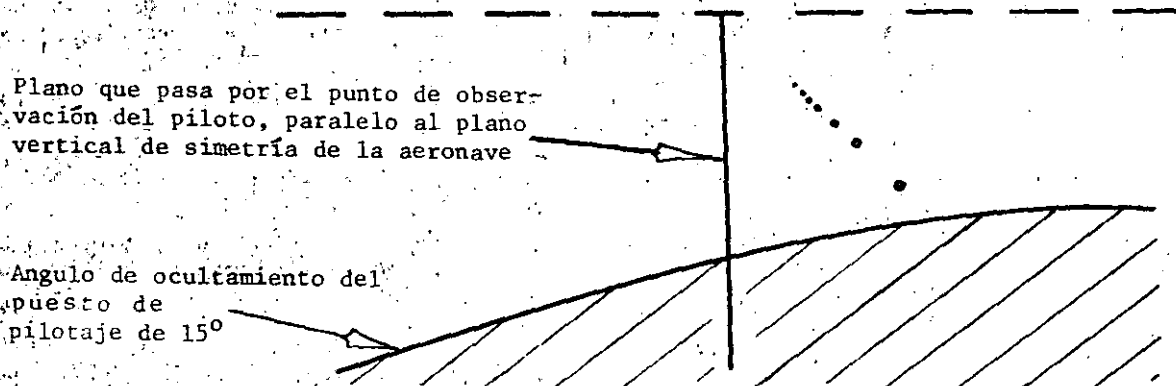
1.4.3.23 Guía para el rodaje. Aunque el rodaje en condiciones VMC no suele presentar ningún problema importante, el rodaje en condiciones IMC (particularmente durante la noche) se hace progresivamente más difícil a medida que disminuye la visibilidad, y esto es así incluso para los pilotos perfectamente familiarizados con el aeropuerto. Todavía no se han acabado de perfeccionar ayudas visuales que faciliten el desplazamiento seguro y rápido de las aeronaves en la superficie. Los pilotos de aeronaves con fuselaje largo necesitan señales para informarles de que la cola de su aeronave se encuentra fuera de la pista y de otras calles de rodaje cuando las intersecciones están próximas. Los pilotos necesitan que se les avise con antelación cuando se aproximan a una curva a menos que el rodaje se efectúe a muy poca velocidad. Al entrar en la plataforma, la delimitación de las calles de rodaje sobre la plataforma es tan importante como las de las calles de rodaje convencionales. Al salir de la plataforma en condiciones de visibilidad reducida, la localización e identificación de la calle de rodaje que ha de utilizarse puede constituir una tarea ardua.

1.4.3.24 La iluminación de eje de calle de rodaje, incluyendo la de la plataforma, que se enciende para indicar la ruta a seguir, proporciona la solución ideal por lo que se refiere a ayudas visuales. Si no se cuenta con un sistema de conmutación, los paneles de señalización bien diseñados y eficaces son una ayuda visual de gran utilidad para el piloto en condiciones de visibilidad reducida.

1.4.3.25 Guía de atraque/estacionamiento. En las condiciones de visibilidad inferior, se necesita la guía de eje hacia el punto de atraque para evitar considerables cambios de rumbo cuando aparecen las señales de atraque. Las señales de atraque que proporcionen guía de izquierda a derecha, una indicación de la velocidad de acercamiento y una orden de parada respecto a la posición del piloto que no precise movimiento alguno de cabeza ni ayuda de un señalero, definen el sistema de atraque visual ideal. En los casos en que no intervenga el atraque, se requieren señales visuales para ayudar a los pilotos a estacionar dentro de zonas abiertas de la plataforma, con o sin ayuda de señaleros, con objeto de evitar todos los demás objetos en la zona de estacionamiento. La iluminación general de la plataforma debería iluminar las instrucciones relativas al estacionamiento, no debería ser perjudicial para la visibilidad de las señales de atraque o de estacionamiento, y debería iluminar los objetos que puedan constituir un obstáculo para los movimientos de las aeronaves.



- A. Vista en perspectiva del eje de pista desplazado 9 m hacia la izquierda, siendo la altura del ojo 4,5 m y el RVR 150 m.



- B. Vista en perspectiva del eje de pista desplazado 9 m hacia la izquierda, siendo la altura del ojo 9 m y el RVR 150 m.

Figura 1-8.- Vista en perspectiva del eje de pista desde diferentes alturas del ojo.

TABLA 1-1

CLAVE DE DISTANCIA PARA LAS CATEGORIAS II Y III

<i>Sistema</i>	<i>Componente</i>	<i>Color</i>	<i>Configuración</i>	<i>Importancia operacional</i>
Sistema de iluminación de aproximación con eje en clave para indicación de distancia	600 m exteriores	Blanco	Configuración consistente en tres fuentes luminosas en el sector más alejado y dos fuentes luminosas en el sector interior.	Posición de la aeronave por encima de la altura de decisión (Categoría II).
Sistema de iluminación de aproximación con eje de barretas	"	"	Eje consistente en cinco barretas luminosas con luz de descarga de condensador en cada estación.	" " " "
Sistema de iluminación de aproximación - ambos tipos	300 m	Blanco	Barra transversal en el punto de 300 m.	Una señal potente en la altura de decisión cerca de ella (Categoría II).
	30 m	Blanco Rojo	Eje de barretas. Filas laterales alineadas con las luces de zona de toma de contacto.	Alineación de eje. Indica los límites de desviación lateral para el aterrizaje - si el piloto está fuera de la zona de la señal, debería interrumpir la aproximación a menos que se dirija hacia el eje para alinearse con él.
		Blanco	Barra lateral en el punto de 150 m.	Previsión del enderezamiento en el caso de algunas aeronaves de gran tamaño en proximidad del umbral. (Todo el sector marca la zona anterior al umbral pero los componentes individuales ayudan al piloto de diferentes maneras.)
Umbral de la pista	Una fila transversal	Verde	Una fila transversal que puede interrumpirse en la parte central.	Comienzo de la superficie de aterrizaje.
Eje y zona de toma de contacto	Primeros 900 m de la pista	Blanco Blanco	Eje de pista. Barretas de zona de toma de contacto - unos 9 m a cada lado del eje.	Alineación con el eje. Límites de desviación lateral. (La totalidad del sector define una zona segura para el aterrizaje).
Eje	Parte central de la pista.	Blanco	Define la parte central de la pista.	Zona para la deceleración.
Eje	Últimos 900 m de la pista	Rojo y blanco alternados	Luces rojas/blancas alternas ubicadas en los primeros 600 m del sector	Advierten al piloto de la proximidad de la zona de los últimos 300 m de la pista.
		Rojo	Luces exclusivamente rojas en una distancia de 300 m.	Definen la zona central de la pista.
Extremo final de pista	Fila transversal	Rojo	Fila transversal que normalmente está interrumpida en la parte central.	El extremo de la pista.

1.4.3.26 Guía de despegue. La guía de despegue se suministra mediante iluminación y señales de eje de pista. Una vez que la aeronave se encuentra encima del sistema, la guía de alineación es excelente, y las operaciones pueden realizarse sin peligro con alcances visuales bastante cortos. El eje en clave de los últimos 900 m de la pista es de gran utilidad en el caso de un despegue interrumpido, ya que las referencias permiten al piloto decidir si puede recurrir a los procedimientos de frenado de emergencia para detener su aeronave en la longitud restante de la pista.

CAPITULO 2.- SEÑALES Y BALIZAS DE SUPERFICIE*

2.1 Señales en las pendientes situadas inmediatamente antes de los extremos de las pistas**

2.1.1 En los aeropuertos donde exista una pendiente descendente pronunciada inmediatamente antes del comienzo de una pista, los pilotos pueden encontrar dificultades al calcular su altura durante el aterrizaje.

2.1.2 En el aeródromo de Estocolmo (Bromma) hay dos de estas pendientes y la experiencia ha indicado que constituían un peligro para las aeronaves que hiciesen un aterrizaje demasiado corto. Con el fin de reducir el efecto producido por impresiones erróneas, se han instalado balizas de límite en una configuración en zigzag, perpendicular a la prolongación del eje de la pista y a todo lo ancho de ésta.

2.1.3 Las balizas pueden pintarse en cuadros alternados negros y amarillos, midiendo cada uno de estos cuadros 1 m de longitud. Los extremos superiores de las balizas pueden situarse inmediatamente debajo del nivel de la pista, en el borde de la pendiente. (Véase la Figura 2-1.)

2.1.4 Se cree que con esta sencilla disposición se puede reducir considerablemente la dificultad de calcular la altura en las circunstancias anteriormente mencionadas. Las balizas pueden servir también de advertencia al piloto para que vigile atentamente la altura a que vuela.

2.1.5 Estas balizas han resultado muy satisfactorias en la práctica.



Figura 2-1.- Señales en las pendientes situadas inmediatamente antes del extremo de la pista

* En el Apéndice 3 se proporciona orientación para seleccionar, aplicar y quitar las pinturas.

** Texto proporcionado por Suecia.

2.2 Señalización adicional de los márgenes laterales pavimentados*

2.2.1 Puede proporcionarse la estabilización de los márgenes laterales de las plataformas y calles de rodaje, que tienen el aspecto de pavimento, pero que no están previstos para que las aeronaves rueden sobre ellos. Análogamente, puede que dentro de la zona de la plataforma haya pequeñas áreas con superficies pavimentadas no resistentes, que parezca que tienen resistencia completa. Esta estabilización puede proporcionarse para evitar la erosión debida al chorro y al agua, así como para disponer de una superficie lisa que pueda mantenerse limpia de escombros.

2.2.2 En los tramos rectos, esta estabilización puede identificarse fácilmente poniendo las señales de faja lateral de calle de rodaje recomendadas en el Anexo 14. En las intersecciones de las calles de rodaje y en otras áreas en que, a resultas de los virajes, pueda existir la posibilidad de confundir las señales de faja lateral con las señales de eje, o en los casos en que el piloto puede no estar seguro respecto a qué lado de las señales de borde se encuentra la superficie pavimentada apta para soportar la carga, se ha visto que constituye una ayuda la colocación adicional de fajas transversales en la superficie no resistente a la carga.

2.2.3 Según se muestra en la Figura 2-2, las fajas transversales deberían colocarse perpendicularmente a la señalización de la faja lateral. En las curvas, deberían colocarse una faja en cada punto de tangencia de la curva y en los puntos intermedios a lo largo de la curva, de modo que el intervalo entre fajas no exceda de 15 m. Si se considera conveniente colocar fajas transversales en pequeños tramos rectos, el espaciado no debería exceder de 30 m. El ancho de las señales debería ser de 0,9 m y deberían extenderse hasta una distancia de 1,5 m del borde exterior del pavimento estabilizado o tener una longitud de 7,5 m, eligiendo la más corta de estas dos dimensiones. Las fajas transversales deberían ser del mismo color que las fajas de borde: amarillas.

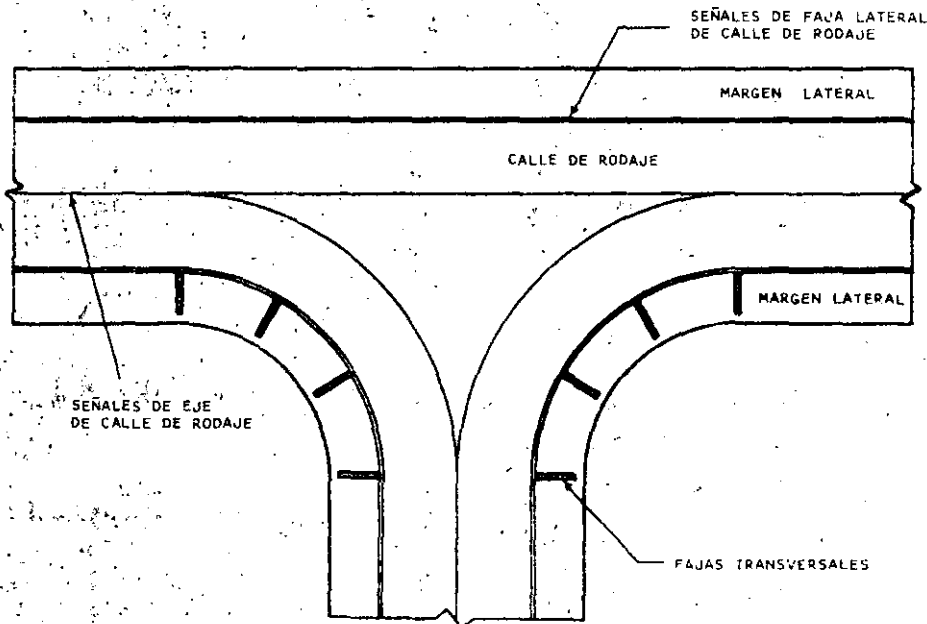


Figura 2-2.- Señalización de los márgenes laterales pavimentados de calle de rodaje.

* Las especificaciones internacionales relativas a la señalización de los márgenes laterales pavimentados aparecen en el Anexo 14, Capítulo 7.

2.3 Señales de plataforma

2.3.1 Objeto de la guía en los puestos de estacionamiento

2.3.1.1 Los objetivos principales que se persiguen con la guía en los puestos de estacionamiento son:

- a) maniobrar la aeronave en condiciones de seguridad en el puesto de estacionamiento; y
- b) situar la aeronave en la posición correcta.

En el pasado, estos objetivos se lograban principalmente mediante señales en la plataforma. Actualmente se utilizan varias ayudas de iluminación en los aeropuertos de tránsito intenso para complementar la guía provista por las señales de plataforma durante la noche y en condiciones de mala visibilidad. Son de especial interés las luces de guía para maniobras de las aeronaves en los puestos de estacionamiento y los sistemas de guía visual para el atraque, de los que se ocupa en mayor detalle el Capítulo 12. Debido al chorro, para utilizar al máximo el espacio disponible en la plataforma y para reducir al mínimo las distancias que han de recorrer a pie los pasajeros, en los principales aeropuertos ya no resultan aceptables, para aeronaves medianas y grandes, los puestos de maniobra autónoma.

2.3.1.2 Maniobra de las aeronaves en condiciones de seguridad. Los puestos de estacionamiento de las aeronaves suelen estar dispuestos relativamente próximos entre sí, con el fin de reducir al mínimo posible la superficie pavimentada, así como la distancia que los pasajeros tienen que recorrer a pie. Por consiguiente, es preciso controlar con precisión la maniobra de las aeronaves de forma que en todo momento se mantengan los márgenes de separación necesarios respecto a aeronaves adyacentes, edificios cercanos y vehículos de servicio en la plataforma. Debería considerarse también la necesidad de lograr que el chorro procedente de los motores de las aeronaves que maniobran no interfiera con las actividades del puesto adyacente y que las señales sean compatibles con la capacidad de viraje de todas las aeronaves que utilizan el puesto de estacionamiento. Los márgenes de separación entre aeronaves que maniobran y otras aeronaves, edificios u otros obstáculos en diversas circunstancias, se dan en el Anexo 14, Capítulo 3. Debería mantenerse control del equipo y vehículos en tierra, para asegurar que el área de maniobra de las aeronaves en el puesto de estacionamiento esté despejada, cuando las aeronaves estén maniobrando o cuando el equipo se deje desatendido, el equipo y los vehículos en tierra deberían mantenerse por fuera de las líneas de seguridad predeterminadas.

2.3.2 Forma de seguir la línea de guía

2.3.2.1 Existen dos procedimientos reconocidos para que las aeronaves sigan las líneas de guía. En uno, la proa de la aeronave (el puesto del piloto) se mantiene sobre la línea. En el otro, la rueda de proa es la que sigue la línea de guía. El Anexo 14, en su Capítulo 3, especifica que las curvas de las calles de rodaje deberían proyectarse de modo que proporcionen los márgenes de separación requeridos cuando el puesto de pilotaje de las aeronaves permanece sobre las señales de eje de calle de rodaje. Esto se debe esencialmente a la dificultad que tendría el piloto para asegurarse de que la rueda de proa siga las líneas de guía. En algunas aeronaves, la rueda de proa está desplazada hasta 5 m por detrás del puesto de pilotaje. Sin embargo, las necesidades en cuanto a señales en el puesto de estacionamiento no son comparables con las de las señales de eje de calle de rodaje. Existen dos diferencias en cuanto a las maniobras de las aeronaves en los puestos de estacionamiento:

- a) porque debido a la superficie reducida de maniobras se requieren radios de viraje mucho menores; y
- b) a menudo se necesitan señaleros competentes para ayudar a maniobrar las aeronaves.

Análogamente, el Anexo 14 especifica, en su Capítulo 3, que las señales de los puestos de estacionamiento de aeronaves han de proyectarse de conformidad con el principio de la rueda de proa sobre la línea de guía.

2.3.3 Tipos de señales en el puesto de estacionamiento

2.3.3.1 Las señales en el puesto de estacionamiento consisten en líneas de guía para indicar la trayectoria que ha de seguir la aeronave, y barras de referencia que proporcionan información suplementaria. Las líneas de guía pueden dividirse en:

- a) líneas de entrada;
- b) líneas de viraje; y
- c) líneas de salida.

2.3.3.2 Líneas de entrada. Estas líneas proporcionan guía desde las calles de rodaje hasta puestos de estacionamiento de aeronaves específicas. Puede exigirse que permitan a una aeronave en rodaje mantener un margen de separación prescrito respecto a otras aeronaves que se encuentren en la plataforma, y pueden considerarse tan importantes como las líneas de viraje para alinear el eje de la aeronave en la posición final predeterminada. En los puestos de estacionamiento con la proa hacia dentro, las líneas de entrada señalarán el eje del puesto de estacionamiento hasta la posición de parada de la aeronave. Para la salida no habrá líneas de orientación y los conductores de los tractores usarán las líneas de entrada durante las maniobras de retroceso.

2.3.3.3 La Figura 2-3A muestra lo que aquí llamamos línea de entrada sencilla. La ventaja de la línea de entrada sencilla que constituye el método más natural para el viraje y su empleo sería el que menos se prestaría a confusiones. Sus inconvenientes residen en que no resulta adecuada para señalar un puesto en el que la aeronave deba ubicarse centralmente sobre la línea de entrada y en que requiere más espacio de plataforma que un tipo de señal que permite lograrlo. La rueda de proa de las aeronaves debe seguir las líneas. Cuando se utilizan dichas líneas debería observarse que la trayectoria del centro de la aeronave se encuentra por dentro de la curva de la línea de guía. En algunos casos, la superficie de plataforma disponible puede exigir el uso de un tipo diferente de señalamiento. La Figura 2-3B muestra lo que pudiéramos llamar una línea de entrada desplazada. Cuando la rueda de proa de la aeronave sigue dichas líneas, el centro de la aeronave no se adentra tanto en la curva sino que efectúa un viraje más cerrado. Como consecuencia de ello, el tamaño de los puestos de estacionamiento no tiene que ser tan grande. Debería observarse, no obstante, que si bien este tipo de señales coloca a la aeronave centralmente sobre la línea de entrada, determinada línea sólo puede resultar totalmente adecuada para un solo tipo de aeronave o cuando la geometría de la aeronave, en cuanto a la distancia entre ruedas de todos los tipos diferentes que utilizan el puesto, es virtualmente idéntica. Cuando es necesario que utilicen el puesto diversos tipos de aeronaves que no tienen tren de aterrizaje de geometría semejante, pero el espacio disponible exige que la aeronave esté situada centralmente sobre la línea de entrada, la mejor manera de lograr ese objetivo se consigue utilizando una flecha corta a 90° con respecto al eje de la calle de rodaje, como se indica en la Figura 2-3C. Una desventaja de este proceder es que el punto de entrada y el grado de viraje que conducirá a la aeronave sobre la línea de entrada quedan al arbitrio del piloto.

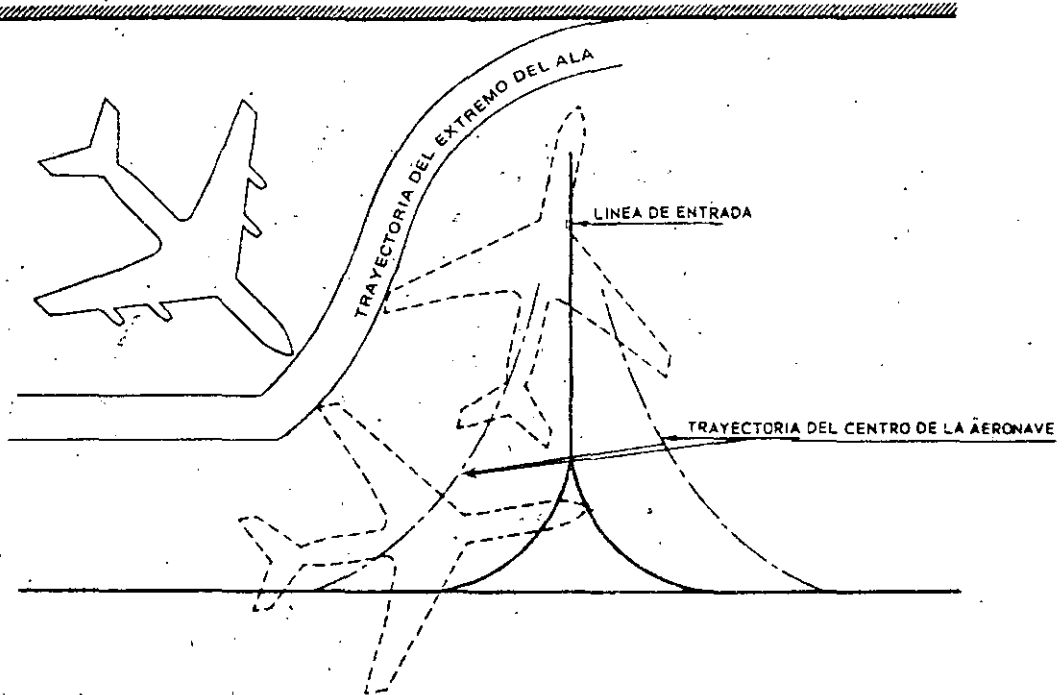


Figura 2-3A.- Línea de entrada sencilla para guía de la proa

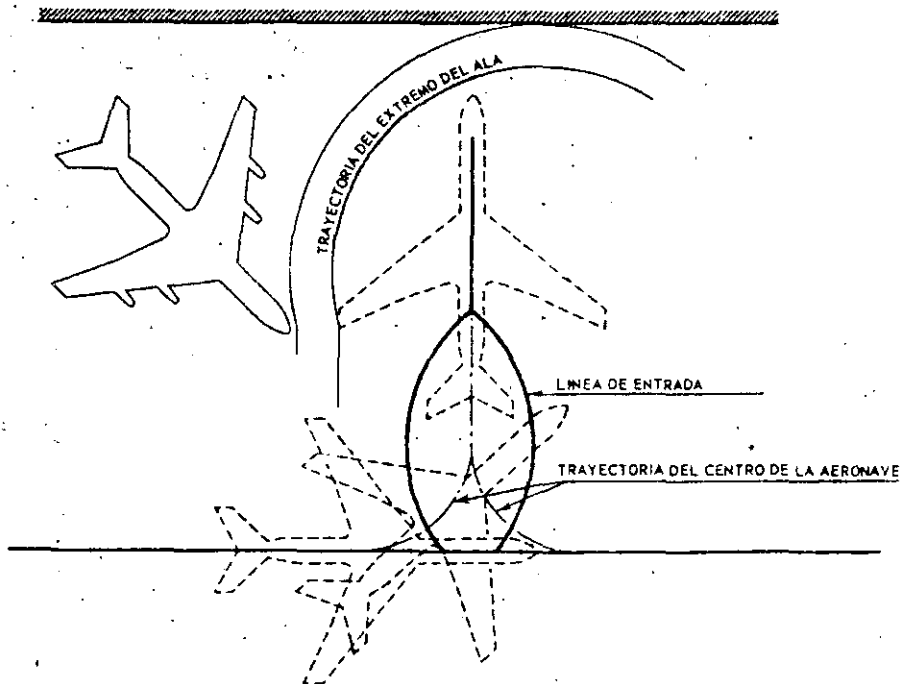


Figura 2-3B.- Línea de entrada desplazada para guía de la proa

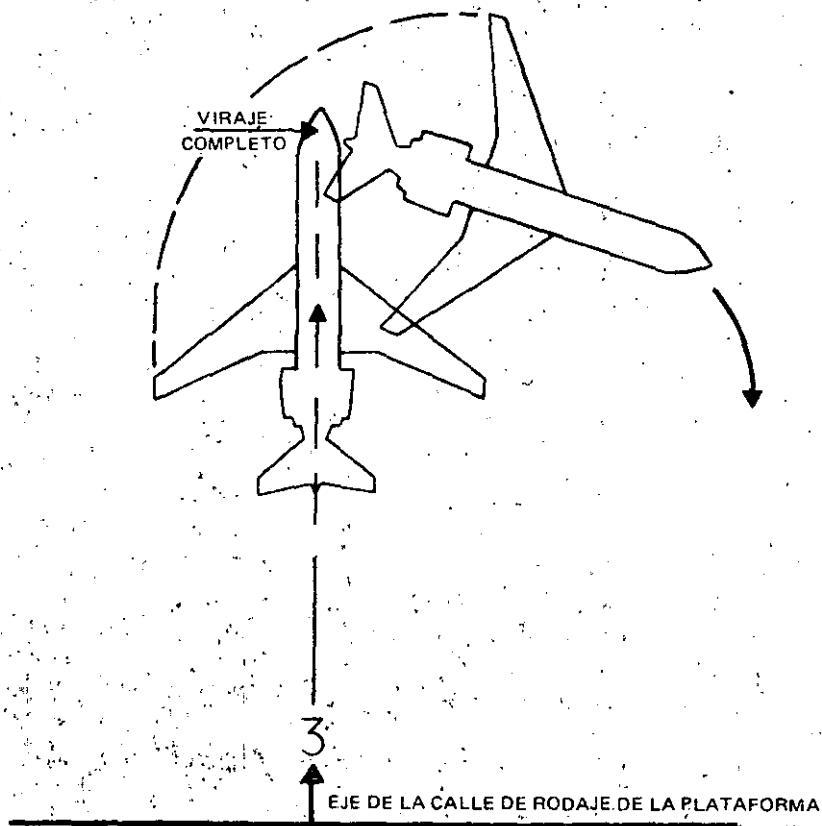


Figura 2-3C.- Línea de entrada recta

2.3.3.4 Líneas de viraje. Cuando es necesario que la aeronave efectúe un viraje en el puesto, antes de detenerse por completo o después de "arrancar" para salir de él, puede resultar necesaria una línea de viraje para que la siga la aeronave. El objeto principal de estas líneas es limitar el viraje de la aeronave dentro de la superficie designada, de forma que la aeronave se mantenga distanciada de los obstáculos, y servir de ayuda para situar la aeronave con precisión. El primer objetivo resulta especialmente importante cuando el margen de separación entre el puesto y las estructuras cercanas u otros puestos sea crítico.

2.3.3.5 La Figura 2-4 muestra un ejemplo típico de línea de viraje para la rueda de proa. Esta línea podría muy bien estar complementada como las barras de referencia, como se indica en la Figura 2-3C y se expone más adelante en 2.3.3.12.

2.3.3.6 Tramo recto de la línea de viraje. La línea de viraje debería incluir una porción recta de por lo menos 3 m de longitud en la posición final de la aeronave. Con esto se obtiene un tramo de 1,5 m antes de la posición final de parada, para aliviar la presión en el tren de aterrizaje y al mismo tiempo para corregir la alineación de la aeronave, y un tramo de 1,5 m de longitud después de la posición de parada, para reducir la potencia necesaria, y con ello el chorro de los motores, durante el "arranque" para la salida. La longitud de la recta a que antes se hace referencia puede reducirse a 1,5 m en el caso de puestos de estacionamiento previstos para aeronaves pequeñas.

2.3.3.7 Líneas de salida. Estas líneas proporcionan guía desde los puestos de estacionamiento hasta las calles de rodaje, a fin de asegurarse que se mantenga el margen de separación prescrito respecto a otras aeronaves y obstáculos. Estas líneas se muestran en la Figura 2-5. Cuando la aeronave tiene que efectuar un viraje antes de abandonar el puesto de estacionamiento, con objeto de mantenerse separada de los obstáculos adyacentes, la línea de guía para la salida puede ser como la que se muestra en la Figura 2-5 a). Cuando el margen de separación respecto al puesto adyacente sea menos crítico, pueden ser útiles las líneas de guía de la Figura 2-5 b) o c). Cuando los márgenes de separación sean críticos, puede que sean necesarias líneas de salida desplazadas para la rueda de proa, como las que se muestran en la Figura 2-6.

2.3.3.8 Métodos para calcular los radios de las partes curvas de las líneas de entrada, de viraje y de salida. Ya sea que se utilice una línea para la rueda de proa o solamente una línea de entrada recta, como se muestra en la Figura 2-3C, el radio supuesto o marcado debe encontrarse dentro de la capacidad de viraje de la aeronave para la cual se ha previsto el puesto de estacionamiento. Al calcular el radio, es necesario evaluar el posible efecto del chorro de los motores resultantes de utilizar un radio tan estrecho. Es posible también que el radio mínimo aceptable de viraje varíe con los diferentes explotadores, aunque utilicen el mismo tipo de avión. Además, mientras más pequeño es el radio de viraje y mayor es el ángulo de la rueda de proa, mayor posibilidad hay de que ocurra un desplazamiento del neumático. En otras palabras, en el supuesto de poder aplicar un ángulo de 65° de rueda de proa, el radio de viraje efectivo sería sólo equivalente a un ángulo algo menor, posiblemente con una pérdida de hasta 5°. Para determinar el radio se necesita, por lo tanto, consultar los manuales expedidos para fines de planificación de aeropuertos por los fabricantes de aeronaves, y por los explotadores de cada tipo de avión, a fin de verificar hasta qué amplitud éstos modifican la guía del fabricante por cualquier razón dada, y estudiar luego cada situación de plataforma a fin de verificar si hay necesidad de modificación adicional.

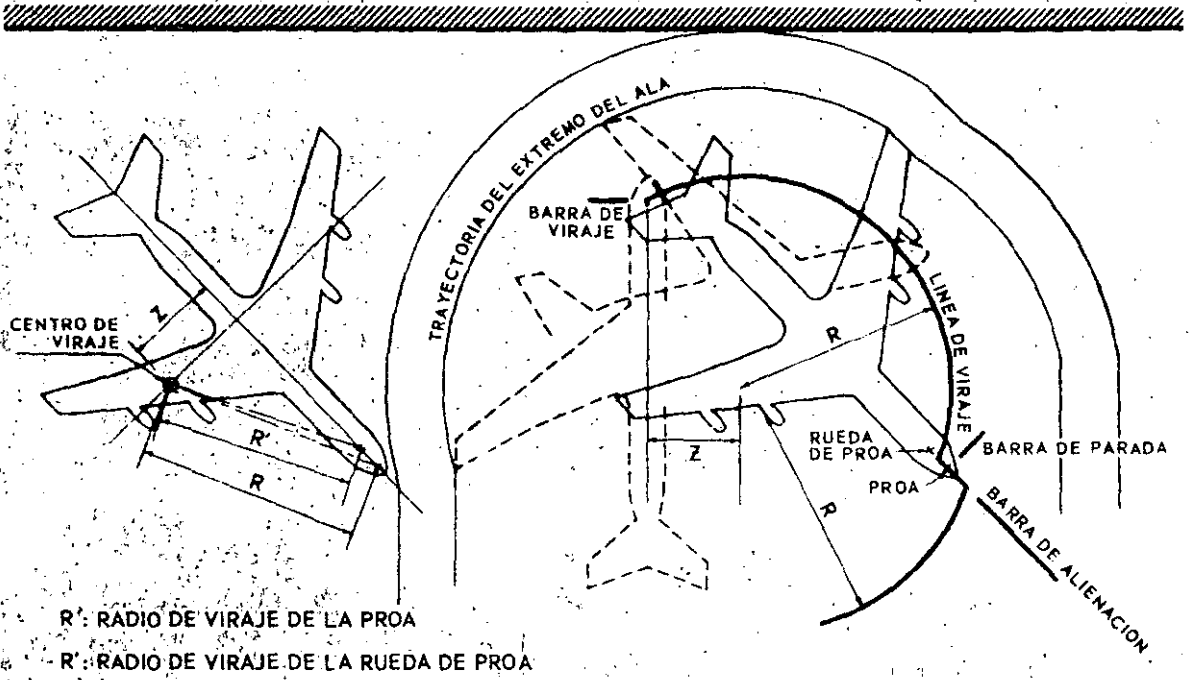


Figura 2-4.- Línea de viraje y barras de referencia

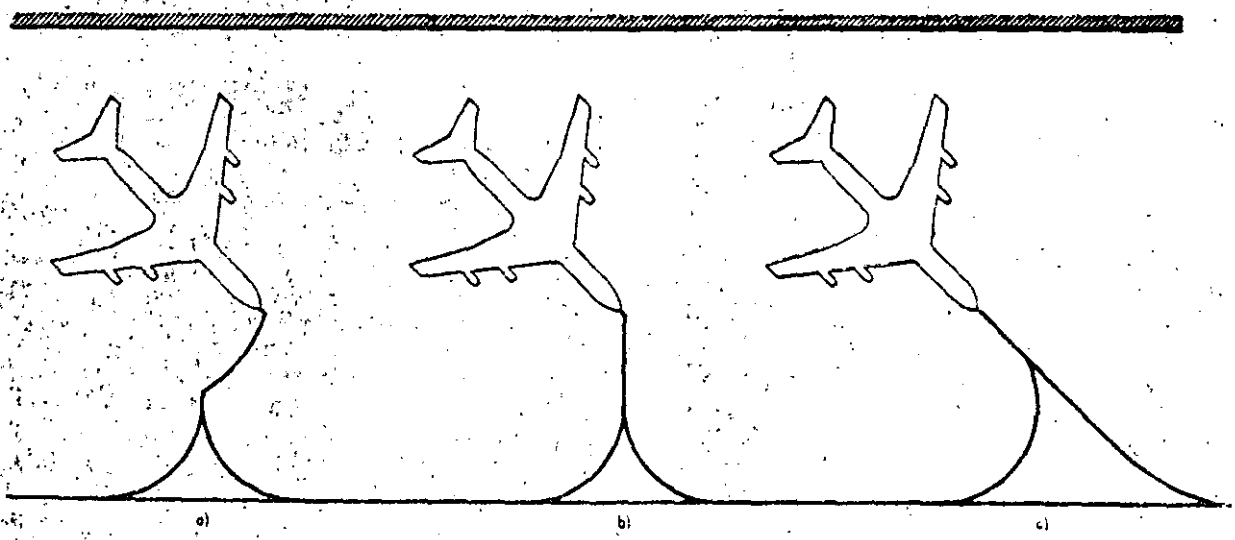


Figura 2-5.- Líneas de salida sencilla para guía de la rueda de proa

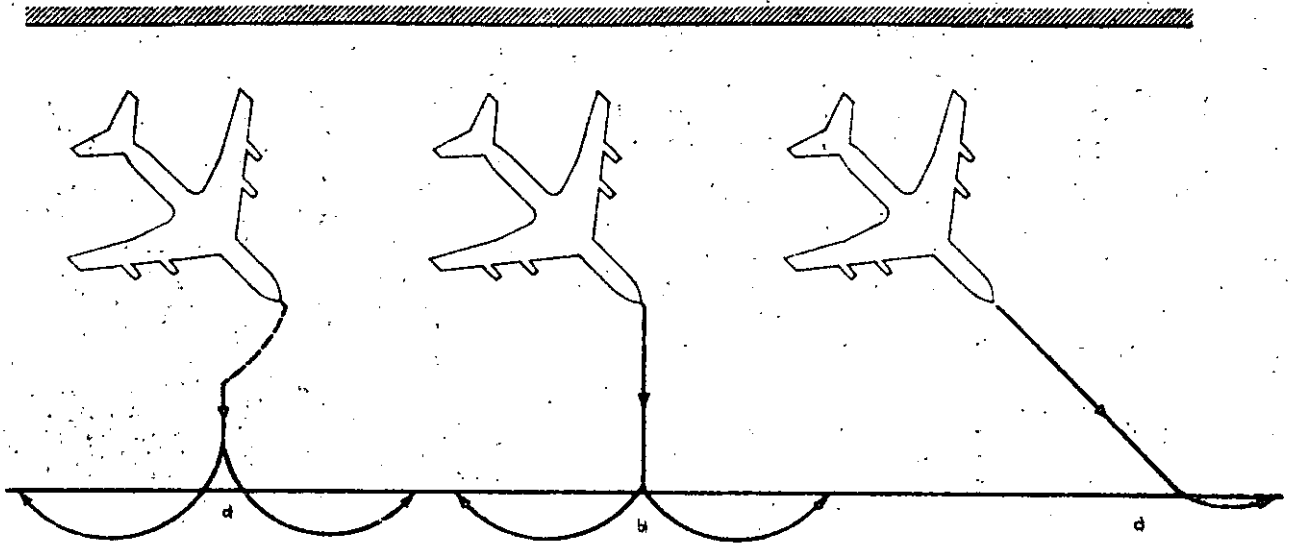


Figura 2-6.- Líneas de salida desplazada para guía de la rueda de proa

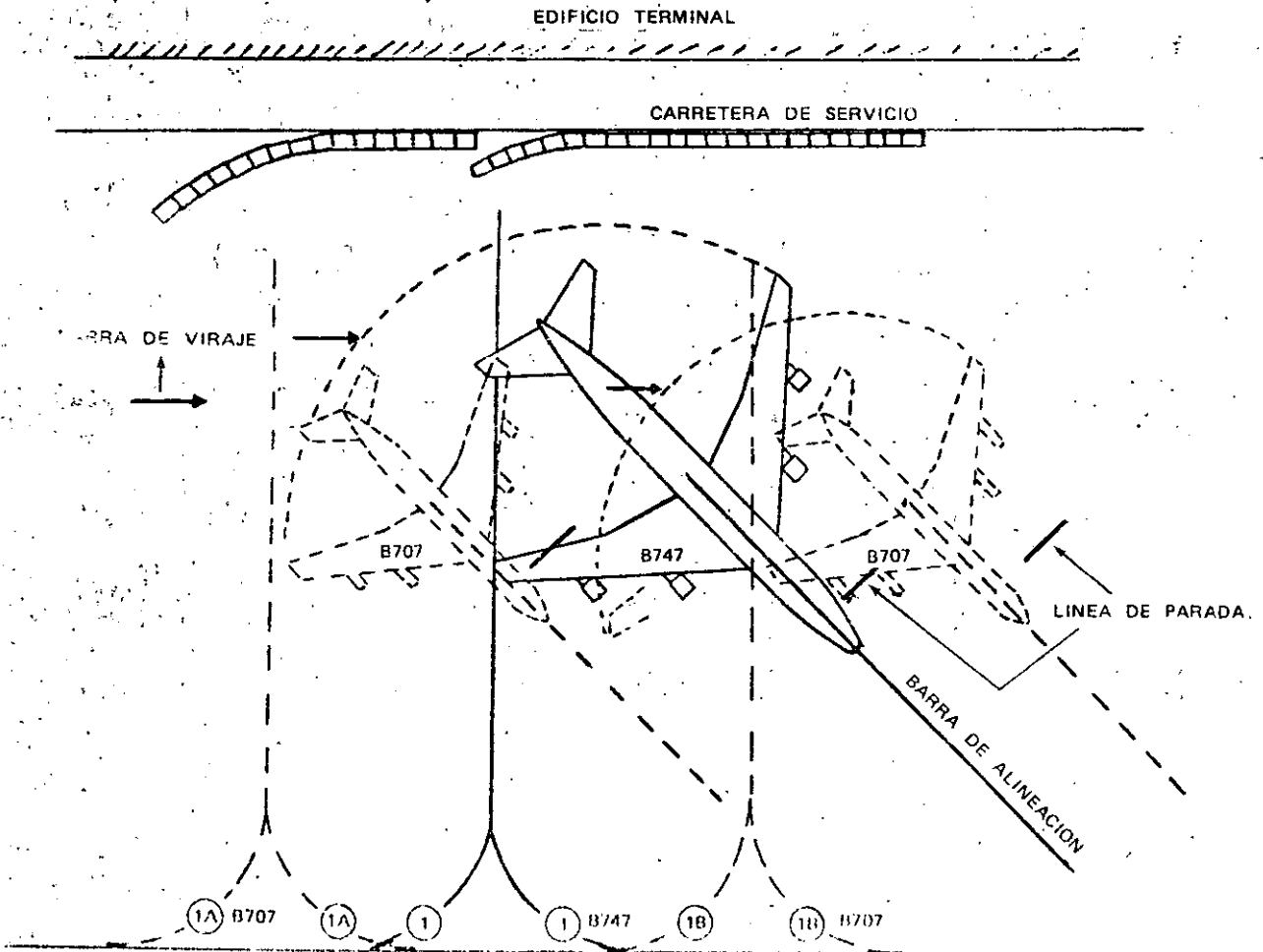


Figura 2-7.- Un método para la señalización de puntos de estacionamiento superpuestos

2.3.3.9 Duplicación de la guía. Cuando un puesto sea utilizado por diferentes tipos de aeronave y la alineación de éstas no tenga gran importancia, puede resultar posible emplear un conjunto de señales que sirva para todos los tipos. En tal caso se utiliza el mayor radio de viraje. Cualquier tipo de aeronave del grupo considerado puede entonces maniobrar con suficiente margen, siempre que la rueda de proa siga las líneas de guía. Sin embargo, cuando sea esencial alinear las aeronaves con precisión en el puesto de estacionamiento, pueden resultar necesarias líneas de guía secundarias. Son necesarias las líneas de guía secundarias, igualmente, cuando el puesto de estacionamiento para una aeronave grande debería incluir la flexibilidad requerida para alojar más de una aeronave pequeña al mismo tiempo (véase la Figura 2-7). Dichos puestos de estacionamiento se conocen comúnmente con el nombre de puestos de estacionamiento superpuestos. En todos estos casos, la línea principal debería ser para las aeronaves más críticas, es decir, aquéllas que requieran una mayor superficie para maniobrar.

2.3.3.10 Características de las líneas de guía. Las líneas de guía deberían ser normalmente líneas de trazo continuo, amarillas, de por lo menos 15 cm de anchura, y preferiblemente de 30 cm. Sin embargo, cuando se suministre una línea de guía secundaria, ésta debería ser de trazos para distinguirla de la línea principal. Adicionalmente, debería indicarse claramente el tipo de aeronave que deba seguir cada línea de guía.

2.3.3.11 Cuando se juzgue necesario distinguir entre las líneas de guía para la entrada y las líneas de guía para la salida, debería añadirse a las mismas cabezas de flecha que señalen las direcciones que haya que seguir. El número/letra de designación del puesto de estacionamiento debería incorporarse en la línea de entrada (véase Figura 2-8). Adicionalmente, debería proveerse un letrero de identificación del puesto de estacionamiento en la parte posterior del mismo, por ejemplo, en el edificio o en un poste, a fin de que sea claramente visible desde el puesto de pilotaje del avión.

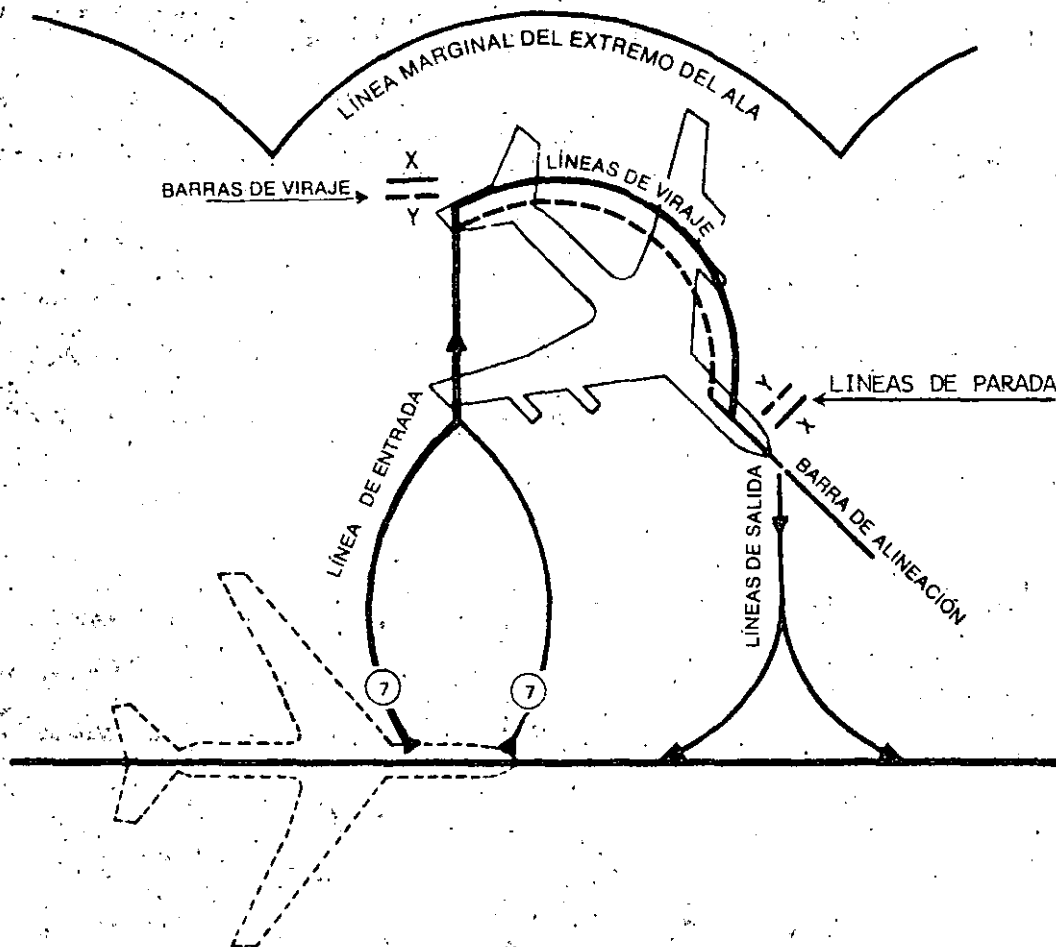
Barras de referencia

2.3.3.12 Son ejemplos de barras de referencia, y del papel por ellas desempeñado, los siguientes:

- a) Barra de viraje: indica el punto de comienzo del viraje;
- b) línea de parada: indica el punto en el que hay que detenerse;
- c) barra de alineación: sirve de ayuda para alinear la aeronave con el ángulo deseado.

La Figura 2-8 muestra un ejemplo del empleo de a), b) y c).

2.3.3.13 Características de las barras de referencia. Las barras de viraje o las líneas de parada deberían tener una longitud del orden de 6 m y una anchura no menor de 15 cm, debiendo ser del mismo color que la línea de guía, es decir, amarillo. Estas barras deberían estar situadas a la izquierda y formando ángulo recto con las líneas de guía, a la altura del puesto del piloto, en el punto de comienzo del viraje y en el de parada. Las barras de viraje utilizadas en un Estado incluyen una flecha y los términos "VIRAJE COMPLETO", como en la Figura 2-3C. Las barras de alineación deberían tener como mínimo una longitud del orden de 15 m y una anchura de 15 cm, debiendo estar situadas de forma que resulten visibles desde el puesto del piloto.



- NOTAS:
1. La cifra "7" es el número del puesto de estacionamiento de aeronave.
 2. Las líneas y barras sólidas corresponden a la aeronave X, y las líneas y barras de trazos, a la aeronave Y.
 3. La barra de alineación es para todo tipo de aeronave que utilice el puesto de estacionamiento.

Figura 2-8.- Ejemplos de barras de referencia

2.3.3.14 Agrupamiento de aeronaves para reducir la cantidad de barras de viraje y de parada. En los casos en que el puesto de estacionamiento de aeronaves se ha previsto para diversos tipos de avión, será necesario agruparlos a fin de reducir el número de barras de viraje y líneas de parada. No existe, sin embargo, ningún método universalmente utilizado para el agrupamiento de aviones. En el caso de puestos de estacionamiento de aeronaves de maniobra autónoma, pueden agruparse los aviones que tienen capacidades de viraje y aspectos geométricos similares; y resulta aún posible incluir aviones más pequeños que puedan tener desigualdades, siempre que al seguir las líneas de guía no sobrepasen el perímetro de la superficie requerida por otros tipos de avión que prescriben los márgenes de separación del puesto de estacionamiento. En el caso de puestos de estacionamiento con la proa hacia dentro tal vez sea menos importante preocuparse del tamaño y capacidad de viraje que de otros factores tales como: ubicación de las salidas y el tipo de pasarela telescópica para los pasajeros disponible. Cuando se ha instalado un sistema de reabastecimiento de combustible por manguera, deben tomarse igualmente en cuenta los puntos de reabastecimiento. Es necesario, por lo tanto, estudiar la situación específica en cada aeropuerto y ajustar todo agrupamiento a las instalaciones disponibles, los diversos tipos de avión y su número, la disposición general de la plataforma, etc.

2.3.3.15 Sistema de codificación para las barras de viraje y las líneas de parada. Cuando un puesto de estacionamiento de aeronaves sea utilizado por dos o tres tipos de aeronaves solamente, es posible identificar en lenguaje claro el tipo de aeronave para el cual se ha previsto cada conjunto de señales, por ejemplo B-727, DC-9, etc. Cuando se ha previsto el puesto de estacionamiento de aeronaves para varios tipos de aeronave, quizá sea necesario codificar las barras de viraje y las líneas de parada a fin de simplificar las señales y facilitar la maniobra segura y rápida de las aeronaves. No existe, sin embargo, ningún sistema de codificación convenido o universalmente utilizado. El sistema de codificación debería permitir que los pilotos lo comprendan y empleen sin dificultad.

2.3.3.16 Líneas de guía para remolque de aeronaves. Cuando las aeronaves hayan de ser remolcadas, pueden necesitarse líneas de guía para que las siga el conductor del tractor.

Líneas de seguridad de plataforma

2.3.3.17 Será necesario emplear líneas de seguridad sobre la plataforma para delimitar las superficies de estacionamiento de equipos terrestres, vías de servicio y caminos para pasajeros, etc. Estas líneas son más estrechas y de un color diferente, a fin de diferenciarlas de las líneas de guía utilizadas para las aeronaves.

2.3.3.18 Líneas marginales de los extremos de las alas. Estas líneas deberían delinear la zona de seguridad más allá de la trayectoria seguida por el extremo del ala de la aeronave que resulta peligrosa. Esta línea debería trazarse a la distancia apropiada mencionada en 2.3.1.2, por fuera de la trayectoria normal del extremo del ala de la aeronave que resulta peligroso. La anchura de la línea debería ser de por lo menos 10 cm.

2.3.3.19 Líneas de limitación de equipos. Estas líneas se utilizan para indicar los límites de las superficies previstas para el estacionamiento de vehículos y equipo de servicio de aeronaves, cuando no se encuentran en uso. Actualmente se emplean varios métodos para identificar qué lado de una línea de seguridad es seguro para el almacenamiento de dichos vehículos y equipo. En algunos aeropuertos, se pinta las palabras "límite de equipos" en el lado utilizado por el equipo terrestre, pudiéndose las leer desde dicho lado. La altura de las letras de unos 30 cm. En otros aeropuertos, se suministran a un lado de la línea de seguridad líneas de apartadero o una línea adicional (una línea no continua del mismo color, o una línea continua de color diferente). El lado sobre el cual se encuentran dichas líneas de apartadero o línea adicional se considera seguro para el estacionamiento de vehículos y equipos.

2.3.3.20 Líneas indicadoras del camino recorrido por los pasajeros. Estas líneas se emplean cuando los pasajeros marchan a pie por la plataforma, y tienen por objeto mantenerlos alejados de los peligros. Para este propósito se utiliza normalmente un par de líneas paralelas con rayado de cebra entre ellas.

2.4 Balizas de borde de calle de rodaje

2.4.1 En aeródromos pequeños, para delinear los bordes de las calles de rodaje, particularmente durante la noche, pueden utilizarse balizas en vez de luces. El Anexo 14 recomienda la utilización de esas balizas en las calles de rodaje cuando la letra de clave sea A o B y no haya luces de eje de calle de rodaje ni luces de borde de calle de rodaje.

2.4.2 En una sección recta de la calle de rodaje, las balizas de borde de calle de rodaje deberían espaciarse longitudinalmente a intervalos máximos de 60 m. En las curvas, las balizas deberían espaciarse a intervalos inferiores a 60 m, de forma que proporcionen una indicación clara de la curva. Las balizas deberían colocarse lo más cerca posible de los bordes de las calles de rodaje o fuera de los bordes a una distancia que no exceda de 3 m.

2.4.3 La única característica de esas balizas, sobre las que se ha llegado a acuerdo internacional, es que deben ser retrorreflectoras. Actualmente, el Grupo de expertos sobre ayudas visuales, de la OACI, está estudiando características tales como el color, forma y tamaño de las balizas. Tan pronto haya completado esa labor, se ampliarán las especificaciones del Anexo 14 así como también la orientación sobre este particular. Entretanto, quizás los Estados deseen seguir la orientación aquí proporcionada, que se ha preparado teniendo en cuenta la práctica seguida por algunos Estados.

2.4.4 Comúnmente, las balizas utilizadas son de forma cilíndrica. De los colores retrorreflectores actualmente disponibles, se ha visto que es preferible el amarillo. El diseño de la baliza debería ser tal que, una vez debidamente instalada, ninguna parte de ella exceda 35 cm de altura total por encima de la superficie de montaje.

2.4.5 Si la baliza es rígida, debería estar instalada en una montura frangible. Si la baliza no es rígida, es decir, que fácilmente pueda inclinarse cuando algo choque con ella y luego volver a su posición inicial, en este caso no se necesita montura frangible. En la Figura 2-9 se ilustra un tipo de baliza corrientemente utilizada. El poste está fabricado con PVC flexible y su color es amarillo o rojo. La manga, que es retrorreflectora, es amarilla.

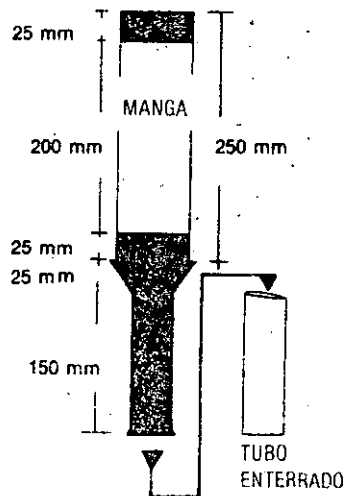


Figura 2-9.- Baliza de borde de calle de rodaje

CAPITULO 3: - AREA DE SEÑALES Y PANELES DE SEÑALIZACION

3.1 Generalidades

3.1.1. Sólo es necesario construir un área de señales cuando se deseen utilizar señales visuales terrestres para establecer comunicación con aeronaves en vuelo. Esas señales quizá se necesiten cuando el aeródromo no posea torre de control ni servicio de información de vuelo, o cuando lo utilicen aviones que no estén equipados con radio. Las señales visuales terrestres también pueden ser útiles en el caso de que fallen las comunicaciones de radio, en ambos sentidos, con las aeronaves. No obstante, conviene reconocer que la índole de información que se puede proporcionar con señales visuales terrestres debería normalmente aparecer en las AIP o en NOTAM. Así pues, antes de construir un área de señales es apropiado evaluar la posible necesidad de tener que utilizar señales visuales terrestres.

3.1.2. El Anexo 2, Capítulo 4, incluye especificaciones aplicables a 10 tipos distintos de señales visuales terrestres, abarcando los aspectos de forma, color o colores, punto de colocación y finalidad de cada señal. Aparte de esto, el Anexo 14, Capítulo 5, incluye especificaciones detalladas sobre el indicador de la dirección de aterrizaje y el área de señales. Los párrafos que siguen explican brevemente cómo hay que construir el área de señales, los paneles de señalización y la "T" de aterrizaje.

3.2 Diseño

Area de señales

3.2.1. El área de señales debería consistir en una superficie plana, horizontal y cuadrada, por lo menos de 9 m de lado. Debería construirse con hormigón armado reforzado con suficiente acero para evitar grietas debidas al fraguado desigual del hormigón. La superficie superior se debería alisar con una paleta de acero y recubrir con pintura del color apropiado. El color del área de señales debería seleccionarse de modo que contraste con los colores de los paneles de señalización que haya que exponer en ella. El área debería estar rodeada por un borde blanco de un mínimo de 0,3 m de anchura.

Paneles de señalización y "T" de aterrizaje

3.2.2. Pesa de gimnasia. Esta señal debería ser de madera o de metal ligero. Debería consistir en dos círculos de 1,5 m de diámetro conectados por una barra de 1,5 m de longitud por 0,4 m de ancho, tal cual muestra la Figura 3-1A, y debería pintarse de color blanco.

3.2.3. "T" de aterrizaje. La "T" de aterrizaje debería ser de madera o de metal ligero y sus dimensiones deberían corresponder a las indicadas en la Figura 3-1B. Debería pintarse de color blanco o naranja. Debería montarse en un pedestal de hormigón armado debidamente reforzado con almas de acero para evitar las grietas debidas al fraguado desigual del hormigón. La superficie del pedestal se debería alisar con una paleta de acero y luego revestir con pintura del color apropiado. El color del pedestal debería contrastar con el color de la "T" de aterrizaje. Antes de poner la base de la "T" de aterrizaje en el pedestal de hormigón, hay que ver que los pernos estén debidamente espaciados. La "T" de aterrizaje debería montarse e instalarse de conformidad con las instrucciones proporcionadas por el propio fabricante. Debería moverse en el eje vertical, de modo que pueda fijarse en cualquier dirección. La superficie inferior de la "T" de aterrizaje, una vez montada en el pedestal, no debería estar a menos de 1,25 m sobre el nivel del terreno. Cuando sea necesario utilizarla de noche, la "T" debería estar ya sea iluminada o rodeada de luces blancas.

3.2.4 Cuadrado rojo con cruz amarilla. Las dimensiones de este panel de señalización, relacionado con la prohibición de aterrizar, debería corresponder a las indicadas en la Figura 3-1C. Este panel puede construirse utilizando una plancha de hierro galvanizado de 3 x 3 m. Primeramente debería pintarse la cruz amarilla y luego, en rojo, el resto del área. Para facilitar su manejo, el panel debería tener por lo menos dos asas.

3.2.5 Cuadrado rojo con diagonal amarilla. Este panel de señalización, que ilustra la Figura 3-1D, generalmente debería construirse de conformidad con lo indicado en el párrafo precedente. La única diferencia es que el panel tiene que mostrar una diagonal amarilla en vez de la cruz amarilla.

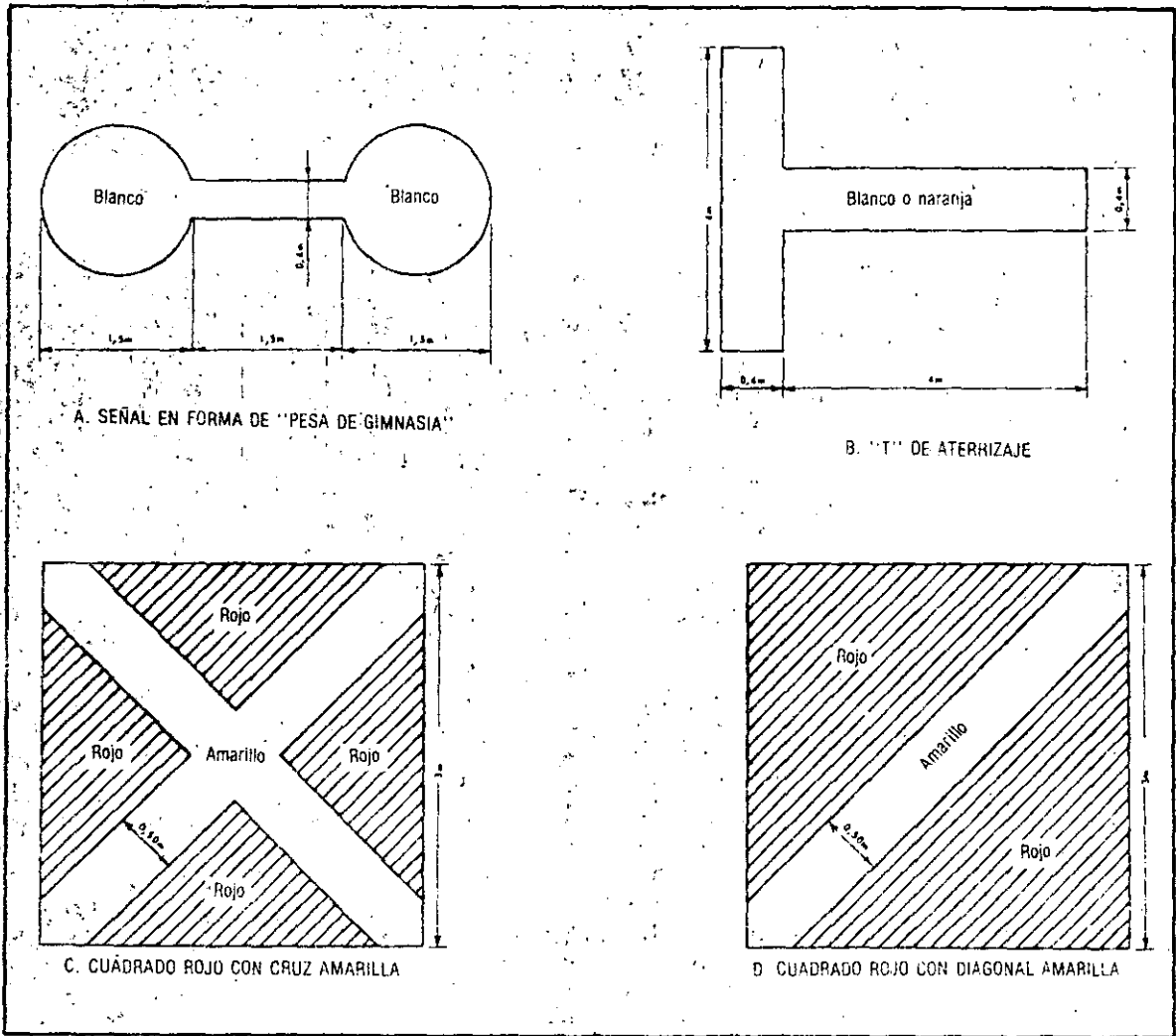


Figura 3-1.- Paneles de señalización y "T" de aterrizaje.

CAPITULO 4.- DISTRIBUCIÓN E INTENSIDAD NECESARIAS DE LA ILUMINACION DE LAS PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISION EN LAS CATEGORIAS I, II Y III Y DE LAS CALLES DE RODAJE

4.1 Factores que determinan la distribución luminosa necesaria

4.1.1 La distribución luminosa necesaria depende de los cuatro factores principales siguientes:

- a) lo que puede esperarse que la aeronave se desvíe respecto a su trayectoria de vuelo nominal, o ideal, durante la aproximación para el aterrizaje. Tales desviaciones están contenidas dentro de lo que se llama "envolvente de las trayectorias de vuelo";
- b) las distintas distancias entre "los ojos y las ruedas" de las aeronaves utilizadas en las operaciones actuales y futuras;
- c) la distancia hasta la cual han de ser visibles las luces en cualquier fase de la aproximación, toma de contacto, recorrido de deceleración en tierra, despegue y rodaje, y las distintas condiciones de visibilidad en que las luces deben proporcionar guía; y
- d) el campo visual frontal hacia abajo desde la aeronave.

4.2 Envoltentes de las trayectorias de vuelo

4.2.1 Categorías I y II

4.2.1.1 Las envoltentes de las trayectorias de vuelo utilizadas para proyectar las iluminaciones están indicadas en la Figura 5-8 del Anexo 14. Se basan en valores de isoprobabilidad de 99% obtenidos a base de datos del Grupo de expertos sobre franqueamiento de obstáculos (OCP) correspondientes a puntos situados a 600 m y 1 200 m del umbral de la pista.

4.2.1.2 Los límites superiores tienen en cuenta el aumento de la altura de los ojos del piloto por encima de la antena receptora del ILS en aeronaves del tipo Concorde, B-747 o similares. Los límites de las Categorías I y II, que se basan en estos datos, se han hecho terminar a las alturas mínimas de decisión respectivas, esto es 60 m y 30 m respectivamente. Por debajo de estas alturas las envoltentes de trayectorias de vuelo están definidas por los límites de las trayectorias de vuelo que resultarían en un aterrizaje satisfactorio en condiciones visuales. El límite inferior de la envoltente de la Categoría I se ha establecido a un ángulo de elevación de 2° con respecto a la luz de aproximación más alejada para satisfacer las aproximaciones que no sean de precisión efectuadas con buena visibilidad.

4.2.2 Categoría III

4.2.2.1 No se dispone de suficientes datos de vuelo en la Categoría III que puedan servir como base para determinar las envoltentes de vuelo de la misma categoría. Los límites verticales que se indican en la Figura 5-8 del Anexo 14, son los obtenidos para los límites de la Categoría II, truncados a un límite superior de altura de decisión de 30 m, los que se asociarían generalmente con el valor superior RVR de 400 m. En el plano horizontal, el límite de desplazamiento lateral en la zona de toma de contacto es de 10 m a cada lado del eje de la pista. A la altura de 30 m la aeronave debería estar dentro de la anchura de la pista y este punto del límite inferior se toma como punto inicial del límite lateral.

4.3 Limitaciones del alcance visual

4.3.1 Categoría I

4.3.1.1 Para las operaciones de la Categoría I, los sistemas de iluminación de pista y de aproximación deben ser eficaces, no solamente con la visibilidad límite de 800 m, sino también con visibilidad intermedias y buenas.

4.3.2 Categoría II

4.3.2.1 Para ayudar al piloto que opera en condiciones de la Categoría II, esto es RVR 800 m - 400 m, se proporcionan barretas de fila lateral, rojas, para complementar los 300 m interiores del sistema de iluminación de aproximación, y en la pista se instalan luces de zona de toma de contacto y de eje de pista.

4.3.3 Categoría III

4.3.3.1 Para las operaciones de la Categoría III se requiere guía visual para el rodaje, despegue, aterrizaje y recorrido de deceleración en tierra con visibilidades que lleguen al límite inferior de la Categoría III B.

4.4 Procedimientos de operación en las Categorías III A y B

4.4.1 Rodaje. Los pilotos que hacen rodar una aeronave en las condiciones de la Categoría III A y B son guiados a lo largo de rutas seleccionadas por referencia visual a luces verdes de eje de rodaje, de alta intensidad, y en estas condiciones, el principio de "ver y ser visto" no será siempre eficaz para el mantenimiento de una separación segura entre aeronaves. Para salvaguardar las aeronaves que se aproximan a las intersecciones de calles de rodaje y de pistas, y para evitar que las aeronaves penetren, durante el rodaje en las áreas críticas ILS mientras otras aeronaves se aproximan para aterrizar, se requieren barras de parada para regular el movimiento de las aeronaves en los puntos de espera reconocidos.

4.4.2 Despegue. El piloto utiliza las luces y señales del eje de pista para obtener guía direccional hasta que la aeronave se encabrita. A partir de este punto el piloto completa el despegue por referencia a los instrumentos de vuelo. Si el despegue se interrumpe antes de alcanzar la velocidad de rotación, el piloto continúa tomando como referencia las luces y señales del eje de pista hasta que la aeronave se detiene o se hace rodar fuera de la pista.

4.4.3 Aterrizaje. En todas las operaciones de la Categoría III los sistemas de guía no visual se proyectan para dirigir la aeronave que aterriza hasta una posición sobre la pista a partir de la cual puede efectuarse un aterrizaje sin peligro. Si no se lleva la aeronave hasta la posición indicada en el espacio, dentro de límites bien definidos, se comienza el procedimiento de aproximación frustrada. Los aterrizajes en condiciones de la Categoría III A se efectúan cuando el piloto verifica a satisfacción, por referencia a las luces o señales de la pista, que la posición de la aeronave se encuentra dentro de la anchura total de la zona de toma de contacto y que la trayectoria sigue la derrota satisfactoria en azimut. El piloto debe determinar si el tramo visual de la iluminación del eje de la pista es o no suficiente para permitirle completar el recorrido de deceleración en tierra en forma manual. En las visibilidades superiores de la Categoría III A se puede obtener algún beneficio de la iluminación de aproximación a partir de los 300 m interiores, ya que el piloto podrá evaluar su posición y derrota con respecto al eje de la pista antes de cruzar el umbral. Para las operaciones efectuadas con los mínimos de la Categoría III B, la aproximación, enderezamiento y recorrido de deceleración en tierra son enteramente automáticos. El piloto pasa a referirse a referencias visuales para identificar el viraje de salida de la pista y a continuación para seguir los sistemas de iluminación de eje de calle de rodaje.

4.5 Análisis del proyecto de iluminación

4.5.1 Para derivar la Tabla 5-1 del Anexo 14, la Figura 4-2 y las Tablas 4-1 y 4-2 de este Manual, se han aplicado los siguientes principios y procedimientos:

- a) todo el sistema de iluminación debería equilibrarse en el sentido de que, cuando haya niebla uniforme, el segmento visual que ve el piloto nunca disminuya, y, en general, aumente continuamente; y
- b) para una visibilidad meteorológica dada, la longitud del segmento visual debería ser la misma para todas las trayectorias de aproximación dentro de las envolventes de las trayectorias de aproximación.

4.5.2 Se supone que las aeronaves se mantendrán dentro de los límites definidos en la Figura 5-8 del Anexo 14 y el alcance visual, los ángulos de elevación y el azimut entre la aeronave y las posiciones de las luces representativas, de las distribuciones de las luces de aproximación de pista en posiciones a lo largo de los límites, se calculan para varios valores de segmentos visuales.

4.5.3 Los valores correspondientes de la intensidad necesaria para satisfacer el requisito de alcance visual se calculan para cada caso, utilizando la Ley de Allard, para un conjunto de valores de la visibilidad meteorológica equivalente, apropiado para las tres categorías OACI de operaciones con visibilidad reducida correspondientes a los valores diurnos del umbral de iluminancia del piloto (10^{-4} a 10^{-3} lux).

4.5.4 Los cálculos anteriores se repiten para los diversos tipos de aeronaves, utilizando los valores apropiados del ángulo del campo de visión del piloto (la distancia al frente de la aeronave que el piloto no puede ver por las limitaciones visuales impuestas por el puesto de pilotaje y la proa de la aeronave; véase la Figura 4-1) y las dimensiones de la aeronave relativas a la distancia entre la antena del receptor ILS y los ojos durante la aproximación y la distancia de las ruedas y los ojos durante el recorrido en tierra. Se representa gráficamente la información resultante para obtener una distribución angular teórica de la intensidad luminosa requerida para esa luz en la distribución de las mismas.

Tolerancia de alineamiento y de fabricación

4.5.5 En general las luces elevadas son más propensas a desalinearse durante el servicio, mientras que las luces empotradas exigen un alineamiento muy preciso durante la instalación inicial, ya que es difícil lograr una corrección posterior. Las variaciones con respecto a la norma dependerán, evidentemente, entre otras cosas, de la calidad del proyecto, la construcción y el mantenimiento, pero no es probable que sean inferiores a $\pm 1^\circ$. Por lo tanto, debería añadirse una tolerancia de 1° a cada lado de los ángulos que se enumeran en las Tablas 4-1 y 4-2, cuando se especifiquen las características de emisión de los dispositivos. Además es importante controlar la fabricación de los dispositivos luminosos para obtener tolerancias mínimas, a fin de asegurar que todos los dispositivos satisfacen la especificación. Si las luces no se fabrican y alinean de acuerdo con las tolerancias especificadas, las distribuciones de la luz tendrán una apariencia desigual y proporcionarán, en consecuencia, segmentos visuales contradictorios.

4.6 Especificaciones para la iluminación

4.6.1 Generalidades

4.6.1.1 La Tabla 5-1 del Anexo 14 indica las coberturas de haz horizontales y verticales, necesarias para la iluminación de las pistas para aproximaciones de precisión de las Categorías I, II y III, respectivamente. En la Figura 4-2 se indican los diagramas isocandela pertinentes. Las curvas isocandela son elipses calculadas según la ecuación $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, en la cual los valores de "a" y "b" representan la mitad de las coberturas

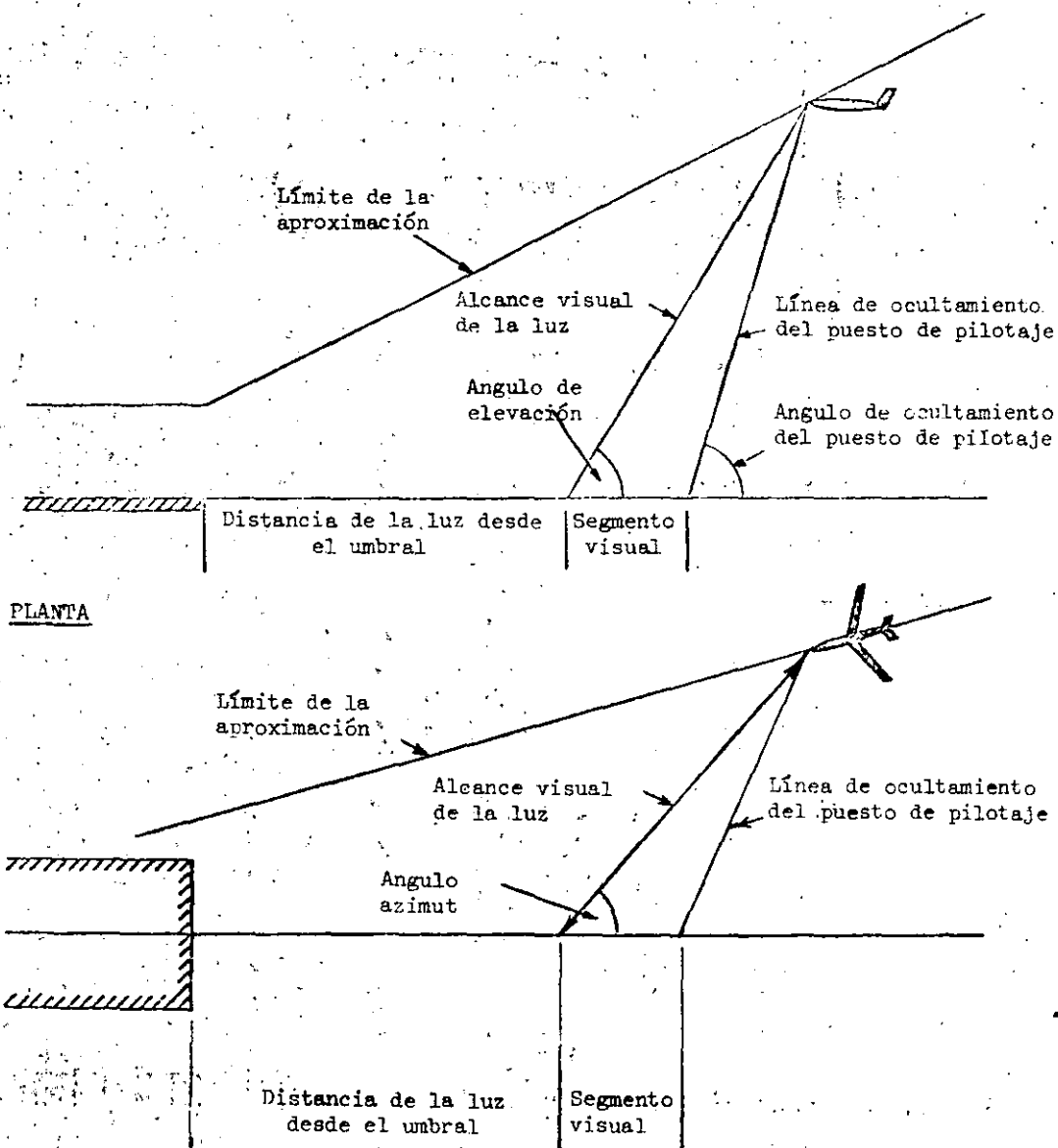
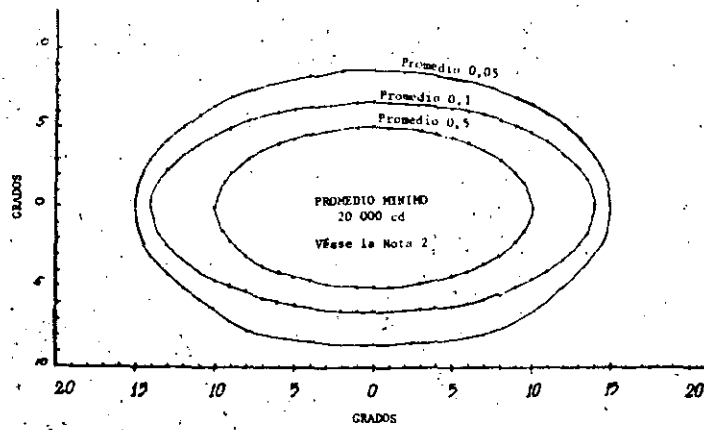


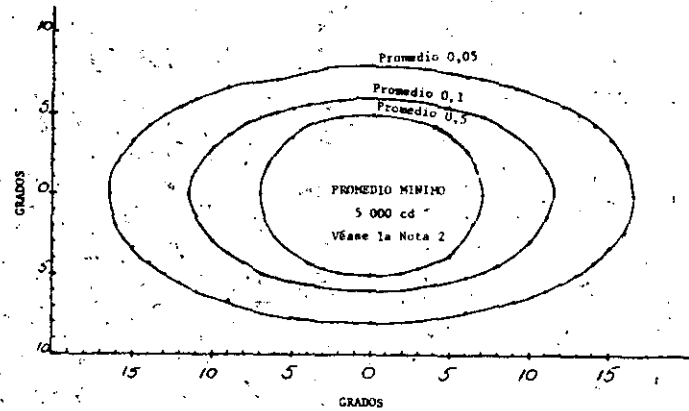
Figura 4-1.- Geometría del segmento visual



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| a | 10 | 14 | 15 |
| b | 5,5 | 6,5 | 8,5 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

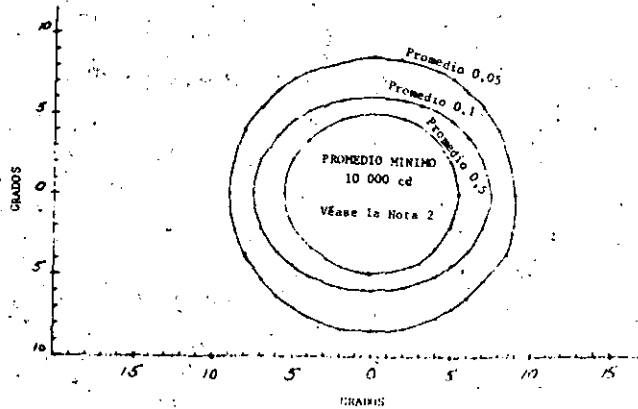
Figura 4-2a.- Luz para la aproximación - Eje y barras transversales



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|---|------|------|
| a | 7 | 11,5 | 16,5 |
| b | 5 | 6 | 8 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

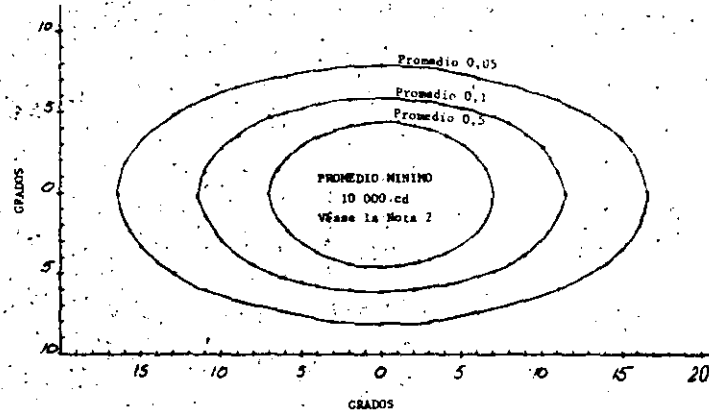
Figura 4-2b.- Luz para la aproximación - Fila lateral



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|------|----|
| a | 7,5 | 11,5 | 15 |
| b | 4,5 | 6 | 8 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

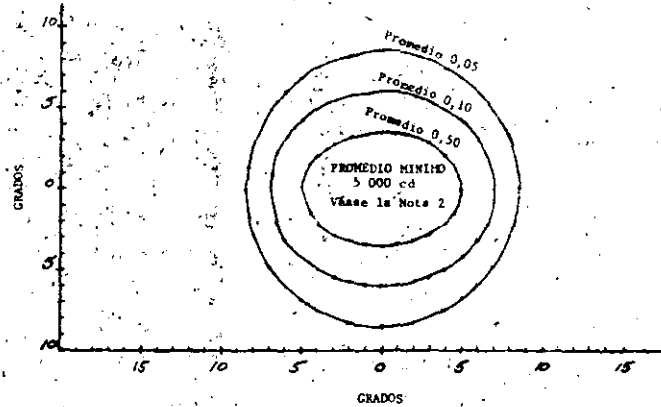
Figura 4-2c.- Luzes de uniformidad



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|---|------|------|
| a | 7 | 11,5 | 16,5 |
| b | 5 | 5 | 8 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

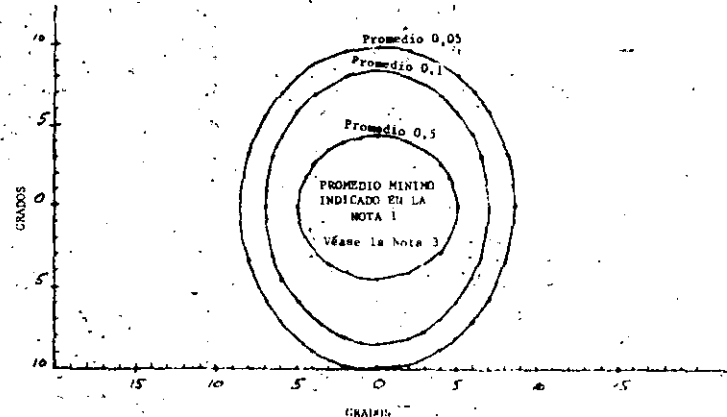
Figura 4-2d.- Barra de ala de luz de umbral



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|---|-----|
| a | 5 | 7 | 8,5 |
| b | 3,5 | 6 | 8,5 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

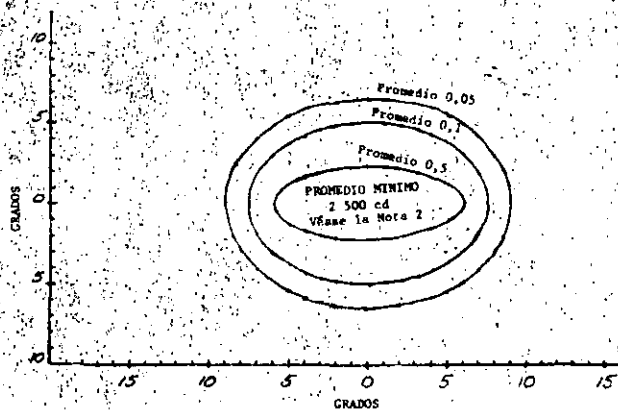
Figura 4-2e.- Luces de zona de toma de contacto y de eje de pista (30 m)



- NOTAS: 1. Promedio para 15 m - 3 500 cd, para 7,5 m - 1 360 cd.

Véase la Tabla 4-1

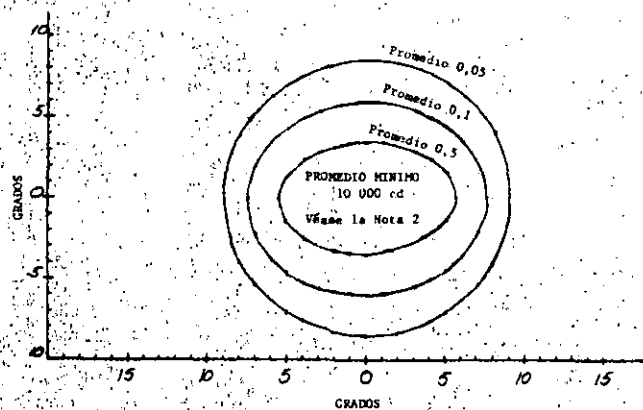
2. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| a | 5 | 7 | 8,5 |
| b | 4,5 | 8,5 | 10 |
3. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|------|-----|-----|
| a | 6 | 7,5 | 9 |
| b | 2,25 | 5 | 6,5 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

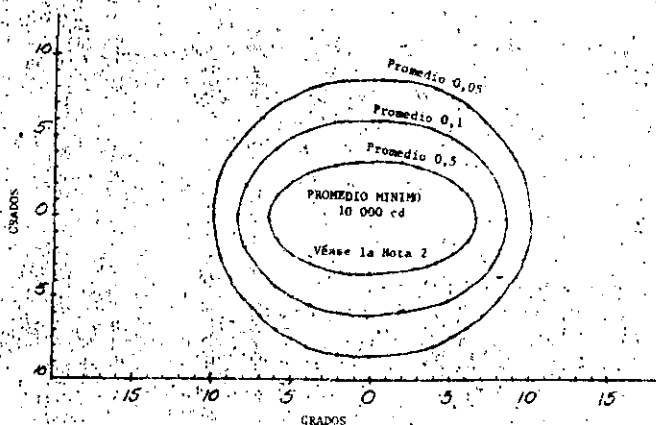
Figura 4-2g.- Luces de extremo de pista



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| a | 5,5 | 7,5 | 9 |
| b | 3,5 | 6 | 8,5 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 4-2h.- Luces de borde de pista (Pista de 45 m)



Véase la Tabla 4-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| a | 6,5 | 8,5 | 10 |
| b | 3,5 | 6 | 8,5 |
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 4-2i.- Luces de borde de pista (pista de 60 m)

de haz horizontal y vertical que se indican en la Tabla 4-1, respectivamente. Al trazar estas curvas se ha utilizado el eje de los haces como referencia de origen, y no se incluyen los ángulos de reglaje. Se especifican las intensidades del color de la luz especificado en la columna 2 de un elemento nuevo, sin uso, salvo que el blanco se indica solamente para las luces de eje.

4.6.1.2 La Tabla 4-1 proporciona las coberturas de haz e intensidades para una nueva familia de luces destinada a apoyar todas las operaciones de aterrizaje hasta una RVR de 150 m para aeronaves acopladas con exactitud a un ILS de precisión. Estas también proporcionarán guía para aproximaciones manuales en las que se utilicen ayudas para la aproximación por instrumentos de precisión reducida. Para los despegues, esta iluminación proporcionará guía adecuada hasta un RVR de aproximadamente 100 m.

4.6.1.3 La Tabla 4-2 indica cómo los dispositivos actuales de iluminación para la Categoría II proyectados para las operaciones de las Categorías I y II, pueden adaptarse para satisfacer los requisitos más estrictos para las operaciones de la Categoría III cuando, con visibilidad reducida, la línea de visión desde la aeronave está más próxima a la vertical. La adaptación de la iluminación de la Categoría II se logra aumentando los ángulos de reglaje vertical de las luces, tal como se indica en la columna 9 y en la Nota 3, cuando las operaciones pueden apoyarse hasta un RVR limitativo de 150 m. Sin embargo, estas mejoras pueden obtenerse únicamente a expensas de reducir el alcance visual de la iluminación de aproximación en ángulos poco pronunciados, en condiciones en que el RVR se encuentra más allá de los 1 200 m, aunque puede considerarse que los beneficios que han de resultar de reglajes angulares con poca visibilidad, desde el punto de vista operacional, serán más importantes que el menor alcance con buena visibilidad. Si fuera necesario conservar un mayor alcance, deberían utilizarse dispositivos de iluminación que proporcionen las mayores coberturas de haz vertical que se indican en la Tabla 4-1.

4.6.1.4 La Tabla 5-2 del Anexo 14 enumera las coberturas de haz que se requieren de las luces de eje de calle de rodaje para calles de rodaje destinadas a usarse con las pistas para aproximaciones de precisión de la Categoría III.

4.6.1.5 La Tabla 5-3 del Anexo 14 enumera las coberturas de haz utilizadas en las luces de eje de calle de rodaje para calles de rodaje destinadas a usarse con las pistas para aproximaciones que no sean de la Categoría III.

4.6.2 Luces de eje de calle de rodaje

4.6.2.1 Categorías I y II. Para las operaciones con visibilidades correspondientes a las Categorías I y II, las luces de calle de rodaje se usan generalmente para proporcionar información de viraje en lugar de indicar la selección de una ruta particular. Para las operaciones diurnas las luces de calle de rodaje no son necesarias. Durante la noche, son adecuadas las intensidades del orden de 20 candelas con luces verdes. Esto puede lograrse fácilmente mediante luces omnidireccionales, así como con las luces especificadas en la Tabla 5-3. En los lugares difíciles (en que prevalecen condiciones variables de densidad de la niebla y de alta luminosidad de fondo) podría ser necesario emplear 50 candelas.

4.6.2.2 Categoría III. La experiencia operacional y los ensayos con simulador han indicado que las aeronaves pueden maniobrar con seguridad a lo largo de una calle de rodaje que tenga su eje definido mediante luces cuando el piloto puede ver un segmento visual del orden de 50 m. Dentro de un segmento de ese tipo la posición del eje puede percibirse adecuadamente con un mínimo de tres luces, espaciadas a intervalos de 15 m. Por lo tanto la distancia de la luz más alejada que percibe el piloto será de 45 m, más una distancia adicional cuya magnitud depende de la distancia al frente de una aeronave en particular, que quede oculta al piloto por las características del puesto de pilotaje y proa de la aeronave.

4.6.2.3 Para los tramos rectos de las calles de rodaje la cobertura de haz en azimut es comparativamente fácil de definir. Sólo es necesario proporcionar suficiente iluminación para permitir al piloto rodar sobre el eje de la calle de rodaje.

TABLA 4-1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS LUCES DE LAS PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISION DE LAS CATEGORIAS I, II Y III

Luz	Color	Cobertura de haz mínima						Intensidad media mínima en colores especificados cd x 10 ³ (Nota 3)	Límite de relación de intensidad media (Nota 8)	Reglajes angulares (Nota 4)	
		Haz principal (Nota 1)		(Nota 2)						Elevación (grados)	Convergencia (grados)
		H	V	10%		5%					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje de aproximación y barras transversales	Blanco	20	11	28	13	30	17	20	1,5-2 máx.	8-5,5 (Nota 6)	0-2 (Nota 6)
Fila lateral de aproximación	Rojo	14	10	23	12	33	16	5	0,5-1	6,5 - 5,5 (Nota 6)	2
Umbral	Verde	11	9	15	12	18	17	10	1,0 - 1,5	5,5	3,5
Barra de ala de umbral	Verde	14	10	23	12	33	16	10	1,0 - 1,5	5,5	2
Zona de toma de contacto	Blanco	10	7	14	12	17	17	5	0,5-1	5,5	4
Eje de pista (30 m)	Blanco/ Rojo	10	7	14	12	17	17	5	0,5-1	3,5	0
Eje de pista (15 m)	Blanco/ Rojo	10	9	14	17	17	20	(Nota 7) 2,5 (Nota 5)	0,25-0,5 (Nota 5)	4,5	0
Eje de pista (7,5 m)	Blanco/ Rojo	10	9	14	17	17	20	1,25	0,12-0,25	4,5	0
Extremo de pista	Rojo	12	4,5	15	10	18	13	2,5	0,25-0,5	2,5	0
Borde de pista (pista de 45 m)	Blanco	11	7	15	12	18	17	10	1,0	3,5	3,5
Borde de pista (pista de 60 m)	Blanco	13	7	17	12	20	17	10	1,0	3,5	4,5

NOTAS: TABLA 4-1

- 1) En toda esta región, la intensidad de una luz nueva, sin uso, con corrientes y tensión máximas, no debería ser inferior a la mitad de la intensidad media ni exceder la intensidad media en más del 50%.
- 2) Al 10 y al 5% de la intensidad media.
- 3) Dentro de las coberturas de haz especificadas en las columnas 3 y 4:
- 4) Los reglajes se basan en las coberturas de haz dadas en las columnas 3 y 4. Si las luces tienen coberturas de haz mayores, los reglajes deberían ajustarse apropiadamente. El eje del haz normal está situado en la mitad entre los puntos de intensidad del 50% de las curvas de intensidad horizontal y vertical. Cuando se indican dos cifras para los reglajes angulares, el valor más alto se refiere a las luces que están más lejos del umbral.
- 5) Debería utilizarse para las operaciones de categoría III una intensidad de 5 kilocandelas, o sea, una relación de intensidad de 0,5.
- 6) Los detalles de los ángulos de reglaje para las columnas 11 y 12 son los siguientes:

Columna 11 Eje de aproximación y barras transversales.

Umbral hasta 315 m	= 5,5°
de 316 a 475 m	= 6°
de 476 a 640 m	= 7°
641 m y más	= 8°

Fila lateral de aproximación.

Umbral hasta 115 m	= 5,5°
de 116 a 215 m	= 6,0°
216 m y más	= 6,5°

- Columna 12 Las luces de las barras transversales que se encuentran a más de 22,5 m del eje, deberían tener una convergencia de 2°; las demás luces, de 0°.

Si se utilizan dispositivos luminosos con coberturas de haz mayores que las especificadas, deberían ajustarse adecuadamente la elevación y los ángulos de convergencia.

- 7) Los valores que se dan se refieren a las luces de color blanco.
- 8) La intensidad media en los ángulos especificados en las columnas 3 y 4 de una nueva luz típica, comparada con la intensidad media de una luz de borde de pista.

Generalidades

- 9) No se han incluido tolerancias de alineación en las coberturas de haz anteriormente indicadas.
- 10) Cuando se utilizan luces empotradas en lugar de luces elevadas, por ejemplo en una pista con umbral desplazado, los requisitos de intensidad pueden satisfacerse instalando dos dispositivos (de intensidad un tanto menor) en cada posición.
- 11) Conviene insistir en la importancia de un mantenimiento adecuado. La intensidad media nunca debería descender a un valor menor del 50% del valor indicado en la columna 9, las autoridades aeroportuarias deberían procurar mantener un nivel de emisión luminosa que se acerque a la intensidad mínima media especificada.
- 12) Las dimensiones de haz dadas corresponden a los extremos de una elipse.

TABLA 4-2.- CARACTERISTICAS DE LAS LUCES DE LAS PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISION DE LA CATEGORIA III QUE UTILIZAN DISPOSITIVOS PROYECTADOS PARA LAS CATEGORIAS I Y II

Luz	Color	Cobertura mínima del haz (en grados) (Nota 1)		Relación de intensidad media	Intensidad media mínima en los colores especificados $cd \times 10^3$ (Nota 2)	Reglajes angulares (en grados)			
		Horizontal	Vertical			Categorías I y II		Categorías I, II y III (Nota 5)	
						Elevación	Convergencia	Elevación	Convergencia
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eje de aproximación y barras transversales	Blanco	20	8	2	20	6 a 4,5 (Nota 3)	0	6 (Nota 3)	0
Fila lateral de aproximación	Rojo	15	7	0,5	5	5,5	0	6	0
Umbral	Verde	11	5,5	1	10	3,5	0	6	0
Barras de ala de umbral	Verde	15	7	1,0	10	3,5	0	6	0
Zona de toma de contacto	Blanco	9	5	0,5	5	3	1,5	5,5 a 3 (Nota 3)	1,5
Eje de pista 30 m	Blanco/Rojo	9	5	0,5	5 (Nota 6)	3	0		
Eje de pista 15 m	Blanco/Rojo	9	5	0,25 a 0,5 (Nota 4)	2,5 (Notas 4, 6)	3	0	5,5 a 3 (Nota 3)	0
Eje de pista 7,5 m	Blanco/Rojo	9	5	0,125 a 0,25	1,25 (Nota 6)	3	0	5,5 a 3 (Nota 3)	0
Extremo de pista	Rojo	11	5,5	0,25 a 0,5	2,5	2,75	0	3	0
Borde de pista	Blanco	11	5,5	1	10	2,75	2	5,5 a 3 (Nota 3)	2

- 1) En toda la región, la intensidad de una luz nueva, sin uso, con corriente y tensión máxima, no debería ser inferior a la mitad de la intensidad media ni debería exceder la intensidad media en más del 50%.
- 2) Dentro de las coberturas de haz especificadas en las columnas 3 y 4.
- 3) Los ángulos de reglaje que se basan en las coberturas de haz dadas en las columnas 3 y 4, son los siguientes:

Columna 7 Eje de aproximación y barras cruzadas para las categorías I y II.

Umbral hasta 315 m	= 4,5°
de 316 a 475 m	= 5,0°
de 476 a 640 m	= 5,5°
641 m y más	= 6,0°

Columna 9 Eje de aproximación y barras cruzadas para las categorías I, II y III.

Cuando las luces tengan una)	Umbral hasta 315 m	= 6,0°
abertura vertical de haz de)	de 316 a 475 m	= 7,0°
8° o más, los reglajes de)	de 476 a 640 m	= 8,0°
los ángulos deberían ser)	641 m y más	= 9,0°

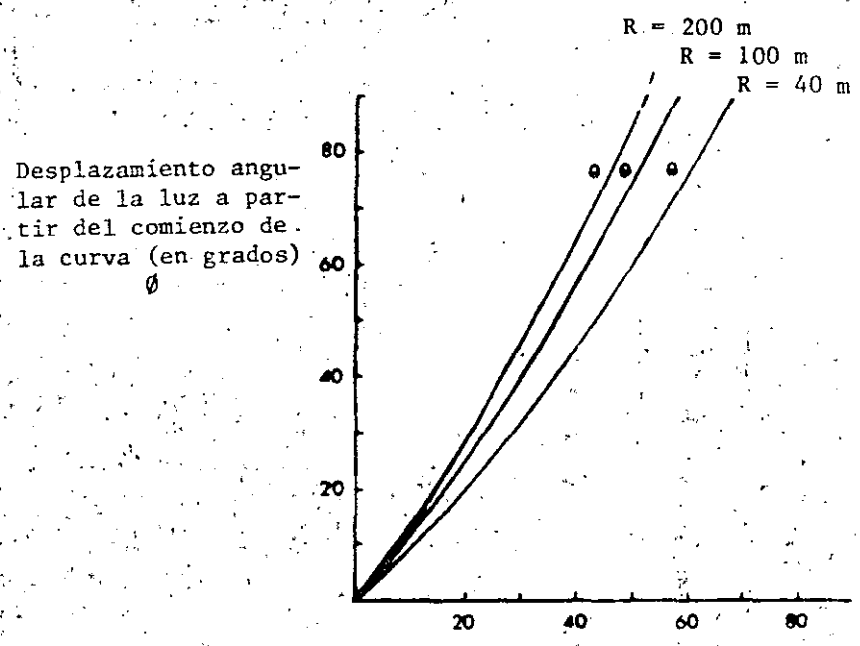
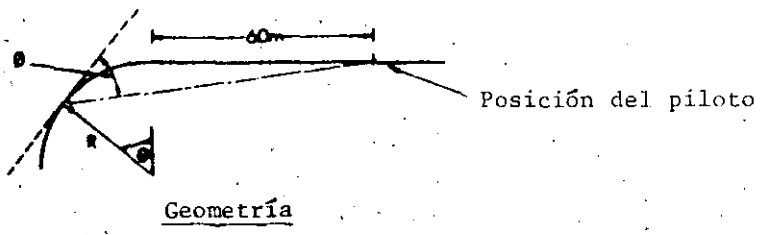
Columna 9 Eje de zona de toma de contacto y borde de pista para las categorías I, II y III.

Primeros 600 m de luces	= 5,5°
Luces restantes	= 3,0°

- 4) Debería utilizarse para las operaciones de categoría III una intensidad de 5 kilocandelas, o sea una relación de intensidad de 0,5.
- 5) Hasta un RVR límite de 150 m.
- 6) Los valores dados se refieren a las luces blancas.

Generalidades

- 7) No se han incluido tolerancias de alineación en las coberturas de haz dadas en las columnas 3 y 4.
- 8) Cuando se utilicen luces empotradas en lugar de luces elevadas, por ejemplo, en una pista con umbral desplazado, los requisitos de intensidad pueden satisfacerse instalando dos dispositivos (de intensidad menor) en cada posición.
- 9) Conviene insistir en la importancia de un mantenimiento adecuado. La intensidad media nunca debería descender a un valor menor del 50% del valor indicado en la columna 6 y las autoridades aeroportuarias deberían mantener un nivel de emisión luminosa que se acerque a la intensidad media mínima especificada.
- 10) Las dimensiones del haz que se dan se refieren a los extremos de una elipse.



θ Abertura del haz dentro de la tangente (en grados)

Figura 4-4.- Geometría de la iluminación de las calles de rodaje

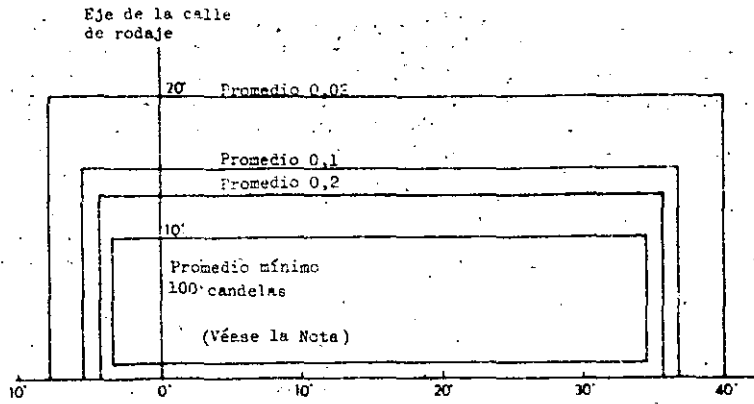


Figura 4-3a.- Luz de calle de rodaje de gran intensidad - Curvas e intersecciones (Intensidades de luz verde nueva con un espaciado de 7,5 m)

Nota.- El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

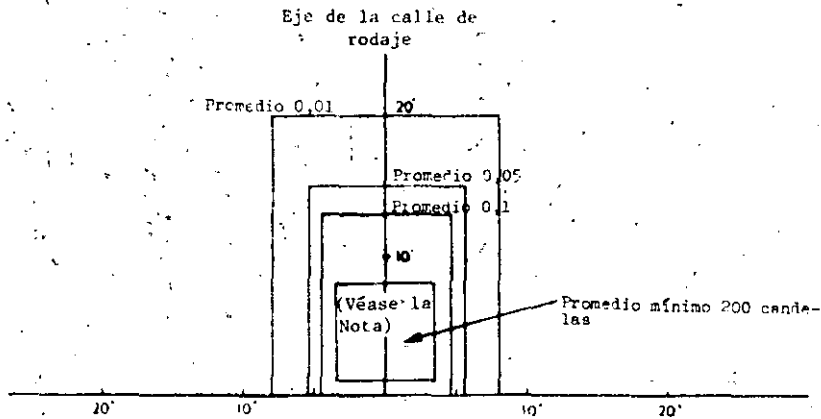


Figura 4-3b.- Luz de calle de rodaje de gran intensidad - Tramos rectos (Intensidades de luz verde nueva con un espaciado de 15 m)

Nota.- El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

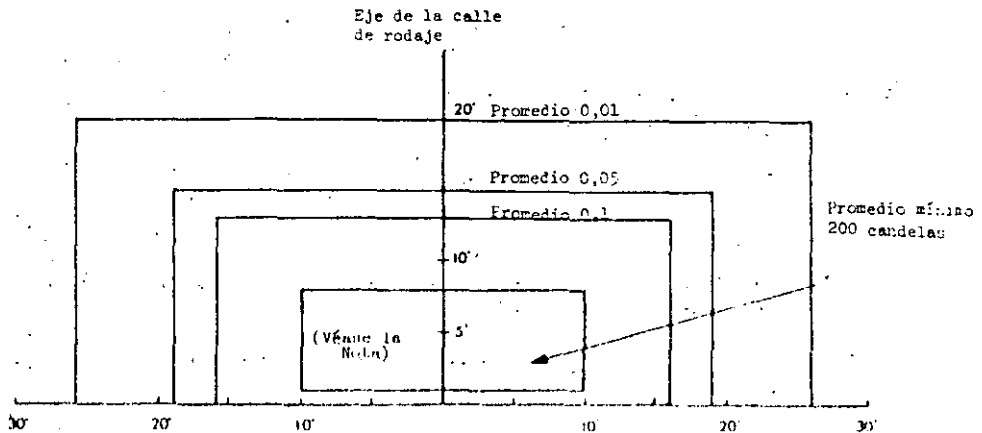


Figura 4-3c.- Luz de calle de rodaje de gran intensidad - Tramos rectos especiales en los que pueden presentarse grandes desplazamientos

Nota.- El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

4.6.2.4 Actualmente se practican varios métodos para dirigir las aeronaves de gran tamaño por las curvas. Uno de estos métodos exige que el piloto dirija la aeronave manteniendo el puesto de pilotaje continuamente sobre el eje de la calle de rodaje. Esta técnica requiere la construcción de curvas de enlace en los bordes interiores de las curvas y en las intersecciones, ya que las ruedas del tren principal del avión describirán una curva mucho más abierta que la rueda de proa. Según el método de alternativa, el piloto trata de mantener la rueda de proa de la aeronave siguiendo una ruta a lo largo del eje de la calle de rodaje. En los aviones grandes en los cuales el puesto de pilotaje se encuentra a considerable distancia delante de la rueda de proa, la posición que ocupa el piloto describirá un trayecto bastante más afuera del eje de todas las curvas, por lo cual podría ser necesario aún el uso de curvas de enlace.

4.6.2.5 Los requisitos especificados en la Tabla 5-2 del Anexo 14 y en la Figura 4-3 de este Manual para la iluminación del eje de las calles de rodaje se basan en la técnica del seguimiento del puesto de pilotaje sobre el eje; lo cual se ajusta a la recomendación del Anexo 14. Si se utilizan otras técnicas se necesitarán coberturas más anchas de haz en sentido horizontal para ampliar suficientemente la cobertura más allá de la tangente de la curva.

4.6.2.6 Para las curvas e intersecciones que posean radios inferiores a 400 m, el espaciado normal de las luces debería ser la mitad del espaciado de los tramos rectos. (El radio de la mayoría de las curvas es inferior a 200 m). Los radios mayores de 400 m se presentan normalmente en circunstancias especiales, por ejemplo, salidas rápidas de pista donde el radio es tan grande que serán adecuados los espaciados que se aplican en los tramos rectos. Por lo tanto, el requisito para las operaciones de la Categoría III es que el espaciado de las luces para los tramos rectos de la calle de rodaje sea de 15 m y que en las curvas o en proximidades de las mismas debería adoptarse un espaciado normal de 7,5 m.

4.6.2.7 La experiencia ha indicado que un espaciado menor de las luces antes de una curva proporciona una advertencia adecuada de un cambio inminente de la dirección a los pilotos que hacen rodar la aeronave con poca visibilidad, permitiéndoles modificar su velocidad con suficiente anticipación. Para los fines prácticos, es aceptable una distancia mínima de 60 m antes del comienzo de la curva. Esta forma de identificación es preferible al uso de luces de diferentes colores.

4.6.2.8 Las aeronaves que utilicen el método de seguimiento por el puesto de pilotaje o por la rueda de proa, pueden salir de una curva con un grave error de dirección con respecto al eje de la calle de rodaje. Por esta razón es conveniente que, en las operaciones que se efectúen con poca visibilidad, las luces sigan menos espaciadas en una distancia similar de 60 m después de la curva. Esto ayuda al piloto a realinear la aeronave y se evita que pase bruscamente al tramo recto, donde las luces están más espaciadas. El espaciado se determina teniendo en cuenta las características prácticas de las luces, las aberturas de los haces y el requisito de suministrar un tramo visual de tres luces, junto con la necesidad económica de instalar la menor cantidad posible de dispositivos.

4.6.2.9 La cobertura del haz en azimut para luces en las curvas está determinada por:

- a) el hecho de que el piloto necesita ver tres luces consecutivas para obtener la velocidad del cambio de la dirección de la calle de rodaje;
- b) el tramo visual requerido para contener tres luces consecutivas más allá de la distancia de ocultamiento por el puesto de pilotaje;
- c) la posición de la aeronave antes de entrar en la curva en relación con el desplazamiento por parte del piloto con respecto al eje de la calle de rodaje y la luz más lejana que se ha de ver; y
- d) la iluminación de la calle de rodaje debe servir generalmente, para ambas direcciones.

4.6.2.10 El diagrama de la Figura 4-4 indica de qué modo se calcula la cobertura de haz requerida para una luz de eje en una curva. En este ejemplo, el piloto se encuentra a 60 m de la curva y el diagrama ilustra la relación existente entre la posición de la luz en la curva, la cobertura necesaria del haz en azimut (θ) y el radio de la curva (R). La Figura 4-4 indica también que las curvas de pequeño radio determinan los requisitos, ya que exigen la mayor cobertura de haz. Si toda la curva debe ser visible, entonces $\theta = 90^\circ$, y para un radio de curva de 40 m la cobertura de haz requerida es de 68° . Si se reduce θ a 60° (2/3 de la curva), entonces la cobertura del haz dentro de la curva debería ser de 50° . Se requiere una cobertura de haz de 3° fuera de la tangente a la curva, ya que en la práctica el puesto de pilotaje no seguirá el eje con precisión. Para el caso de una aeronave que opere en las condiciones de la categoría III cuando sólo pueden verse tres luces desde el comienzo de la curva, la cobertura del haz θ dentro de la tangente debería ser de 35° , pero éste no será el valor óptimo para visibilidades mayores que las de la Categoría III. En los aeropuertos en que hay un sistema complicado de calles de rodaje, los requisitos en esas intersecciones en que convergen varias rutas de calles de rodaje pueden cumplirse mediante una instalación múltiple de dispositivos de anchura de haz restringida.

4.6.2.11 Debería observarse que las luces con coberturas de haz similares deberían conservarse para una distancia de 60 m más allá de la curva; de otro modo, tramo visual se reducirá a medida que la aeronave avance por la curva. En caso de poca visibilidad, esto podría dar por resultado que el piloto vea menos de tres luces con un espaciado de 7,5 m.

Barras de parada

4.6.2.12 La intensidad y cobertura de haz de las luces no deberían ser inferiores a las especificadas en el Anexo 14, Tabla 5-2 ó 5-3, según sea el caso.

CAPITULO 5.- REGLAJES DE INTENSIDAD LUMINOSA

5.1 Los reglajes de la intensidad luminosa para diferentes condiciones de visibilidad y altura de base de nubes se dan en la Tabla 5-1 para condiciones diurnas. Las intensidades que se especifican son de aplicación en el caso de las dimensiones de haz que se recomiendan en las columnas 3 y 4 de las Tablas 4-1 y 4-2. Las luminancias de fondo son de entre 1 000 y 12 000 candelas por metro cuadrado. Durante las condiciones de día brillante (luminancia de fondo de más de 12 000 candelas por metro cuadrado, por ejemplo, en el caso de la niebla iluminada por el sol), deben utilizarse siempre los máximos reglajes de la intensidad. Aunque normalmente se utiliza el reglaje máximo de la intensidad durante un día claro, es práctica seguida en algunos Estados, cuando las condiciones lo permiten, utilizar un reglaje más bajo, ya que la vida útil de la lámpara se prolonga grandemente cuando ésta se hace funcionar a intensidad reducida.

5.2 En la Tabla 5-2 se especifican los reglajes de la intensidad luminosa para diferentes condiciones de visibilidad y altura de base de nubes para condiciones nocturnas. Las intensidades que se especifican son de aplicación en el caso de las dimensiones de haz que se recomiendan en las columnas 3 y 4 de las Tablas 4-1 y 4-2. De acuerdo con el Anexo 3, Adjunto C, las luminancias de fondo durante la noche normalizada (a utilizarse para cálculos en RVR a partir de los valores de transmisómetro) se definen como entre 4 y 50 candelas por metro cuadrado. No obstante, mediciones efectuadas en varios aeródromos han mostrado que con los reglajes de intensidad recomendados actualmente, las luminancias de fondo resultan inferiores a 15 candelas por metro cuadrado. En condiciones de buena visibilidad y fuera de las áreas urbanas, las luminancias de fondo pueden incluso resultar del orden de 0,1 candela por metro cuadrado o inferiores. Especialmente en este caso, podrían resultar útiles los reglajes de intensidad más bajos (columna 6).

5.3 Si bien la Tabla 5-1 refleja solamente las prácticas actuales, la Tabla 5.2 se basa también en consideraciones teóricas combinadas con la experiencia obtenida en ensayos en vuelo. Para cada condición de visibilidad se presenta una gama de reglajes de intensidad. Se recomienda que los Estados adapten sus procedimientos de reglaje de intensidad de modo que los valores que se presentan en la Tabla 5-2, y en especial las relaciones de intensidad luminosa, se apliquen lo más posible, para proporcionar intensidades luminosas equilibradas.

TABLA 5-1.- AJUSTES DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EN CONDICIONES DIURNAS

Luminancia de fondo = 1 000 a 12 000 candelas por m²
 (las intensidades especificadas se aplican a las
 dimensiones de haz recomendadas en el párrafo 5.1)

RVR o visibilidad base de nubes Sistema de iluminación	RVR < 1 500 m # o base de nubes menor de 60 m	RVR 1 500 m # - VIS 5 000 m	VIS > 5 000 m (luces a petición)
1	2	3	4
Línea central de aproximación y barras transversales	20 000	20 000 *	20 000 *
Fila lateral de aproximación	5 000	5 000 *	5 000 *
Zona de toma de contacto	5 000	1 000	1 000
Eje de pista 30 m	5 000	1 000	1 000
Eje de pista 15 m	2 500	500	500
Eje de pista 7,5 m	1 250	250	250
Umbral y barra de ala	10 000	10 000 *	10 000 *
Extremo de pista	2 500	2 500 *	2 500 *
Borde de pista	10 000	10 000 *	10 000 *

Notas

- * Puede reducirse para prolongar la vida de la lámpara.
- Cuando la luminancia de fondo es superior a 12 000 candelas por m², tal como ocurre con niebla muy brillante durante el día, es conveniente que todos los sistemas funcionen a su intensidad máxima.
- # Cuando no se disponga de RVR, se utiliza la visibilidad meteorológica.

TABLA 5-2 REGLAJES DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EN CONDICIONES NOCTURNAS
Luminancia de fondo menor de 15 candelas por m²

Sistema de iluminación \ RVR o visibilidad base de nubes	RVR < 800 m	RVR* > 800 m pero < 1 500 m o base de nubes < 60 m	RVR* > 1 500 m pero VIS < 1 500 m o base de nubes entre 60 y 150 m	VIS > 5 000 m pero < 8 000 m y base de nubes > 150 m	VIS > 8 000 m y base de nubes > 400 m
	2	3	4	5	6
Línea central de aproximación y barras transversales	1 000 - 2 000	600 - 1 200	300 - 600	100 - 200	50 - 100
Fila lateral de aproximación	250 - 500	150 - 300	100 - 150	25 - 40	-
Zona de toma de contacto	200 - 500	150 - 300	100 - 150	25 - 40	10 - 20
Eje de pista 30 m	200 - 500	150 - 300	100 - 150	25 - 40	10 - 20
Eje de pista 15 m	200 - 500	150 - 300	100 - 150	25 - 40	10 - 20
Eje de pista 7,5 m	200 - 500	150 - 300	100 - 150	25 - 40	10 - 20
Umbral y barra de ala	2 500 - 3 500	500 - 1 000	300 - 600	100 - 200	20 - 40
Extremo de pista	2 500 - 3 500	500 - 1 000	300 - 600	100 - 200	20 - 40
Borde de pista	2 500 - 3 500	500 - 1 000	300 - 600	100 - 200	20 - 40

Notas:

- (*) Cuando no se disponga de RVR, se utilizará la visibilidad meteorológica.
- Las intensidades especificadas se aplican a las dimensiones de haz recomendadas en la columnas 3 y 4 de las Tablas 4-1 y 4-2.
- A fin de garantizar que los valores adoptados para los diferentes elementos de los sistemas de iluminación de aproximación y de pista estén equilibrados, los reglajes de intensidad de los sistemas de iluminación deberían ser uniformes con respecto a una parte de las gamas de tolerancia indicadas hacia la parte superior, el centro o la parte inferior.
- Para operaciones en condiciones de visibilidad inferiores a un RVR de 400 m, las luces de eje de pista se deben que instalar espaciadas entre sí 15 ó 7,5 m.

CAPITULO 6.- SISTEMA DE LUCES DE ENTRADA A LA PISTA*

6.1 Quizás sea necesario un sistema de luces de entrada a la pista para proporcionar orientación visual segura a lo largo de determinada trayectoria de aproximación, generalmente curva, donde se presenten dificultades especiales debido al terreno peligroso, obstáculos y procedimientos de atenuación del ruido. Un sistema de esta clase consiste en una serie de luces a destellos instaladas al nivel del suelo o próximo al mismo, para indicar la trayectoria conveniente hasta una pista o para hacer la aproximación final. Cada grupo de luces se emplaza y orienta de modo que las aeronaves en aproximación puedan verlas desde el grupo precedente y seguir las en condiciones iguales o superiores a las mínimas de aproximación consideradas. El sistema puede ser curvo, recto o mixto, según sea necesario. El sistema de luces de entrada a la pista puede terminar en cualquier sistema autorizado de luces de aproximación, o a una distancia del umbral de aterrizaje, que sea compatible con las mínimas autorizadas de visibilidad, que permitan la referencia visual al terreno que circunda la pista. La parte más extrema del sistema utiliza grupos de luces para marcar los segmentos de la trayectoria de aproximación, comenzando en un lugar desde el cual se pueda ver fácilmente un punto de posición de la aproximación final. El espaciado (de unos 1 600 m) entre estos grupos de luces habrá de proporcionar orientación continua de entrada. Un grupo tiene por lo menos tres luces a destellos dispuestas en líneas o agrupadas, y podrán agregarse luces fijas, cuando sea necesario. Cuando ello sea posible, los grupos deberían emitir los destellos en una secuencia que se desplace hacia la pista. Cada sistema debe proyectarse de modo que satisfaga las condiciones locales y proporcione la orientación visual deseada. En la Figura 6-1 se ilustra una disposición típica de un sistema de esta clase.

6.2 En algunos lugares, quizás sea necesario proporcionar orientación horizontal muy precisa, debido a la presencia de obstáculos o edificios emplazados cerca de la trayectoria normal de aproximación. En tales casos, el sistema requiere una luz adicional en cada grupo, que proporcione con exactitud información relativa a la alineación.

* Texto proporcionado por los Estados Unidos.

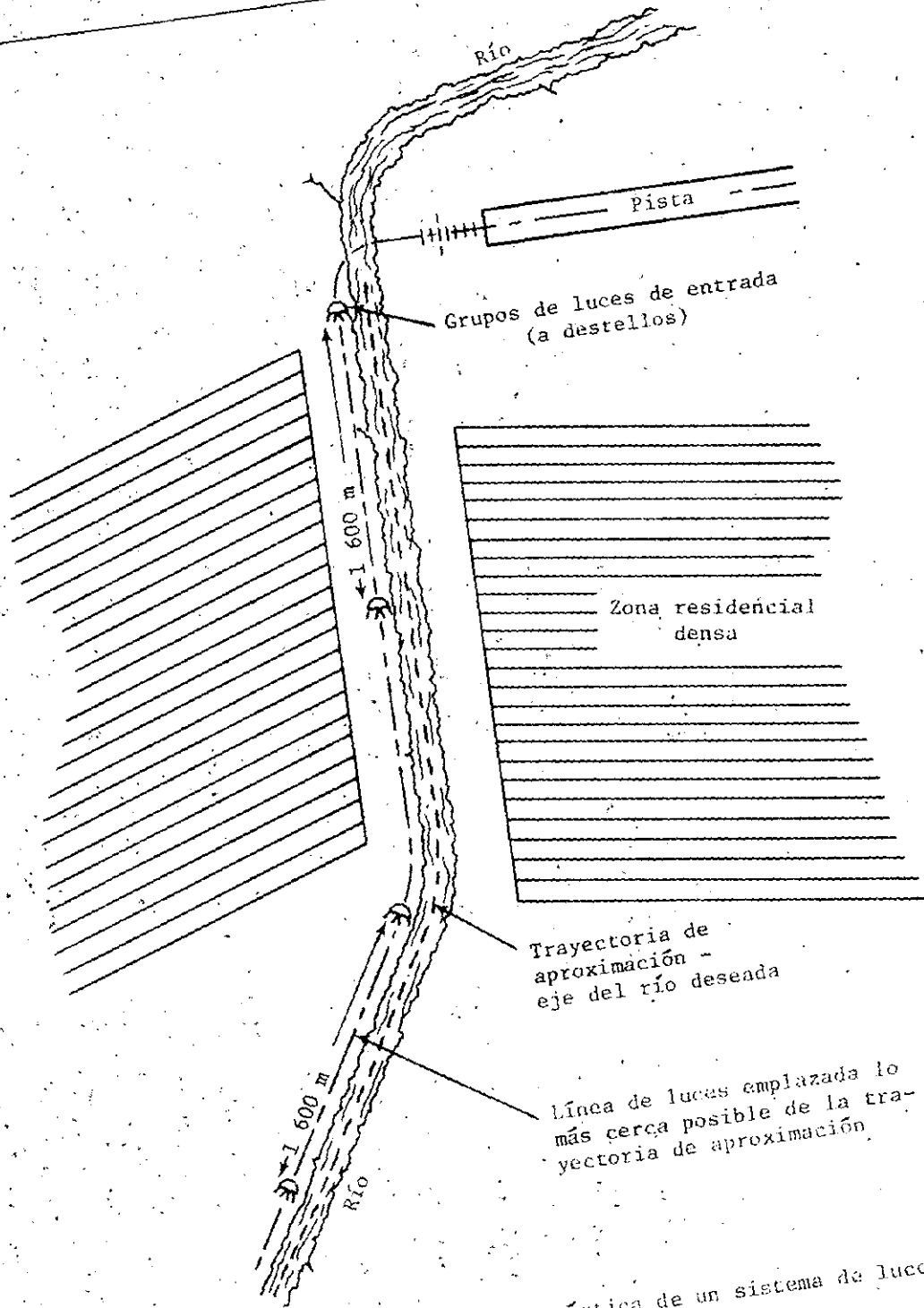


Figura 6-1.- Disposición característica de un sistema de luces de entrada a la pista

CAPITULO 7:- LUCES DE GUIA PARA EL VUELO EN CIRCUITO

7.1 Introducción

7.1.1 En los párrafos 1.4.2.6 y 1.4.3.8 de este Manual se explica la forma en que se emplean las luces de guía para el vuelo en circuito en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) y en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC), respectivamente. Además, en la Figura 1-4 del Manual, se da una idea del circuito de tránsito normal en condiciones meteorológicas de vuelo visual. En los Procedimientos para los servicios de navegación aérea, OPS - Operación de aeronaves, Volumen II - Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos (Doc 8168-OPS/611, Volumen II), Parte III, Sección 1.8, se ofrece orientación sobre la composición de las zonas de maniobra (circuito) visual y sus dimensiones.

7.1.2 Para la aproximación en circuito deben darse los siguientes datos:

- a) indicar debidamente la dirección o situación de la pista, de forma que el piloto pueda tomar el tramo a favor del viento o situar o ajustar su derrota con respecto a la pista;
- b) indicar claramente el umbral a fin de que el piloto pueda distinguirlo al pasar, y
- c) indicar debidamente la prolongación del eje de la pista en el sentido de la aproximación; esta indicación debe ser compatible con la relativa al umbral a fin de que el piloto pueda calcular el giro hacia el tramo básico y la aproximación final.

7.1.3 La necesidad y la disposición de los sistemas de luces de guía para el vuelo en circuito varía según el lugar, en función de factores como el procedimiento de aproximación en circuito utilizado, los tipos de aeronaves que emplean la pista, las condiciones meteorológicas y los tipos de sistema de luces. En la mayoría de los aeropuertos, los sistemas de iluminación de borde de pista y de aproximación ofrecen todas las indicaciones necesarias. Así pues, sólo se necesitan luces especiales para el vuelo en circuito cuando esos sistemas no proporcionen satisfactoriamente las indicaciones señaladas en el párrafo 7.1.2. Normalmente, no es muy difícil disponer de luces adicionales para el vuelo en circuito. En términos generales, las luces deben concebirse e instalarse de forma que sean visibles desde el tramo a favor del viento, pero que no deslumbren ni confundan al piloto que inicia la aproximación para el aterrizaje, despega o efectúa el rodaje.

7.2 Requisitos de iluminación

7.2.1 En los párrafos que figuran a continuación se indica la medida en que los sistemas de iluminación del Anexo 14 responden a los requisitos enumerados en 7.1.2 y la forma en que pueden perfeccionarse a fin de que ofrezcan la debida orientación para la aproximación en circuito.

7.2.2 Luces para indicar la dirección de la pista. En el Anexo 14, Capítulo 5, figuran las especificaciones de las luces de borde de pista. Fundamentalmente, el propósito de estas luces es indicar los límites longitudinales de la pista a las aeronaves en la aproximación final. En el Anexo 14 se hace hincapié en que las luces de borde de pista deben ser visibles desde todos los ángulos en azimut si su finalidad es servir de guía para el vuelo en circuito. Las luces de borde de pista actualmente utilizadas también pueden servir de guía para el vuelo en circuito. Las luces de baja intensidad utilizadas en las noches claras son omnidireccionales. Las luces de elevada intensidad utilizadas en

condiciones de poca visibilidad son bidireccionales pero también pueden comprender un elemento luminoso omnidireccional de baja intensidad. Cuando los sistemas de elevada intensidad no comprenden un elemento de este tipo, pueden instalarse otras luces a lo largo de los bordes de la pista como guía para el vuelo en circuito. Estas luces deben ser blancas o de descarga de condensador y, si son de gran intensidad, deberían ser visibles en una sola dirección cuando el haz está orientado en ángulo recto al eje de la pista y hacia fuera de ésta.

7.2.3 Luces para indicar el umbral. En el Anexo 14, Capítulo 5, se recomienda la instalación de dos lámparas blancas de destello en el umbral de las pistas de aproximación por instrumentos cuando es preciso hacerlo más visible o no es posible instalar otras luces auxiliares para la aproximación. Estas luces también pueden utilizarse en otras pistas para facilitar el reconocimiento del umbral, principalmente en las zonas en que hay mucha iluminación o el terreno no tiene relieve. Con un haz abierto u omnidireccional, o bien orientadas en ángulo recto con respecto a la pista, las luces servirán de guía para el vuelo en circuito.

7.2.4 Luces para indicar la prolongación del eje de la pista. La función de las luces de eje de pista de todos los sistemas de iluminación de aproximación especificados en el Anexo 14, Capítulo 5, es indicar la prolongación del eje de la pista. En los sistemas de baja intensidad se utilizan normalmente elementos luminosos omnidireccionales, por lo que también sirven de guía para el vuelo en circuito. En los sistemas de elevada intensidad se utilizan lámparas unidireccionales que no son visibles para el piloto en el tramo a favor del viento. Estos sistemas pueden perfeccionarse instalando más luces al lado de las que ya comprende el sistema o después del extremo exterior del sistema de iluminación de aproximación (a lo largo de la prolongación del eje de la pista). Estas lámparas deben ser de luz constante o de destello, en el primer caso de color blanco o de descarga de condensador y, en el segundo caso, blancas. Cuando se instalan luces después del extremo exterior del sistema de iluminación de aproximación, la intensidad y la abertura del haz de la iluminación debe ser visible desde el tramo a favor del viento. Si se emplean lámparas de destello, deberán encenderse a intervalos de un segundo comenzando por el elemento situado más al exterior y continuando hacia el umbral.

CAPITULO 8.- SISTEMAS VISUALES INDICADORES DE PENDIENTE DE APROXIMACION

8.1 Generalidades

8.1.1 Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación que se definen en el Anexo 14, Capítulo 5, 5.3.6, tienen por objeto proporcionar indicaciones visuales de la pendiente de aproximación deseada, y han sido comprobados mediante experiencia operacional.

8.1.2 En el caso del VASIS, las indicaciones provistas suministran un canal de pendiente de aproximación; dos canales de pendiente de aproximación, en el caso del VASIS de 3 BARRAS; una trayectoria de aproximación normal, además de siete indicaciones discretas de desviación, en el caso del T-VASIS; y una trayectoria normal de aproximación y cuatro indicaciones discretas de desviación si se trata del PAPI.

Nota 1.- En esta nota y en los siguientes comentarios, VASIS se refiere también a AVASIS; el VASIS de 3 BARRAS se refiere igualmente al AVASIS de 3 BARRAS y el T-VASIS además al AT-VASIS.

Nota 2.- Los sistemas visuales indicadores de pendientes de aproximación se encuentran estrechamente relacionados con la seguridad de las operaciones aeronáuticas. Se considera conveniente recordar a los usuarios de este Manual que los sistemas, cuando se utilizan de la manera prescrita, se espera que suministren:

- a) un margen vertical mínimo y seguro entre las ruedas y el umbral de la pista;
- b) un margen seguro de franqueamiento de todos los obstáculos, cuando se encuentre en la aproximación final;
- c) en los casos en que se suministra también una trayectoria de planeo no visual, una indicación visual de que se encuentra en la pendiente hasta una altura aproximada de unos 60 m y que se extienda preferiblemente a través de toda la trayectoria de aproximación final.

8.1.3 Los textos de este capítulo tienen por objeto suministrar orientación para la aplicación del Anexo 14, Capítulo 5, 5.3.6, considerando que:

- a) se utilizan elementos luminosos de diferentes diseños;
- b) se instalan sistemas en aeropuertos con muy diferentes características físicas;
- c) tanto los tipos mayores como menores de aeronaves utilizan cada vez más dichos sistemas.

8.2 VASIS y VASIS de 3 BARRAS

8.2.1 Emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala anteriores

8.2.1.1 La altura de visión mínima sobre el umbral provista por el VASIS depende tanto del desplazamiento como del reglaje de elevación de las barras de ala anteriores. Como se ilustra en el Anexo 14, Capítulo 5, Figura 5-12, la distancia normal desde el umbral de la pista hasta la barra de ala anterior es de 150 m para una pendiente de aproximación de 3°.

8.2.1.2 Esta distancia debería primeramente ajustarse de la manera siguiente:

- a) Si la pendiente de aproximación es menor de 3° , la distancia normal de 150 m debería aumentarse en 5 m por cada 5 minutos de arco que el ángulo es menor de 3° .

Nota.- Cuando se suministra también una trayectoria de planeo no visual, las pendientes de ambas deberían ser iguales, hasta donde sea posible.

- b) Si existe una pendiente descendente desde el umbral hasta las barras de ala anteriores, será necesario aumentar la distancia normal en 6 m por cada 0,30 m de desnivel entre el umbral y el punto situado a 150 m.
- c) Si existen dificultades para la instalación debidas al cruce de pista con calles de rodaje, la distancia normal podría aumentarse según resulte necesario y sólo excepcionalmente reducirse la distancia D_1 en no más de 30 m, ya que esto podría afectar adversamente al margen vertical de las ruedas sobre el umbral. El total de las correcciones indicadas en a, b, y c no debe exceder de 90 m, de manera que la distancia ajustada no sea nunca mayor de 240 m.
- d) Cuando el número de clave sea 1 ó 2, la distancia normal se puede reducir de modo que la parte inferior de la sección rosada de la barra de ala anterior proporcione una separación mínima, de 1,5 m desde las ruedas, para franquear el umbral, respecto a los aviones para los cuales se haya previsto la pista.

8.2.1.3 Después de lo anterior, el reglaje de elevación de las barras de ala anteriores puede seleccionarse a base de las siguientes consideraciones:

- a) El ángulo más bajo en el cual el piloto en la aproximación final ve el ala de barra anterior blanca (ángulo A en la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14), debería suministrar al piloto una altura de visión sobre el umbral en tal forma que resulte un margen vertical de las ruedas sobre el umbral seguro para los tipos de aeronave que utilizan el sistema.
- b) El ángulo A según la definición anterior, no debería ser mayor que el ángulo de pendiente de aproximación visual seleccionado.
- c) En los casos en que se suministra también una trayectoria de planeo no visual, el ángulo A no debería ser mayor que el ángulo de aproximación de la trayectoria de planeo no visual.
- d) El ángulo más alto en el cual un piloto ve la luz de la barra de ala anterior roja en su aproximación final (ángulo B en la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14), debería suministrar un margen seguro de franqueamiento de todos los obstáculos que se hallan en el área de aproximación.

8.2.1.4 Para garantizar que un piloto que no reciba una indicación de aproximación demasiado baja de las barras de ala anteriores disponga de un margen de seguridad que le permita franquear todos los obstáculos que haya en la aproximación, es necesario hacer un levantamiento topográfico de un área de la forma y dimensiones indicadas en la Figura 8-1. Más allá de una distancia de 3-200 m, basta generalmente consultar un mapa a gran escala. Ningún objeto debería sobresalir por encima de un plano que tenga una pendiente que esté 1° por debajo del límite superior del sector totalmente rojo de los elementos luminosos que forman las barras de ala anteriores, y cuyo origen esté en una línea transversal situada a 90 m más cerca del umbral que las barras de ala anteriores, y a su mismo nivel.

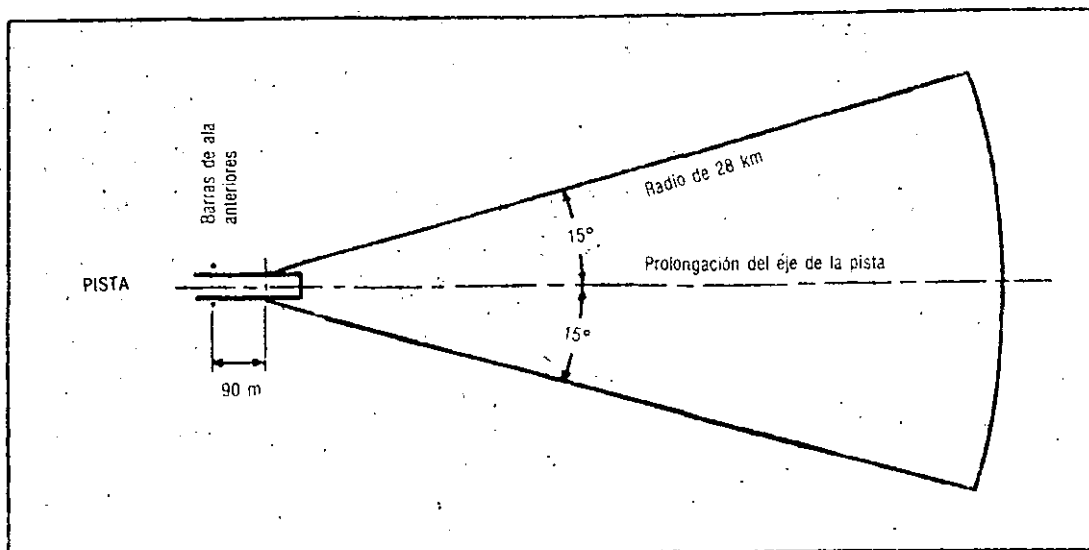


Figura 8-1. Area en que debe hacerse el levantamiento topográfico para el VASIS y el VASIS de 3 BARRAS - Franqueamiento de obstáculos

8.2.1.5. Cuando un objeto situado bastante fuera de la línea de aproximación penetre en el plano definido precedentemente, podría permitirse una tolerancia de unos 60 cm por cada tramo de 300 m de distancia que separe el objeto del umbral. De lo contrario quizás sería necesario reducir la cobertura lateral de los elementos luminosos, para excluir del sector visible del VASIS el área que contiene los obstáculos. Esto podría lograrse apantallando o suprimiendo los cristales difusores de los elementos luminosos. En algunos tipos de elementos luminosos, la supresión de los difusores reduce aproximadamente una tercera parte de la dispersión. Debe observarse que, debido a la amplia dispersión en azimut de los elementos luminosos, podrían muy bien existir objetos que penetren en el plano fuera de los límites laterales del área de aproximación. En casos especiales quizás convenga publicar una advertencia a los pilotos, si no pudiera remediarse la situación, en vez de elevar el ángulo de pendiente de planeo o de desplazar más hacia atrás las barras de ala. Normalmente no debería ser necesario tomar estas medidas si el umbral está emplazado correctamente.

8.2.2 Emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala posteriores

8.2.2.1 El reglaje de elevación de las barras de ala posteriores debería seleccionarse a base de las siguientes consideraciones:

- a) El ángulo más alto en el cual el piloto en su aproximación final ve la luz de los elementos de la barra de ala posterior roja (ángulo D en la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14) debería ser tal que el ángulo dado por $\frac{A + D}{2}$ sea igual al ángulo de pendiente de aproximación elegido.
- b) Cuando se suministra también una trayectoria de planeo no visual, el ángulo D no debería ser menos que el ángulo de aproximación de la trayectoria de planeo no visual.

8.2.2.2 Conjuntamente con el reglaje de elevación de los elementos luminosos, el espaciado entre las barras posteriores y las anteriores afecta directamente el alcance máximo al cual pueden distinguirse las dos barras y decide la sensibilidad del sistema. A fin de lograr una distinción razonable entre las barras a una distancia de 8 a 10 km se requiere una separación de 150 m por lo menos, para una pendiente de aproximación de 3° . Las separaciones mayores de 300 m darán lugar a una carencia de sensibilidad en la guía para la aproximación. Se ha adoptado un espaciado normal de 210 m entre las barras posteriores y las anteriores, pero cuando el número de clave sea 1 ó 2 esta distancia se puede reducir hasta un mínimo de 90 m. Otras consideraciones pueden requerir que la distancia se aumente a más de 210 m. En ningún caso la distancia entre las barras posteriores y las anteriores debería ser mayor de 300 m ni menor de 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4, y de 90 m cuando el número de clave sea 1 ó 2. Si existiese una pendiente descendente entre las barras anteriores y las posteriores, debería compensarse como se describe en 8.2.1.2 b).

8.2.2.3 Cuando se instale un VASIS con un ángulo de pendiente de aproximación mayor de 3° , para utilización por un grupo reducido de aeronaves, la distancia D_1 entre el umbral y las barras de ala anteriores y la distancia D_2 entre las barras de ala anteriores y las posteriores pueden reducirse de las distancias normales que aparecen en la Figura 5-12 del Capítulo 5 del Anexo 14, dentro de las tolerancias allí indicadas, es decir, a no menos de 90 m en el caso de D_1 , y a no menos de 120 m en el caso de D_2 , cuando el número de clave sea 3 ó 4. En dicho caso son aplicables las consideraciones mencionadas en 8.2.1 y 8.2.2.

Nota.- El ángulo de la pendiente de aproximación visual para estas instalaciones no debería exceder de $4,5^\circ$, salvo en el caso de instalaciones específicamente restringidas a las operaciones STOL, que pueden tener ángulos de pendiente de aproximación de hasta 6° .

VASIS DE 3 BARRAS

8.2.3 Generalidades

8.2.3.1 Cuando se efectúen operaciones de las aeronaves que tienen una gran altura entre las ruedas y los ojos del piloto, la instalación del VASIS debería modificarse para convertirla en un VASIS de 3 BARRAS. Debido a la gran diferencia entre la trayectoria de los ojos del piloto y la del tren de aterrizaje principal, el VASIS no proporcionará una advertencia adecuada de aterrizaje demasiado corto a los pilotos de estas aeronaves u otras de tipo similar, en las cuales la altura entre las ruedas y los ojos del piloto es grande.

8.2.3.2 Los pilotos de las aeronaves con estas características deberían hacer caso omiso de las barras de ala anteriores y servirse de las barras de ala intermedias y posteriores para obtener las señales correctas.

8.2.3.3 Para lograr que las pendientes de aproximación no resulten muy inclinadas para las aeronaves cuya diferencia de altura entre las ruedas y los ojos del piloto es grande, la diferencia entre los reglajes de elevación de las tres barras es inferior a la utilizada en el VASIS. Esto tiene por objeto obtener dos canales de pendiente de aproximación que son casi paralelos. Los VASIS de 3 BARRAS son, por lo tanto, más sensibles para el vuelo que el VASIS.

8.2.4 Emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala anteriores

8.2.4.1 Las barras de ala anteriores del VASIS de 3 BARRAS pueden instalarse como las del VASIS, a condición de que la determinación de un margen vertical seguro entre las ruedas y el umbral se aplique solamente a los tipos de aeronave que tienen una altura entre las ruedas y los ojos del piloto menor de 4,5 m, esperándose que las aeronaves de mayor tamaño utilicen el canal de la pendiente de aproximación visual posterior.

8.2.5 Emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala intermedias

8.2.5.1 El emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala intermedias del VASIS de 3 BARRAS se basa en las mismas consideraciones que se aplican para las barras de ala posteriores del VASIS. Además, las barras de ala intermedias forman el elemento inferior del canal de pendiente de aproximación visual posterior. Es necesario, por lo tanto, verificar si el ángulo más bajo en que el piloto ve la luz de las barras de ala intermedias blanca en su aproximación final (ángulo C en la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14) es tal, que dé por resultado un margen vertical mínimo y seguro entre las ruedas y el umbral para las aeronaves que tienen una altura entre las ruedas y los ojos del piloto de más de unos 4,5 m, hasta la altura entre las ruedas y los ojos del piloto de los tipos más grandes de aeronaves que se espera utilizarán el sistema.

8.2.6 Emplazamiento y reglaje de elevación de las barras de ala posteriores

8.2.6.1 Las barras de ala posteriores del VASIS de 3 BARRAS se emplazan y se ajustan en relación con las barras de ala intermedias, así como se hace en el caso de las barras de ala posteriores del VASIS en relación con sus barras de ala anteriores.

8.2.6.2 El ángulo más alto en el cual la luz de las barras de ala posteriores aparece roja para el piloto que se encuentra en su aproximación final (ángulo F en la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14) debería ser tal, que el ángulo dado por $\frac{F + C}{2}$ sea igual al ángulo de la pendiente de aproximación visual posterior. El ángulo F no puede, por lo tanto, ser nunca menor que el ángulo C.

Nota.- La interrelación entre los ángulos de un VASIS de 3 BARRAS es tal, que la diferencia entre el ángulo de la pendiente de aproximación anterior y el ángulo de la pendiente de aproximación posterior no puede ser nunca menor que la diferencia entre los ángulos C y D de la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14, es decir, no pueden ser nunca menores que la profundidad del sector de transición de los elementos luminosos del ala de barra intermedia. Por diversas razones, es conveniente que las pendientes de aproximación posterior y anterior se encuentren en una posición tan paralela como sea posible.

- a) Los ángulos de pendiente de aproximación que exceden de aproximadamente 3° no se utilizan normalmente en la operación de grandes aeronaves de transporte. Esto da por resultado un límite superior en el ángulo de la pendiente de aproximación posterior. Al mismo tiempo, las consideraciones relativas al franqueamiento de obstáculos u otras, pueden hacer necesario que las aeronaves que utilizan la pendiente de aproximación anterior desciendan en ángulos de pendiente de aproximación tan cercanos a 3° como sea posible.
- b) En el caso en que se suministra también una trayectoria de planeo no visual, se obtendrá el más alto ángulo de compatibilidad entre los dos ángulos de pendiente de aproximación visual, y el ángulo de pendiente de aproximación no visual coincidirá si las tres son paralelas.

Por estas razones, los elementos luminosos que tienen un sector de transición profundo son menos adecuados para uso en el VASIS de 3 BARRAS, especialmente en las barras de ala intermedias. La transición debería ser tan definida como sea posible y nunca debería ser mayor de 15 minutos.

8.2.6.3 En todo caso, el reglaje de elevación de la barra intermedia de la instalación del VASIS de 3 BARRAS es crítico y debe determinarse con precisión. La sensibilidad del VASIS de 3 BARRAS exige igualmente que todos los reglajes de elevación se mantengan con precisión y que la intensidad de los elementos luminosos de una misma barra de ala esté uniformemente distribuida.

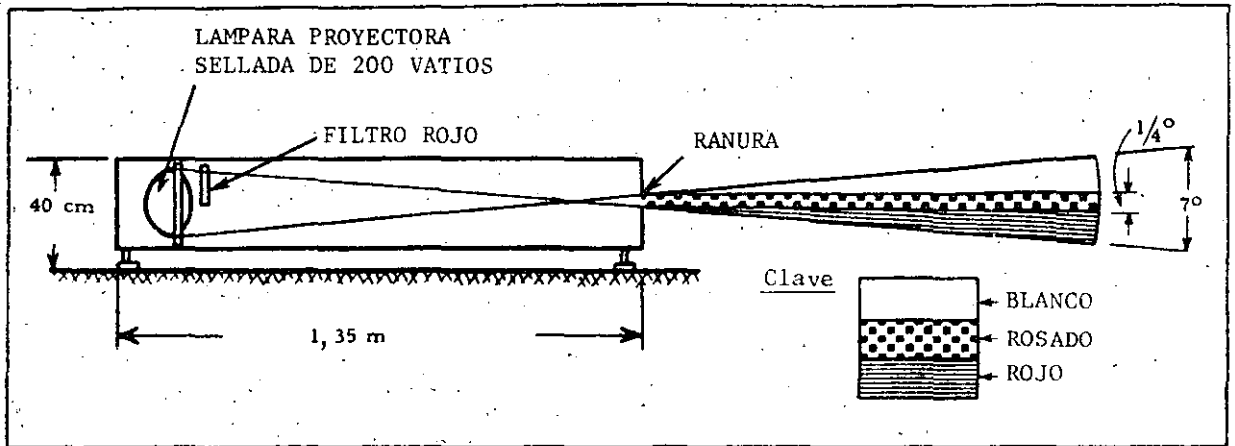


Figura 8-2.- Elemento luminoso VASIS - Sistema óptico típico (tipo ranura)

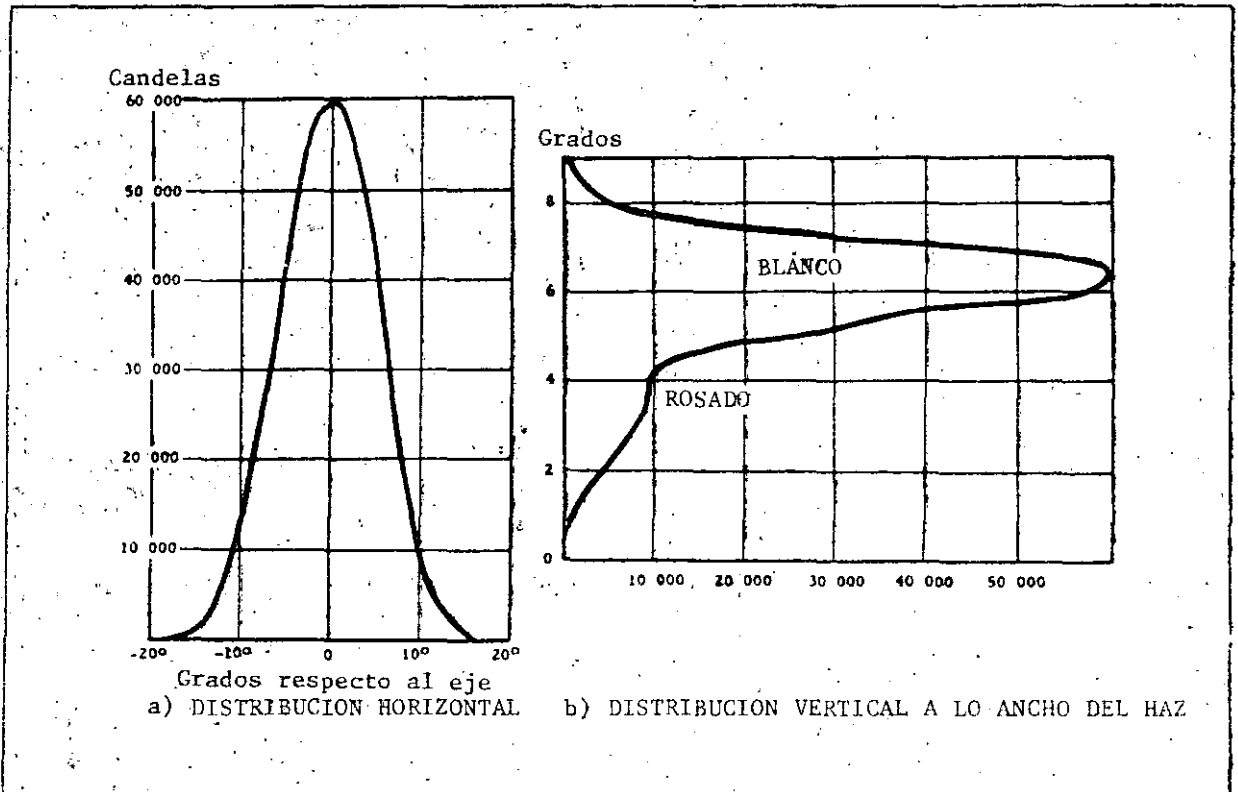


Figura 8-3.- Distribución de intensidad típica del elemento luminoso VASIS descrito en 8.2.10.2.

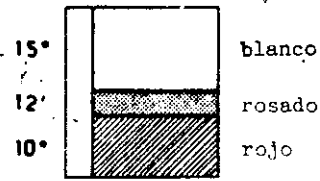
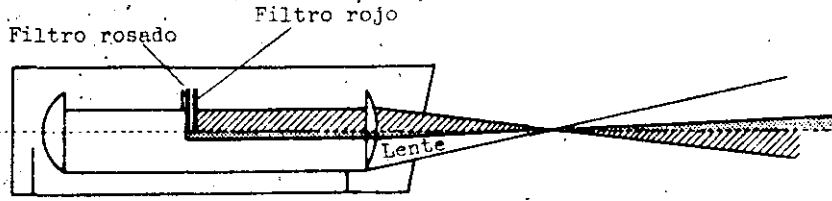


Figura 8-4.- Elemento luminoso VASIS - Sistema óptico típico (tipo proyector)

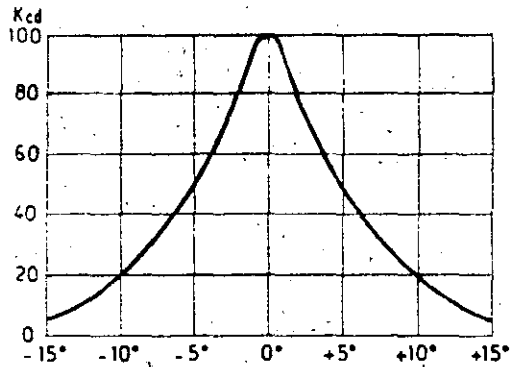


Figura 8-5a.- Distribución en el plano horizontal

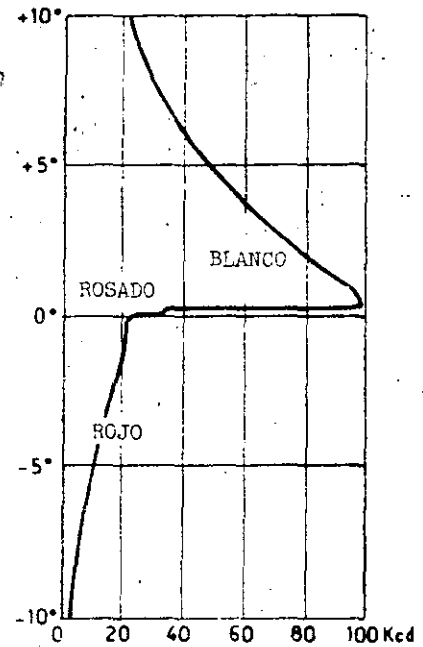


Figura 8-5b.- Distribución en el plano vertical, con filtros rojo y rosado

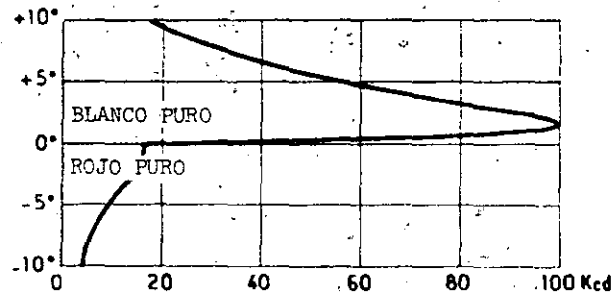


Figura 8-5c.- Distribución en el plano vertical con transición definida

Figura 8-5.- Distribución de la intensidad típica de los elementos luminosos descritos en 8.2.10.3

Elementos luminosos del VASIS y del VASIS de 3 BARRAS8.2.7 Generalidades

8.2.7.1 Los elementos luminosos descritos más adelante son para uso en el VASIS, AVASIS, VASIS de 3 BARRAS o AVASIS de 3 BARRAS. Se suministra la siguiente orientación como ayuda para la aplicación de las especificaciones que figuran en el Anexo 14, Capítulo 5.

8.2.8 Características del haz

8.2.8.1 A fin de satisfacer la cobertura angular y los requisitos de distancia visual de 5.3.6.14 del Anexo 14 para las operaciones diurnas, el área central del haz luminoso tiene una intensidad de por lo menos 10 000 candelas en el sector rojo. La parte superior del haz es blanca y la parte inferior es roja. Entre los sectores rojo y blanco del haz puede haber una pequeña zona dentro de la cual un observador ve una señal roja. La extensión de esta zona de transición depende del diseño del elemento. No debería tener más de 15 minutos de arco.

8.2.9 Tolerancias de fabricación

8.2.9.1 Todos los elementos utilizados en un sistema deberían tener características similares, ya que de otra forma el sistema presentará una apariencia irregular al piloto. En general, mientras más pequeña sea la zona rosada, más difícil resulta alcanzar este objetivo.

8.2.10 Diseño del elemento

8.2.10.1 En aras de la seguridad de vuelo es importante proteger la integridad del sistema mediante un buen diseño de los elementos. Debe tratarse en especial de suministrar más de una fuente luminosa en cada elemento, y el diseño debería ser tal que los depósitos provenientes de la condensación, el polvo o la nieve interfieran lo menos posible con las características de las señales luminosas. El diseño debe contemplar la facilidad para la instalación y para el mantenimiento en cuanto al funcionamiento operacional del equipo. Deberían igualmente tomarse en cuenta los factores ambientales tales como el viento y el chorro de los reactores. Por lo general, hay dos métodos para alcanzar el funcionamiento óptico requerido de los elementos. En los siguientes párrafos se ofrecen ejemplos pertinentes.

8.2.10.2 En un sistema se proyectan haces luminosos de gran intensidad a través de una ranura de 5 cm de profundidad, que se extiende a través de toda la anchura de la superficie frontal del elemento. Para producir la cobertura horizontal requerida se coloca un vidrio dispersor inmediatamente delante de cada lámpara; antes de dicho vidrio, pero cubriendo solamente la mitad superior de la abertura de la lámpara hay un filtro de vidrio rojo. Alternativamente, el filtro rojo puede formar parte del vidrio dispersor. El sistema óptico se ilustra en forma diagramática en la Figura 8-2 y está dispuesto en forma tal, que emite un haz en forma de abanico que mide aproximadamente $\pm 12,5^\circ$ en azimut y 7° en elevación. En la Figura 8-3 se muestran las características de un haz típico. La mitad superior del haz es blanca y la mitad inferior roja. Entre los sectores rojo y blanco del haz hay una zona de transición rosada de hasta aproximadamente $1/4$ de grado.

8.2.10.3 En el otro tipo de sistema se utilizan también fuentes luminosas de gran intensidad. Estas iluminan los filtros que se montan en el plano focal de una lente de proyector o cerca del mismo. Los componentes ópticos han sido proyectados de modo que ofrezcan las características de haz requeridas. En la Figura 8-4 se ilustra dicho sistema. Si los filtros se ubican precisamente en el plano focal puede obtenerse entonces una transición definida de rojo a blanco. Si se desea obtener un sector de transición, éste puede producirse, bien añadiendo un filtro rosado o desenfocando el filtro rojo. En la Figura 8-5 se ilustra el primero de dichos métodos. Los sistemas de proyección de este tipo

TABLA 8-1. ANGULOS DE REGLAJE TÍPICOS DE LOS ELEMENTOS LUMINOSOS QUE REÚNEN LAS CARACTERÍSTICAS DESCRITAS EN 8.2.10.2

- U - Angulo de reglaje en elevación de los elementos que constituyen las barras de ala posteriores
 D - Angulo de reglaje en elevación de los elementos que constituyen las barras de ala anteriores
 O - Elevación del plano de franqueamiento de obstáculos, véase 8.2.1.4 y 8.2.1.5

Angulo nominal de la pendiente de aproximación		Distancia entre las barras de ala anteriores y posteriores		
		Menos de 180 m	180 m a 260 m	Más de 260 m
2° 30'	U	2° 35'	2° 30'	2° 25'
	D	1° 55'	2° 00'	2° 05'
	O	1° 05'	1° 10'	1° 15'
2° 45'	U	2° 50'	2° 45'	2° 40'
	D	2° 10'	2° 15'	2° 20'
	O	1° 20'	1° 25'	1° 30'
3° 00'	U	3° 05'	3° 00'	2° 55'
	D	2° 25'	2° 30'	2° 35'
	O	1° 35'	1° 40'	1° 45'
3° 15'	U	3° 20'	3° 15'	3° 10'
	D	2° 40'	2° 45'	2° 50'
	O	1° 50'	1° 55'	2° 00'

Nota: En cuanto al significado de "angulo de reglaje", véase el párrafo 8.2.11.1.

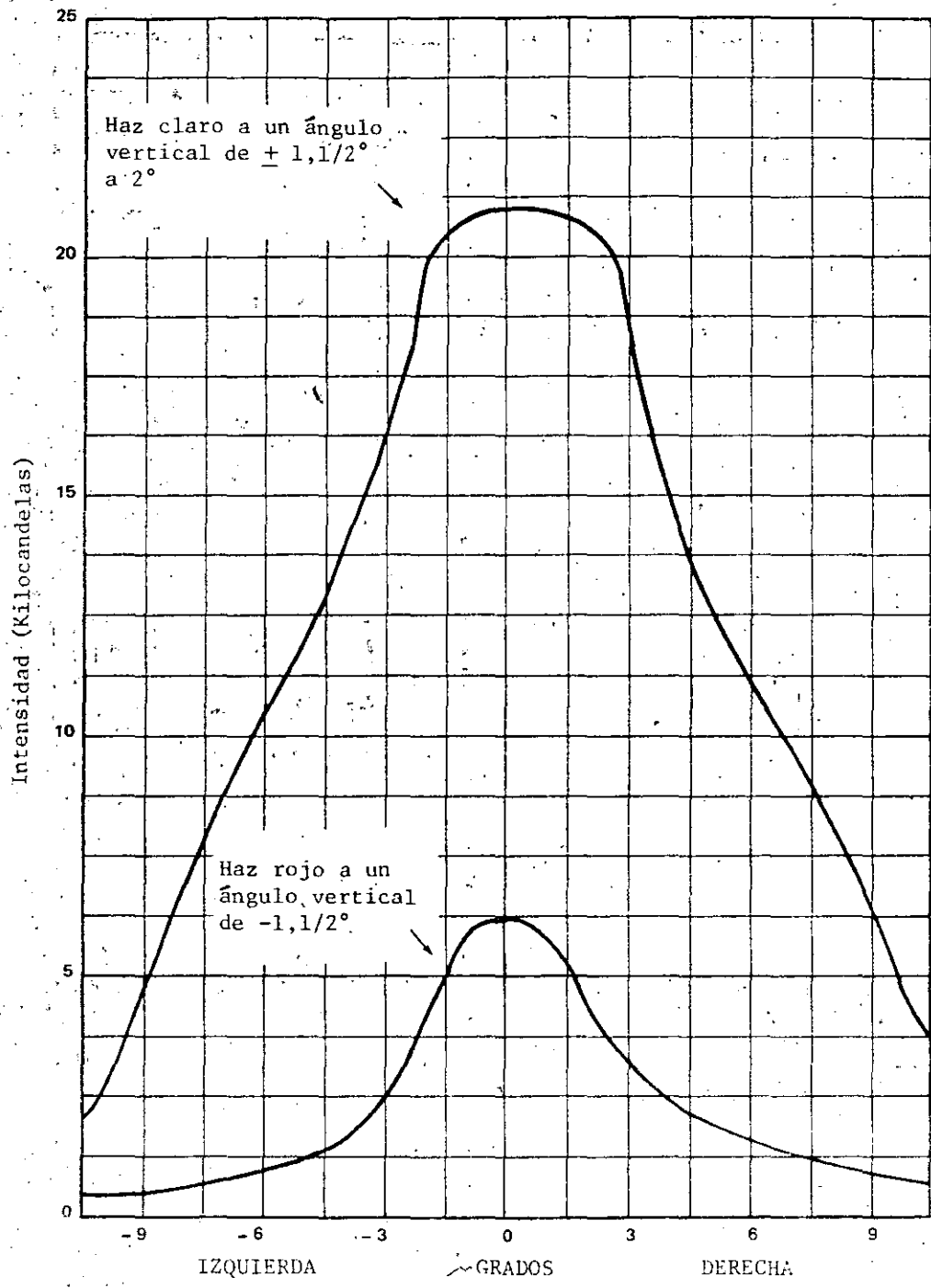


Figura 8-6.- Distribución horizontal de la intensidad

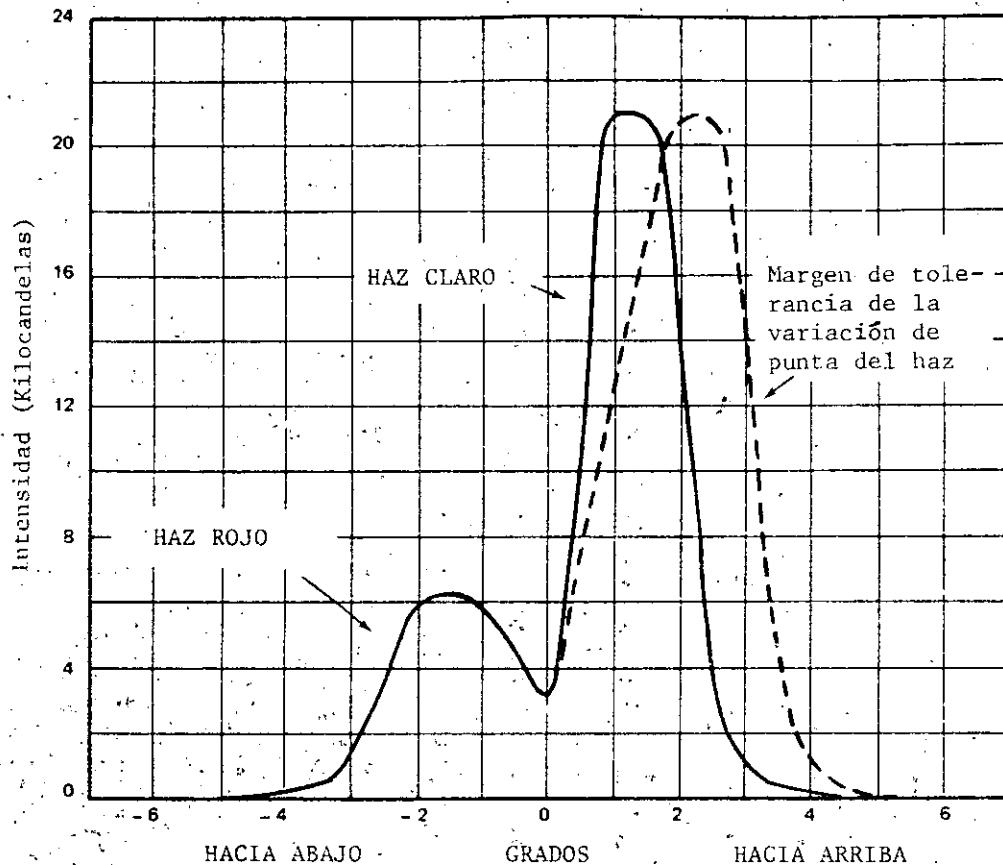


Figura 8-7.- Distribución vertical de la intensidad

pueden utilizarse ventajosamente en el VASIS de 3 BARRAS. En la Figura 8-5 a) se ilustra la distribución horizontal de un elemento típico de este tipo. En la Figura 8-5 b) se ilustra la distribución vertical con los filtros rojo y rosado instalados en el elemento, de modo que produzcan una pequeña zona rosada, mientras que en la Figura 8-5 c) se ilustra la distribución de una transición definida entre los sectores rojo y blanco de la señal.

8.2.10.4 Una versión económica del elemento luminoso normalizado VASI se utiliza en las pistas cortas destinadas principalmente a los aviones ligeros que no sean de reacción. Este elemento luminoso responde al mismo principio que el elemento luminoso normalizado, con la diferencia de que se vale de menos lámparas, siendo por consiguiente más estrecho. Este tipo de elemento se utiliza exclusivamente en la configuración AVASIS de la Figura 5-11 del Capítulo 5 del Anexo 14 y tiene un alcance de detección visual de 2,7 km. La fotometría de un elemento de este tipo se ilustra con las Figuras 8-6 y 8-7.

8.2.11 Reglaje de los elementos luminosos en elevación

8.2.11.1 Los elementos luminosos que forman cada par de barras de ala deberían tener el mismo ángulo de reglaje en elevación dentro de ± 2 minutos de arco. En el caso del sistema descrito en 8.2.10.2, el ángulo de elevación de un elemento luminoso se determina enfocando un teodolito o sextante de burbuja hacia la ranura, desde un punto situado a unos 30 m delante del elemento. El ángulo de elevación, se mide desde la altura en que la indicación roja del elemento abarca la parte más pequeña de la luz blanca que puede distinguirse. Este ángulo se conoce como ángulo de reglaje. En la práctica, el piloto de un avión que se aproxima reconocerá la luz del elemento por pasar del rosa al rojo en un ángulo de $1/8$ de grado por encima del ángulo de reglaje, y la profundidad real de la zona rosada de transición por encima de éste será de cerca de $1/4$ de grado. En la Tabla 8-1 se dan los ángulos de reglaje típicos para los elementos luminosos con dichas características. En el caso del sistema descrito en 8.2.10.3, el ángulo de reglaje de un elemento luminoso se ajusta colocando sobre el plano frontal de referencia del conjunto un nivel de precisión de burbuja. Un dispositivo de reglaje por tornillo regulador permite ajustar el haz luminoso a los ángulos de reglaje escogidos. Los ángulos de reglaje de estos elementos luminosos deberían determinarse de conformidad con la orientación proporcionada en 8.2.1 y 8.2.2 para el VASIS o el AVASIS; y en 8.2.4 a 8.2.6 para el VASIS de 3 BARRAS o el AVASIS de 3 BARRAS.

8.2.12 Montaje de los elementos luminosos

8.2.12.1 Las tolerancias normales para instalar los elementos luminosos que forman las barras de ala son las siguientes:

- a) La cara anterior de los elementos debería colocarse en un plano perpendicular al eje de la pista con 1° de tolerancia.
- b) Las ranuras de los elementos deberían estar al mismo nivel, con 5 cm de tolerancia, y las ranuras de cada elemento deberían ser horizontales, con $1/4$ de grado de tolerancia. Para los elementos de tipo proyector es necesario tomar como referencia el eje que une los centros de las lentes frontales.
- c) Los bordes inferiores de las ranuras o la parte inferior de la lente frontal deberían estar a menos de 30 cm del nivel del punto más cercano del eje de la pista y a 3 m como máximo, en sentido longitudinal, de la línea de la barra de ala situada en el lado opuesto de la pista. Esto quizá no pueda lograrse cuando el terreno tenga una pendiente transversal, y en estas circunstancias la posición de la barra o barras de ala deberá desplazarse longitudinalmente una distancia correspondiente a la diferencia de nivel dividida por la tangente del ángulo de reglaje en dirección hacia el umbral si las ranuras están más altas, y viceversa. Para la instalación de un VASIS de 3 BARRAS, el ángulo crítico de la barra de ala posterior será de unos $3^\circ 15'$ y el ajuste longitudinal para esta barra de ala debería ser 17 veces y media la diferencia de nivel. Donde el terreno sea más alto los elementos deben montarse lo más cerca posible del suelo. Si la pendiente transversal fuera tan grande que exigiera una separación longitudinal de más de 30 m entre las barras de ala teóricamente opuestas, no debería excederse esta distancia, pero las barras de ala del lado más bajo deberían montarse, si fuera necesario, a un nivel más alto.

8.2.12.2 El elemento luminoso situado más al interior de cada barra debería colocarse a una distancia no inferior a 15 m ni superior a 23 m del borde de la pista. La distancia mínima de separación con respecto a las calles de rodaje no debería ser inferior a la establecida en la Tabla 3-1 del Capítulo 3 del Anexo 14.

8.2.12.3 Para una instalación permanente, como es normalmente el caso, se dispondrán losas de hormigón para sostener los pilares de soporte de los elementos luminosos. A fin de no constituir un obstáculo para las aeronaves que se salen sobre la instalación, las losas deberían disponerse, bien sea hundidas con respecto al nivel del suelo, o con los lados de las losas inclinados, de modo que las aeronaves rueden sobre las losas sin sufrir daños. En el primer caso se rellenará la cavidad sobre la losa con material apropiado. Esta instalación, junto al hecho de que los elementos y sus soportes están contruidos de manera frangible, garantiza que una aeronave que pase sobre un elemento no sufra daños apreciables. Cuando un elemento luminoso pueda sufrir los efectos del chorro de una aeronave que despegue o que vire en la pista, quizá sea necesario disponer de un deflector de chorro de gases, y tomar otras medidas para proteger dicho elemento.

8.2.12.4 Es normal que las barras de ala de uno de los lados de la pista se alimente por un circuito en serie diferente del que alimenta las barras de ala del otro lado de la pista. Esta característica, y el hecho de que cada elemento contiene varias lámparas, reduce la posibilidad de que se den indicaciones inadecuadas o engañosas en caso de fallo de un circuito o de una lámpara.

8.2.13 Verificación en vuelo - VASIS y VASIS de 3 BARRAS

8.2.13.1 Al instalar el sistema debería realizarse una verificación en vuelo, tanto de día como de noche, durante la cual deberían comprobarse los puntos siguientes:

- a) que los elementos luminosos que forman cada par de barras de ala no aparezcan en forma desalineada, que cambien de color simultáneamente, y que se presenten en una línea esencialmente horizontal;
- b) que la profundidad del sector de transición de los elementos luminosos satisfaga los requisitos de 5.3.6.13 del Capítulo 5 del Anexo 14;
- c) que el alcance efectivo de los elementos luminosos satisfaga los requisitos de 5.3.6.14 del Capítulo 5 del Anexo 14, debiendo comprobarse la medida en que parecen responder a la recomendación de 5.3.6.15 del Capítulo 5 del Anexo 14;
- d) que las intensidades de los distintos elementos luminosos sean las mismas y que el control de intensidad proporcionado sea adecuado para las operaciones, tanto diurnas como nocturnas;
- e) que la pendiente de aproximación indicada por los elementos luminosos sea satisfactoria para las operaciones y que cuando se disponga de una trayectoria de planeo no visual, las indicaciones visuales y no visuales sean compatibles;
- f) que ninguna otra luz del aeródromo impida la clara interpretación de las señales procedentes de los elementos luminosos;
- g) que el reglaje de elevación de las barras de ala anteriores sea tal que asegure un margen de franqueamiento suficiente de todos los obstáculos en la aproximación, según se requiere en 5.3.6.21 del Capítulo 5 del Anexo 14.

Ulteriormente deberían realizarse verificaciones periódicas en vuelo para comprobar especialmente los puntos indicados en a) y e).

8.2.14 Verificaciones en tierra del VASIS y el VASIS de 3 BARRAS

8.2.14.1 Las verificaciones en tierra, descritas a continuación deberían realizarse al principio diariamente, hasta que se asegure la estabilidad del sistema. Después de este período inicial, normalmente basta con una verificación por semana.

8.2.14.2 Pueden emplearse varios métodos para efectuar las verificaciones periódicas de los ángulos de reglaje de los elementos luminosos. Un método simple, que ha resultado eficaz en la práctica, consiste en utilizar una mira topográfica, marcada con la designación o designaciones de la pista de que se trate. En la parte superior de la mira hay una pequeña pantalla rectangular transparente de color verde que lleva grabadas dos líneas horizontales separadas entre sí por unos 5 cm y que corresponden a unos 5 minutos de arco a la distancia a que se ha de usar la mira.

8.2.14.3 La mira topográfica se coloca sobre una base de hormigón situada frente a cada elemento. Estas bases están situadas de manera que si el observador puede distinguir algún indicio de luz blanca entre las líneas horizontales de la pantalla, el elemento está dentro de la tolerancia. Si se puede ver luz blanca por debajo de la línea inferior, el reglaje se ha hecho demasiado bajo, y si no se puede ver luz blanca hasta que su ojo está por encima de la línea superior, el reglaje se ha hecho demasiado alto. Con el fin de que pueda utilizarse la misma mira para todos los elementos de una instalación determinada, la distancia de cada base de hormigón frente a su elemento correspondiente debe ajustarse para tener en cuenta la diferencia de nivel entre la base de hormigón y el elemento luminoso.

8.2.14.4 Las verificaciones en tierra de los elementos luminosos de tipo proyector se efectúan de conformidad con el procedimiento descrito en 8.2.11.1. En caso de que ocurran daños a una lámpara de un bloque óptico, puede hacerse la sustitución por una lámpara del mismo tipo inmediatamente, sin afectar el reglaje de la trayectoria de planeo.

8.3 T-VASIS

8.3.1 Emplazamiento

8.3.1.1 En la práctica, raramente se presenta la disposición ideal que se indica en la Figura 5-13 del Anexo 14, debido a las variaciones del terreno, pero de todos modos constituye la base del sistema.

8.3.1.2 El emplazamiento normal de la línea de dispositivos luminosos es de 52,5 m, a partir del eje de la pista. Esto se basa en una pista de 45 m de ancho y es adecuado también para pistas más estrechas. En el caso de una pista más ancha, sería necesario emplazar los dispositivos a una distancia mayor del eje. No deberían emplazarse dispositivos luminosos a una distancia menor de 15 m del borde de una pista o calle de rodaje.

8.3.1.3 Al preparar un proyecto para la instalación de un sistema, puede ser necesario cambiar las dimensiones establecidas en la disposición ideal, debido al emplazamiento de las calles de rodaje o a otras características que se encuentren a lo largo de la pista y se ha encontrado que estas dimensiones pueden variarse hasta un 10% sin afectar el aspecto del sistema. El conjunto puede comprimirse o ampliarse longitudinalmente y la modificación puede efectuarse en la totalidad del sistema o solamente en la parte correspondiente al "ascenso" o al "descenso"; sin embargo, es preferible evitar la compresión de las patas indicadoras de "ascenso", ya que en los ángulos menores de observación es inconveniente introducir cualquier acortamiento aparente de la señal de "ascenso".

8.3.1.4 Los contornos de la franja de pista no deberían causar ninguna distorsión aparente del sistema tal como lo ve el piloto en la pendiente correcta de aproximación y, por lo tanto, los elementos luminosos se desplazan para compensar la diferencia de nivel entre el umbral y la posición final de los elementos luminosos, requiriéndose un desplazamiento longitudinal 20 veces mayor que la diferencia de nivel.

8.3.1.5 Vistas desde la pendiente de aproximación, las barras de ala deberían presentarse al mismo nivel. Un par de elementos luminosos a través de la pista debería aparecer también al mismo nivel. Después de haber tenido en cuenta la diferencia de altura entre los lados opuestos de la pista, la diferencia entre el emplazamiento longitudinal de las barras de ala o el emplazamiento longitudinal de cada elemento luminoso de un par concordante, debería ser inferior a 1,5 m.

8.3.1.6 Para una instalación permanente, como es normalmente el caso, se dispondrán losas de hormigón para sostener los pilares de soporte de los elementos luminosos. A fin de no constituir un obstáculo para las aeronaves que se salen sobre la instalación, las losas deberían disponerse, bien sea hundidas con respecto al nivel del suelo, o con los lados de las losas inclinados, de modo que las aeronaves rueden sobre las losas sin sufrir daños. En el primer caso se rellenará la cavidad sobre la losa con material apropiado. Esta instalación, junto al hecho de que los elementos y sus soportes están contruidos de manera frangible, garantiza que una aeronave que pase sobre un elemento no sufra daños apreciables. Cuando un elemento luminoso pueda sufrir los efectos del chorro de una aeronave que despegue o que vire en la pista, quizás sea necesario disponer de un deflector de chorro de gases, y tomar otras medidas para proteger dicho elemento.

8.3.2 Selección del ángulo de la pendiente de aproximación visual

8.3.2.1 Aunque la pendiente normal de aproximación es de 3° , puede seleccionarse otra pendiente de aproximación a base de las consideraciones siguientes:

- a) para lograr un ángulo de pendiente de aproximación visual que sea igual al ángulo de la pendiente de aproximación de una trayectoria de planeo no visual, cuando se suministre;
- b) pueden encontrarse obstáculos en el área de aproximación, que obliguen a seleccionar un ángulo de pendiente de aproximación mayor.

Nota.- En la operación de grandes aeronaves de transporte no se utilizan generalmente ángulos de pendiente de aproximación que excedan de aproximadamente 3° .

8.3.2.2 Las señales del T-VASIS pueden ser visibles en el área indicada en la Figura 8-8. Si se desea suministrar franqueamiento de obstáculos en toda esta zona será necesario hacer un levantamiento topográfico de un área de la forma y dimensiones indicadas en la Figura 8-8. Más allá de una distancia de 3 200 m, basta generalmente consultar un mapa a gran escala. Ningún obstáculo debería sobresalir de un plano cuya pendiente sea de $1^\circ 54'$ (1:30), que comience en el umbral de la pista.

8.3.2.3 Debido a que el sistema es visible en áreas donde no se garantiza protección en cuanto a franqueamiento de obstáculos, éste no debería utilizarse como guía de pendiente de aproximación hasta que la aeronave se encuentre alineada con la pista. Debido a la amplia cobertura en azimut, el sistema suministra, en efecto, información a las aeronaves en su tramo básico, aunque no debería confiarse solamente en esta información para fines del descenso.

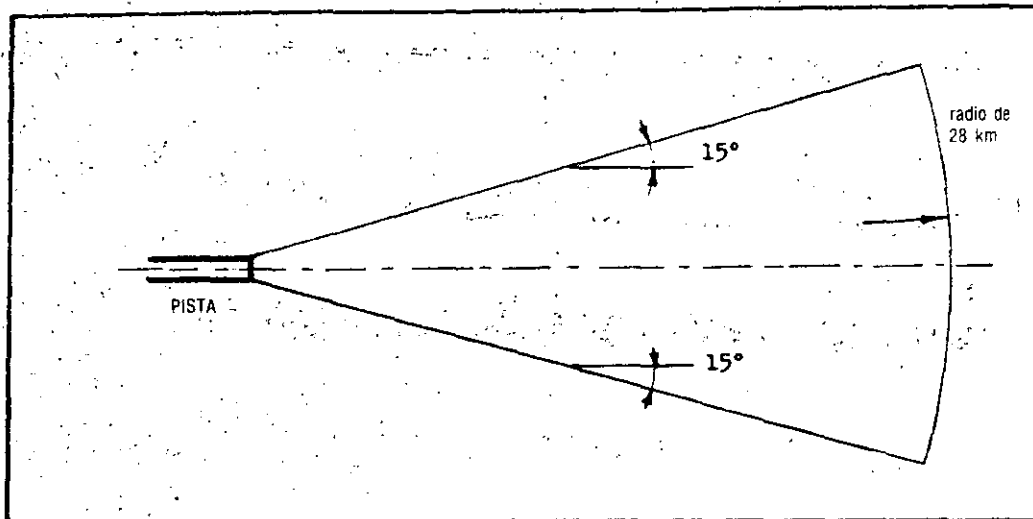


Figura 8-8.- Area de visibilidad de señales del T-VASIS

8.3.3 Altura del nivel visual sobre el umbral

8.3.3.1 A base de una altura nominal del nivel visual sobre el umbral de 15 m, los pilotos pueden seleccionar en la tabla siguiente una indicación de la trayectoria de aproximación visual que les indique la altura requerida de las ruedas sobre el umbral:

<u>Luces visibles</u>	<u>Altura del nivel visual sobre el umbral</u>
Barra de ala solamente	de 13 a 17 m
Barra de ala y un elemento indicador de "descenso"	de 17 a 22 m
Barra de ala y dos elementos indicadores de "descenso"	de 22 a 28 m
Barra de ala y tres elementos indicadores de "descenso"	de 28 a 54 m

Nota.- Cuando la altura del nivel visual sea superior a unos 30 m aproximadamente, es decir, dos veces la pendiente de aproximación nominal, las luces se tomarán progresivamente invisibles, comenzando por la barra de ala.

8.3.4 Elementos luminosos del T-VASIS (con láminas limitadoras)

Descripción de los elementos luminosos

8.3.4.1 El T-VASIS utiliza tres tipos de elementos luminosos de la misma construcción básica, que únicamente varían en los detalles. Las tres variaciones son:

- a) El elemento luminoso de indicación "descenso", que se muestra en la Figura 8-9 A), está instalado en la pata longitudinal de la "T" invertida y lleva una lámina limitadora posterior dispuesta encima del haz, y una lámina limitadora frontal por debajo del haz. Produce un haz que se extiende desde una elevación de 6" hasta aproximadamente la pendiente de aproximación, para cuyo valor se extingue bruscamente. Su tapa de fibra de vidrio no llega hasta el frente del elemento.

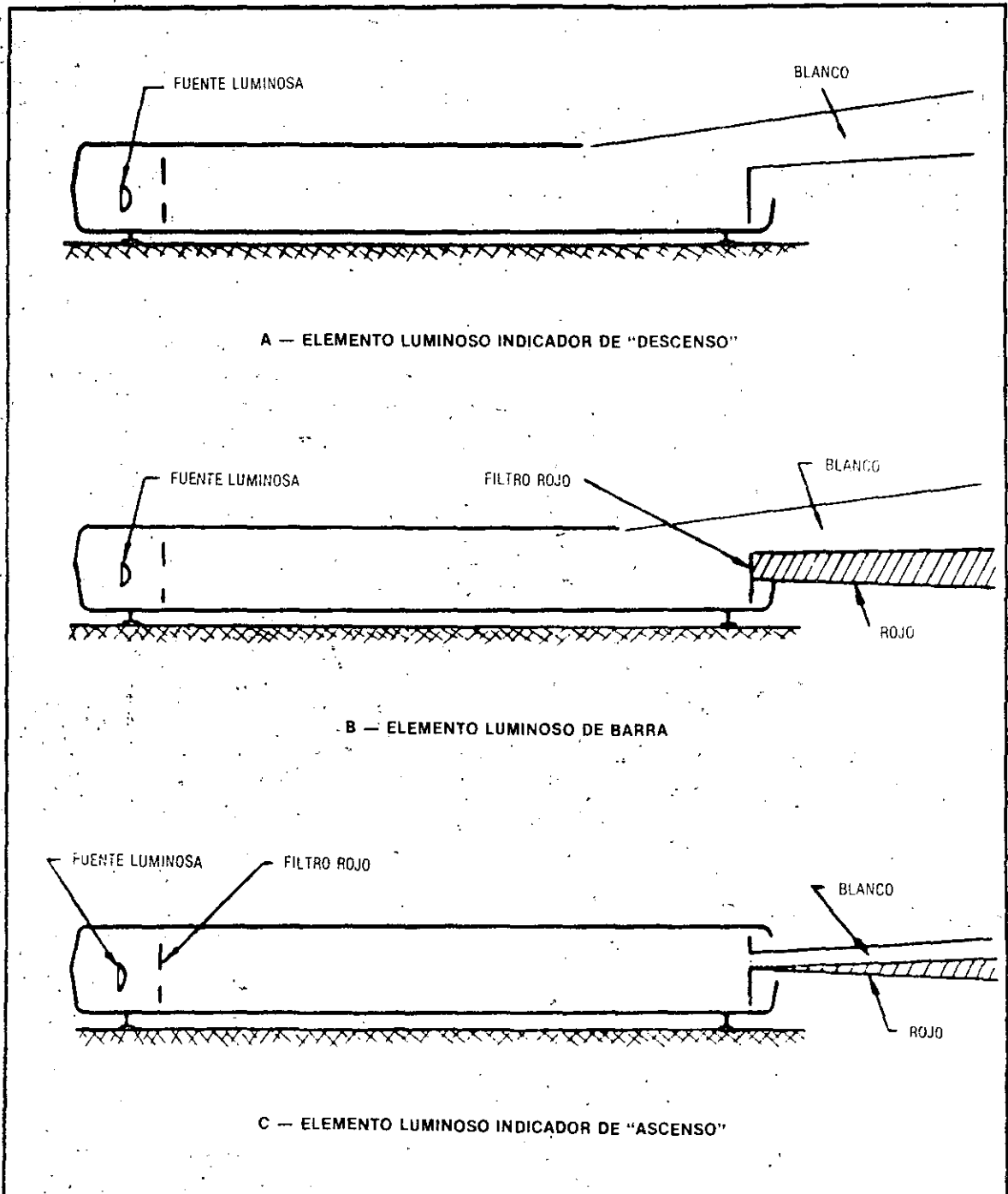
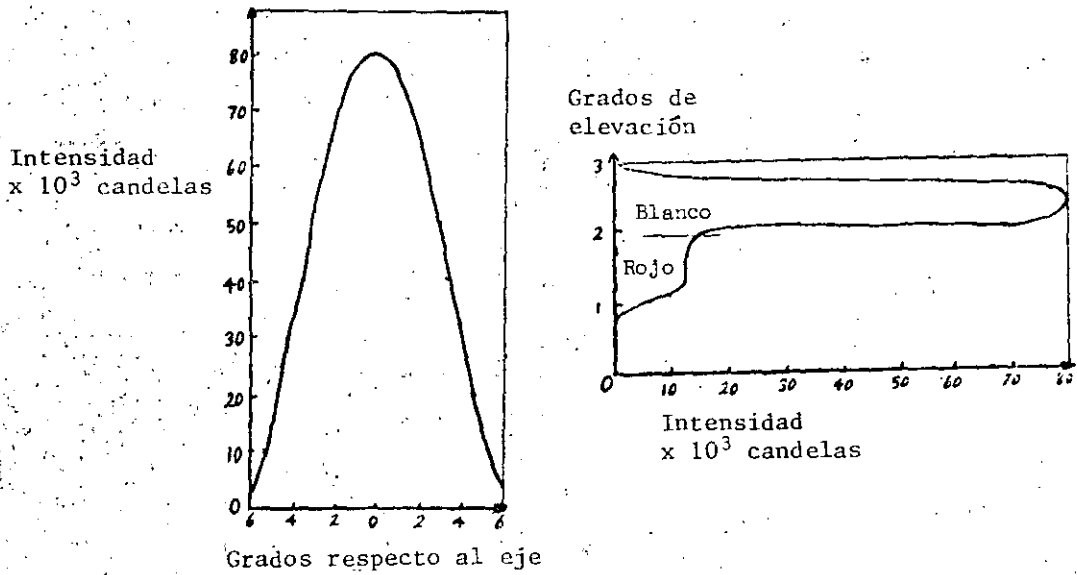


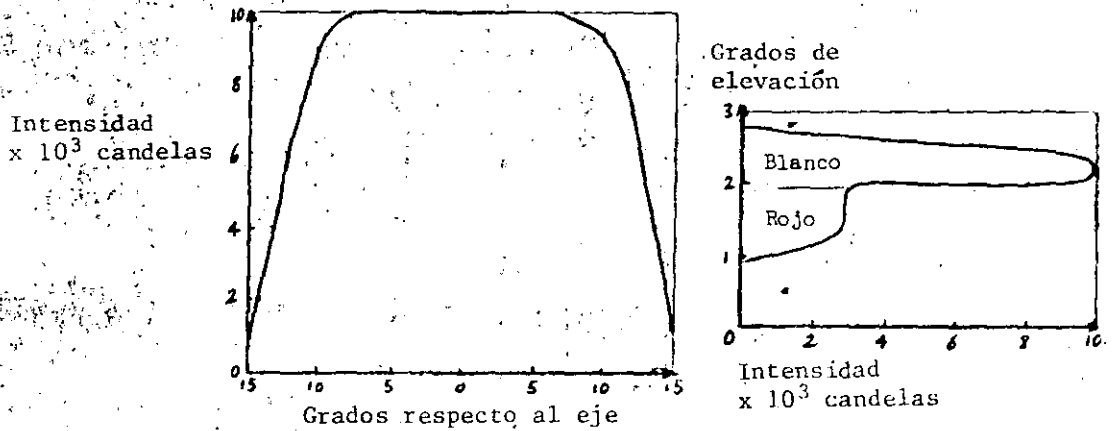
Figura 8-9.- Elementos luminosos del T-VASIS (con láminas limitadoras)



DISTRIBUCION HORIZONTAL A TRAVES DEL PICO DEL HAZ

DISTRIBUCION VERTICAL EN AZIMUT DE 0°

DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD DEL ELEMENTO LUMINOSO INDICADOR DE "ASCENSO" DEL T-VASIS (INTENSIDAD DIURNA MAXIMA)



DISTRIBUCION HORIZONTAL A TRAVES DEL PICO DEL HAZ

DISTRIBUCION VERTICAL EN AZIMUT DE 0°

DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD DEL ELEMENTO LUMINOSO INDICADOR DE "ASCENSO" DEL T-VASIS (INTENSIDAD NOCTURNA MAXIMA)

Figura 8-10.- Distribución de la intensidad del elemento luminoso (con láminas limitadoras) del T-VASIS (véase 8.3.4)

- b) El elemento luminoso de barra, que aparece en la Figura 8-9 B), forma parte del brazo horizontal de la "T". Está caracterizado por una lámina delimitadora posterior, dispuesta encima del haz, y lleva un filtro rojo en la parte inferior del frente. Este elemento luminoso produce un haz desde el nivel del suelo hasta una elevación de 6° ; siendo rojo en su parte inferior hasta un ángulo de $1^\circ 54'$. La etapa, como en el caso del elemento de indicación "descenso", no cubre la parte frontal del elemento.
- c) El elemento luminoso de indicación "subida", que se muestra en la Figura 8-9 C), está instalado en la pata longitudinal de la "T" directa y lleva una lámina delimitadora posterior por debajo del haz, la cual, junto con una chapa delimitadora frontal por encima del haz, causa la extinción brusca en la parte alta del haz. Este elemento luminoso produce un haz desde un ángulo aproximadamente igual al de la aproximación nominal hasta el nivel del suelo, siendo rojo en su parte inferior por debajo de $1^\circ 54'$. A diferencia de los otros tipos de elementos luminosos, el elemento de indicación "subida" está totalmente cubierto.

8.3.4.2 Las láminas delimitadoras llevan perfiles de refuerzo en los costados verticales, haciéndose la fijación por el borde superior de las mismas. La lámina delimitadora se monta de forma que la distancia entre la superficie activa de la chapa y el material de fijación se mantenga dentro de márgenes de tolerancia muy estrictos.

8.3.4.3 Apoyado en los esfuerzos de montaje de las láminas anterior y superior, se coloca un nivel de gran sensibilidad, especialmente diseñado; se ajusta luego el elemento hasta que los refuerzos de montaje queden a nivel, con lo cual el elemento luminoso estará reglado al ángulo especificado.

Lámparas

8.3.4.4 La mayoría de las lámparas utilizadas en los sistemas de iluminación de los aeródromos están previstas para integrar equipo preciso de proyección capaz de emitir haces luminosos regulados que cumplan las normas establecidas. A este respecto, las lámparas del T-VASIS no constituyen una excepción. Debido a la amplitud más bien reducida del haz, sobre todo en elevación, y a las intensidades relativamente grandes que se exigen del sistema, se ha visto que las lámparas PAR (bombillas construidas de dos partes de vidrio moldeado, el reflector y las lentes, que están fundidos juntos), son las que mejor satisfacen los requisitos pertinentes.

8.3.4.5 Las lámparas se pueden reglar independientemente en azimut y en elevación y hay dos grupos preparados de lámparas que funcionan en circuitos distintos para las operaciones diurnas y nocturnas, respectivamente.

Reglaje final

8.3.4.6 El reglaje final del sistema implica la alineación correcta de cada lámpara, junto con la nivelación transversal y la nivelación longitudinal precisa de cada elemento luminoso. Del cuidado con que se efectúen tales ajustes dependerá la precisión del sistema.

8.3.4.7 Sirviéndose del nivel para reglar primero un lado y después el otro del elemento luminoso, es posible ajustar la totalidad del sistema de forma que los bordes delimitadores de los haces luminosos resultantes no difieran en más de 30 segundos de arco de los ángulos de elevación requeridos.

8.3.4.8 Una vez fijados de ese modo todos los elementos luminosos, debe verificarse periódicamente la nivelación de cada elemento; al principio con bastante frecuencia, pero cuando se haya visto que hay estabilidad, las verificaciones pueden hacerse cada seis meses.

8.3.4.9 Para obtener una señal nítida y el máximo alcance del sistema es esencial que se utilice el sector más intenso del haz que proyecta la lámpara.

8.3.4.10 Esto puede conseguirse mediante un blanco u objetivo que se instale temporalmente delante del elemento luminoso, de forma que cada lámpara pueda alinearse correctamente, variando el reglaje en azimut y elevación.

8.3.4.11 A causa de las variaciones que existen en la fabricación de las lámparas, es obligatorio efectuar, después de rectificar la alineación, una verificación visual de cada elemento luminoso desde una distancia de unos 10 m. A través de la abertura efectiva constituida por las chapas superior e inferior, puede hacerse una verificación de la característica de variación lineal de la intensidad y, si fuese necesario, por un ayudante a las órdenes del observador; puede hacerse una verificación de que la señal aparece o desaparece simultáneamente sobre la totalidad de la anchura, es decir, no debe dar la apariencia de que se desliza lateralmente en la abertura si el observador levanta o baja la vista. Además, cada lámpara debería mostrar el área de destello máxima - es decir, la línea fina de luz debería ser continua, no como línea de trazos.

8.3.5 Elementos luminosos para el T-VASIS (Tipo proyector)

8.3.5.1 En la Figura 8-11 se indica en principio otro método para suministrar los haces luminosos requeridos en un T-VASIS.

8.3.5.2 De modo similar, para la proyección de las unidades VASIS que se describen en 8.2.10.3, los haces se forman iluminando una placa filtro de diafragma ubicada en el plano focal de una lente de proyección. Todos los componentes ópticos asociados con cada lámpara están contenidos en una unidad óptica que es sustituible individualmente, además de la posibilidad de sustituir la lámpara. Se suministra un cierto número de elementos ópticos para las operaciones diurnas y una cantidad menor para operaciones nocturnas.

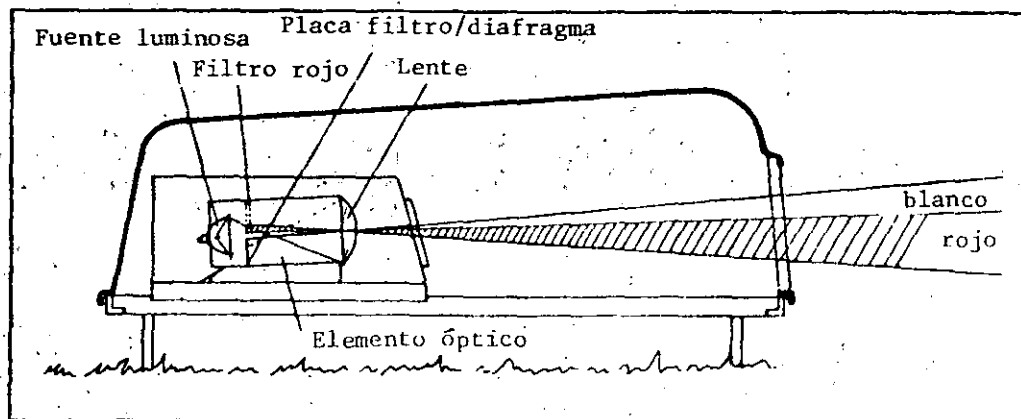
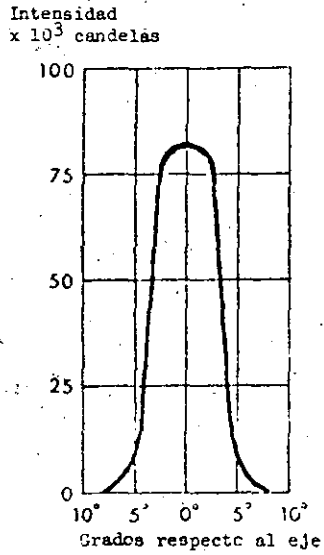
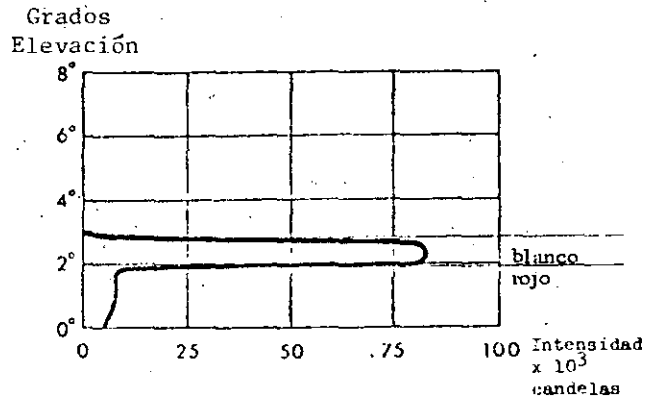


Figura 8-11.- Elemento indicador de "ascenso" del T-VASIS - Sistema óptico típico (Tipo proyector)

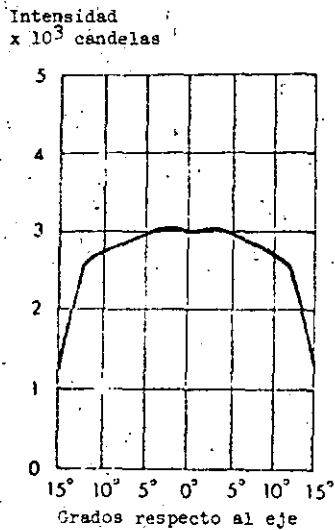


DISTRIBUCIONES LUMINOSAS TÍPICAS
ELEMENTO INDICADOR DE ASCENSO
DEL T-VASIS (DURANTE EL DÍA)

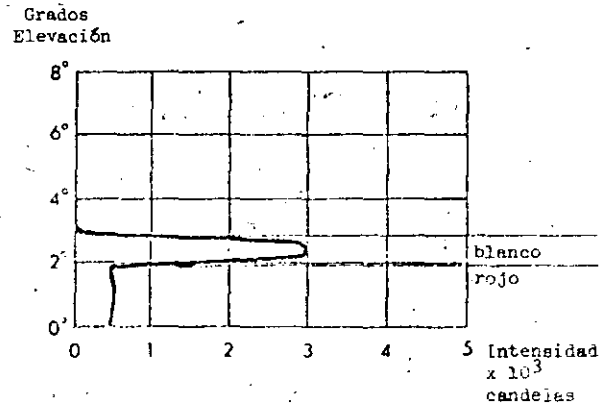


DISTRIBUCION HORIZONTAL EN LA
PARTE SUPERIOR DEL HAZ

DISTRIBUCION VERTICAL EN
AZIMUT DE 0°



DISTRIBUCIONES LUMINOSAS TÍPICAS
ELEMENTO INDICADOR DE ASCENSO
DEL T-VASIS (DURANTE LA NOCHE)



DISTRIBUCION HORIZONTAL EN LA
PARTE SUPERIOR DEL HAZ

DISTRIBUCION VERTICAL EN
AZIMUT DE 0°

Figura 8-12.- Distribuciones de la intensidad de los elementos de indicación "ascenso" del T-VASIS - Tipo proyector (véase 8.3.5)

8.3.5.3 El principio de construcción empleado permite utilizar un modelo de unidad en todas las posiciones de un T-VASIS, es decir, como unidad de barra de ala, como elemento de indicación "ascenso" y como elemento de indicación "descenso". La única diferencia existe en las placas filtro diafragma y en el reglaje de elevación de las unidades ópticas. Teniendo en cuenta este hecho, solamente se muestra una unidad en la Figura 8-11. El haz de indicación "ascenso" se selecciona como muestra, por ser el más crítico.

Lámparas

8.3.5.4 Las lámparas utilizadas en la operación diurna y en la operación nocturna tienen una focalización de precisión idéntica; las fuentes luminosas están montadas en reflectores. La diferencia entre la cobertura del haz requerido para la operación diurna y la nocturna se obtiene utilizando lentes diferentes en las unidades ópticas diurnas y nocturnas.

Ajuste final

8.3.5.5 El ajuste final consiste únicamente en una nivelación transversal y en una nivelación longitudinal precisa del conjunto óptico. Habiéndose ajustado los ángulos del haz en fábrica, y siendo las unidades ópticas compactas y rígidas, la verificación ulterior de los ángulos de los haces solamente representa una confirmación.

8.3.5.6 La verificación inicial y las verificaciones de confirmación posteriores en tierra se llevan a cabo mediante un dispositivo que lleva un nivel de precisión y un telescopio en combinación con una mira. No es necesario que haya bases de hormigón para esta mira.

8.3.5.7 Las unidades que se describen aquí poseen típicamente una distribución de intensidad como se indica en la Figura 8-12. Normalmente se suministran unidades con tres reglajes de intensidad para operaciones diurnas y otros tres reglajes de intensidad para operaciones nocturnas. En algunos casos, se utilizan unidades con cinco reglajes de intensidad.

8.3.6 Verificación en vuelo

8.3.6.1 Al instalar el dispositivo debería efectuarse una verificación en vuelo, tanto de día como de noche, durante la cual deberían verificarse los puntos siguientes:

- a) las luces aparecen con una intensidad uniforme en todo el sistema;
- b) las luces que forman el conjunto aparecen aproximadamente en un plano horizontal;
- c) las luces correspondientes, en lados opuestos de la pista, aparecen simultáneamente y, cuando corresponde cambiar de color, lo hacen simultáneamente;
- d) el sistema indica la pendiente correcta de aproximación y se muestran los ángulos correctos de visión;
- e) los dispositivos luminosos de la "T" que indican "descenso" y "ascenso" aparecen en etapas uniformes a medida que cambia la pendiente de aproximación;
- f) las barras y las unidades luminosas de la "T" que indican "ascenso", cambian de color al ángulo correcto;
- g) la gama a partir de la cual puede volarse en el sistema, es aceptable;
- h) el azimut, medido en la prolongación del eje de la pista, a través del cual el sistema es visible en su conjunto, tanto para condiciones diurnas como nocturnas, es satisfactorio;

- i) la progresión de las etapas de reglaje de intensidad es aceptable;
- j) la intensidad del sistema concuerda con la de las luces de pista cuando se seleccionan ambas con el mismo reglaje;
- k) el franqueamiento de obstáculos con el sistema "rojo solamente", es adecuado.

Si los ángulos d), f) y k) se miden durante la verificación efectuada de día, no es necesario volver a medirlos de noche, ya que es suficiente la determinación subjetiva.

8.3.6.2 Las verificaciones siguientes deberían efectuarse en ensayos en vuelo periódicos:

- a) se indica la pendiente correcta de aproximación;
- b) la sensibilidad de la indicación de que se encuentra en la pendiente es aceptable. Si el primer elemento luminoso de indicación "ascenso" y el primero de indicación "descenso" se reglan en ángulos divergentes, la sensibilidad será demasiado gruesa;
- c) la señal roja en las unidades luminosas de barras de ala y los elementos luminosos de indicación "ascenso", es satisfactoria;
- d) el cambio de una "T" completa de "ascenso" a una "T" completa de "descenso" ocurre en una progresión continua y las luces a cada lado de la pista se encienden simultáneamente;
- e) las luces poseen una intensidad uniforme.

8.4 PAPI

Características de los elementos PAPI

8.4.1 Tipo de señal

8.4.1.1 En el sistema PAPI se utilizan elementos que producen una señal luminosa, roja en la parte inferior y blanca en la superior. La Figura 8-13 muestra el principio óptico de estos elementos.

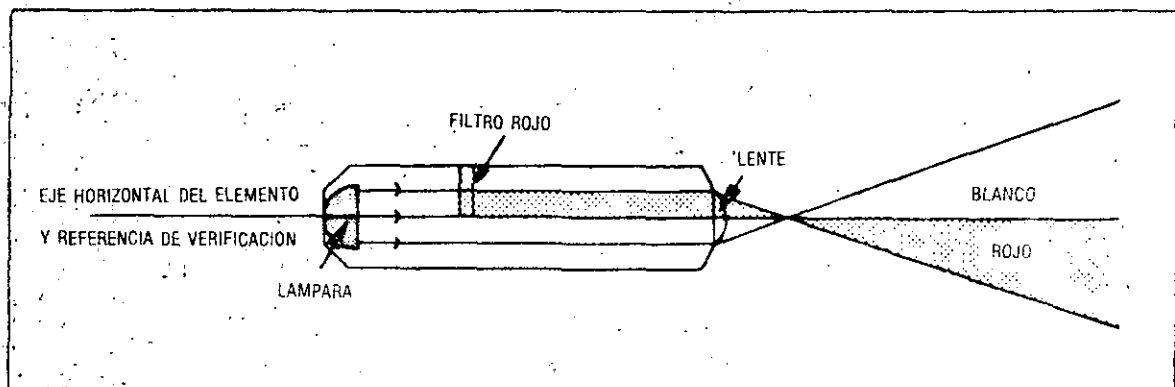


Figura 8-13.- Elemento luminoso del PAPI

8.4.2 Especificaciones del equipo

8.4.2.1 La transición entre las señales roja y blanca vistas a más de 300 m debe ser prácticamente instantánea. En las especificaciones del equipo PAPI debe, por lo tanto, definirse no sólo el diagrama general de líneas isolumínicas y las coordenadas de los colores de la señal en los sectores rojo y blanco, sino también las características de transición definida.

8.4.2.2 Los elementos que, según se ha comprobado, ofrecen una transición definida satisfactoria tienen una zona de transición no superior a 3 minutos de arco en profundidad en el centro del haz, que aumenta hasta no más de 5 minutos en los bordes horizontales hasta 15° a ambos lados del centro.

8.4.3 Angulos de reglaje

8.4.3.1 En el proceso de fabricación, el centro del plano de transición se alinea exactamente con el eje horizontal del elemento, que es la referencia para el ángulo de reglaje (Figura 8-13). El ángulo de reglaje del elemento y la elevación del haz son por lo tanto idénticos y para su reglaje o verificación puede utilizarse un clinómetro o un instrumento equivalente.

8.4.4 Brillantez

8.4.4.1 Los elementos PAPI que se ajustan a los diagramas de distribución de la intensidad 8-5a y 8-5c se consideran apropiadas para los aeropuertos principales, pero se ha observado que este requisito se puede expresar mejor a base del diagrama de líneas isolumínicas (Figura 8-14). Acaso se necesiten reglajes de brillantez de dos a cinco, según sean la intensidad de los elementos, las condiciones de operación y el medio ambiente del aeródromo.

8.4.5 Instalación en tierra

8.4.5.1 Al igual que en cualquier sistema de precisión, es indispensable que las bases de los elementos PAPI sean sólidas. Por consiguiente deben utilizarse bases de hormigón para lograr la máxima estabilidad. Su forma debe ser tal que presenten el mínimo peligro en el caso de que una aeronave choque con ellas (para más información véase el párrafo 8.2.12.3).

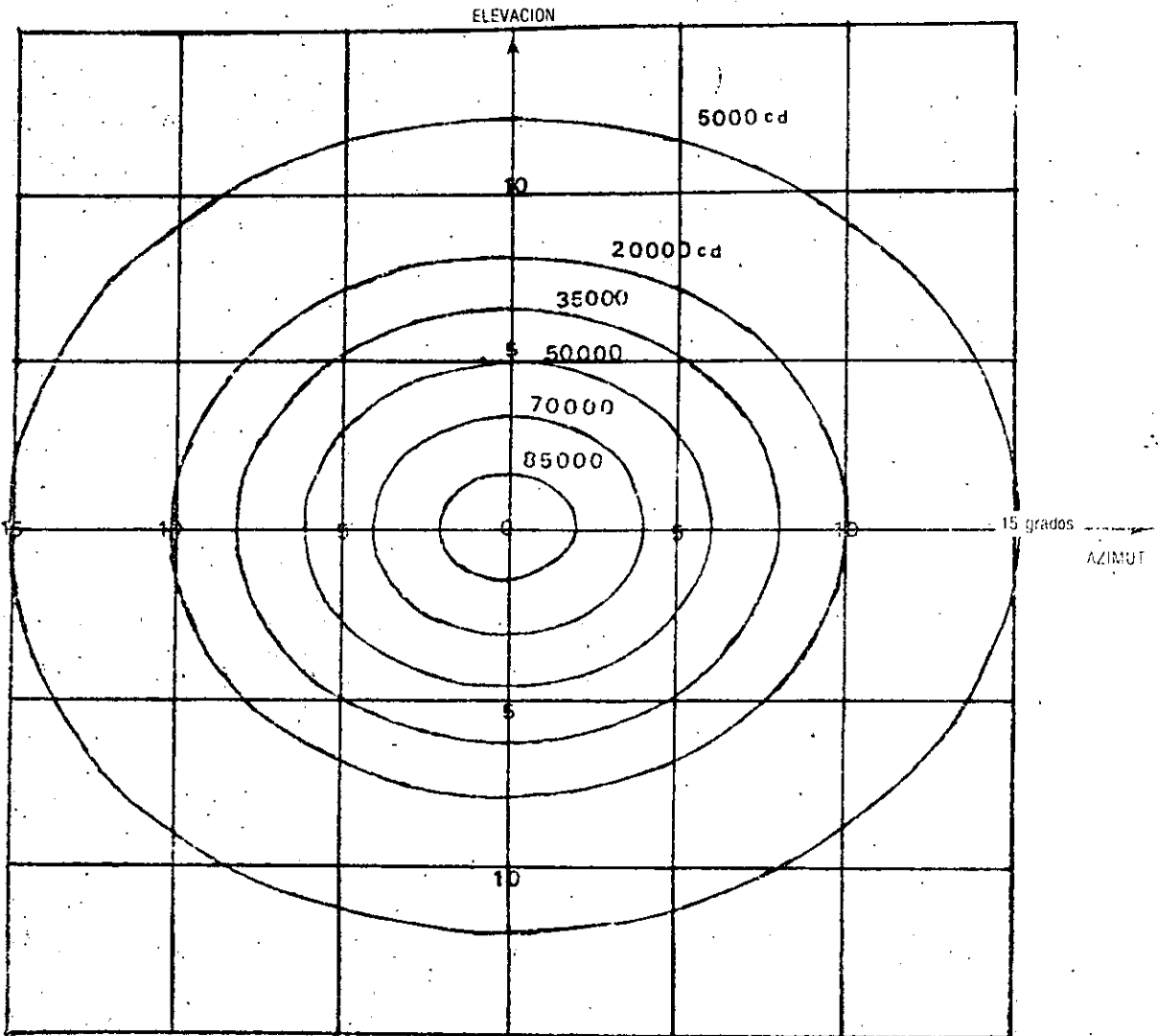
8.4.6 Frangibilidad y resistencia al chorro

8.4.6.1 Los elementos deben fijarse sobre su base mediante sujetadores débiles, a fin de que si una aeronave choca con uno de ellos, lo arrastra hacia adelante.

8.4.6.2 Puesto que estos elementos son más pequeños que los de la mayoría de los VASIS y, además, no tienen ranuras, conservan su ángulo de reglaje al ser expuestos al chorro del reactor.

8.4.7 Resistencia a las materias extrañas

8.4.7.1 Los elementos del PAPI están normalmente contenidos en receptáculos cerrados, salvo por lo que respecta a los agujeros de drenaje. Por lo tanto, no pueden penetrar en ellos materias extrañas.



- Notas: 1) *sin filtro*
2) *factor mínimo de transmisión del sector rojo (inferior) 15%*

Figura 8-14.- PAPI - Diagrama de líneas isoluminicas

8.4.8 Hielo y condensación

8.4.8.1 Para evitar la acumulación de hielo y la condensación en las lentes de los elementos luminosos, quizá se necesiten pequeños calentadores (50-150W). Cuando no funciona el elemento, el empleo de dispositivos luminosos de baja intensidad (bombillas de 20 W) también ha demostrado ser un método preventivo satisfactorio. Los elementos que no cuentan con medios que permitan mantener templadas las lentes requieren, antes de utilizarse, un período breve previo de calentamiento a plena intensidad, a fin de dispersar la condensación o derretir el hielo depositado en las lentes.

8.4.9 Inspección inicial en vuelo

8.4.9.1 Las autoridades competentes deberían llevar a cabo una inspección en vuelo de la nueva instalación para comprobar el funcionamiento correcto del sistema. La inspección debería comprender la verificación del alcance de los ángulos de reglaje, del control de brillantez y de la compatibilidad con la trayectoria de planeo ILS (si se suministrara).

8.4.10 Inspección periódica

8.4.10.1 El reglaje inicial lo efectuará el agente del fabricante o se hará ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Después de este reglaje, la autoridad competente debe fijar un intervalo razonable entre verificaciones en tierra. Será necesario que las verificaciones en tierra de los elementos sean más frecuentes cuando el terreno es menos estable o cuando hay cambios bruscos en las condiciones meteorológicas, por ejemplo, tiempo seco después de un largo período de lluvias, pues las bases pueden moverse. En la mayoría de los casos sólo será necesario verificar mensualmente los ángulos de reglaje.

8.4.11 Método de verificación

8.4.11.1 Los ángulos de reglaje se verifican mediante un clinómetro o un instrumento equivalente ajustado según el ángulo apropiado y colocado en el plano de comprobación. Se deben corregir los errores que excedan de 1 minuto de arco. Pueden utilizarse miras topográficas de verificación para determinar si un elemento tiene algún defecto interno de alineación, lo cual no aparecería en la indicación del clinómetro. Antes de ajustar los ángulos de reglaje, si se observa alguna discrepancia, siempre habría que hacer la correspondiente certificación con un clinómetro, con algún instrumento equivalente o mediante inspección en vuelo.

8.4.12 Condición general

8.4.12.1 Debería realizarse una verificación diaria de cada elemento para asegurarse de que:

- a) todas las lámparas están encendidas y su brillo es homogéneo;
- b) no se ven daños evidentes;
- c) el cambio del rojo al blanco coincide en todos los elementos de una unidad;
- d) las lentes no están sucias.

Método del Reino Unido para el emplazamiento del PAPI

8.4.13 Disposición y ángulos de reglaje de la elevación

8.4.13.1. La disposición de los elementos y consiguiente configuración luminosa se muestran en la Figura 8-15, junto con las diferencias típicas en el ángulo de reglaje. θ es el ángulo nominal de aproximación, M el ángulo de referencia del MEHT (véase 8.4.17) y OCS indica la superficie de franqueamiento de obstáculos (véase 8.4.19).

8.4.13.2. El sistema PAPI comprende una sola barra de ala de cuatro elementos situada en ángulo recto con respecto al eje de la pista. El elemento más cercano a la pista está situado a mayor altura que el ángulo de aproximación requerido, con una reducción progresiva en el reglaje de los elementos situados más hacia afuera.

8.4.13.3. La diferencia normal entre los ángulos de reglaje es de 20 minutos de arco. Este valor puede variar si el PAPI se utiliza conjuntamente con el ILS (véase 8.4.20) y si los ángulos de aproximación son superiores a 4° (véase 8.4.25).

8.4.13.4. El sistema debe emplazarse en el lado izquierdo de la pista, salvo si es imposible hacerlo así. Si el sistema está instalado en el lado derecho, entonces el elemento situado a mayor altura sería el más cercano a la pista y el más bajo sería el más alejado. Con dos redes de cuatro elementos a ambos lados de la pista se obtiene la configuración simétrica de la Figura 8-16, a la que puede recurrirse cuando la pista es utilizada por aeronaves que exijan guía exterior de balanceo, que no se suministre por otros medios (véase la nota que sigue a 5.3.6.49 del Anexo 14).

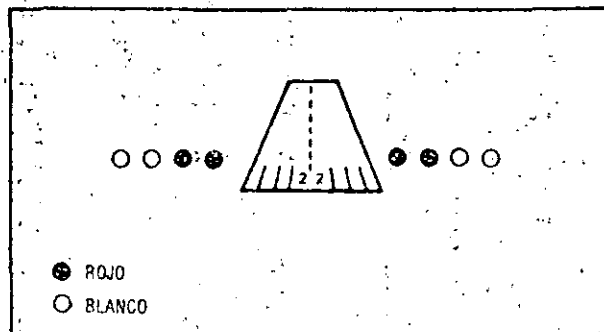


Figura 8-16.- Elementos del PAPI a ambos lados de la pista

8.4.14 Distancias con respecto a las pistas y calles de rodaje

8.4.14.1. El borde interior del elemento más cercano a la pista debe estar a 15 m (± 1 m) del borde de la pista. Los elementos no deben estar a menos de 14 m de cualquier calle de rodaje, apartadero o pista.

8.4.15 Espaciado lateral entre elementos

8.4.15.1. El espaciado normal entre los elementos (véase la Figura 8-15) será de 9 m ± 1 m; a menos que la anchura de la franja sea insuficiente para colocar los cuatro elementos con un espaciado de 9 m, en cuyo caso el espaciado no será menor de 6 m entre los elementos.

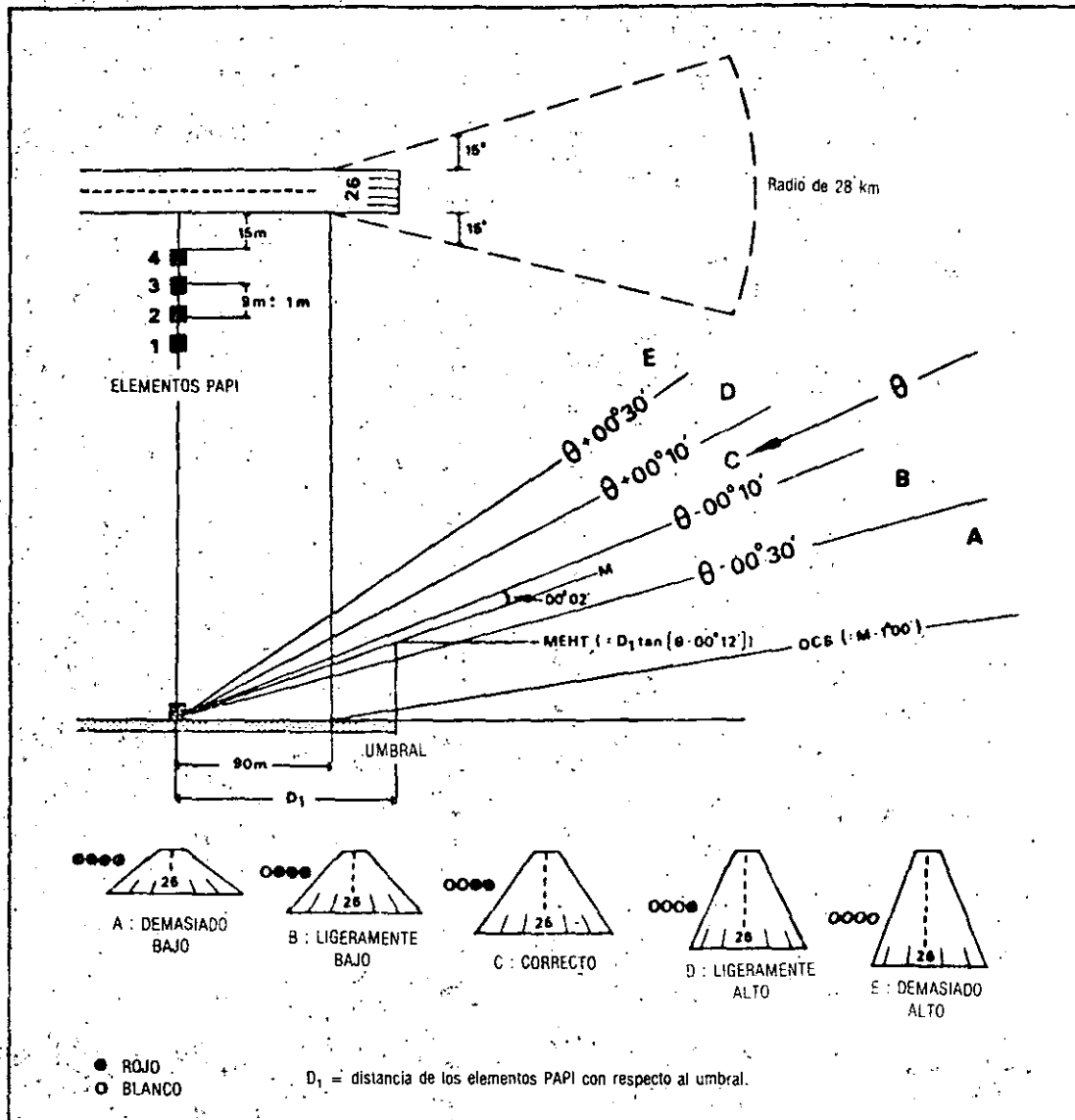


Figura 8-15.- Distribución de los elementos del PAPI y presentación consiguiente

8.4.16 Distancia con respecto al umbral

8.4.16.1 La distancia del PAPI al umbral de la pista depende de lo siguiente:

- a) de que se requiera una separación vertical adecuada entre las ruedas y el umbral para todos los tipos de aeronaves que aterrizan en la pista;
- b) del tramo de pista que queda para que la aeronave se detenga;
- c) de consideraciones relativas al franqueamiento de obstáculos;
- d) de la conveniencia, desde el punto de vista operacional, de que el PAPI sea compatible con toda trayectoria de planeo por instrumentos hasta las mínimas distancia y altura posibles;
- e) de toda diferencia de elevación entre los elementos PAPI y el umbral de la pista.

8.4.17 Separación vertical de las ruedas y mínima altura de los ojos del piloto en la pendiente

8.4.17.1 La separación vertical entre las ruedas y el umbral está relacionada con las aeronaves más críticas que utilicen la pista y sería preferible que fuera al menos de 9 m. El ángulo de aproximación y la diferencia en los niveles respectivos del umbral y de los elementos PAPI afecta el emplazamiento exacto de la barra de ala, junto con la altura mínima de los ojos del piloto sobre el umbral (MEHT)*. El ángulo utilizado como referencia para determinar el MEHT es de 2 minutos de arco menos el ángulo correspondiente de reglaje del elemento que determina el límite inferior de indicación de estar en la pendiente (es decir, el elemento Núm. 2 y el ángulo M en la Figura 8-15).

8.4.18 Distancia de aterrizaje disponible

8.4.18.1 La distancia de aterrizaje disponible puede ser limitada, especialmente en pequeños aeródromos y quizás una reducción en la separación vertical de las ruedas sobre el umbral podría ser más aceptable que una pérdida efectiva de distancia de aterrizaje. Una regla fundamental en tales circunstancias es asegurarse de que el MEHT es al menos el doble de la distancia vertical entre la vista del piloto y las ruedas para la aeronave más crítica que utilice la pista. Esto asegura que el PAPI no esté innecesariamente alejado del umbral de aterrizaje, y que se utiliza al máximo la distancia de parada disponible. Para las pistas más cortas (números de clave 1 y 2) la separación vertical de las ruedas sobre el umbral puede ser menor que la distancia vertical entre la vista del piloto y las ruedas para la aeronave más crítica, pero no debería ser menor de 3 m.

8.4.19 Consideraciones relativas a los obstáculos

8.4.19.1 El ángulo de aproximación y la distancia del PAPI al umbral de la pista, o ambos, puede depender de la presencia de obstáculos en el área de aproximación. En la Figura 8-15 aparecen la superficie de franqueamiento de obstáculos (OCS) para el PAPI y el área que ha de tenerse en cuenta.

8.4.19.2 El OCS se define como un plano que está 1° por debajo del ángulo que determina el límite inferior de la indicación de que se está en la pendiente. Ningún obstáculo debe penetrar en esta superficie. Con esto se consigue que el piloto tenga por lo menos una protección de 0°30' por debajo del tope de la indicación enteramente roja tanto para el sistema de cuatro elementos como para el sistema de dos elementos. La Figura 8-15 muestra que para una aproximación de 3°, el OCS será de 2°48' menos 1°, es decir, 1°48'.

* MEHT es la altura mínima a la cual el piloto percibirá en el umbral la señal de pendiente.

8.4.19.3 El área dentro de la cual ningún objeto debe penetrar en el OCS se extiende 15° a ambos lados de la prolongación del eje de la pista a lo largo de 28 km.

8.4.19.4 El origen del plano OCS está al mismo nivel y por delante de los elementos, con arreglo al esquema siguiente:

<u>Clave de la pista</u>	<u>Distancia</u>
Números 3 y 4	90 m
Número 2	60 m
Número 1	30 m

8.4.20 Armonización del PAPI con el ILS

8.4.20.1 Es de desear, desde el punto de vista operacional, que el emplazamiento del umbral PAPI sea tal que la señal "en la pendiente" coincida con la de trayectoria de planeo del ILS hasta el margen mínimo de utilización del sistema. Las variables que hay que considerar se indican en 8.4.21 y 8.4.22.

8.4.21 Fluctuaciones del ángulo de trayectoria de planeo del ILS

8.4.21.1 Para un ángulo de trayectoria de planeo nominal θ , en el Anexo 10 se especifica una tolerancia de $\pm 0,075 \theta$ en el caso de un ILS de Categoría I o II, y de $\pm 0,04 \theta$ en el de un ILS de Categoría III, considerándose que el sistema puede utilizarse dentro de estos límites. Por lo tanto, para una trayectoria de planeo de 3° , se permiten $\pm 13,5$ minutos con el ILS de Categorías I y II y $\pm 7,2$ minutos con el de Categoría III. Las diferencias típicas en el reglaje del PAPI proporcionan una pendiente de planeo de ± 10 minutos. El PAPI puede por lo tanto indicar las variaciones de la trayectoria de planeo del ILS con relación a su ángulo nominal y cuando la trayectoria de planeo del ILS difiere constantemente del reglaje nominal en 5 minutos de arco o más, el PAPI debe ajustarse con respecto al ángulo de pendiente de planeo del ILS real y no con respecto al ángulo nominal.

8.4.22 Distancia vertical entre la vista del piloto y la antena

8.4.22.1 Los valores de la distancia vertical entre la vista del piloto y la antena tratándose de aviones actuales en actitud de aproximación, varían entre 0,3 m y 6,4 m, correspondiendo la mayoría al extremo inferior del margen. Según la posición del sistema PAPI en relación con el origen efectivo de la trayectoria de planeo ILS, el valor de la distancia vertical entre la vista del piloto y la antena con un tipo de aeronave determinado influirá teóricamente en el grado en que se logra la armonización para tal tipo. La armonización puede mejorarse si se amplía el sector PAPI "en rumbo" de 20 minutos a 30 minutos de arco.

8.4.23 Corrección del emplazamiento del PAPI con respecto a la pista y otras pendientes

8.4.23.1 El cálculo inicial del MEHT para el PAPI (párrafo 8.4.17) se basa en la hipótesis de que los elementos PAPI están al mismo nivel que el eje de la pista adyacente, y que este nivel, a su vez, es el mismo que el del umbral de la pista. La distancia nominal del PAPI con respecto al umbral se calcula multiplicando el MEHT requerido por la cotangente del ángulo M de la Figura 8-15.

8.4.23.2 Cuando hay una diferencia de más de 0,3 m entre la elevación del umbral de la pista y la elevación del eje de la pista adyacente al PAPI, será necesario desplazar el PAPI con respecto a la distancia nominal del umbral: esta distancia se aumentará si el eje está más bajo que el umbral y se reducirá si está más alto. Las diferencias menores de 0,3 m pueden pasarse por alto, pero tratándose de valores mayores el desplazamiento

requerido se determina multiplicando la diferencia de nivel por la cotangente del MEHT, es decir, el ángulo M que se indica en la Figura 8-15. Si los propios elementos presentaran una diferencia de nivel de 0,3 m o más con respecto al eje de la pista adyacente, los ajustes necesarios pueden calcularse de la misma manera para determinar su altura definitiva.

8.4.23.3 La altura de los elementos PAPI sobre el suelo debe ser la mínima posible y, normalmente no exceder de 0,9 m. Teóricamente todos los elementos de un ala de barra deben estar situados en el mismo plano horizontal, pero para compensar las pendientes transversales sin dejar de ajustarse a los criterios sobre altura máxima - si bien es conveniente evitar diferencias de nivel de más de 5 cm entre elementos adyacentes - puede aceptarse una inclinación lateral no superior al 1,25% siempre que sea uniforme a lo largo de los elementos.

8.4.24 Procedimiento para determinar la distancia de la barra en ala PAPI con respecto al umbral de la pista

8.4.24.1 Una vez determinados el ángulo de aproximación requerido (normalmente 3°) y los ángulos de reglaje apropiados para los elementos (ordinariamente $2^\circ 30'$, $2^\circ 50'$, $3^\circ 10'$ y $3^\circ 30'$ en un sistema de 3°), los parámetros mencionados en 8.4.16.1 y siguientes se aplican como se indica a continuación.

8.4.24.2 La distancia del PAPI desde el umbral de la pista, que proporciona la separación vertical adecuada de las ruedas sobre el umbral, se determina añadiendo la distancia vertical entre la vista del piloto y las ruedas en la aeronave más crítica en configuración de aproximación que utilice la pista, a la separación vertical exigida entre las ruedas y el umbral y dividiendo el resultado por la tangente del ángulo M de la Figura 8-15 (es decir, $2^\circ 48'$ en el caso del sistema típico del párrafo 8.4.24.1)

8.4.24.3 El origen de los OCS se determina según el número de clave de la pista (véase 8.4.19.4) y la superficie (Figura 8-15) examinada para confirmar la ausencia de obstáculos. En caso de que haya obstáculos, la proyección vertical del obstáculo más alto por encima de la OCS se divide por la tangente del ángulo de la OCS, y el PAPI se desplaza con respecto al umbral a la distancia que se obtenga como resultado de este cálculo. Si el ángulo de aproximación estipulado no es crítico, otra solución consistirá en aumentar el ángulo de aproximación en la longitud que alcance la proyección angular del obstáculo. En algunas circunstancias un incremento en el desplazamiento combinado con un incremento angular puede ser la mejor solución.

8.4.24.4 Si se dispone de un ILS (véase 8.4.20), el PAPI debe estar emplazado en el origen de la trayectoria de planeo efectiva del ILS o más adelante, según la altura entre la vista del piloto y la antena tratándose de la aeronave más crítica que utilice la pista. La distancia hacia adelante del origen de la trayectoria de planeo ILS debe ser de 80 m a 120 m en las pistas utilizadas por los B747 o aeronaves con una distancia similar entre la vista del piloto y la antena, pero no debe exceder de 10 m en las pistas utilizadas exclusivamente por aeronaves en las que la distancia entre la vista del piloto y la antena es reducida. La distancia resultante con respecto al umbral de la pista no debe ser inferior a la que proporciona la separación mínima exigida entre las ruedas y el umbral.

8.4.24.5 Las consideraciones mencionadas determinan el emplazamiento normal del PAPI a efectos operacionales. El emplazamiento se corrige en función de las pendientes de la pista (véanse 8.4.23.1 y 8.4.23.2).

8.4.25 Variaciones de los reglajes diferenciales del PAPI al aumentar el ángulo de aproximación

8.4.25.1 Tratándose de ángulos más pronunciados, que tal vez exijan algunas operaciones, debe abrirse el ángulo de reglaje entre los elementos a fin de que el piloto pueda situarse y volar con facilidad en la pendiente de aproximación.

8.4.25.2 Las diferencias de reglajes que han demostrado ser satisfactorias son las siguientes:

Angulo de aproximación	Diferencia angular de reglaje
2° - 4°	00°20'
4° - 7°	00°30'
más de 7°	01°00'

8.4.26 Criterio simplificado de emplazamiento

Emplazamiento típico de la barra de ala del PAPI

8.4.26.1 En una pista nivelada sin ILS utilizada por una gran variedad de aviones, incluidos el B747, L1011, A300, DC-10 o el Concorde, el emplazamiento normal de la barra de ala debe ser a 395 m (± 10 m) del umbral. Cuando está instalado un ILS, aunque el emplazamiento del PAPI a 395 m continuaría siendo satisfactorio, se lograría una mejor armonización de las dos trayectorias de planeo si el emplazamiento del PAPI se ajustara (de ser necesario) para garantizar que esté por lo menos a 80 m y a no más de 120 m (en contra del viento) con respecto al origen real de la trayectoria de planeo del ILS.

8.4.26.2 En una pista nivelada utilizada por aeronaves que no sean más críticas que el DC-8, B707 o B737, la barra de ala del PAPI se situará a 300 m (± 10 m) del umbral; y si se dispone de un ILS debe emplazarse en el origen real de la trayectoria de planeo del ILS.

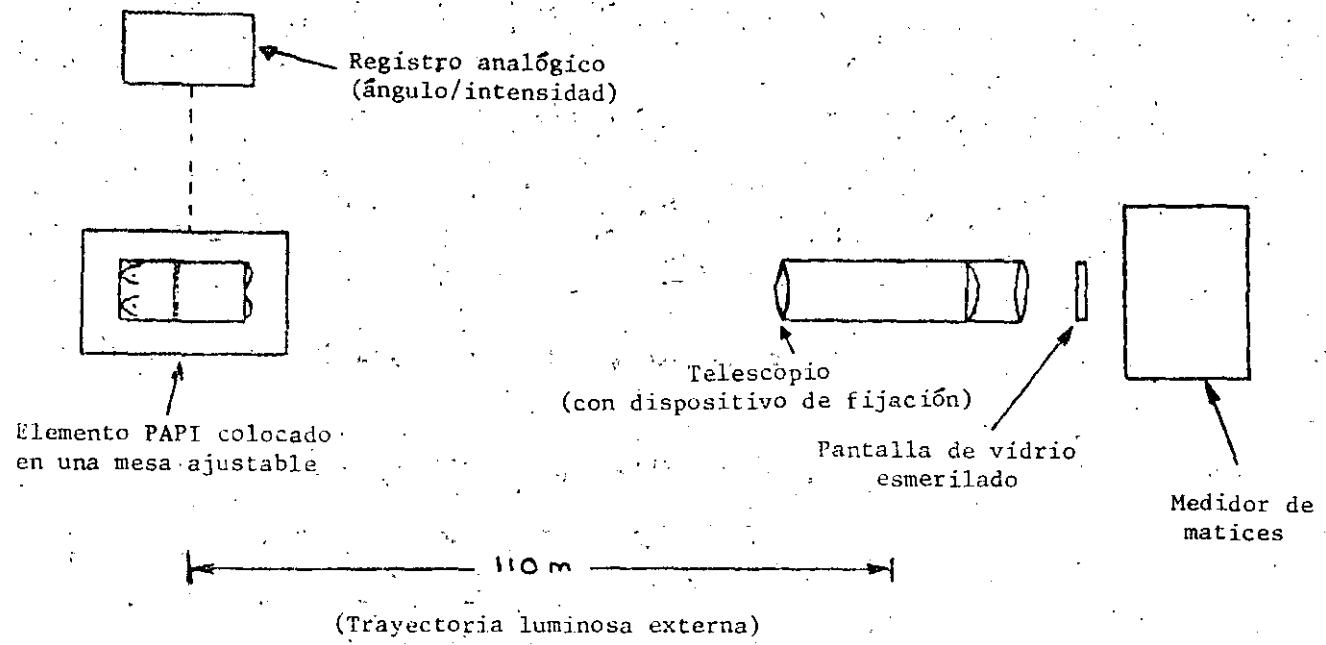
8.4.26.3 En una pista corta nivelada de menos de 1.200 m de longitud, la barra de ala del PAPI debe estar emplazada a 150 m (± 20 m) del umbral; y, si se dispone de un ILS, debe estar emplazada en el origen efectivo de la trayectoria de planeo del ILS.

8.4.27 Ensayo de los elementos del PAPI

8.4.27.1 Cuando se comparan dos elementos a una distancia de al menos 2 km, con un elemento reglado a $\frac{1}{2}^\circ$ de la zona de transición como señal roja de referencia, la transición observada del otro elemento, de rojo a blanco, no debe exceder de 3 minutos de arco en profundidad en el centro de haz, que aumenta horizontalmente hasta un máximo de 5 minutos en los bordes, hasta 15° a ambos lados del centro.

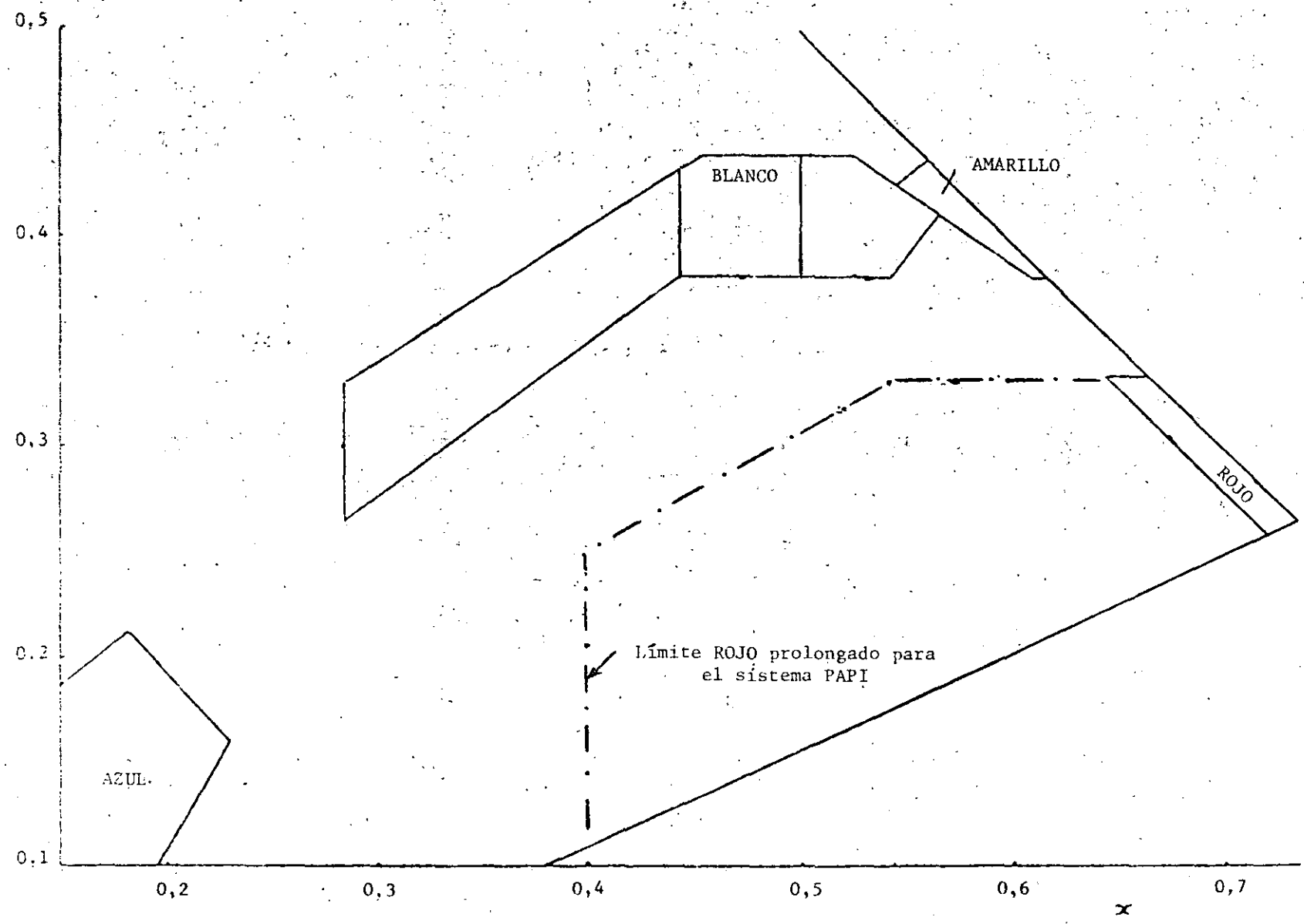
8.4.27.2 A base de la instalación de ensayo de la Figura 8-17, la subtensa angular entre los ángulos en los cuales es posible medir en laboratorio las señales blanca y roja, en relación con una distancia corta, no debe exceder de 15 minutos de arco. Aparte de esto, la subtensa angular, entre el ángulo en el cual una señal blanca y otra señal que se encuentre dentro de la zona roja prolongada indicada en la Figura 8-18, no debe exceder de 3 minutos de arco. Dentro de $\frac{1}{2}^\circ$, a ambos lados de la zona de transición, las coordenadas de los colores de la señal emitida deben ajustarse a lo previsto en el Anexo 14, Apéndice 5, párrafo 2, y la señal emitida a ángulos mayores no debería diferir demasiado. El elemento objeto de ensayo se tiene que hacer funcionar al voltaje nominal de la lámpara y enfocar igual que para utilización normal.

Figura 8-17. - Esquema del ensayo de laboratorio



Nota: Las mediciones de la intensidad se han hecho reemplazando la pantalla de vidrio esmerilado y el medidor de matices por una pequeña esfera y célula fotoeléctrica integradas.

Figura 8-18.- Límite práctico sugerido para el PAPI rojo



CAPITULO 9. - ILUMINACION DE PISTA Y DE CALLE DE RODAJE

9.1 Luces empotradas

Generalidades

9.1.1 Es conveniente que los dispositivos de montaje de las luces empotradas tengan, con relación a la superficie circundante, la mínima proyección vertical que sea compatible con las características fotométricas requeridas, y constituyan un mínimo de volumen por encima de dicha superficie, compatible con la presentación de una pendiente suave en todas direcciones. Dichos dispositivos deberían poder soportar el mayor peso y la mayor presión de neumáticos de las aeronaves más pesadas que se prevea han de pasar sobre ellos, debiendo tenerse en cuenta la velocidad que pueden alcanzar las aeronaves en la parte del área de movimiento en que hayan de instalarse luces empotradas. El resalte permisible de un dispositivo de montaje adecuado para las luces que hayan de señalar el eje de una calle de rodaje (a excepción de las salidas de gran velocidad) sería mayor que el tolerable para las luces de pista empotradas.

Instalación

9.1.2 La instalación de luces de zona de contacto del tipo de empotrado superficial y de las luces de eje de pista, se hacen abriendo en el pavimento existente un orificio, de una profundidad ligeramente mayor que la del dispositivo. Se echa una cantidad suficiente de material de sellado en el agujero así preparado, y se instala el dispositivo con la alineación y elevación apropiadas, obtenidas por medio de una plantilla de ajuste o de un sujetador.

9.1.3 Se hacen ranuras o cortes de sierra, de 3 cm de profundidad, aproximadamente, y de un mínimo de 0,60 cm de ancho, en el pavimento existente, los cuales unen un número especificado de huecos para las luces y se extienden hasta el borde de la pista. Se colocan cables de pequeño diámetro en las ranuras, las cuales se llenan con material de sellado.

9.1.4 La instalación de las luces de zona de contacto y de eje de pista, del tipo de empotrado profundo, se efectúa como parte de la construcción del pavimento. Se deja abierto un agujero de dimensiones apropiadas durante el pavimentado inicial, para alojar la instalación subsiguiente de tres bases de empotrado por barreta. Se coloca un tubo aislante rígido debajo del pavimento, desde el borde de la pista, y se une a las tres bases empotradas, las cuales se mantienen en la elevación y alineación apropiadas por medio de una plantilla. La zona abierta se llena entonces con pavimento de hormigón. Se hace pasar el cable por el conducto a las bases; se hacen las conexiones a los transformadores y los dispositivos superiores cambiables que contienen la lámpara se conectan con las bases empotradas para completar la instalación.

9.1.5 También se conocen técnicas para la instalación de receptáculos profundamente empotrados en los pavimentos de hormigón existentes. Las ventajas del empotrado profundo de los receptáculos y de los conductos hacen que el mantenimiento de la iluminación resulte más barato y mucho más rápido. En aeropuertos de gran movimiento, adquiere suma importancia la posibilidad de hacer reparaciones rápidas.

Medición de la temperatura de las luces empotradas

9.1.6 Los párrafos siguientes facilitan texto de orientación sobre los métodos de servicio y de laboratorio para evaluar la temperatura de las luces empotradas.

9.1.7 Efecto de las luces empotradas sobre los neumáticos. Se ha expresado cierta preocupación en torno a la posibilidad de que los neumáticos en servicio puedan sufrir daños por el calor proveniente de las luces empotradas. En las pruebas realizadas por un cierto número de Estados para medir la temperatura de las luces empotradas y su efecto sobre los neumáticos, tanto los que se encuentran en contacto con las luces como los cercanos a ellas, se ha podido observar que cuando el neumático se encuentra en contacto con una luz empotrada, las temperaturas de hasta 160°C por un corto período de tiempo, es decir, unos 10 minutos, no han causado ningún daño de importancia al neumático. La energía radiante del haz luminoso de las luces empotradas puede igualmente causar altas temperaturas de los neumáticos, pero una vez más se ha podido observar, hasta la fecha, que dichas temperaturas no causan daños significativos a los mismos.

9.1.8 Una razón de que el calor proveniente de las luces empotradas no constituya un problema es el hecho de que la alta temperatura de la parte superior de la luz empotrada está muy localizada, encontrándose generalmente en el centro de la parte superior de la luz empotrada. Existe generalmente una gran variación de temperatura entre el centro y el borde de una luz empotrada, y podría resultar que la energía total absorbida por el neumático de la luz empotrada sea relativamente pequeña.

9.1.9 Diferencia entre las pruebas en el terreno y en el laboratorio. Varios Estados han realizado estudios en el terreno para investigar estos efectos. Además, se han realizado estudios de laboratorio durante los cuales los ensayos se han efectuado en una cámara a prueba de corrientes de aire para ensayos de calentamiento. Resulta importante observar que las mediciones de la temperatura tomadas en el laboratorio son considerablemente mayores que las efectuadas en el terreno. Este es un hecho conocido ya que la influencia de cualquier movimiento del aire ejerce un efecto de enfriamiento considerable sobre el objeto que se investiga.

9.1.10 Límites de temperatura recomendados. De conformidad con los conocimientos actuales, es necesario especificar cifras apropiadas para cada uno de los dos conjuntos de condiciones bajo las cuales pueden efectuarse las mediciones, es decir, en el terreno y en el laboratorio. Las mediciones efectuadas en el laboratorio pueden repetirse, mientras que las mediciones en el terreno resultarán algo variables. En vista de los limitados conocimientos existentes relativos a los efectos de muy altas temperaturas ambientales combinadas con la fuerte radiación solar sobre los neumáticos, las superficies de pista, las luces empotradas, etc., se sugiere que tal vez sea necesario formular recomendaciones para cada una de dichas condiciones y posiblemente algunas medidas de protección operacional.

9.1.11 Condiciones en el terreno. En el caso de las pruebas realizadas sobre luces empotradas instaladas, la temperatura en el punto de contacto entre el neumático de la aeronave y la luz empotrada no debería exceder de 160°C durante 10 minutos de contacto, ya sea por transmisión o por radiación del calor. La luz empotrada debe encenderse a plena intensidad por un tiempo suficiente antes de efectuar la medición, a fin de que la luz alcance una temperatura aproximada al equilibrio térmico. Dicho período de tiempo sería probablemente de por lo menos dos horas. La medición debería efectuarse utilizando una pila termoeléctrica colocada entre la superficie del neumático y la parte de la luz empotrada que más se calienta. En el caso de algunos diseños de luces empotradas la temperatura en la superficie del neumático puede alcanzar un máximo debido a la energía radiante del haz luminoso y, por lo tanto, debería efectuarse una serie de mediciones a fin de asegurarse de que se efectúa el ensayo en la posición más crítica.

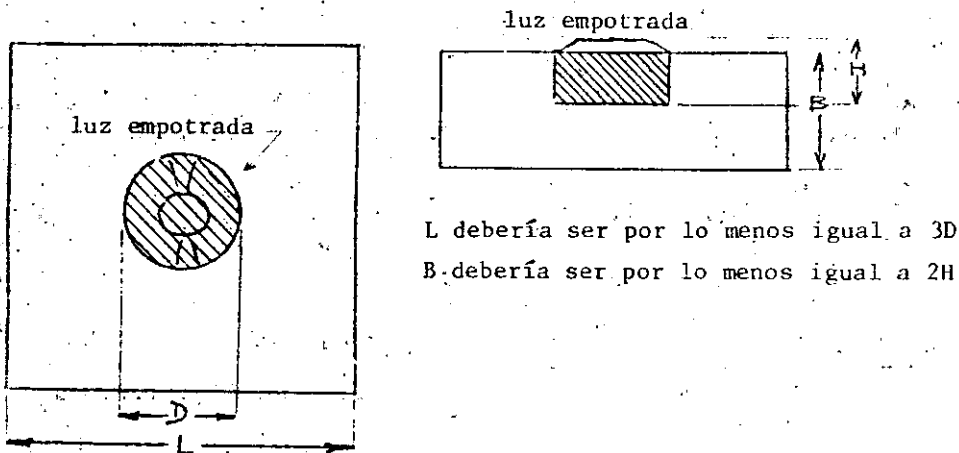
9.1.12 Método de medición de laboratorio. En el caso de los ensayos efectuados en condiciones de laboratorio se sugiere que la temperatura del punto de contacto entre la luz empotrada y el neumático no debería exceder de 160°C durante 10 minutos de contacto, ya sea por transmisión o por radiación del calor. Estos ensayos deberían efectuarse en una cámara de pruebas de calentamiento a prueba de corrientes de aire donde la temperatura del aire ambiental sea de 30°C. Antes de tomar las mediciones debería encenderse la luz empotrada a intensidad plena por un tiempo suficiente que permita al elemento luminoso alcanzar una temperatura aproximada al equilibrio térmico. Este período de tiempo sería probablemente de por lo menos dos horas.

9.1.13 Para dichos ensayos la luz empotrada debería colocarse en una caja de las dimensiones mínimas indicadas en la Figura 9-1. La caja podría ser:

- a) de hormigón, adhiriéndose la luz empotrada al hormigón en la forma recomendada por el fabricante; o bien
- b) llena de arena.

Es de observar que la caja llena de arena ocasionará las condiciones más onerosas para el ensayo debido a la baja conductividad térmica de la arena.

9.1.14 En la mayor parte de los casos la medición debería efectuarse cuando el neumático se encuentra directamente sobre la luz empotrada y la pila termoeléctrica descansa entre el neumático y la parte más caliente de la luz empotrada. Sin embargo, para algunos diseños de luces empotradas, la temperatura en la superficie del neumático puede llegar a un máximo debido a la energía radiante del haz luminoso y, por lo tanto, debería efectuarse una serie de mediciones para asegurarse de que se realiza el ensayo en la posición crítica. El neumático debería estar lo suficientemente cargado, de modo que durante la prueba el contacto entre el neumático y la luz empotrada represente adecuadamente las condiciones de servicio del caso.



L debería ser por lo menos igual a $3D$
 B debería ser por lo menos igual a $2H$

Figura 9-1.- Recipiente típico utilizado para la medición de la temperatura de las luces empotradas

9.2 Luces de calle de rodaje - Confusión por el exceso de luces azules

9.2.1 En muchos aeropuertos, la concentración de luces de borde de calle de rodaje en el área de operaciones, frecuentemente produce un exceso de luces azules que lleva a confusión. En la mayor parte de los aeropuertos más antiguos han añadido o prolongado las calles de rodaje pero, al mismo tiempo, han seguido utilizándose todas las calles de rodaje antiguas. Es bastante común que todas estas luces de calle de rodaje se enciendan al mismo tiempo, lo que aumenta la confusión.

9.2.2 Este inconveniente puede reducirse considerablemente, mediante cualquiera de los métodos siguientes:

- a) encendido selectivo de las luces,
- b) empleo de luces de eje,
- c) empleo de lámparas con pantallas.

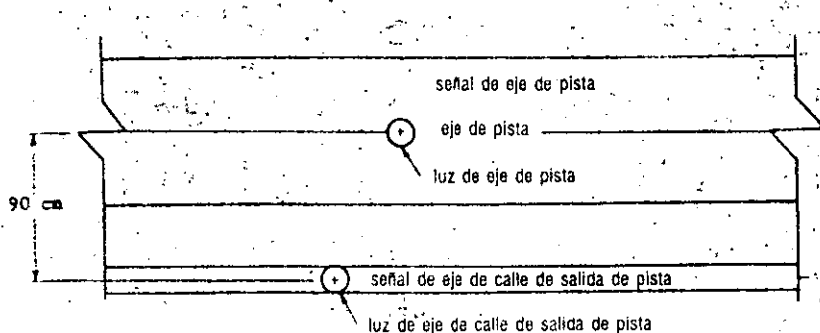
9.2.3 El encendido selectivo es un método mediante el cual sólo se encienden las luces de borde de las calles de rodaje utilizadas. Este método requiere equipo adicional de control y conmutación, y su eficacia dependerá de la configuración de las calles de rodaje de cada aeropuerto en particular.

9.2.4 El empleo de luces verdes de eje, en lugar de las luces de borde, en los tramos rectos de las calles de rodaje, también contribuirá a reducir este inconveniente. Sin embargo, este método tiene la desventaja de que las luces de eje empotradas son más caras que las de borde. Por otra parte, en los tramos curvos de las calles de rodaje, además de las luces de eje también se instalan las de borde.

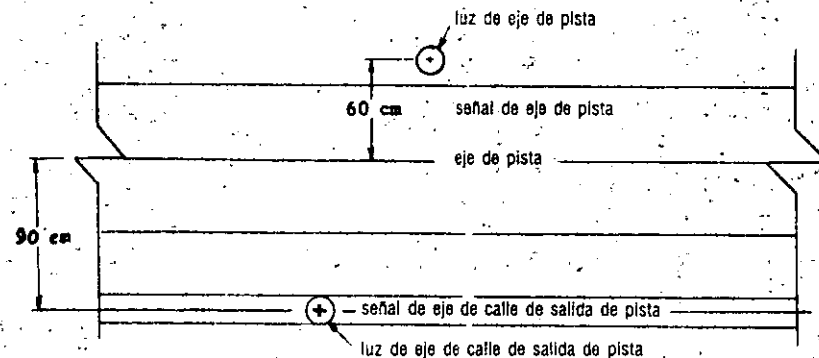
9.2.5 El empleo de luces azules apantalladas, para señalar los bordes de calle de rodaje, puede constituir la solución más económica para aminorar este inconveniente. Uno de los métodos de apantallamiento es el empleo de lámparas especiales que tienen un revestimiento opaco aplicado directamente sobre el bulbo de vidrio. Otros métodos entrañan el uso de pantallas mecánicas sujetas a la parte exterior de las lentes o reflectores, ajustadas e instaladas dentro de las lentes. Estos dos últimos métodos tienen la ventaja de que las pantallas se pueden ajustar para satisfacer las necesidades de cada lugar.

9.3 Iluminación de las calles de rodaje de salida

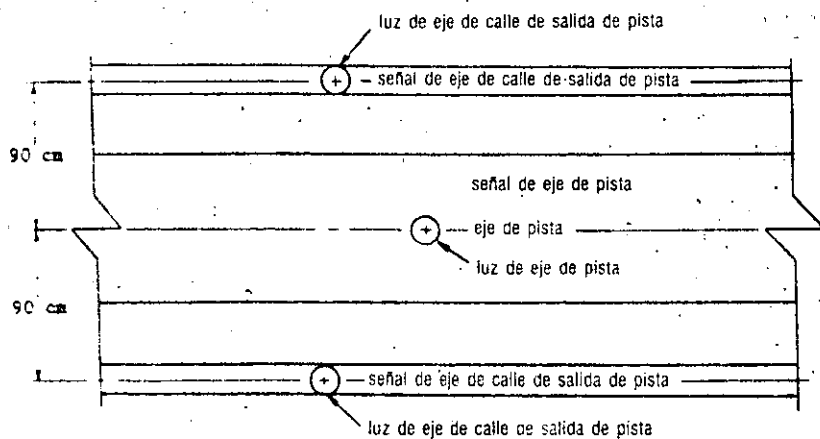
9.3.1 Las especificaciones del Anexo 14 aplicables a las luces de eje de pista y de eje de calle de rodaje han sido recientemente enmendadas con objeto de tener en cuenta las tolerancias laterales de 60 cm y 30 cm respectivamente. Esto se ha hecho con la idea de resolver ciertas dificultades que presentaba la instalación de las luces a lo largo del eje, debido a las juntas de los pavimentos; por ejemplo, las juntas longitudinales de las pistas y calles de rodaje de hormigón de cemento. No obstante, cuando las luces de eje de pista y de eje de calle de rodaje están instaladas unas próximas a las otras, por ejemplo, en calles de salida de pista, es necesario conseguir que las luces estén separadas por lo menos 60 cm entre sí, para evitar confusiones. A este efecto, también se han enmendado las especificaciones aplicables a las luces de los ejes de las calles de rodaje de salida rápida y de otras calles de rodaje de salida. El objeto de esta sección es explicar cómo las señales y luces de eje de pista y de eje de calle de rodaje se deberían ver e instalar en las intersecciones de las pistas con las calles de rodaje, en condiciones distintas, para satisfacer las nuevas exigencias.



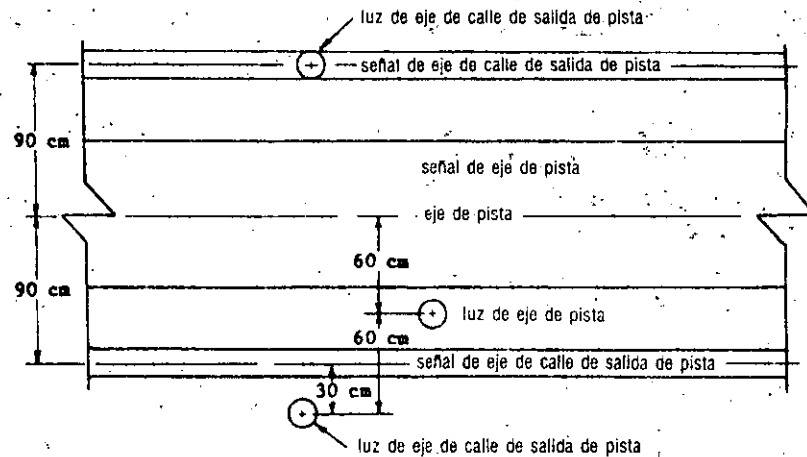
Caso a).— Cuando las calles de salida de pista están a un lado de ésta y es posible localizar las luces de eje de pista situadas a lo largo del eje de la pista.



Caso b).— Cuando las calles de salida de pista están a un lado de ésta y no es posible localizar las luces de eje de pista situadas a lo largo del eje de la pista.



Caso c).— Cuando las calles de salida de pista están a ambos lados de ésta y es posible localizar las luces de eje de pista situadas a lo largo del eje de la pista.



Caso d).— Cuando las calles de salida de pista están a ambos lados de ésta y no es posible localizar las luces de eje de pista situadas a lo largo del eje de la pista.

Figura 9-2.— Señales e iluminación de las intersecciones de las pistas con calles de rodaje

9.3.2 Es importante observar que las especificaciones todavía prevén instalación de las señales del eje de las pistas y de las calles de rodaje a lo largo del eje de ambas. Cuando las luces están instaladas en la propia señal y cuando ésta se coloca por medio de alguna máquina, para evitar las luces, los acoplamientos de éstas deberían cubrirse con papel o habría que desactivar temporalmente la máquina.

9.3.3 De los cuatro casos ilustrados en la Figura 9-2, el a) es el más simple. Como el pavimento de la pista es flexible (por ejemplo, hormigón asfáltico), no presenta dificultad alguna instalar las luces de eje de pista a lo largo del eje de la pista ni las del eje de la calle de rodaje de salida de la pista a lo largo de la señal indicadora del eje de la calle de rodaje de salida de la pista.

9.3.4 El caso b) representa una pista de hormigón de cemento con una junta longitudinal a lo largo del eje de la pista. A resultas de esto, las luces del eje de la pista están desplazadas 60 cm. Por otra parte, no hay dificultad en colocar las luces del eje de la calle de rodaje de salida de pista en la señal del eje de la calle de rodaje de salida de pista. Sin embargo, vale la pena observar que, en el lado opuesto, las luces de eje de pista están desplazadas hasta la calle de salida de pista.

9.3.5 En el caso c), las calles de rodaje de salida de pista están situadas a ambos lados de una pista de pavimento flexible, por ejemplo, hormigón asfáltico. Las luces de eje de pista están colocadas a lo largo del eje de la pista y las luces de eje de calle de rodaje de salida de pista en la señal del eje de la calle de salida de pista.

9.3.6 En el caso d), las calles de rodaje de salida de pista están situadas a ambos lados de una pista de hormigón de cemento. Las luces del eje de la pista están desplazadas 60 cm debido a la junta longitudinal existente a lo largo del eje de la pista. Esto, a su vez, requiere desplazar 30 cm hacia un lado las luces de eje de calle de salida de pista, para así poder mantener una separación de 60 cm entre las luces del eje de la pista y las del eje de la calle de rodaje de salida de pista. En el otro lado, las luces del eje de calle de rodaje de salida de pista están instaladas en la señal del eje de calle de salida de pista. Vale la pena observar que, en el lado opuesto, las luces de eje de pista tienen que desplazarse hacia la mayoría de las calles de rodaje de salida.

CAPÍTULO 10.- SISTEMA DE GUÍA Y CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS EN LA SUPERFICIE

10.1 Generalidades

10.1.1 La expresión "sistema de guía y control de los movimientos en la superficie (SMGC)" significa un sistema de ayudas, medios y procedimientos previstos para satisfacer las exigencias de la guía y control del tránsito de superficie, que sea compatible con las condiciones operacionales particulares de determinado aeródromo. Todo SMGC comprende una combinación apropiada de ayudas visuales, no visuales, comunicaciones radio-telefónicas, procedimientos y medios de control e información. Estos sistemas comprenden desde los más simples instalados en los aeródromos pequeños de poco tráfico, que sólo operan con buena visibilidad, hasta los de los aeropuertos más complejos y grandes que desarrollan actividades con visibilidad muy reducida. El propósito de este capítulo es indicar las ayudas visuales que se utilizan con el sistema SMGC. En cuanto a lo relacionado con los otros aspectos de los sistemas SMGC, se aconseja al lector que consulte la Circular de la OACI Núm. 148-AN/97 titulada "Sistema de guía y control del movimiento en la superficie".

10.1.2 La razón principal del sistema SMGC es permitir que los aeródromos puedan hacer frente con seguridad a las exigencias del movimiento en tierra, en relación con determinadas condiciones operacionales. Por eso, este sistema debería concebirse con la idea de evitar colisiones entre aeronaves, entre aeronaves y vehículos terrestres, entre aeronaves y obstáculos, entre vehículos y obstáculos y entre vehículos entre sí. En el caso más simple, es decir, con buena visibilidad y poco tráfico, este objetivo puede conseguirse mediante un sistema de señales visuales y un conjunto de reglas que regulen el tráfico del aeródromo de que se trate. En situaciones más complejas, especialmente cuando la visibilidad es muy limitada o el tráfico es demasiado intenso, será necesario pensar en algún sistema más complicado.

10.2 Selección de las ayudas visuales de un sistema SMGC

10.2.1 Con el sistema SMGC, las ayudas visuales desempeñan dos papeles importantes, a saber:

- a) proporcionan guía a las aeronaves hasta su destino; y
- b) controlan las aeronaves para que las operaciones se realicen con seguridad.

10.2.2 El alcance de la guía y control que hay que proporcionar mediante ayudas visuales depende de tres factores, a saber:

- a) la visibilidad con la cual la dirección del aeródromo piensa realizar operaciones;
- b) la densidad del tráfico; y
- c) la complejidad del trazado del aeródromo.

10.2.3 La Tabla 2-1 de la Circular de la OACI 148-AN/97 antes mencionada, detalla cómo es posible categorizar las condiciones operacionales, es decir, visibilidad, densidad del tráfico, trazado del aeródromo, etc., en relación con el proyecto de los

sistemas SMGC. Aparte de esto, la Tabla 4-1 de la misma Circular proporciona guía para seleccionar los componentes del sistema SMGC en relación con diversas condiciones críticas de operación. Se recomienda que ambas tablas se utilicen al tratar de determinar los componentes de las ayudas visuales de todo sistema SMGC.

10.3 Ayudas visuales para guía de ruta

10.3.1 El grado de guía de ruta requerido dependerá de la visibilidad, complejidad del trazado del aeródromo y de la densidad del tráfico. Las señales y luces que se indican a continuación pueden proporcionar guía a las aeronaves. Las condiciones en las cuales cada una de esas ayudas debe utilizarse se describen en el Anexo 14 y también en la Tabla 4-1 de la citada Circular OACI 148-AN/97.

<u>Ayuda</u>	<u>Especificación correspondiente</u>	<u>Texto de orientación</u>
a) Señal de eje de pista	Anexo 14, Capítulo 5	
b) Señal de eje de calle de rodaje	"	
c) Señal de punto de espera en rodaje	"	
d) Señal de intersección de calles de rodaje	"	
e) Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves	"	Capítulo 2 de este manual
f) Letreros	"	Capítulo 11 de este manual
g) Ayudas visuales indicadoras de zonas de uso restringido	Anexo 14, Capítulo 7	
h) Luces de borde de pista (noche)	Anexo 14, Capítulo 5	
i) Luces de borde de calle de rodaje (noche)	"	Capítulo 9 de este manual
j) Luces de eje de pista	"	
k) Luces de eje de calle de rodaje	"	Párrafos 10.4.2 a 10.4.4 de este manual
l) Barras de cruce	"	
m) Barras de parada	"	Párrafos 10.4.5 a 10.4.8 de este manual
n) Luces de punto de espera en rodaje	"	Párrafo 10.4.12 de este manual
o) Sistemas visuales de guía para el estacionamiento/atraque	"	Capítulo 12 de este manual
p) Dispositivo monitor	Anexo 14, Capítulo 8	Manual de proyecto de aeródromos, Parte 5

10.4 Ayudas visuales para controlar

10.4.1 Para controlar con eficacia el tráfico en el área de movimiento, las instalaciones de control proporcionadas deberían ser adecuadas a la configuración del aeródromo, a la densidad del tráfico y a la visibilidad. Las ayudas visuales disponibles para conseguir este objetivo y las especificaciones y texto correspondiente son:

<u>Ayudas</u>	<u>Especificación correspondiente</u>	<u>Texto de orientación</u>
a) Letreros	Anexo 14, Capítulo 5	Capítulo 11 de este manual
b) Señales de superficie	"	Capítulo 2 de este manual
c) Lámparas de señales	Anexo 14, Capítulo 5; Anexo 2, Apéndice A	
d) Luces de punto de espera en rodaje	Anexo 14, Capítulo 5	Párrafo 10.4.2 de este manual
e) Barras de cruce	"	
f) Barras de parada	"	Párrafos 10.4.5 a 10.4.8 de este manual
g) Luces selectivas conmutables de eje de calle de rodaje	No hay especificaciones OACI	Párrafos 10.4.2 a 10.4.4 de este manual
h) Luces reguladoras de la circulación	"	Párrafos 10.4.9 a 10.4.11 de este manual
i) Dispositivo monitor	Anexo 14, Capítulo 8	Manual de proyecto de aeródromos, Parte 5

Funcionamiento selectivo de las luces de eje de calle de rodaje

10.4.2 El medio más positivo para proporcionar guía en las calles de rodaje es la iluminación del eje de las calles de rodaje. Cuando el funcionamiento de esas luces también puede seleccionarse, se consigue el control positivo de las aeronaves que están en rodaje. La iluminación de los ejes es especialmente efectiva y con frecuencia constituye el único medio que permite proporcionar guía y control en condiciones de escasa visibilidad. Con tal que las luces tengan intensidad suficiente, este método también puede resultar apropiado para las actividades diarias.

10.4.3 El Manual de proyecto de aeródromos, Parte 5, proporciona orientación sobre el proyecto de circuitos eléctricos que permitan seleccionar la iluminación del eje de las calles de rodaje.

10.4.4 En la práctica, el control y la guía se proporcionan encendiendo solamente las luces del eje de la calle de rodaje que indiquen la ruta que ha de seguirse para llegar al punto de destino de la aeronave. Pueden encenderse en el aeródromo varias rutas al mismo tiempo, para permitir la circulación de más de una aeronave al mismo tiempo. En el caso de que una de tales rutas cruce a otra, se da preferencia a la primera aeronave

apagando las luces de eje correspondientes a la aeronave que cruza, antes de la intersección. Para obtener una mayor seguridad, es conveniente que el sistema esté diseñado eléctrica o mecánicamente de tal forma que resulte materialmente posible encender en un momento dado solamente una ruta a través de una intersección. Normalmente, tales sistemas de iluminación están dotados también de barras de parada en las intersecciones, funcionando en combinación con las luces de eje, para indicar a las aeronaves que cruzan cuándo tiene que detenerse y cuándo pueden proseguir la marcha.

Barras de parada

10.4.5 Deberían instalarse barras de parada, transversalmente en las calles de rodaje, para suplementar las señales de punto de espera en rodaje y de intersección con otra calle de rodaje, con el fin de controlar el tránsito a través de dicha intersección. Estas barras deberían hacerse funcionar desde la torre de control. Las barras de parada son especialmente útiles en condiciones de visibilidad reducida cuando los letreros colocados a los lados de la calle de rodaje quizá no resulten tan visibles como aquellas. El Anexo 14 prevé la instalación de una barra de parada en todo punto de espera en rodaje utilizado en relación con una pista para aproximaciones de precisión de Categoría III. Esto tiene por objeto impedir que las aeronaves entren en zonas ILS críticas, al mismo tiempo que otras aeronaves se aproximan para aterrizar, durante el recorrido en el suelo o al despegar.

10.4.6 Emplazamiento. Las barras de parada deberían colocarse transversalmente a la calle de rodaje, en el punto en que se desee que se detengan las aeronaves.

10.4.7 Características. Las barras de parada deberían consistir en luces rojas semiempotradas que sean visibles en la dirección o direcciones deseadas y que estén espaciadas a intervalos de 3 m. Para satisfacer las necesidades de las aeronaves de gran tamaño, podría resultar necesaria la instalación de luces adicionales fuera de los límites de la calle de rodaje.

10.4.8 La intensidad y anchura del haz de las luces de barra de parada deberían ajustarse a lo previsto en el Anexo 14, Tablas 5-2 ó 5-3, según sea el caso.

Luces reguladoras de la circulación rodada

10.4.9 Para regular la circulación en las intersecciones de las calles de rodaje o en las intersecciones de éstas con las pistas pueden utilizarse semáforos. Normalmente no se necesitarán cuando haya instaladas barras de parada y éstas sean utilizables en luz diurna.

10.4.10 Las luces reguladoras deberían estar situadas enfrente del punto en el que se desee que se detengan los vehículos.

10.4.11 Las luces reguladoras deberían consistir en señales rojas y verdes, para indicar, respectivamente, que los vehículos tienen que detenerse o que pueden proseguir.

Luces de puntos de espera en rodaje

10.4.12 Se ha considerado útil instalar luces en los puntos de espera en rodaje para hacer más conspicuas las barras de parada colocadas en puntos de espera en rodaje relacionados con las pistas de aproximación de precisión de la Categoría III. Dichas luces deberían estar constituidas por pares de luces amarillas. Las luces deberían emitir destellos alternadamente a un régimen de 40 a 60 por minuto, con períodos de extinción e iluminación de cada luz iguales y opuestos. El haz luminoso debería ser unidireccional y alinearse de modo que sea visible desde una aeronave en rodaje que se dirija al punto de espera. Se ha considerado que una intensidad de 200 a 400 candelas es suficiente durante el día y no causa encandilamiento durante la noche. Las luces deberían hacerse funcionar siempre que se utilice la pista correspondiente.

CAPITULO 11.- LETREROS DE GUIA PARA EL RODAJE

11.1 Generalidades

11.1.1 Los letreros proporcionan diferentes tipos de información a los pilotos. Estos letreros pueden clasificarse como obligatorios e informativos.

11.1.2 Se pone un letrero obligatorio cuando se desea comunicar, mediante él, una instrucción que haya que acatar.

11.1.3 Se pone un letrero informativo cuando con él se desea indicar determinado lugar o punto de destino, ordenar alguna maniobra o proporcionar cierta información.

11.2 Letreros obligatorios

11.2.1 Los letreros con instrucciones obligatorias comprenden, por lo menos, los letreros de parada, de prohibida la entrada, de punto de espera y de intersección de calle de rodaje/pista, cuando éstos se empleen en lugar de un letrero de parada o de punto de espera. Los letreros con instrucciones obligatorias consisten en una inscripción en blanco sobre fondo rojo. Un letrero con instrucciones obligatorias, previsto para uso nocturno o en condiciones de mala visibilidad, debe estar iluminado interna o externamente. Los letreros deberían ser rectangulares, con el lado mayor en posición horizontal. La altura vertical del letrero dependerá de su distancia con respecto al borde de la calle de rodaje.

11.2.2 Letreros de parada. Los letreros de parada se colocan en un lugar del aeródromo donde se requiere una parada obligatoria. Se colocará por lo menos un letrero de parada en el lado izquierdo de la calle de rodaje, frente al lugar donde se desea que se detenga la aeronave. La inscripción del letrero dirá "STOP".

11.2.3 Letreros de prohibida la entrada. Los letreros de prohibida la entrada se colocarán en los lugares en los que se prohíba la entrada a determinada área, tal como la salida de una calle de rodaje con circulación en un solo sentido. Se colocará al comienzo del área a la cual se prohíbe la entrada y, siempre que sea posible, al lado izquierdo. La inscripción en el letrero dirá "NO ENTRY".

11.2.4 Letrero de punto de espera de Categoría I, II o III. Se instalará un letrero de punto de espera de Categoría I, II o III a cada lado de la señal de punto de espera, frente a la dirección de aproximación hacia el área crítica. La inscripción en el letrero dirá "CAT I" para indicar un punto de espera de Categoría I, "CAT II" para indicar un punto de espera de Categoría II y "CAT III" para indicar un punto de espera de Categoría III.

11.2.5 Letreros de intersección de calle de rodaje/pista. Cuando estos letreros se empleen en lugar de un letrero de parada o de punto de espera, se instalarán sobre el costado izquierdo de la calle de rodaje, frente al lugar donde se desea que se detenga la aeronave. La inscripción consistirá en la designación de ambos extremos de la pista que intercepta, debidamente anotada con respecto a la posición desde la cual se ve el letrero. Por ejemplo, si el extremo 33 de una pista queda a la izquierda y el extremo 15 a la derecha, la inscripción dirá 33-15.

11.3 Letreros de información

11.3.1 Todo letrero de información debería consistir en inscripciones amarillas sobre fondo negro o inscripciones negras sobre fondo amarillo. Cuando los letreros de información deban utilizarse de noche, estarán iluminados interna o externamente. Los letreros también pueden estar reventados de material reflectante.

11.3.2 Los letreros de situación se utilizan para indicar puntos determinados del aeródromo. Son ejemplos de estos puntos, los siguientes:

- a) los extremos de las pistas;
- b) las intersecciones de calles de rodaje con pistas; y
- c) las intersecciones entre calles de rodaje.

11.3.3 Los letreros de punto de destino se utilizan para indicar la dirección que se ha de seguir para llegar a determinado lugar. Estos letreros incluyen la dirección hacia:

- a) pistas;
- b) plataformas;
- c) calles de rodaje; y
- d) terminales.

11.3.4 Los letreros de situación resultarán generalmente de utilidad en todos los aeródromos, con independencia de la complejidad de los mismos, el volumen del tránsito o las condiciones de visibilidad. Los letreros de destino son muy útiles en condiciones de buena visibilidad y de visibilidad moderadamente reducida. En condiciones de visibilidad extremadamente reducida, se considera preferible la guía mediante control de la iluminación de eje de las calles de rodaje. Sin embargo, deben tenerse también en cuenta las condiciones diurnas, en que la iluminación del eje de la calle de rodaje puede que no tenga la suficiente intensidad para proporcionar guía, en cuyo caso se necesitarían letreros.

11.3.5 Emplazamiento de los letreros. Debido a la variedad de intersecciones de calles de rodaje y a la información que puede ser necesario tener que proporcionar, resulta difícil establecer una regla fija para el emplazamiento de estos letreros. Un método general, que da buenos resultados, consiste en emplazar todos los letreros antes de las intersecciones. Un letrero que indica un punto de destino se coloca, normalmente, antes de una intersección, al mismo lado de la calle de rodaje en dirección al emplazamiento que se quiere indicar. Si el punto de destino está ubicado directamente al frente, el letrero se coloca ya sea a la izquierda o a la derecha de la calle de rodaje. La distancia lateral respecto al borde de la calle de rodaje depende de la altura del letrero y del tipo de aviones que utilizan el aeródromo. Las velocidades elevadas del chorro de gases de los aviones de reacción de mayor tamaño, que afectan a los letreros actuales de las calles de rodaje, han obligado colocar los letreros más alejados del borde de la pista o calle de rodaje, quedando así sometidos a una velocidad inferior. Para proporcionar la orientación requerida, podrían adoptarse letreros reflectantes.

11.3.6 Cuando los letreros hayan de leerse desde ambas direcciones de la calle de rodaje, deberían estar colocados formando ángulo recto con el eje de la misma. Los letreros que hayan de leerse en una dirección solamente, podrían colocarse formando un ángulo de 75° aproximadamente, para facilitar su lectura.

11.3.7 Características generales. Los letreros de situación y de destino deberían ser rectangulares, con su lado mayor paralelo al terreno. Su anchura, en sentido horizontal, dependerá del texto que haya de incluirse en el letrero. La altura total del letrero debería ser la mínima posible y compatible con la necesidad de que el letrero pueda leerse con facilidad. Esta altura dependerá de su distancia respecto al borde de la calle de rodaje, debiendo permitir que las barquillas de los motores de reacción y las hélices pasen por encima del letrero manteniendo la distancia de guarda necesaria. Son factores que deberían tenerse también en cuenta, el chorro procedente de los motores y la necesidad de que los letreros sobresalgan por encima de la nieve. En cierto Estado se estimaba antes que los letreros de 75 cm de altura, situados a 6 m del borde de la calle de rodaje, eran adecuados; pero, debido a los daños ocasionados por el chorro de los motores de reacción, se emplazan actualmente a no menos de 13 m del borde del pavimento de resistencia máxima de las pistas y calles de rodaje. Las Figuras 11-6 y 11-7 muestran detalles de los letreros iluminados internamente y de los letreros reflectantes, respectivamente.

11.3.8 El texto de los letreros de situación y de destino debería ser como sigue:

- a) Extremos de pista: el número de designación (y la letra cuando exista) del extremo de pista de que se trate. El empleo de números en los letreros, especialmente por lo que se refiere a los números de dos cifras, debería limitarse a este fin.
- b) Calles de rodaje: una letra romanilla o varias. En la Figura 11-1 se muestra un ejemplo de asignación de letras a las calles de rodaje.
- c) Calles de salida: la letra o letras de la calle de rodaje de que se trate.
- d) Intersecciones de calles de rodaje a lo largo de la pista: los números de designación (y las letras cuando existan) de ambos extremos de la pista, separados por un guión y dispuestos de acuerdo con el extremo correspondiente. (Véanse 11.2.5 y la Figura 11-2.)
- e) Otras áreas de los aeródromos: las siguientes palabras o abreviaturas:

Áreas generales de estacionamiento de servicio y de carga	RAMP o APRON
Áreas reservadas exclusivamente para el estacionamiento de aeronaves	PARK o PARKING
Áreas para aeronaves civiles en los aeropuertos mixtos, civiles y militares	CIVIL
Zonas militares en los aeródromos mixtos, civiles y militares	MIL
Áreas reservadas para el movimiento de mercancías o carga	CARGO
Zonas internacionales	INTL
Áreas para calentamiento de motores	RUNUP
Punto de verificación de altímetros	ACP
Punto de verificación del VOR	VOR
Áreas de combustible o de servicio	FUEL
Hangar o área de hangares	HGR

Cuando sea necesario identificar otras áreas distintas de las enumeradas anteriormente, debería emplearse una palabra inglesa adecuada, o una abreviatura de la misma cuando sea necesario. Las palabras de menos de cinco letras no deberían abreviarse. El hecho de emplear el idioma inglés no debería interpretarse en el sentido de que se prohíbe el empleo de letreros adicionales en el idioma oficial de cada país.

11.3.9 La dirección que ha de seguirse hasta un cierto punto de destino debería indicarse mediante una flecha. Cuando sea necesario efectuar un viraje a la izquierda, la flecha debería estar en el lado del letrero. Cuando resulte necesario efectuar un viraje a la derecha, la flecha debería encontrarse en la parte derecha del letrero. Cuando la aeronave debe continuar en línea recta, debería mostrarse una flecha vertical en la parte izquierda del letrero. (Véase la Figura 11-3.)

11.3.10 La forma de las letras, números y flechas depende de los métodos utilizados para iluminar el letrero. Los que se muestran en la Figura 11-4 han resultado ser satisfactorios en los sistemas de letreros con iluminación interna y con material reflectante. En el caso de los letreros con iluminación externa destinados a usarse en las calles de rodaje, deberían emplearse las letras y números de la Figura 11-5. Cuando se utilicen dispositivos luminosos para iluminar los letreros reflectantes, el dispositivo no debería interferir con la legibilidad del letrero o producir reflejos o una dispersión de la luz, objetables.

11.3.11 Letreros especiales. Puede utilizarse un letrero especial cuando se permita iniciar los despegues desde un punto de la pista distinto del extremo de la misma. Su objeto es indicar al mismo tiempo la dirección que ha de seguirse para tal despegue en pista corta y la dirección que ha de seguirse para llegar al extremo de la pista. Este letrero se compone de dos flechas una de las cuales muestra la dirección que debe seguirse hasta el extremo de la pista, y el número de designación de ésta; la otra indica la dirección que ha de seguirse hasta un punto intermedio de la pista (cuando la distancia de despegue sea más corta), el número de designación de la pista y la distancia restante disponible para el despegue. (Véase la Figura 11-4.)

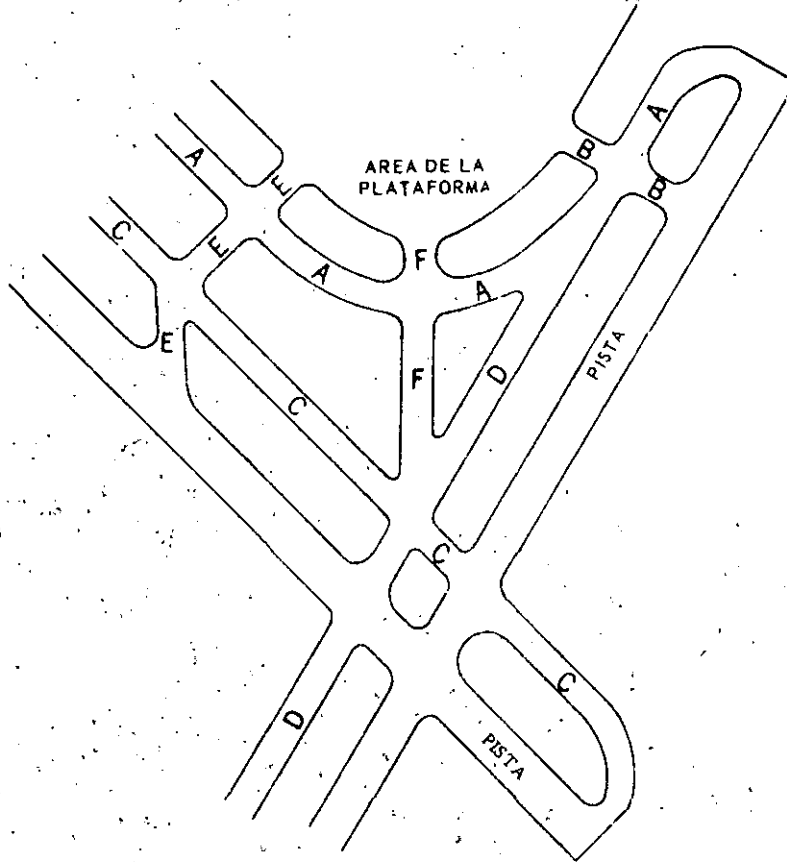


Figura 11-1.- Asignación de letras a las calles de rodaje

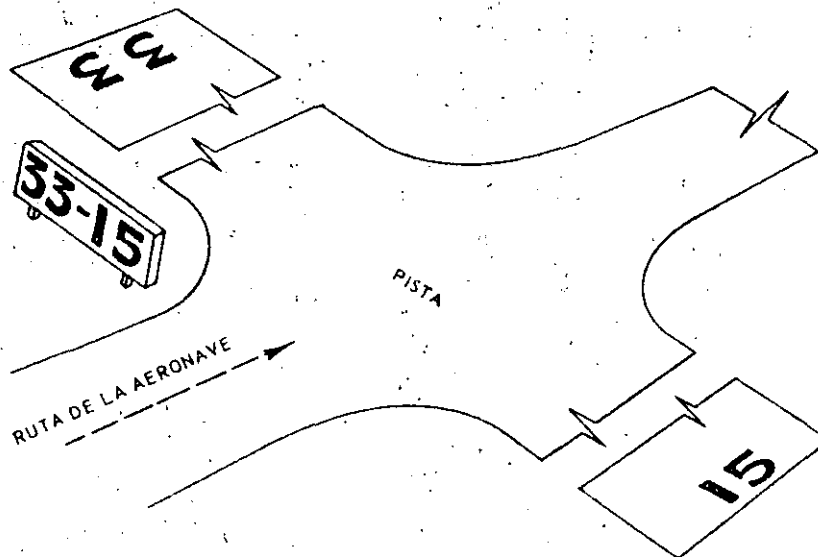


Figura 11-2.- Letrero de intersección, colocado paralelamente a la pista

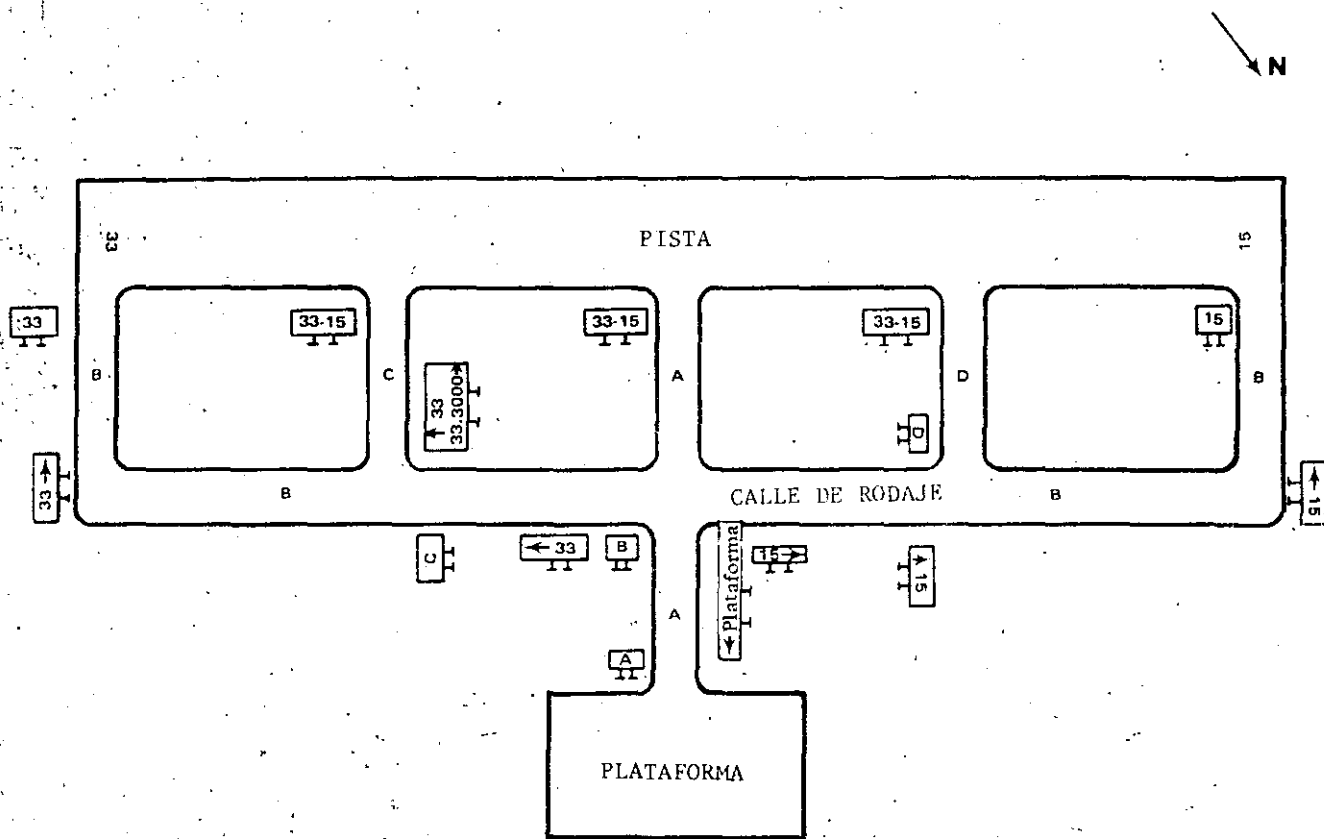


Figura 11-3.- Ejemplo de letreros y de su emplazamiento

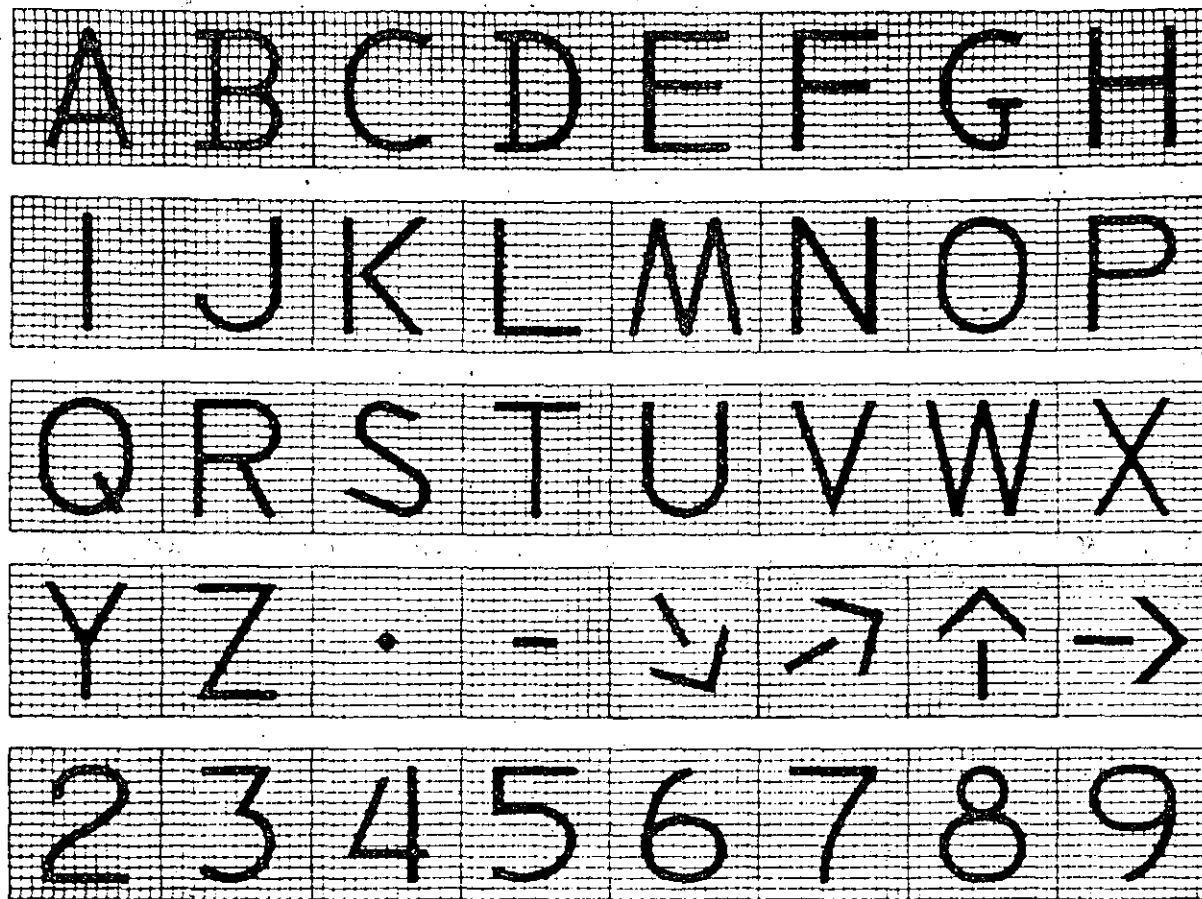
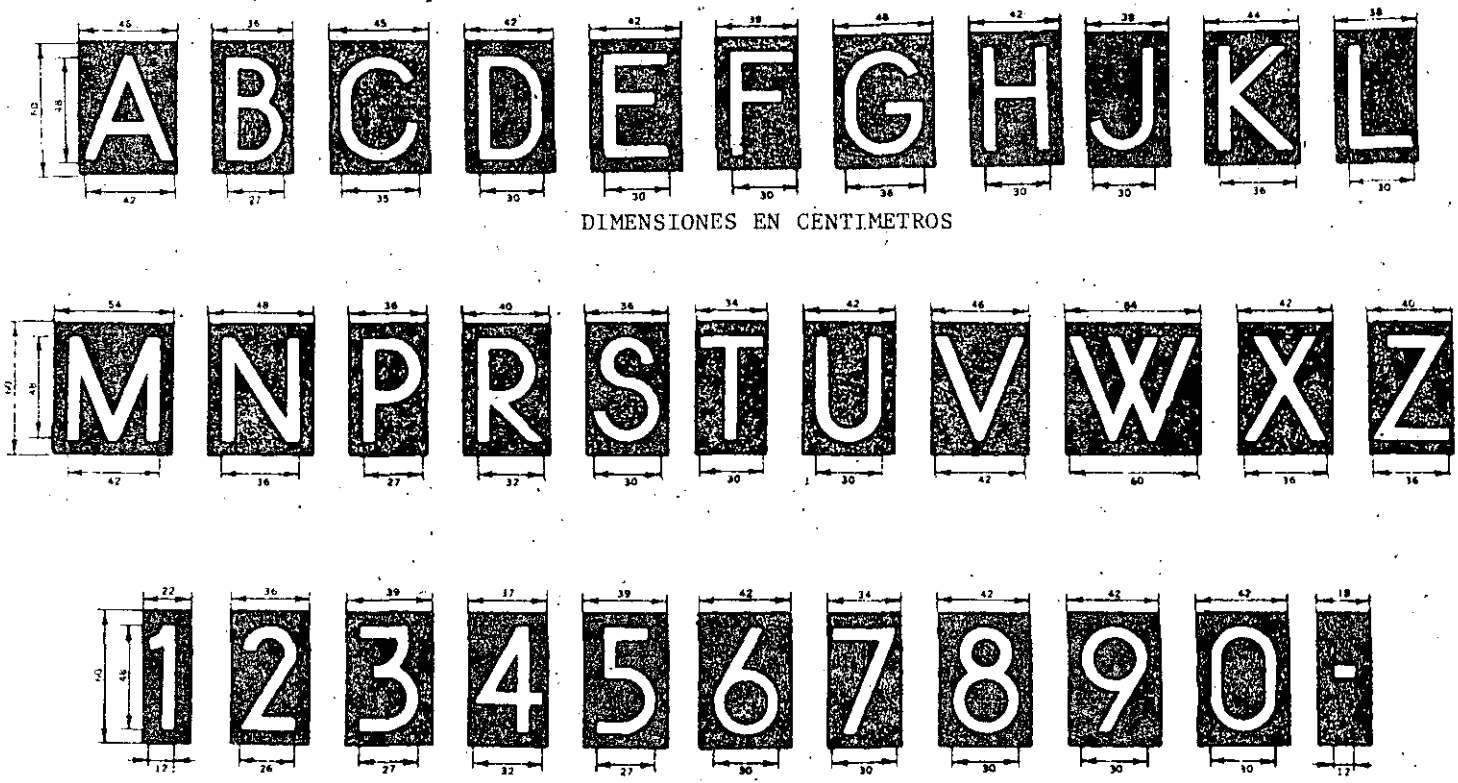
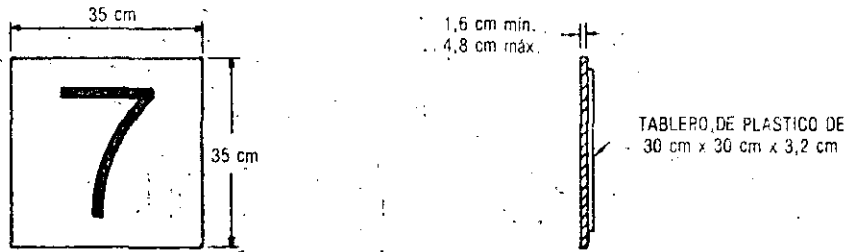
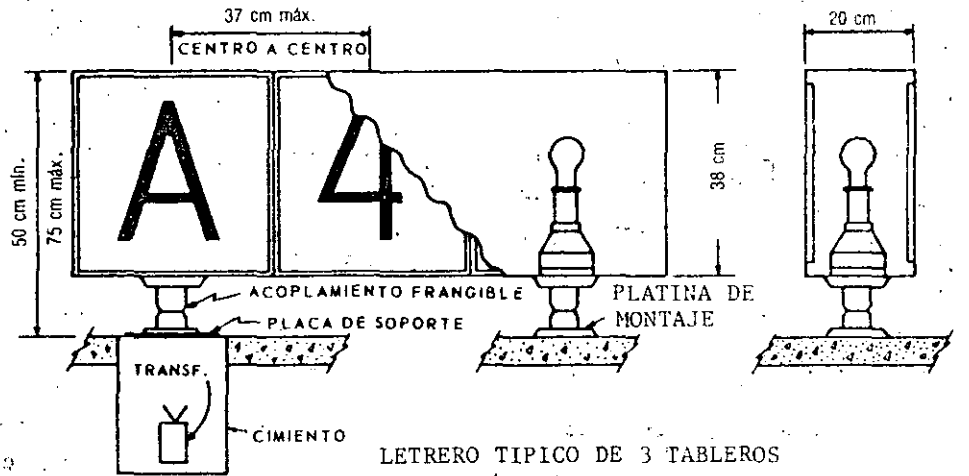


Figura 11-4.- Alfabeto, signos y números para los letreros iluminados internamente



DIMENSIONES EN CENTIMETROS

Figura 11-5.- Alfabeto y números para los letreros iluminados externamente



PLACA FRONTAL TIPICA CON TABLERO DE PLASTICO

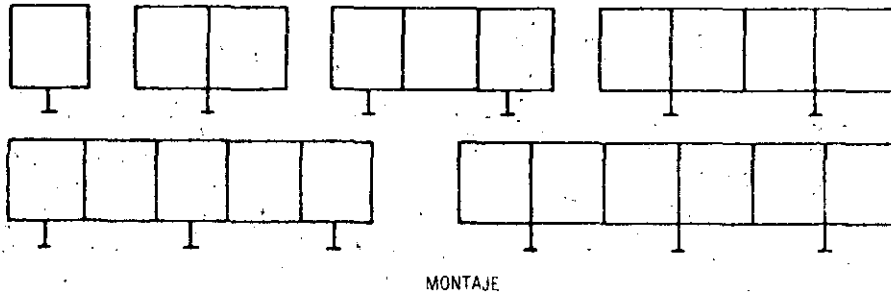
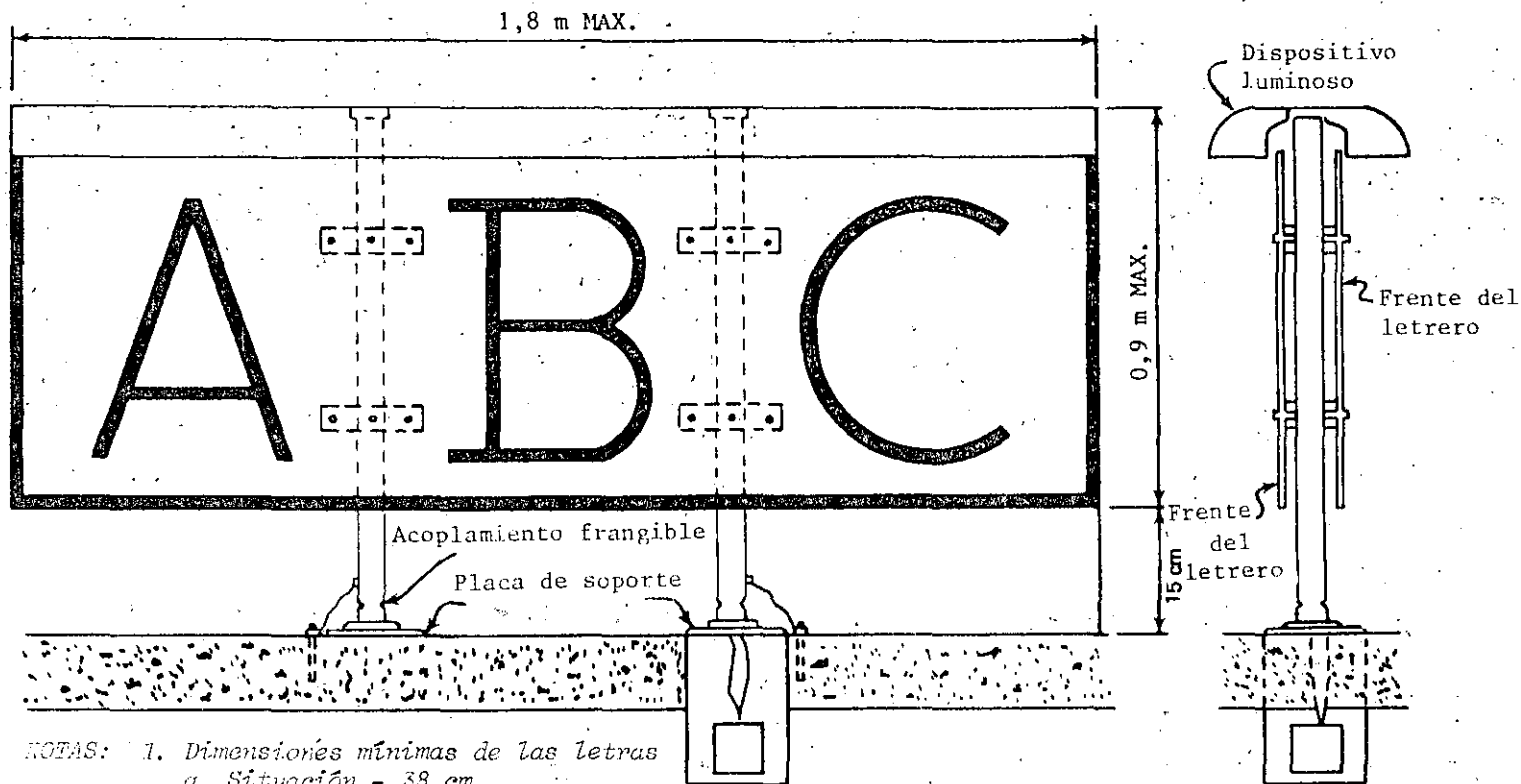


Figura 11-6.- Letrero iluminado internamente



- NOTAS:
1. Dimensiones mínimas de las letras
 - a. Situación - 38 cm
 - b. Destino - 30 cm
 2. Tipo de letras. (Véase la Figura 11-4.)
 3. Método de iluminación - si es necesaria - exterior o interior.

Figura 11-7.- Letrero típico reflectante

CAPITULO 12.- SISTEMAS DE GUIA VISUAL PARA EL ESTACIONAMIENTO Y ATRAQUE

12.1 Introducción

12.1.1 Estacionamiento de aeronaves en posición correcta. En muchos casos se requiere que las aeronaves se estacionen en alguna posición prescrita para poder lograr el margen de separación requerido respecto a otras aeronaves. Esta precisión de la posición de las aeronaves resulta particularmente necesaria cuando la aeronave está conectada al edificio terminal mediante instalaciones especiales para el embarque y desembarque de los pasajeros. Asimismo, cuando existan instalaciones fijas de servicio de reabastecimiento de combustible, conexiones subterráneas de energía eléctrica, suministro de agua, líneas terrestres de comunicación, aire comprimido, etc., es muy importante que las aeronaves estén correctamente situadas a fin de lograr el funcionamiento seguro y eficaz de tales instalaciones. Hay un sistema de guía, basado en señales* y luces empotradas y conocido como sistema de guía para el estacionamiento en las plataformas, que se utiliza para estacionar las aeronaves en los terminales no provistos de pasarelas telescópicas. En los terminales equipados con esas pasarelas, para atracar las aeronaves se requiere un sistema más complejo. Un sistema de esta índole se conoce como sistema de guía visual para el atraque. Los requisitos operacionales del sistema de guía para el atraque se describen en el Apéndice 1, y los del sistema de guía para el estacionamiento, en el Apéndice 2.

12.2 Luces de guía para las maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves

12.2.1 En 2.3.1.1 se mencionó que, para las aeronaves que maniobran en los puestos de estacionamiento en condiciones de mala visibilidad, además de las señales podrían requerirse luces con poco espaciado, similares a las de eje de calle de rodaje. Estas luces, denominadas luces de guía para las maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves, deberían ser omnidireccionales para que pueda verlas el piloto que se aproxime a 90° a lo largo de la calle de rodaje. Para lograr una luz omnidireccional satisfactoria, generalmente se usan las luces normales, de baja intensidad, de calle de rodaje. Sin embargo, para mejorar la calidad de la luz, los filtros verdes se sustituyen por otros amarillos. Se requiere una intensidad de 60 candelas (amarillo), para las operaciones que se realizan con visibilidades correspondientes a la Categoría III b. La temperatura de la superficie de las luces debe ser lo suficientemente reducida para no afectar los neumáticos de las aeronaves que pasen por encima de ellas. Normalmente, las luces se espacian 15 m entre centros.

12.3 Sistemas de guía visual de atraque

12.3.1 Aunque la iluminación de eje del puesto de estacionamiento de aeronaves proporcionará orientación adecuada para iniciar el viraje y ubicarse sobre el eje, no resulta suficiente para lograr la exactitud azimutal necesaria para los puestos de estacionamiento proa adentro equipados con pasarelas telescópicas para los pasajeros. Además, la guía de parada es esencial para poder detener correctamente la aeronave en posición. Por lo tanto, en los terminales equipados con pasarelas telescópicas se instalan los sistemas de guía visual de atraque.

* En cuanto a la información relacionada con las señales de la plataforma, véase el Capítulo 2, 2.3.

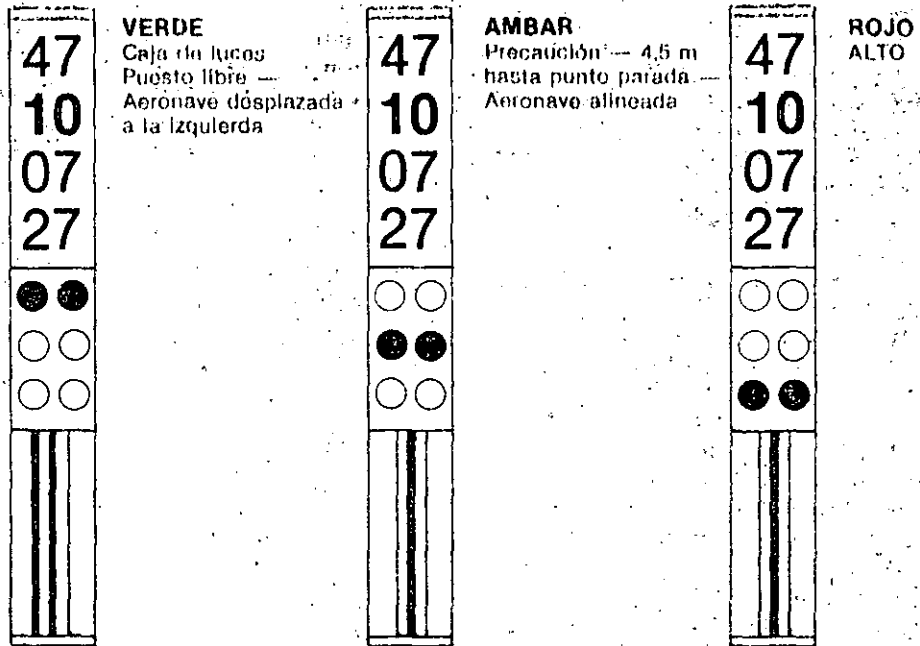
12.3.2 Las especificaciones del Anexo 14 aplicables a los sistemas de guía visual para el atraque fueron recientemente objeto de examen y modificación para ajustarlas a los requisitos operacionales del Apéndice 1. Actualmente, esas especificaciones tienen la categoría de método recomendado. No obstante, el Consejo de la OACI piensa examinarlas a su debido tiempo con vistas a su posible adopción con el rango de normas. Corrientemente, hay varios tipos de sistemas de guía visual para el atraque. Sin embargo, se ha visto que la mayoría de ellos no satisfacen diversos requisitos operacionales previstos en el citado Apéndice 1, ni las especificaciones conexas del Apéndice 14. Por esto, es conveniente prestar suma atención al tratar de seleccionar un sistema. En los párrafos que siguen se esbozan las características básicas de varios tipos de sistemas de guía visual para el atraque que se ha visto que satisfacen la mayoría, o acaso la totalidad, de los requisitos y especificaciones operacionales.

12.3.3 Sistemas que utilizan luces y sensores de bucle inductivo.

12.3.3.1 En la Figura 12-1 se describe un sistema de guía visual para el atraque que utiliza luces y sensores de bucle inductivo para proporcionar guía de azimut e información del punto de parada. Este sistema se compone de una caja de metal fijada en el edificio terminal o en algún punto de soporte, alineada exactamente en perpendicular y 53 cm a la izquierda del eje del puesto de estacionamiento de aeronaves. Esta dimensión está alineada con el centro del asiento del piloto, es decir, el asiento de la izquierda. El fondo de la caja alberga tres tubos de neón: uno verde entre dos amarillos, uno a cada lado, que proporcionan guía azimutal. El tubo verde está embutido en placas de desviación de 45 cm de profundidad; los dos tubos amarillos están colocados detrás de rebordes o pestañas, de modo que no sean visibles en línea recta. Cuando el piloto se acerca y sólo puede ver el tubo verde, se halla en posición correcta con un margen de $\pm 7,5$ cm. Si él ve una línea amarilla a un lado o al otro, está desplazado (véanse las ilustraciones).

12.3.3.2 La parte superior de la caja indica el punto de parada. Contiene indicadores rojos de aeronave, de neón: 747, 10, 707, etc., hasta 17 tipos distintos, según se necesite en determinada posición para la gama de aeronaves que la utilicen. Si es necesario, esta parte de la caja se puede instalar al lado de la caja que contiene las luces. Las lámparas incandescentes colocadas debajo del indicador del tipo de aeronave forman tres juegos de lámparas: parte superior, verde; parte central, ámbar; parte inferior, roja. Funcionan así: el verde indica que el puesto de estacionamiento está libre y listo para recibir la aeronave. El sistema está programado para proporcionar las indicaciones siguientes: con las luces ámbar, la aeronave se halla sólo a 4,5 m del punto de parada; con las rojas, la aeronave está en el punto de parada. A medida que se enciende cada color, las otras se apagan automáticamente.

12.3.3.3 La unidad de control se pone en marcha mediante el interruptor apropiado, que está en la caja. A partir de ese momento, el sistema funciona automáticamente. Las luces roja y ámbar las dispara la propia aeronave cuando la rueda de proa pasa por encima de los bucles inductivos instalados en la plataforma. Estos bucles consisten en alambre bobinado en dientes de sierra de un ancho de 0,6 cm por 4 cm de profundidad, en configuración rectangular de 30 x 180 cm. El alambre está recubierto con epoxi. Ya que las aeronaves tienen dimensiones distintas, entre la rueda de proa y la puerta de pasajeros, para los diversos tipos de aeronave se necesitan juegos distintos de bucles. Sin embargo, cuando se dispone de pasarelas telescópicas y los distribuidores de combustible son flexibles, es posible, con bucles comunes, adaptar varios tipos de aeronave.



Caja de control

Figura 12-1.- Sistema de guía visual de atraque a base de luces y sensores de bucle inductivo

12.3.3.4 En la caja de control hay un selector con posiciones para cada tipo de aeronave: hasta 17 posiciones. Para que el personal en tierra pueda activar el sistema, para indicar al piloto que el puesto está listo para alojar al tipo de aeronave de que se trate, es preciso poner el selector en la posición deseada. Una vez atracada la aeronave, no es necesario reciclaje alguno ya que el circuito controlador detiene automáticamente por entero el funcionamiento del sistema unos 10 segundos después de activadas las lámparas rojas. Esto contribuye a prolongar la vida útil del equipo eléctrico y elimina asimismo la posibilidad de que otra aeronave penetre al puesto de atraque por estar activados los bucles controladores erróneos.

12.3.3.5 La caja de control tiene un conmutador de parada de emergencia, que contrarresta la acción del circuito, activando las líneas rojas de parada. A veces, esto es necesario en el caso de que algún vehículo de servicio obstruya el camino que tiene que seguir la aeronave que tenga que atracar, haya alguna pasarela telescópica colocada indebidamente, etc. Para evitar que esto ocurra, se han incorporado dispositivos integrales de "seguridad total". Las lámparas incandescentes están instaladas en pares, con termistores y voltaje reducido para prolongar su vida útil y conseguir que si una se apaga la otra se ilumine. Se ha instalado un dispositivo que detiene totalmente el funcionamiento del sistema en el caso de que ambas lámparas fallen, y se ha advertido a los pilotos que si esto ocurre tienen que detener forzosamente la marcha. Se ha incorporado igualmente un dispositivo de verificación a base de un circuito impreso, que verifica automáticamente los controles e indica, mediante luces instaladas en el tablero de control, en qué condiciones se halla el sistema.

12.3.3.6 La Figura 12-2 describe otro sistema de guía visual de atraque, que utiliza luces y sensores de bucle inductivo para proporcionar guía de azimut e información del punto de parada. Este sistema de atraque tiene bucles sensores, un dispositivo de exploración, un pupitre para el operador, un tablero de presentación visual con un dispositivo central e interfaz serial que conecta los diferentes dispositivos. Todas las unidades son resistentes a la intemperie, pudiendo funcionar a temperaturas que van de -40° a $+80^{\circ}\text{C}$ y se comunican por medio de interfaces seriales con una velocidad de transferencia de 4 800 bits/segundo. Los sensores son bucles de $1\ 000 \times 3\ 000$ mm empotrados en ranuras de 10 mm de ancho por 20 mm de profundidad en el hormigón de la plataforma. Están separados 500 mm entre sí por una junta flexible que los protege contra roturas producidas por los desplazamientos del hormigón. Cada bucle está conectado al dispositivo de exploración por medio de alambres sumamente apretados y devanados dentro de las ranuras, para reducir al mínimo la inductancia. Las ranuras se rellenan con hormigón epoxi, nivelándolas a ras de la plataforma.

12.3.3.7 El dispositivo de exploración consiste en un microprocesador conectado a los bucles sensores y la unidad central por medio de un canal serial. La finalidad de este dispositivo es detectar los errores de los sensores y activar cada bucle en la posición acertada. Cuando el distintivo de una aeronave se ha seleccionado en el pupitre del operador, se activan los tres primeros bucles en el umbral de entrada. A medida que avanza la aeronave, se van activando otros bucles frente a la rueda de proa, de tal manera que hay siempre activados tres bucles hasta la posición de parada. Si se produce una falla, (por ejemplo, un cable cortado), puede detectarse en el tablero de presentación visual, donde aparece el número del bucle que ha fallado. Si la falla se produce cuando el sistema no está funcionando, no puede ponerse en marcha mientras no se haya reparado. Ahora bien, si la falla se produce durante la maniobra de atraque de la aeronave, el sistema permite que termine esta operación antes de dar la advertencia, y luego el sistema queda bloqueado. El dispositivo de exploración puede estar conectado con 56 bucles sensores. No es necesario ajustar los detectores y las variaciones de inductancia, a causa de la lluvia, nieve o temperatura, no afectan al sistema.

12.3.3.8 El sistema se controla desde el pupitre del operador, donde hay un conmutador con cerradura, un selector de 24 posiciones y un botón de ALTO de emergencia. La llave del conmutador está diseñada de tal forma que sólo puede tener acceso a ella el personal autorizado. De las 24 posiciones del conmutador de selección, 23 se asignan a

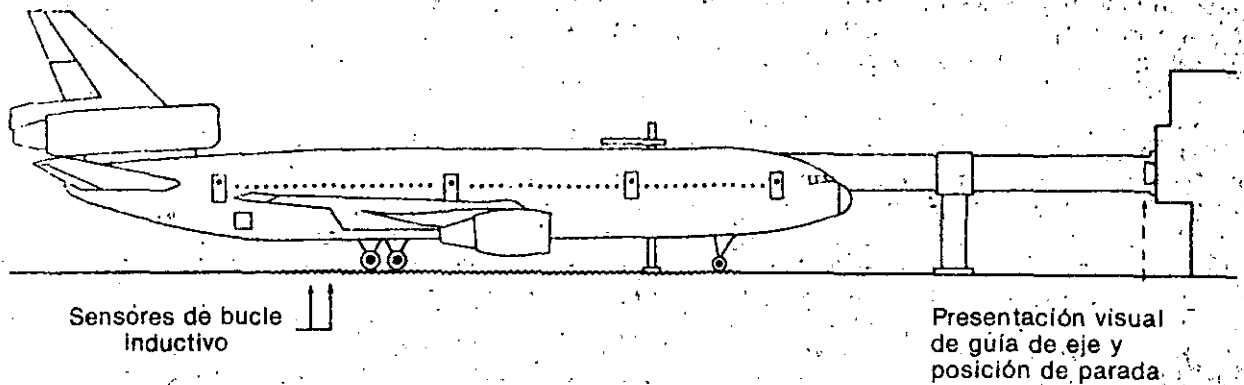
los distintivos de aeronave, en tanto que una se reserva para probar las luces del tablero de presentación visual. Al oprimir el botón de ALTO, de emergencia, las luces rojas y la señal de ALTO se encienden en forma intermitente. El sistema permite conectar un número ilimitado de pupitres de operador, pero, por razones de seguridad, en todo momento sólo puede hacerse funcionar uno de ellos.

12.3.3.9 El tablero de presentación está hecho de un compuesto de fibra de vidrio y revestido de pintura negra no reflectante. Mide 1 850 mm de altura por 850 mm de ancho y 750 mm de profundidad; la profundidad total, que incluye el soporte del eje, es de 2 200 mm. La parte superior del tablero, donde aparecen los distintivos de las aeronaves y los números que corresponden a los bucles que fallan, tienen seis presentaciones alfanuméricas. Más abajo hay una señal fija roja de ALTO entre dos luces rojas de parada. En la parte inferior del tablero hay dos luces verdes que indican "puede entrar". Cuando el sistema se conecta, las luces verdes se encienden en forma intermitente, de tal manera que el piloto sepa que la entrada está libre; cuando la aeronave atraviesa el umbral de la entrada, las luces se encienden en forma continua. Entre las luces rojas de la parte superior y las verdes de la parte inferior, hay 13 luces que forman dos columnas verticales destinadas a informar al piloto del régimen de aproximación. Once pares de estas luces son verdes, el par doce es ámbar y el trece, rojo. Además, existe otro par de luces al mismo nivel que el par trece, pero hacia adentro; esas luces son verdes y constituyen una referencia de la posición de parada; se extinguen en el momento en que se encienden las luces rojas de parada.

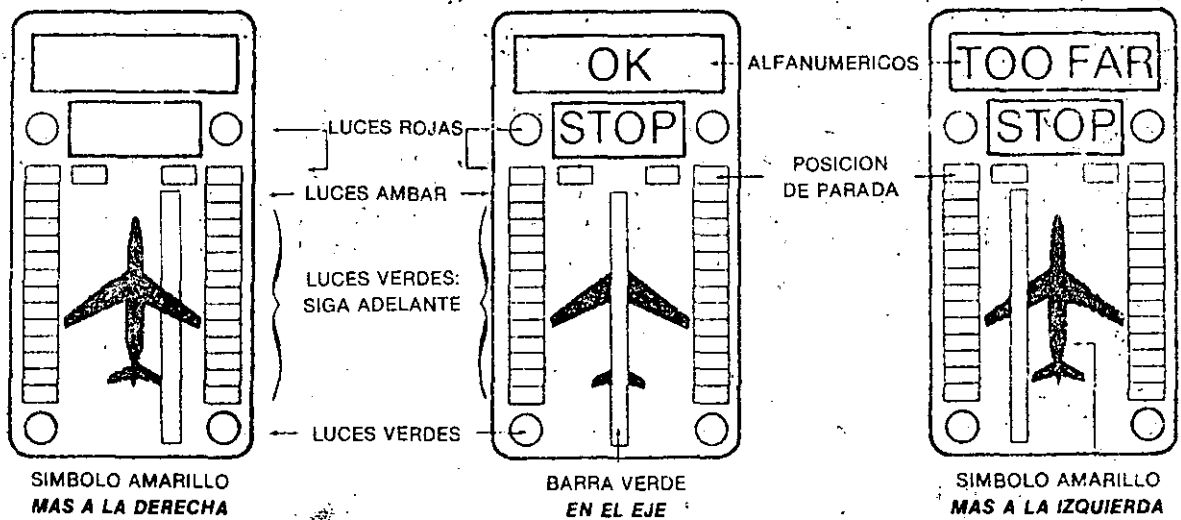
12.3.3.10 La guía de eje es una barra vertical verde iluminada de 750 mm de longitud, emplazada en el extremo de los soportes que sobresalen 2 m del tablero de presentación visual. El piloto ve esta barra encima de un símbolo de aeronave de color amarillo, y debido al paralaje, puede saber en qué dirección debe llevar la aeronave para mantenerse en el eje.

12.3.3.11 Cuando el atraque se ha realizado debidamente, las letras "OK" reemplazan el número que corresponde al tipo de aeronave, que aparecía en la parte superior del tablero de presentación. Si la aeronave ha pasado más allá del eje aparecen, en vez del OK, las palabras DEMASIADO APARTADO. El sistema se desconecta 20 segundos después de que la aeronave llega a la posición de parada.

12.3.3.12 Hay una célula fotoeléctrica que controla automáticamente la intensidad de las luces, que son redundantes de elevada fiabilidad. La unidad central, que está dentro del tablero de presentación visual, contiene una microcomputadora que coordina y controla las comunicaciones con las demás partes del sistema. La información se corrige por medio de una paridad de bits, que bloquea la aceptación de los datos incorrectos. Es posible que la distancia de transmisión sea de hasta 500 m. La unidad contiene un programa de interconexión y secuencia destinado a evaluar las señales de los bucles sensores y del operador, y a controlar las lámparas y letreros. Estos programas están almacenados en memorias "E PROM" que permiten conservar la información cuando se desconecta la fuente de energía eléctrica. El módulo E PROM puede reprogramarse fácilmente cuando hay que incorporar otros tipos de aeronave, nuevas posiciones de parada o hacer otros cambios. Tiene una capacidad total de 99 distintivos de aeronave. Como esta unidad está basada en semiconductores no requiere mantenimiento.



a) Vista lateral de la instalación



b) Cuadro de presentación

Figura 12-2.- Otro sistema de guía visual de atraque, a base de luces de color y sensores de bucle inductivo

12.3.4 Sistemas basados únicamente en luces

12.3.4.1 En las Figuras 12-3 y 12-4 se describe un sistema de guía visual de atraque basado únicamente en luces, para proporcionar guía. Este sistema contiene dos elementos, a saber: un dispositivo de guía de azimut y un indicador de punto de parada. El dispositivo de guía de azimut se instala en la prolongación del eje del puesto de estacionamiento delante de la aeronave, como indica la Figura 12-3. El indicador de punto de parada también se instala en la prolongación del eje del puesto de estacionamiento, pero no junto con el dispositivo de guía de azimut (véase la Figura 12-4).

12.3.4.2 El dispositivo de guía de azimut funciona así: Si se considera que el eje es el punto de referencia y los ángulos a la izquierda del eje son negativos y los que quedan a la derecha positivos, el piloto obtiene las cinco indicaciones siguientes, cuando está frente al dispositivo:

- a) de $-10^{\circ}37'$ a $6^{\circ}37'$, el haz izquierdo es rojo y el derecho verde;
- b) entre $-6^{\circ}37'$ y $-0^{\circ}7'$, el haz izquierdo, que era rojo en toda su altura, se vuelve gradualmente verde, mientras que el haz derecho permanece verde;
- c) entre $-0^{\circ}7'$ y $+0^{\circ}7'$, los dos haces son verdes;
- d) entre $+0^{\circ}7'$ y $+6^{\circ}37'$, el haz izquierdo permanece verde, mientras que el haz derecho, que era verde en toda su altura, se vuelve gradualmente rojo;
- e) entre $+6^{\circ}37'$ y $+10^{\circ}37'$, el haz izquierdo es completamente verde y el derecho completamente rojo.

12.3.4.3 De lo dicho anteriormente se desprende que, si el piloto ve dos haces verdes en toda su altura, la aeronave está sobre o cerca del eje del puesto de estacionamiento. Si la aeronave está a la izquierda del eje del puesto de estacionamiento, el piloto verá el haz izquierdo parcial o totalmente rojo, dependiendo del grado de desviación, y verá el haz derecho de color verde. El piloto debe entonces desplazarse hacia la derecha, a fin de ver ambos haces verdes. Por otra parte, si la aeronave está a la derecha del eje del puesto de estacionamiento, el piloto verá el haz derecho parcial o totalmente rojo y el haz izquierdo verde. El piloto debe entonces desplazarse hacia la izquierda, para ver ambos haces de color verde.

12.3.4.4 El indicador de punto de parada se vale de los colores verde y rojo para indicar las posiciones exactas de parada. Está situado al frente del piloto y por encima de su línea de visión, tal como indica la Figura 12-4. El dispositivo consiste en una ranura horizontal iluminada internamente, en la que hay marcadas tres posiciones de parada. Cada posición de parada está identificada por el tipo de aeronave a la que corresponde. Cuando la aeronave entra en el puesto de estacionamiento, el piloto verá la totalidad de la ranura horizontal de color verde. Al desplazarse la aeronave hacia adelante, a lo largo del eje del puesto de estacionamiento, la parte izquierda de la ranura comienza a hacerse roja y, seguidamente, el sector rojo aumenta gradualmente de tamaño. La aeronave llega a la posición de parada cuando el límite entre los sectores rojo y verde está alineado con la señal de parada (en la ranura) correspondiente a este tipo de aeronave.

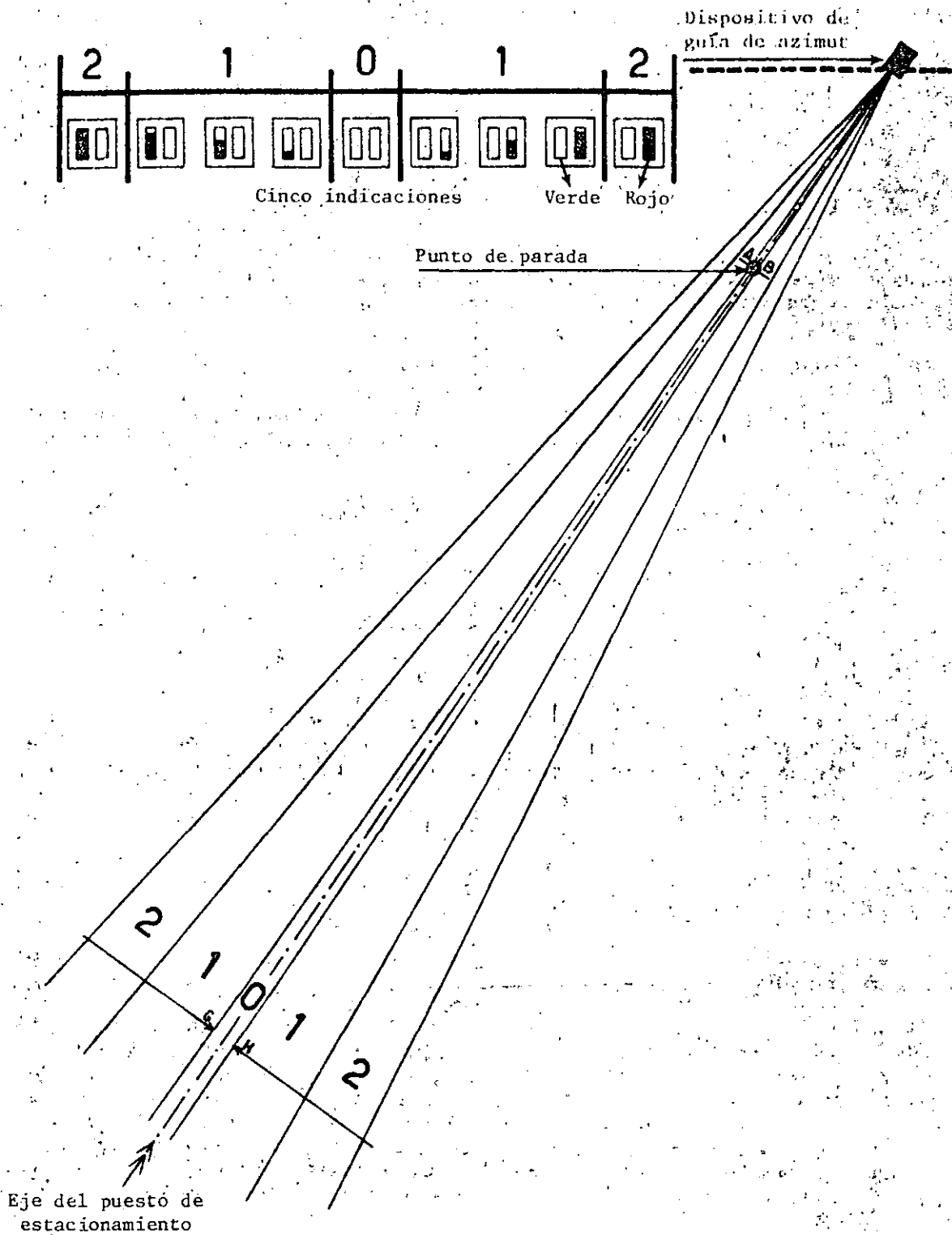
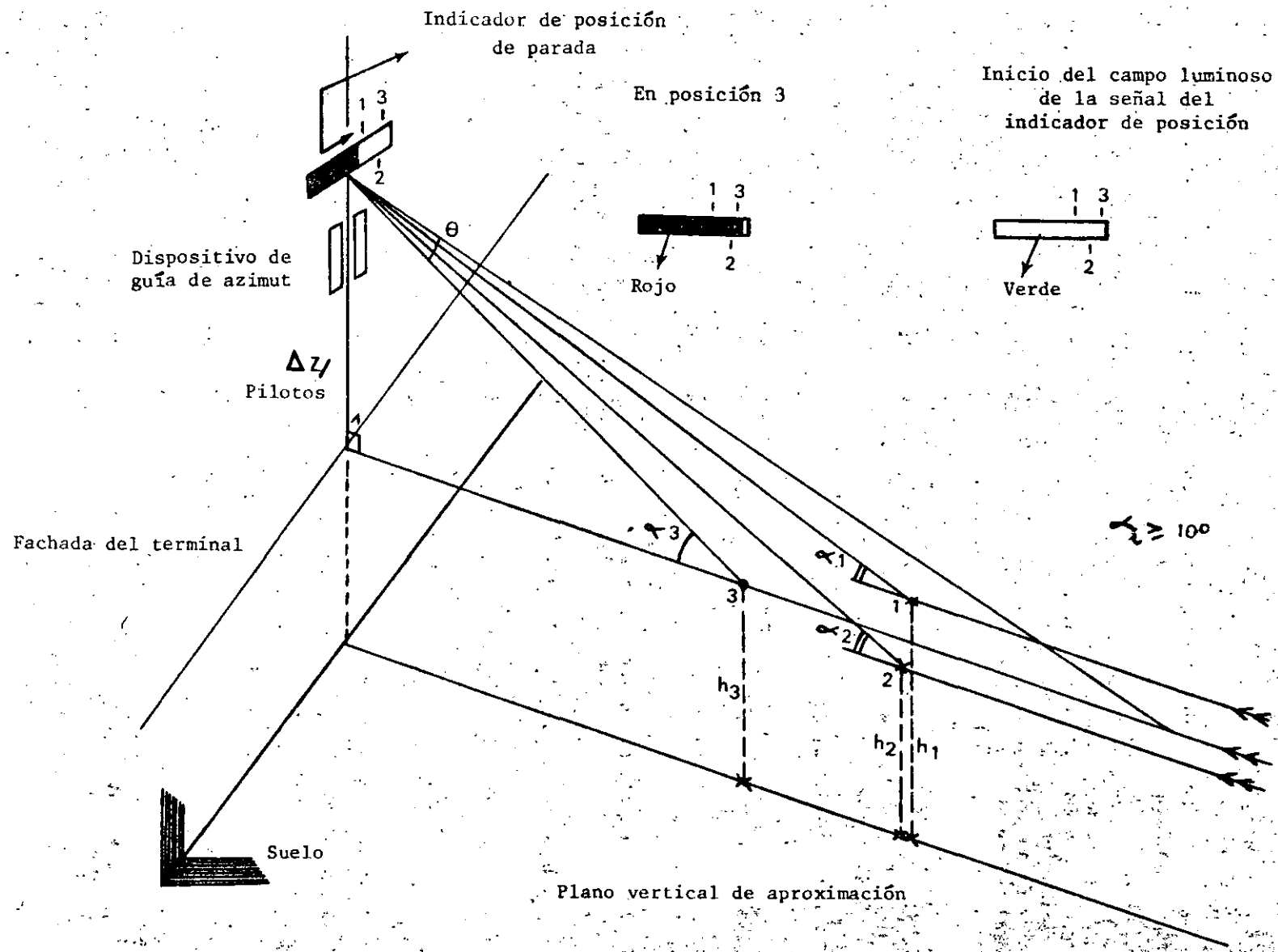


Figura 12-3.- Dispositivo de guía de azimut del sistema descrito en 12.3.4.1

Figura 12-4.- Indicador de posición de parada del sistema descrito en 12.3.4.1



CAPITULO 13.- ILUMINACION DE PLATAFORMAS. CON PROYECTORES.

13.1 Introducción

13.1.1 Se suministra el texto siguiente para dar orientación en la aplicación del Anexo 14, 5.3.22.

13.1.2 Una plataforma es un área definida en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de carga y descarga de pasajeros o mercancías, reabastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. Las aeronaves entran normalmente en estas áreas impulsadas por sus motores o remolcadas, y es necesario que dichas áreas estén suficientemente iluminadas para poder desarrollar de noche, con seguridad y eficacia, las actividades citadas.

13.1.3 La parte de la plataforma en la que se encuentra el puesto de la aeronave requiere un nivel de iluminación relativamente alto. Las dimensiones de cada puesto de aeronave están determinadas en gran parte por el tamaño de la aeronave y por el espacio necesario para maniobrar la misma entrando a dichos puestos y saliendo de los mismos en condiciones de seguridad.

13.2 Funciones de la iluminación de la plataforma con proyectores

13.2.1 Las funciones principales de la iluminación de la plataforma con proyectores son:

- a) ayudar al piloto a hacer rodar la aeronave de entrada hasta la posición final de estacionamiento o para salir de la misma;
- b) suministrar iluminación adecuada para el embarque o desembarque de pasajeros y para que el personal lleve a cabo las funciones de carga y descarga de mercancías, para reabastecerse de combustible y desempeñar cualesquier otras tareas de servicio inherente a la plataforma; y
- c) mantener la seguridad del aeropuerto.

13.2.2 Rodaje de las aeronaves. Al hacer rodar la aeronave hasta la plataforma, el piloto confía principalmente en la iluminación. La iluminación uniforme del pavimento dentro de un lugar destinado a la aeronave y la eliminación del resplandor excesivo son requisitos de gran importancia. En las calles de rodaje adyacentes a los puestos de las aeronaves es conveniente contar con iluminación de menor intensidad, con el fin de conseguir la transición gradual hasta la iluminación más intensa de los puestos de estacionamiento de aeronaves.

13.2.3 Tareas de servicio en la plataforma. Estas tareas requieren iluminación uniforme del área del puesto de la aeronave, en grado suficiente para llevar a cabo la mayoría de las tareas. En caso de que se produzcan sombras inevitables, algunas tareas pueden requerir iluminación suplementaria.

13.2.4 Seguridad del aeropuerto. La iluminación debería ser suficiente para detectar la presencia en la plataforma de personas no autorizadas y para permitir la identificación del personal en los puestos de estacionamiento de aeronaves o cerca de ellos.

13.3 Idoneidad requerida del material

13.3.1 Elección de la fuente luminosa

13.3.1.1 Se pueden emplear diversas fuentes luminosas. La distribución espectral de las luces tiene que permitir que todos los colores utilizados para la señalización de aeronaves, relacionados con los servicios de rutina y para las señales de superficie y de obstáculos, puedan identificarse correctamente. La práctica ha demostrado que son igualmente adecuadas para este fin las lámparas de halógeno incandescente así como las distintas lámparas de descarga luminosa de alta presión. Las lámparas de descarga luminosa, por la naturaleza de su distribución espectral, producen cambios de color. Por lo tanto, es esencial comprobar a la luz del día así como con luz artificial los colores usados en las lámparas, con el fin de garantizar en forma inequívoca la identificación de los colores. A veces puede ser útil ajustar la combinación de colores usada para la superficie y para señalar los obstáculos. Por razones económicas, se recomiendan lámparas de sodio de alta presión o las lámparas de haluro de mercurio de alta presión.

13.3.2 Niveles de luminancia

13.3.2.1 Para la percepción de los colores se requiere un nivel mínimo de 20 lux, el cual se considera requisito mínimo para las tareas que deben llevarse a cabo en los puestos de las aeronaves. A fin de suministrar una visibilidad óptima, es fundamental iluminar el puesto de la aeronave en forma horizontalmente uniforme a base de una relación de 4:1 (media a mínima). En este aspecto, el nivel medio vertical de luminancia a una altura de 2 m no debería ser inferior a 20 lux en las direcciones pertinentes.

13.3.2.2 Para mantener las condiciones de visibilidad general a un nivel aceptable, la luminancia horizontal media de la plataforma, excepto en los puntos donde se esté prestando servicios, debería ser de por lo menos el 50% de la luminancia horizontal media de los puestos de las aeronaves, a base de una relación de uniformidad de 4:1 (media a mínima) en esa área.

13.3.2.3 Es sabido que algunas tareas visuales requieren iluminación suplementaria, es decir, portátil. Debería evitarse, sin embargo, el uso de los faros de los vehículos para fines ajenos a su manejo.

13.3.2.4 Por razones de seguridad, puede requerirse iluminación adicional mayor que la indicada anteriormente.

13.3.2.5 El área que se encuentra entre los puestos de estacionamiento de aeronaves y el límite de la plataforma (área de estacionamiento del equipo de servicio, calles de servicio), debería tener un nivel medio de iluminación horizontal de 10 lux. Si los proyectores montados a nivel más elevado no iluminan adecuadamente esta área, podrían ponerse en servicio faroles antideslumbrantes del tipo de alumbrado público. En las Figuras 13-1, 13-2, 13-3 y 13-4 se dan algunos ejemplos de iluminación de plataformas.

13.3.3 Deslumbramiento

13.3.3.1 Deberá evitarse la iluminación directa de los proyectores en el sentido de la torre de control y de la aeronave que aterriza. Los proyectores deberían orientarse en lo posible de modo que la luz no vaya directamente hacia la torre de control o la aeronave que aterriza. Debería reducirse al mínimo la iluminación directa con proyectores por encima del plano horizontal. (Véanse las Figuras 13-5 y 13-6.)

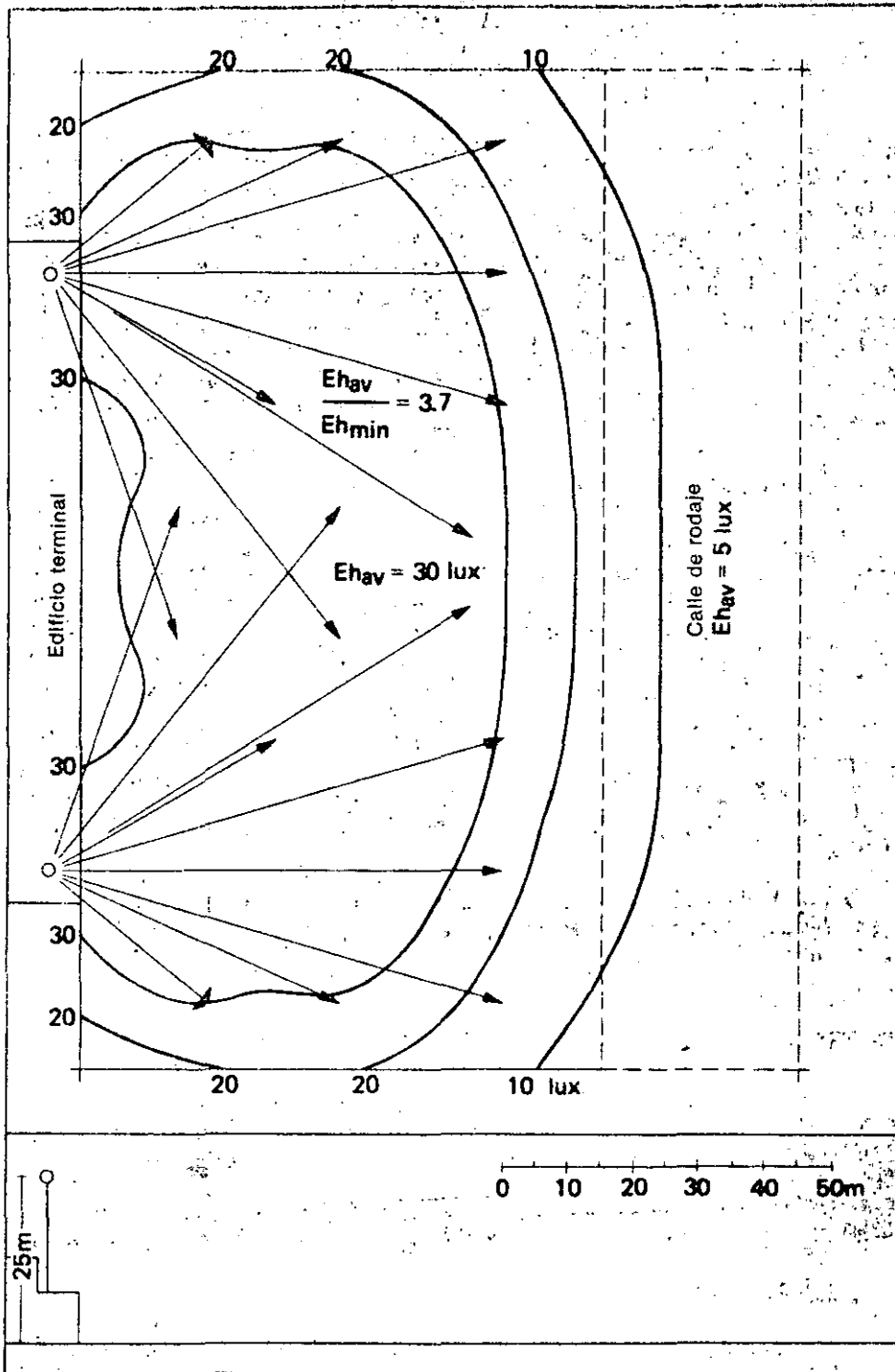


Figura 13-1.- Curvas isolux típicas de iluminación horizontal

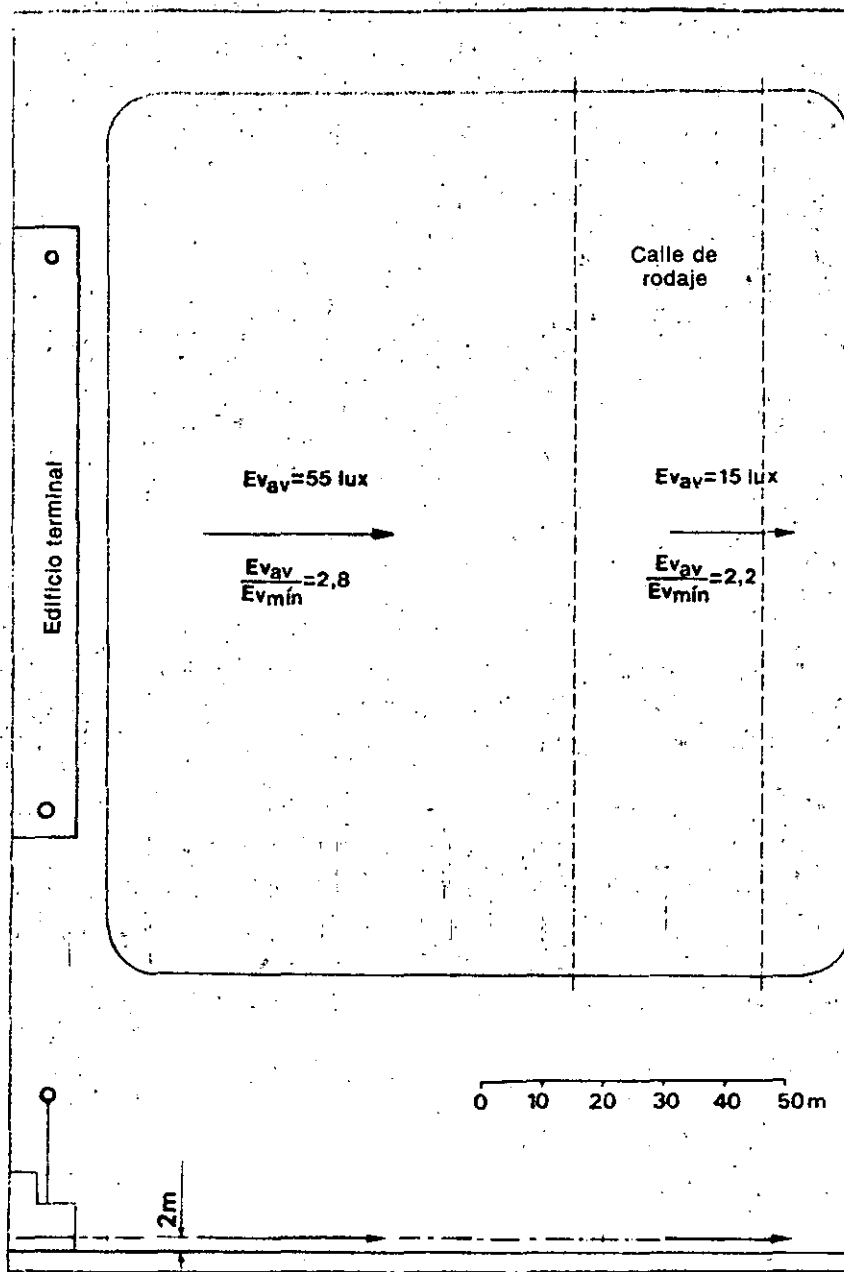


Figura 13-2.- Iluminación vertical media típica a 2 m de altura

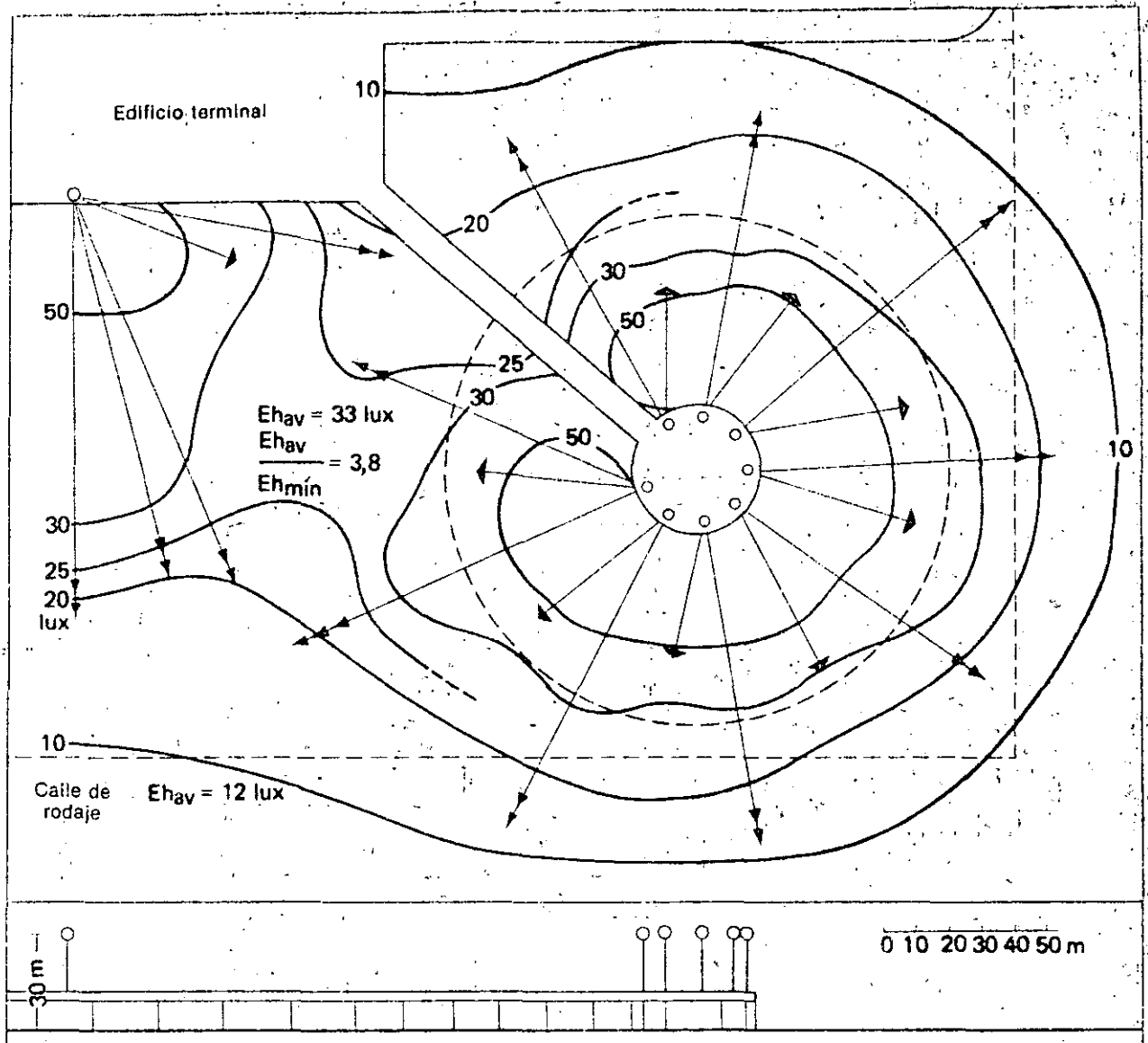


Figura 13-3.- Curvas isolux típicas de iluminación horizontal

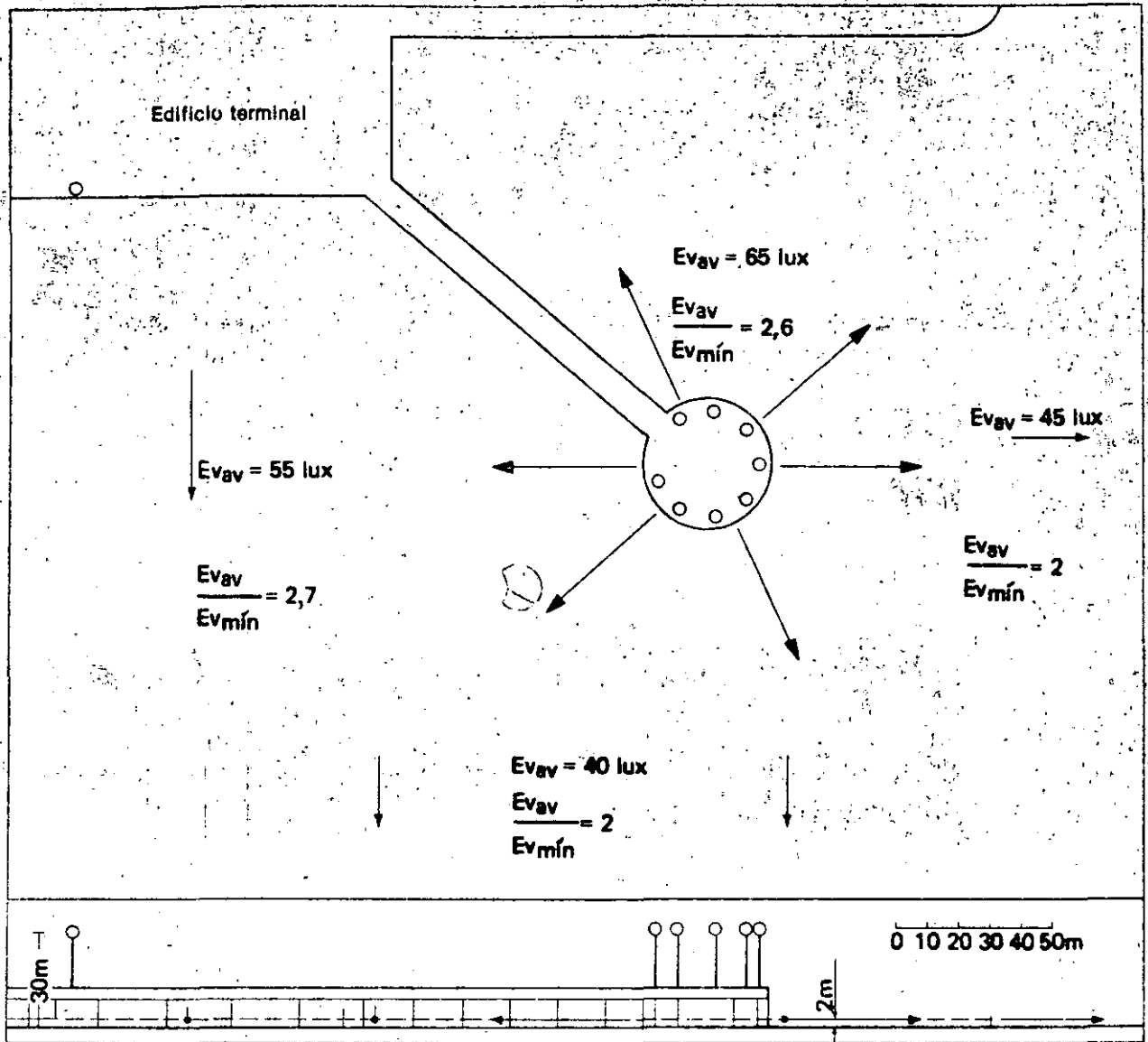


Figura 13-4.- Iluminación vertical media típica a 2 m de altura

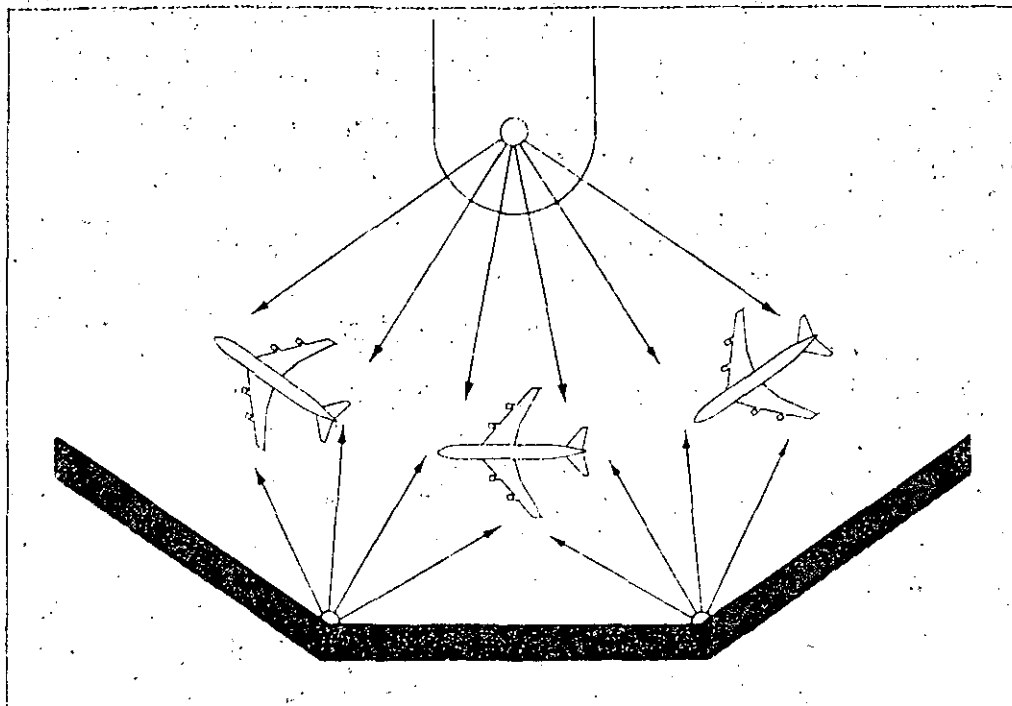


Figura 13-7.- Colocación y dirección típicas para el estacionamiento paralelo

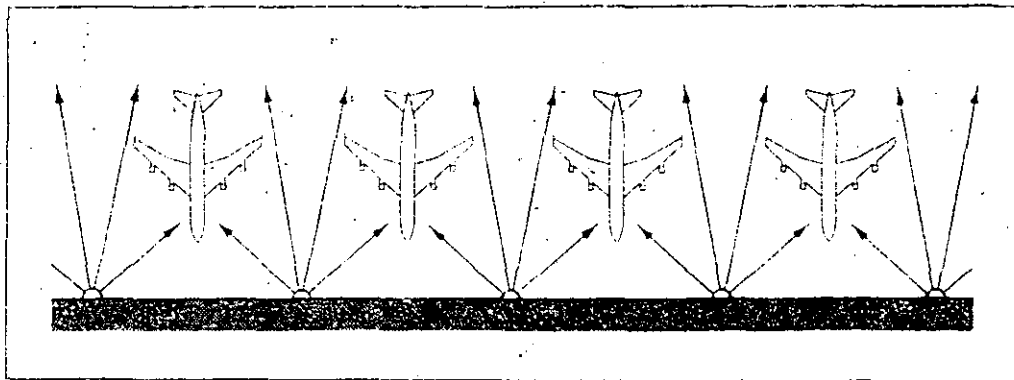


Figura 13-8.- Colocación y dirección típicas para el estacionamiento con la proa hacia adentro

13.3.3.2 A fin de reducir al mínimo el deslumbramiento directo o indirecto:

- a) la altura de montaje de los proyectores debería ser por lo menos dos veces el máximo de la altura a que queda la vista de los pilotos en las aeronaves que utilizan habitualmente el aeropuerto (véase la Figura 13-6);
- b) el emplazamiento y altura de los postes debería hacerse de tal manera que las molestias ocasionadas al personal de tierra por el deslumbramiento se reduzcan al mínimo.

A fin de cumplir con estos requisitos, deberán orientarse cuidadosamente los proyectores teniendo en cuenta su distribución luminosa. Tal vez sea necesario adaptar la distribución luminosa mediante el uso de pantallas.

13.3.4 Iluminación de emergencia

13.3.4.1 A fin de resolver la posibilidad de fallas de energía se recomienda que se disponga de iluminación suficiente para la seguridad de los pasajeros. (Véase también 13.4.3.1.)

13.4 Criterios de proyecto

13.4.1 Aspectos de iluminación

13.4.1.1 Además de los criterios de proyecto dimanantes de la idoneidad requerida del material, al proyectar un sistema de iluminación de plataformas mediante proyectores deberían considerarse los siguientes aspectos:

- a) la altura de los mástiles en que van montados los proyectores debería respetar los requisitos de franqueamiento de obstáculos que figuran en el Anexo 14, Capítulo 4;
- b) debería evitarse la obstrucción visual del personal de la torre de control. A este respecto debería prestarse especial atención al emplazamiento y altura de las torres en las que estén montados los proyectores; y
- c) la disposición y la dirección de los proyectores debería ser tal que los puestos de estacionamiento de aeronaves reciban luz de diferentes direcciones, para reducir al mínimo las sombras. Los mejores resultados se obtienen mediante iluminación uniforme de toda el área, y no mediante proyectores individuales dirigidos hacia la aeronave. (Véanse las Figuras 13-7 y 13-8.)

13.4.2 Aspectos físicos

13.4.2.1 En la etapa de proyecto de un aeropuerto debe prestarse debida atención a los aspectos físicos de la plataforma, a fin de conseguir la iluminación eficiente de ésta mediante proyectores. La decisión definitiva del emplazamiento y altura de los proyectores depende especialmente de lo siguiente:

- a) forma y tamaño de la(s) plataforma(s);
- b) disposición de los puestos de estacionamiento de aeronaves;
- c) disposición de las calles de rodaje y la distribución del tráfico;

- d) sectores y edificios adyacentes, especialmente la(s) torre(s) de control; y
- e) emplazamiento y condición de la(s) pista(s) y áreas para el aterrizaje de helicópteros.

Nota: En el Manual de proyecto de aeródromos, Doc 9157-AN/901, Parte 2, se encontrará texto de orientación relativo a las dimensiones de las plataformas y de los puestos de estacionamiento.

13.4.3 Aspectos eléctricos

13.4.3.1 Si se usan lámparas de descarga luminosa, debería utilizarse un sistema de suministro eléctrico trifásico, a fin de evitar los efectos estroboscópicos. Si se usan lámparas de descarga luminosa de alta presión, puede suministrarse iluminación de emergencia, ya sea por medio de lámparas incandescentes de halógeno o mediante el uso de circuitos especiales de algunas de las lámparas de descarga luminosa de alta presión.

13.4.4 Aspectos de mantenimiento

13.4.4.1 El sistema de iluminación debería estar proyectado de manera que los gastos de mantenimiento no sean excesivos. Si el acceso a las luces es difícil, resulta mucho más económico efectuar los cambios de bombillas en grupos en lugar de hacerlo individualmente. El costo de reemplazar las bombillas de las lámparas montadas a gran altura puede ser considerable, por lo que deberían utilizarse bombillas de larga vida útil. Cuando sea posible, las lámparas deberían estar colocadas de manera que el acceso a ellas resulte fácil sin necesidad de utilizar equipo especial. Los postes altos podrían estar dotados de escalones o dispositivos que permitan la subida y descenso de los mismos para el mantenimiento.

CAPITULO 14.- LUCES DE OBSTACULOS, DE GRAN INTENSIDAD

14.1 Introducción

14.1.1 Las luces blancas de obstáculos de gran intensidad se idearon para contar con un medio perfeccionado, y hasta hoy el más eficaz, para señalar a los pilotos la presencia de obstáculos elevados durante las horas de luz diurna, de crepúsculo y nocturna.

14.1.2 Se ha comprobado que la señalización de obstáculos con franjas alternadas de colores naranja y blanco sólo es eficaz durante el día cuando el tiempo es bueno y el sol está detrás del piloto mientras se está aproximando al objeto y cuando las superficies pintadas están en buen estado y no están descoloridas, astilladas ni desconchadas. Una estructura pintada que tenga el sol a la espalda aparecerá totalmente gris al piloto que se aproxima y la estructura puede incluso confundirse por completo con el fondo; hasta el punto de que será difícil, o acaso imposible, ubicarla. Esto también sucede con las líneas de alta tensión, aun cuando éstas se hagan más conspicuas utilizando balizas indicadoras. Esto ocurre, en particular, durante las horas de crepúsculo y los períodos de visibilidad reducida.

14.1.3 Normalmente, en estructuras altas, tales como las torres de antenas de radio, de televisión, chimeneas y torres de refrigeración (véanse las Figuras 14-1 y 14-2), se utilizan luces blancas de obstáculos, de gran intensidad. Al señalar esas estructuras, las luces destellan simultáneamente. Esas luces de obstáculos, de gran intensidad, se emplean asimismo en los pilones de las líneas de alta tensión (véase la Figura 14-3). En este caso, las luces destellan en una secuencia exclusiva vertical codificada que sirve no sólo para identificar tanto las torres como la presencia de líneas de alta tensión sino también para advertir a los pilotos de que están aproximándose a algún obstáculo complejo, y no a uno aislado.

14.1.4 Las luces de obstáculos, de gran intensidad, permiten identificar más fácilmente toda estructura que, con tiempo nublado, con pleno sol situado directamente detrás de la estructura, así como durante el crepúsculo y la noche, constituye un obstáculo.

14.1.5 Durante el crepúsculo y de noche, para evitar el deslumbramiento, las luces funcionan a intensidades progresivamente reducidas.

14.1.6 La intensidad máxima del haz luminoso debería poder ajustarse en un ángulo de cero a ocho grados por encima de la horizontal. Normalmente, las luces deberían instalarse a cero grados de elevación. Cuando lo impongan las condiciones del terreno, las zonas residenciales vecinas u otras razones, quizá sea conveniente elevar los haces luminosos de los elementos inferiores uno o dos grados por encima de la horizontal. El haz luminoso producido por las luces situadas a niveles inferiores no debería llegar al suelo a menos de 4,8 km de la estructura, para evitar molestias a los residentes de las proximidades.

14.1.7 Para proporcionar luz de máxima intensidad a altitudes de posible colisión con el obstáculo mientras el personal en tierra, o a altitudes por encima del obstáculo, percibirá sólo una luz perdida, es necesario utilizar un haz vertical relativamente estrecho.

14.1.8 La señalización de las estructuras con luces de obstáculos rojas de mediana y baja intensidad y con pintura naranja y blanco puede omitirse cuando, durante el día, se emplean luces de obstáculos, de gran intensidad.

14.2 Antenas de radio, de televisión, chimeneas, torres de refrigeración, edificios prominentes y obstáculos aislados similares

14.2.1 Las luces de obstáculos, de gran intensidad, deberían tener por lo menos una intensidad efectiva diurna de 200 000 cd. La intensidad de las luces debería reducirse automáticamente a 20 000 cd ($\pm 25\%$) durante los crepúsculos, mediante el empleo de una célula fotoeléctrica, y también automáticamente a una intensidad nocturna de 4 000 cd ($\pm 25\%$), empleando una segunda célula fotoeléctrica. Todas las luces instaladas en las estructuras deberían destellar simultáneamente a razón de 40 destellos por minuto.

14.2.2 El número de niveles de luces necesarias dependerá de la altura general de la estructura sobre el nivel del suelo. La hilera superior debería estar situada entre 1,5 y 3 m por debajo del remate de la estructura. La hilera inferior no debería estar situada a menos de 75 m de la base, preferiblemente a 90 m de la base. Es espaciado vertical entre los niveles intermedios podría variar entre 75 y 105 m. Las torres de refrigeración de menos de 180 m de altura sólo requieren un nivel de luces en el remate, debido a su gran diámetro.

14.2.3 El número de elementos de iluminación necesarios en cada hilera dependerá del diámetro medio externo de la estructura de que se trate. Las cifras recomendadas para obtener cobertura apropiada son las siguientes:

- a) estructuras de hasta 6 m - tres elementos luminosos por hilera;
- b) estructuras que excedan de 6 m, pero inferiores a 30 m - cuatro elementos luminosos por hilera;
- c) estructuras que excedan de 30 m, pero inferiores a 60 m - seis elementos luminosos por hilera; y
- d) estructuras que excedan de 60 m - ocho elementos luminosos por hilera.

14.2.4 Cuando se trata de una torre o antena afianzada con tirantes, cuando no sea posible colocar una luz de obstáculos de gran intensidad en el remate, la luz debería ubicarse en el punto más alto posible y montar en la parte superior una luz de obstáculos, de intensidad mediana y color blanco. La luz de mediana intensidad debería producir destellos al unísono con las luces de gran intensidad instaladas en la estructura, a razón de 40 destellos por minuto. La intensidad efectiva del destello debería ser de 20 000 cd ($\pm 25\%$) durante el día y el crepúsculo, y de 4 000 cd ($\pm 25\%$) durante la noche. Durante el día, la luz de intensidad mediana identifica sobretodo el remate de la estructura, una vez que el piloto ha percibido ésta merced a las luces de obstáculos, de gran intensidad (200 000 cd).

14.3 Estructuras que soportan líneas de alta tensión y obstáculos complejos similares

14.3.1 El objeto de señalar las estructuras (torres) de las líneas de alta tensión con un sistema singular vertical de destellos en secuencia, es proporcionar advertencia suficiente al piloto de la presencia no sólo de las torres en sí sino también de los hilos que las enlazan. Los sistemas de señalización nocturnos precedentes, consistentes en la pintura y luces rojas de mediana intensidad convencionales, no proporcionan una

Indicación de la presencia de las líneas de alta tensión; por eso, no recomienda el empleo de este sistema singular de iluminación de gran intensidad. Este sistema de gran intensidad requiere no sólo una frecuencia vertical de destellos fácilmente reconocible, sino también el señalar dos o más estructuras a cada lado de la ruta, por ejemplo, río, valle, carretera importante, etc. Si bien no es absolutamente necesario, es conveniente poner luces sincronizadas a destellos en todas las estructuras iluminadas.

14.3.2 Las luces de obstáculos, de gran intensidad, colocadas en obstáculos complejos, tales como torres de líneas de alta tensión, deberían proporcionar una intensidad efectiva de día que no sea inferior a 100 000 cd. La intensidad de esas luces debería reducirse automáticamente a 20 000 cd ($\pm 25\%$) durante las horas de crepúsculo, utilizando para ello una célula fotoeléctrica, y también automáticamente a una intensidad nocturna de 4 000 cd ($\pm 25\%$), utilizando para ello una segunda célula fotoeléctrica. Las luces colocadas en toda estructura deberían destellar en secuencia a razón de 60 secuencias por minuto.

14.3.3 Las estructuras que sostienen líneas de alta tensión tienen que señalarse con luces a tres niveles, sea cual sea su altura. El nivel más alto de luces debería estar colocado en el remate de la estructura. La altura de la instalación puede ajustarse, según sea necesario; para permitir con cierto grado de seguridad el acceso a las luces, para poder hacer el mantenimiento. El nivel inferior debía estar al del punto más bajo de la catenaria entre dos estructuras de suspensión. En el caso de que la base de la estructura esté más alta que el punto más bajo de la catenaria (por ejemplo, al cruzar un cañón), el nivel más bajo debería instalarse en el terreno adyacente, de modo que pueda verse sin obstrucciones. El nivel intermedio debería estar colocado en el punto medio entre el nivel del remate y el más bajo (véase la Figura 14-3).

14.3.4 Primero debería destellar el nivel intermedio, luego el del remate y por último el más bajo. El intervalo entre los destellos al nivel del remate y los del nivel más bajo debería ser aproximadamente el doble del intervalo entre los del nivel medio y los del remate. El intervalo entre el final de una secuencia y el inicio de la siguiente debería ser unas 10 veces mayor que el intervalo entre la del nivel medio y la del remate.

14.3.5 En cada nivel deberían instalarse dos o más elementos luminosos enfocados en un plano horizontal, de modo que proporcionen una cobertura de 180° en torno a la línea de transmisión. Cuando el cruce de una catenaria esté situado cerca del codo de un río, cañón, etc., las luces deben enfocarse de modo que proporcionen la cobertura luminosa más eficaz posible que permita advertir a los pilotos que están acercándose a una línea de alta tensión.

14.4 Consumo de energía

14.4.1 Las luces convencionales de obstáculos, de gran intensidad, requieren aproximadamente un consumo de 200 vatios por lámpara y el coste de la energía eléctrica puede basarse en esa cifra. El calibre o grosor del cable conductor que tiene que subir por la estructura debería basarse en una media de 400 voltio-amperios por lámpara. Si hay que emplear transformadores, deberían proyectarse para 600 voltio-amperios, con el fin de impedir la saturación del alma del cable durante los períodos en los que se requiera el máximo de corriente. Generalmente, las luces de obstáculos, de gran intensidad, se hacen funcionar con corriente alterna (AC) de 240 ó 480 voltios, para reducir al mínimo el calibre del cable conductor y del blindaje, pero también pueden usarse voltajes de sólo 120 voltios AC. Existen sistemas tanto de 50 como de 60 Hz.

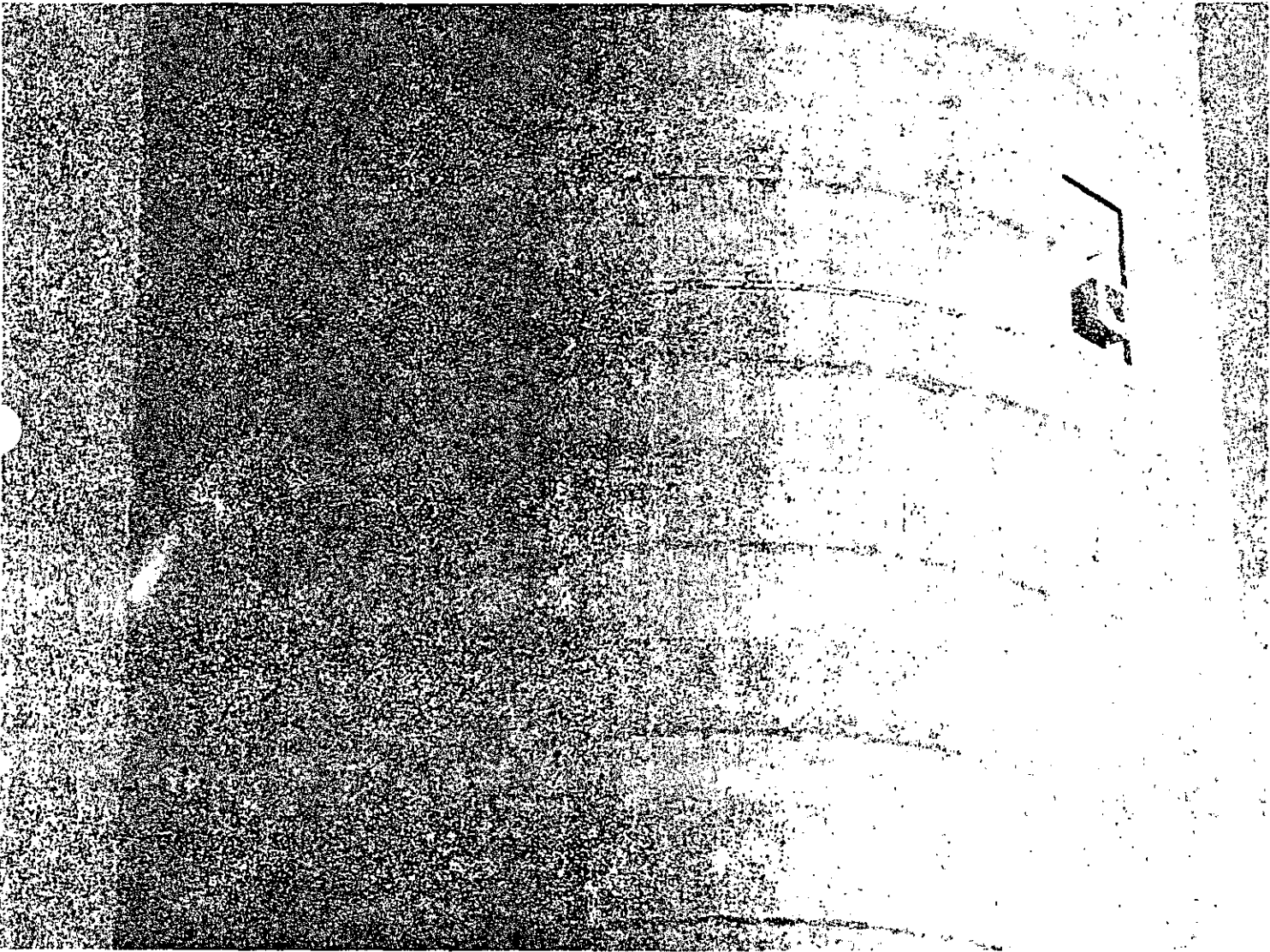


Figura 14-1.- Luces de obstáculos, de gran intensidad,
instaladas en una chimenea

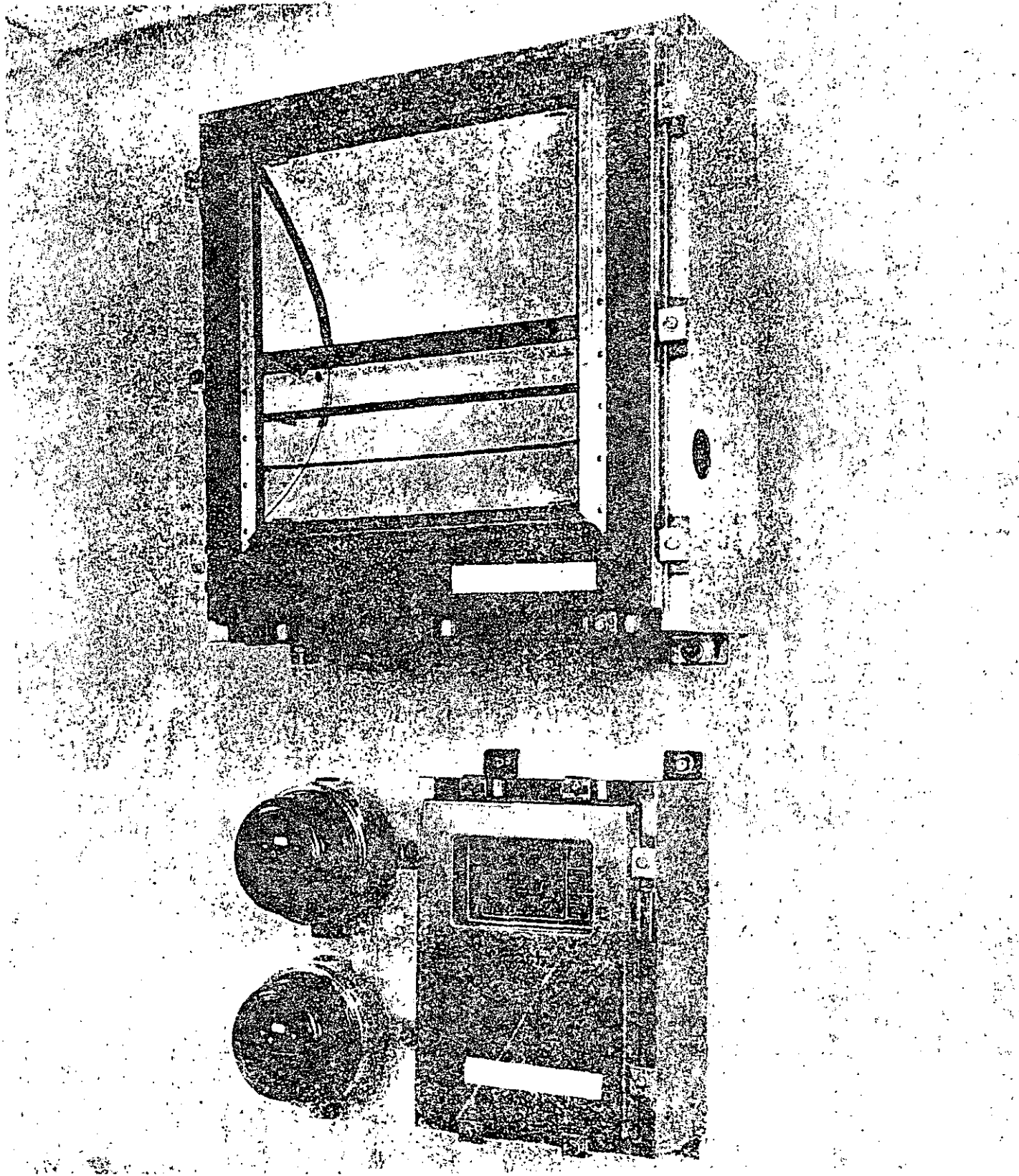


Figura 14-2.- Elemento luminoso característico de obstáculos, de gran intensidad

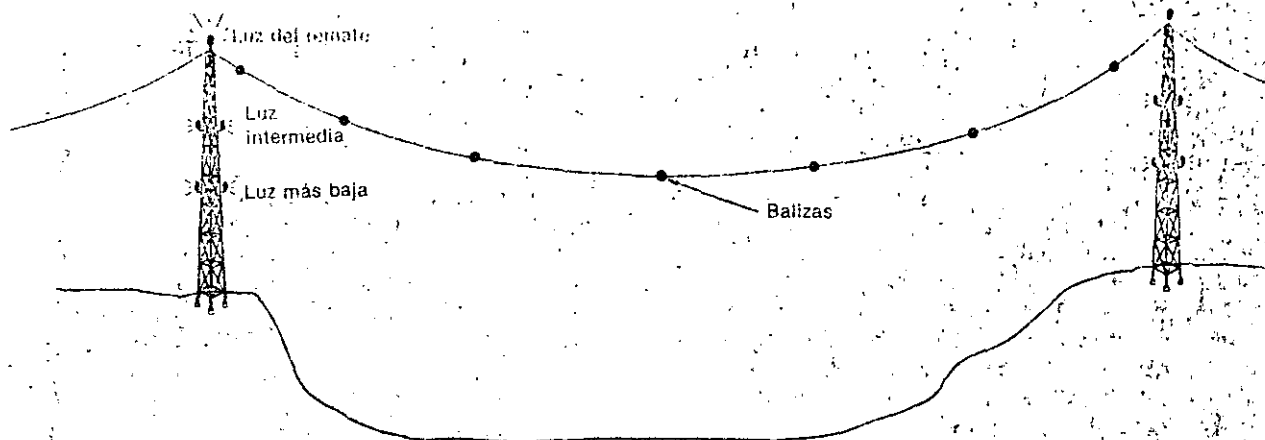


Figura 14-3.- Colocación de luces de obstáculos, de gran intensidad, en torres unidas por cables suspendidos

14.5 Percepción de los obstáculos

14.5.1 Aplicando la ley de Allard, el alcance visual de un piloto, para poder percibir un obstáculo, puede calcularse en relación con los diversos parámetros, tales como la intensidad de la luz, las condiciones meteorológicas, en cuanto al día y en cuanto a la noche. Por ejemplo, la intensidad efectiva necesaria para poder percibir la luz de un obstáculo a 4,8 km, con visibilidad de 4,8 km durante el día, es de 180 000 cd; y para que pueda verse a 2 km, con visibilidad meteorológica de 1,6 km durante el día, es de 100 000 cd.

14.6 Inspección y mantenimiento

14.6.1 Las luces de obstáculos, de gran intensidad, se deberían inspeccionar visualmente una vez cada 24 horas, o bien continuamente mediante algún sistema monitor automático instalado en la base de la estructura o conectado con alguna estación central distante. Para señalar las fallas de funcionamiento, puede emplearse una alarma auditiva y/o visual.

14.6.2 Los componentes del equipo de iluminación de descarga, incluyendo la fuente luminosa, deben proyectarse de modo que sea fácil hacer su mantenimiento y proporcionar sin mantenimiento la actuación especificada por un período mínimo de un año. Si el mantenimiento preventivo se hace anualmente, el tiempo intermedio mínimo entre averías debe ser por lo menos de seis meses.

CAPITULO 15.- FRANGIBILIDAD

15.1 Frangibilidad de los dispositivos de las ayudas visuales y de los dispositivos para su montaje

15.1.1 Generalidades

15.1.1.1 Son muchos los factores que hay que considerar al seleccionar los dispositivos de las ayudas visuales y los dispositivos para su montaje, para lograr, en todo momento, la confiabilidad del sistema de iluminación y que las ayudas presenten el mínimo peligro para las aeronaves, ya sea en vuelo o al maniobrar en tierra. Por lo tanto, es importante que las características de frangibilidad apropiadas de todas las ayudas visuales se especifiquen y publiquen como texto de orientación destinado a las autoridades encargadas del proyecto. Las características siguientes son aplicables, independientemente del hecho de que los dispositivos sean golpeados o no durante el despegue o el aterrizaje.

15.1.2 Luces elevadas de borde de pista, de umbral, de extremo, de zona de parada y de calles de rodaje

15.1.2.1 La altura de estas luces debería ser lo suficientemente reducida para que las hélices y las barquillas de los motores puedan franquearlas. La flexión de las alas y la comprensión de los largueros, por efecto de las cargas dinámicas, pueden hacer que las barquillas de los motores de algunas aeronaves lleguen casi hasta el suelo. Sólo puede tolerarse una altura muy reducida y se propugna una altura máxima de 36 cm.

15.1.2.2 Estas ayudas deberían estar montadas en dispositivos frangibles. La fuerza de choque, necesaria para provocar la rotura, en el punto de rotura, no debería exceder de 5 kgm y la carga estática necesaria para provocar la rotura no debería exceder de 230 kg aplicada horizontalmente a 30 cm por encima del punto de rotura del dispositivo de montaje. La altura máxima conveniente de las luces y de la unión frangible es de 36 cm por encima del terreno. Los elementos que excedan de esta limitación de la altura podrán exigir características de rotura más elevadas, en cuanto al dispositivo frangible de montaje, pero, de todos modos, la frangibilidad debería ser tal que, si un elemento resultara golpeado por una aeronave, el choque sólo ocasionase daños mínimos a la aeronave.

15.1.2.3 Además, todas las luces elevadas instaladas en las pistas cuyo número de clave sea 3 ó 4, deberían poder resistir los chorros de gases de los motores de reacción que salgan a una velocidad de 300 nudos; y las luces instaladas en pistas cuyo número de clave sea 1 ó 2, a una velocidad de 200 nudos. Las luces elevadas del borde de las calles de rodaje deberían poder resistir una velocidad de gases de salida de 200 nudos.

15.1.3 Sistema de luces de aproximación

15.1.3.1 Los textos de orientación sobre la frangibilidad de las luces de aproximación resultan más difíciles de preparar, dado que existe mayor variedad de material en el mercado. Las condiciones que se dan cerca de las luces del umbral son diferentes de las que existen al principio del sistema, por ejemplo, se requiere que las luces que estén dentro de los 90 m del umbral o extremo de la pista resistan un chorro de gases de 200 nudos, mientras que las luces que queden más alejadas sólo deben resistir un chorro de 100 nudos, o el empuje natural del viento. También es de suponer que el terreno próximo al umbral esté casi a la misma elevación que el umbral, lo que permitirá que las luces se instalen en estructuras de poca altura. A mayor distancia del umbral, pueden ser necesarias estructuras de soporte de altura considerable.

15.1.3.2 A fin de reducir el peligro de que las aeronaves puedan chocar con las luces de aproximación, éstas deberían contar con algún dispositivo frangible o estar instaladas en soportes frangibles.

15.1.3.3 Cuando el terreno requiera que los dispositivos de las luces y sus estructuras de soporte sean más altas de 1,8 m, y constituyan un peligro crítico, se considera que no es posible pretender que el dispositivo frangible del montaje esté en la base de la estructura. La parte frangible puede limitarse a la parte superior de 1,8 m de la estructura, salvo que la estructura en sí sea frangible. Aunque hay ciertas dudas acerca de la necesidad de que sean frangibles las luces de aproximación que estén instaladas más allá de los 300 m antes del umbral (ya que se requiere que estas luces estén por debajo de la superficie de aproximación), se reconoce que hay que proteger las aeronaves que puedan descender por debajo de las superficies de aproximación o de despegue. Se considera que una parte superior frangible de 1,8 m es el mínimo aceptable, y que, siempre que ello sea posible, debería instalarse una parte superior frangible de mayor longitud.

15.1.3.4 En todos los casos, la luz y los soportes que forman parte del sistema de luces de aproximación deberían romperse cuando se aplique horizontalmente, a 30 cm por encima del punto de rotura de la estructura, una fuerza de choque que no exceda de 5 kgm y una carga estática no inferior a 230 kg.

15.1.3.5 Cuando sea necesario instalar luces de aproximación en las zonas de parada, deberían estar empotradas en la superficie cuando la zona de parada esté pavimentada o, cuando no lo esté, ya sea estar empotradas o, en el caso de que las luces sean elevadas, satisfacer el criterio de frangibilidad convenido para las luces instaladas más allá del extremo de la pista.

15.1.4 Otras ayudas, por ejemplo, VASIS, señales y balizas

15.1.4.1 Estas ayudas deberían emplazarse a la mayor distancia posible de los bordes de las pistas, calles de rodaje y plataformas, siempre que sea compatible con sus funciones. Debería hacerse todo lo posible para asegurar que las ayudas mantendrán su integridad estructural al soportar las condiciones ambientales más severas. Sin embargo, cuando el choque de una aeronave exceda de estas condiciones, las ayudas habrán de romperse o deformarse de manera que las aeronaves no sufran daños o éstos sean mínimos.

15.1.4.2 Habrá que adoptar precauciones, al instalar ayudas visuales en el área de movimientos, para que la base de soporte de las luces no sobresalga por encima del terreno, sino que, más bien, quede por debajo del nivel del mismo, según lo requieran las condiciones ambientales, de modo que las aeronaves que pasen por encima de ellas no sufran daños o éstos sean mínimos. No obstante, el acoplamiento frangible siempre debería estar por encima del nivel del terreno.

APENDICE 1

Requisitos operacionales aplicables a los sistemas de guía visual de atraque con la proa hacia adentro

1. El sistema debe proporcionar guía visual positiva de entrada y, cuando se le emplea, debe ser visible al piloto durante toda la maniobra de atraque.
2. La guía proporcionada debe ser reconocible fácilmente y sin ambigüedad.
3. Debe haber continuidad entre la guía visual de estacionamiento en la plataforma y los sistemas visuales de guía de atraque.
4. Las presentaciones visuales deben ser fácilmente visibles al piloto que se esté aproximando al sistema, independientemente de todo elemento de distracción que pueda surgir en la zona.
5. El montaje de las unidades sobre el nivel de la plataforma no debería tornarse crítico con respecto al ángulo de visión del piloto a medida que la aeronave se acerque al puesto de estacionamiento.
6. El sistema debería proporcionar orientación izquierda/derecha utilizando señales que sean evidentes de por sí y que informen al piloto sobre la posición de la aeronave en relación con la línea de orientación longitudinal.
7. La guía proporcionada por el sistema debe ser tal que el piloto pueda utilizar y mantener la guía longitudinal y de parada sin tener que ejercer un exceso de control.
8. El sistema debería poder ajustarse a las variaciones en la altura de la visión del piloto, incluidos los efectos de la carga de la aeronave.
9. El sistema que proporcione orientación izquierda/derecha debería alinearse para que la utilice el piloto que ocupa el asiento de la izquierda.
10. La información sobre la velocidad de aproximación longitudinal debería relacionarse con el sistema o estar incorporada en él.
11. El sistema debería contar con una señal inequívoca de parada para cada tipo de avión, de preferencia expuesta permanentemente, sin que el personal de tierra tenga que seleccionarla. Sería preferible que el método utilizado para indicar el punto de parada no exija que el piloto tenga que girar la cabeza, y sería conveniente que pudiesen utilizarlo ambos pilotos.
12. La guía proporcionada no debería verse afectada por factores externos tales como condiciones del pavimento, atmosféricas, de iluminación, etc.
13. La precisión del sistema debería ser adecuada para el tipo de puente de carga que ha de utilizarse.

Requisitos conexos para el atraque

1. Habría que proporcionar información sobre el estado de funcionamiento del sistema, es decir, si funciona o no. En este último caso, habría que indicar el punto donde el piloto debería detener la aeronave.
2. Quizás sea necesaria la presencia de una persona que supervise la seguridad de las maniobras y que pueda indicar a la aeronave la necesidad de efectuar una parada de emergencia.

APENDICE 2

Requisitos operacionales aplicables a los sistemas de guía visual para el estacionamiento

1. El sistema debe ofrecer una guía positiva de entrada y ser visible para el piloto en todo momento.
2. La guía debe distinguirse fácilmente y poderse interpretar sin ambigüedades.
3. La identificación del puesto debe ser claramente visible para el piloto mucho antes de que el avión haya llegado a un punto de procedimiento de estacionamiento, a partir del cual sería difícil cambiar de dirección sin perjuicio de la seguridad, para dirigirse a otro puesto de estacionamiento.
4. Debería incorporarse al sistema una señal de identificación uniforme de los puestos de estacionamiento de aeronaves.
5. Debe haber una señal claramente visible combinada con el sistema, que indique el principio del último viraje en los casos en que se requiera un viraje final hacia la posición de estacionamiento.
6. Es preciso ofrecer una guía eficaz para la alineación final.
7. Es necesario disponer de una señal eficaz de detención combinada con la guía de alineación final.
8. De ser posible, el método utilizado para indicar el punto preciso de detención no debería obligar al piloto a volver la cabeza.
9. El sistema debería instalarse tomando como base el principio de que la rueda de proa de la aeronave se sitúe sobre la línea de guía.
10. Cuando sea necesario indicar varios puntos de detención para distintos tipos de aviones, deberían de preferencia exhibirse permanentemente sin necesidad de intervención humana.
11. Podría ser necesario disponer de guía de salida ininterrumpida desde el punto en que el piloto asume el mando de la aeronave, hasta el punto en que pueda utilizarse la guía de calle de rodaje.
12. Preferiblemente, deberían utilizarse luces empotradas en el pavimento, para complementar las líneas de guía, puntos de viraje e indicaciones de parada pintados. Debe preverse una operación selectiva cuando las condiciones de utilización y visibilidad así lo exijan.
13. Las luces empotradas deberían ser de un color diferente al de las luces del eje de la calle de rodaje.

APENDICE 3

Selección, aplicación y remoción de las pinturas

1. Generalidades

1.1 Para conseguir que las señales de pistas y de calle de rodaje sean debidamente conspicuas y duraderas, es necesario seleccionar y aplicar debidamente la pintura. El presente Apéndice proporciona orientación sobre esos aspectos. Los trabajos de repintado tienen que salvaguardarse y combinarse atentamente con las actividades del tránsito aéreo, para garantizar la seguridad de las aeronaves, de los pintores y del equipo.

2. Selección de las pinturas

2.1 Tipos de pinturas

2.1.1 Se fabrican diversos tipos de pinturas que se ha visto que son apropiadas para pintar señales en los pavimentos. Algunas de esas pinturas están hechas a base de aceite, caucho, acrílico, o vinilo, otras son oleoresinosas y aun otras están hechas a base de una emulsión de agua. Recientemente, se han modificado las proporciones de las bases y diferentes tipos de disolvente se han combinado para mejorar determinadas características de esas pinturas, para que sean más fáciles de aplicar y almacenar, y para conseguir mejores resultados. Ya que el tiempo de secado es muy importante para marcar las señales de los pavimentos en algunas superficies, esas pinturas también pueden clasificarse según el tiempo de secado que requieren:

- a) secado normal (convencional) - 7 ó más minutos
- b) secado semirápido - de 2 a 7 minutos
- c) secado rápido - de 30 a 120 segundos
- d) secado instantáneo - menos de 30 segundos.

2.1.2 Hay dos tipos de pinturas concebidas especialmente para las señales de los aeródromos. Una de ellas tiene una base de aceite (alkyd) resina sintética, y la otra tiene como base una emulsión de agua. Ambos tipos de pinturas tienen que superar determinados ensayos físicos y de idoneidad. Ambos existen en blanco y rojo y pueden utilizarse solas o combinadas con perlitas o cuentas de vidrio retrorreflectoras. En algunos aeródromos con pavimento de color también se utiliza una pintura negra, a base de aceite, para pintar el borde alrededor de las señales, para hacerlas más contrastantes. Usualmente es aceptable un período de secado de 30 minutos o menos, después de haber aplicado la pintura, antes de que el tráfico de vehículos pueda reanudarse por encima de las nuevas señales sin que la pintura se desprege del pavimento, adheriéndose a los neumáticos, o transfiriéndola a otros puntos del pavimento. El tiempo permisible requerido para que la pintura del espesor apropiado se seque, después de dada una capa completa, puede requerir hasta dos horas.

2.1.3 Es posible que otros tipos de pinturas empleadas para marcar las señales del tráfico rodado sean también apropiadas para las señales de los aeródromos, pero, antes de utilizarlas, debería evaluarse atentamente la idoneidad de esas pinturas en relación con las condiciones particulares de operación. Es posible que en algunos lugares sea necesario utilizar pinturas que tengan características especiales o que puedan resistir ciertas condiciones poco corrientes que afecten la vida útil de la señal. He aquí ciertas condiciones en las que es necesario utilizar pinturas especiales: cuando se trata de zonas en las que las temperaturas con frecuencia no son suficientemente elevadas para

pintar, en algunas zonas normalmente húmedas y en parajes donde los microorganismos o la vegetación atacan la pintura, aparte de otras condiciones poco corrientes. Si no es posible utilizar pinturas idóneas para pintar las señales de aeródromo, quizá sea conveniente utilizar algún otro tipo de pintura, tal como la empleada para la señalización del tráfico de carretera, si bien el resultado y vida útil de las señales quizá no sean tan satisfactorios.

2.2 Tipo de pavimento

2.2.1 Ambos tipos de pintura para señalar los aeródromos son apropiadas para las superficies de hormigón de cemento portland (rígidas), bituminosas/asfálticas (flexibles), y las áreas previamente pintadas de esas superficies. La pintura a base de emulsión de agua quizá sea preferible para las superficies pavimentadas que no se han curado completamente, especialmente el asfalto, porque son mejores contra el sangrado. Es posible que otros tipos de pintura sean satisfactorios para determinadas superficies.

2.3 Tipo de servicio

2.3.1 Habitualmente, a las señales pintadas en las pistas y calles de rodaje no les afecta la abrasión, como sucede con las señales de carretera. Sino que la destrucción de las señales del umbral, de la zona de toma de contacto y del eje de la pista se debe a las acumulaciones de caucho que se producen al patinar las ruedas de los trenes de las aeronaves que aterrizan. La falla de las otras señales, particularmente las rayas laterales, se debe usualmente al efecto del clima y a la acumulación de polvo. Así pues, al seleccionar los materiales que hay que utilizar para marcar las señales en los pavimentos de los aeródromos, la resistencia contra la abrasión no constituye el aspecto primordial. Hay otra pintura que probablemente es más apropiada para las señales y que es compatible con el tipo de pavimento, es conspicua y puede aplicarse fácilmente con el espesor deseado. Se ha visto que, en la mayor parte de las instalaciones, una película húmeda, de un espesor de 0,4 mm, es apropiada.

2.4 Coefficiente de rozamiento

2.4.1 Ambas pinturas corrientes para pintar las señales de los aeródromos proporcionan buenos coeficientes de rozamiento, tanto en hormigón de cemento portland como en hormigón de cemento bituminoso, y normalmente proporcionan buenos resultados para el frenado. Si para las áreas de señales se necesitan materiales con propiedades antideslizantes más eficaces, se ha visto que son eficaces el óxido de aluminio calcinado y el vidrio anguloso en tamaños que atraviesen cribas de malla de 150 micrometros y con tal que menos del 5% no pase por cribas de malla de 45 micrometros. En cuanto a la cantidad de aditivo que hay que utilizar y la manera de preparar la mezcla, conviene seguir las instrucciones del fabricante de pinturas.

2.5 Especificación de las pinturas

2.5.1 Los resultados de las pinturas pueden variar apreciablemente alterando algo su composición. Para conseguir una calidad idónea, las especificaciones a base de ensayos de idoneidad de los requisitos deseados son preferibles a las especificaciones a base de fórmula. Sin embargo, los ensayos tienen que seleccionarse atentamente para poder evaluar todas las características esenciales que permitan pintar señales aceptables y que, a la vez, sean prácticas de realizar, y distinguir debidamente entre la calidad apropiada y la indeseada. Los requisitos básicos, en cuanto al pigmento, son: el color, la opacidad y la calidad duradera. Es posible utilizar agentes en suspensión y dispersantes para prevenir exceso de sedimentación y aglutinamiento. El vehículo o base de la pintura proporciona muchas de las características deseadas en cuanto al almacenamiento, mezclado, aplicación y adhesión. Es posible incluir en el vehículo agentes que eviten que la pintura se pele o se sedimente demasiado. El disolvente o barniz determina el tiempo de secado, afecta la aplicación, flexibilidad, adhesión, sangrado, resistencia al patinaje y la concentración volumétrica del pigmento. Respecto a determinados tipos de pintura, quizá sea necesario especificar dosis mínimas o máximas de ciertos componentes de los disolventes.

3. Selección de los elementos retrorreflectores (perlitas o cuentas de vidrio)

3.1 Condiciones para utilizar las señales retrorreflectoras

3.1.1 Las señales retrorreflectoras de aeródromo se utilizan para mejorar de noche la eficacia de las marcas, especialmente cuando están mojadas. Debido a su coste más elevado, algunas administraciones de aeródromo utilizan señales retrorreflectoras únicamente en aquellos aeródromos que requieren ese grado de eficacia. Los aeródromos que funcionan únicamente durante las horas diurnas o que sólo los utilizan aeronaves que no necesitan luces de aterrizaje ni de rodaje no tienen que instalar señales reflejantes. Las señales retrorreflectoras quizá no sean necesarias en pistas equipadas con luces de eje de pista y de zona de contacto; no obstante, las señales retrorreflectoras pueden ser útiles para las actividades nocturnas en mejores condiciones de visibilidad, cuando las luces de eje y de toma de contacto están apagadas.

3.2 Especificaciones de las perlitas o cuentas de vidrio

3.2.1 Las características primarias de las perlitas retrorreflectoras (esferitas de vidrio) que hay que tener en cuenta al seleccionárlas para señales de aeródromo son: su composición, índice de refracción, graduación e imperfecciones. Las esferitas de vidrio libres de plomo, sin recubrir, con un índice de refracción de 1,90 ó superior, de tamaño comprendido entre 0,40 y 1,3 mm de diámetro, y menos de 33% de imperfecciones, se han considerado las más apropiadas para las señales de los aeródromos.

3.2.2 Debido a la abrasión limitada de las señales de pista y de calle de rodaje, la mezcla previa de perlitas con la pintura no resulta muy eficaz. Se ha visto que es preferible aplicar las perlitas dejándolas caer directamente sobre la pintura antes de que ésta se seque. Es necesario que las perlitas se dejen caer inmediatamente sobre la pintura recién aplicada, especialmente cuando se trata de pinturas de secado instantáneo, para conseguir la adhesión deseada.

4. Aplicación de las pinturas

4.1 Generalidades

4.1.1 Todos los materiales y equipo para realizar los trabajos, incluyendo los necesarios para limpiar debidamente las superficies existentes, debe aprobarlos previamente el ingeniero que esté a cargo del proyecto.

4.2 Preparación de la superficie del pavimento

4.2.1 La superficie del pavimento se tiene que limpiar debidamente antes de hacer el pintado inicial o de pintarla de nuevo. La superficie que haya que pintar debe estar seca y libre de polvo, grasa, aceite, resudor, acumulaciones de caucho o de otras materias extrañas que puedan debilitar la ligazón entre la pintura y el pavimento.

4.2.2 Las pinturas frías (temperatura normal) no deben aplicarse cuando la temperatura de la superficie sea más baja de 5°C. No debe haber niebla y el viento tiene que ser calmo. Cuando las temperaturas ambientes sean más bajas, es posible utilizar el método de rociado en caliente o de pintura calentada, mediante el cual la temperatura se caliente a 50°C o más.

4.2.3 Preparado de la superficie

- a) Pavimentos nuevos (incluyendo los repavimentados) - Antes de pintar conviene dar tiempo suficiente para el fraguado, con la idea de evitar que la pintura se pele o produzca ampollas. Antes de aplicar las pinturas a base de aceite, se recomienda un período de fraguado de 30 días.
- 1) Hormigón de cemento portland - Es necesario limpiar completamente la superficie con arena a presión o agua a gran presión. A veces se necesita una solución de ácido para contrarrestar la lixiviación de las sales alcalinas y carbonatadas, para mejorar la adhesión y conseguir que las partículas aglomeradas queden lisas y vidriosas. Para conseguir mejor adhesión, se puede utilizar una solución de aceite de linaza.
 - 2) Hormigón asfáltico - Veinticuatro horas después de esparcido el pavimento bituminoso, se pueden aplicar algunas pinturas de base combinada. Se puede dar una capa de base para reducir la sangría de la superficie, especialmente cuando se acorta el período de fraguado. A los pavimentos nuevos se puede dar una capa de base con pintura corriente de señales, y de aproximadamente la mitad del espesor normal, y luego hay que pintar de nuevo las señales, cuando el asfalto se haya fraguado. Especialmente para utilizarse en instalaciones que causan dificultades considerables de sangrado del asfalto y pinturas que resisten menos el sangrado, existe una base especial basada en pinturas de aluminio, de un espesor, recién aplicado, de unos 0,5 mm.
- b) Pavimentos viejos (señales nuevas) - Las señales existentes que ya no se necesitan deben hacerse desaparecer utilizando para ello los procedimientos descritos en el párrafo 5 y luego hay que limpiar la superficie.
- c) Repintado de señales ya existentes - Las huellas de los neumáticos y las acumulaciones de caucho deben hacerse desaparecer de las señales existentes, usando para ello fosfato trisódico o cualquier otra solución para limpiar, rascándolas y enjuagándolas con agua a baja presión. Es necesario limpiar esas señales de toda materia extraña que pueda dificultar la adhesión a la pintura existente.

Nota: No conviene utilizar soluciones que tengan más del 1 ó 2% de jabón o detergentes, porque la eliminación de la película de jabón puede exigir enjuagado prolongado.

4.3 Equipo para pintar

4.3.1 Como mínimo, el equipo para pintar debería comprender un marcador mecánico, un aparato para limpiar la superficie y equipo auxiliar de pintado a mano. El marcador mecánico debería consistir en un atomizador apropiado al tipo de pintura que haya que utilizar. Tiene que producir una película de espesor uniforme y bordes limpios que no se corran, que no salpique o que pulverice exageradamente. Tiene que permitir aplicar debidamente las perlitas o cuentas de vidrio, si las señales tienen que ser retrorreflectoras.

4.4 Procedimiento de aplicación

4.4.1 Una vez que el pavimento se ha fraguado debidamente y las superficies se han preparado y limpiado en forma apropiada para el tipo de pintura que haya que utilizar, es necesario delinear las señales que haya que pintar.

4.4.2 Antes de aplicar la pintura, las plantillas de las áreas de señales, la condición de la superficie, el equipo y materiales que haya que emplear, así como los procedimientos de aplicación, requieren el vistobueno del ingeniero a cargo del proyecto.

4.4.3 Habría que seguir un procedimiento de pintado similar al que se describe a continuación:

- a) Hacer los arreglos necesarios con el control de tránsito aéreo para poner en marcha procedimientos de seguridad y comunicaciones que permitan proteger las aeronaves, a los obreros y equipo, y también las superficies recién pintadas.
- b) Mezclar la pintura de conformidad con las instrucciones del fabricante.
- c) Aplicar uniformemente la pintura con la máquina de marcar, a razón del régimen de cobertura especificado, sin que la pintura se corra, se produzcan salpicaduras ni que la máquina pulverice exageradamente. Se considera satisfactorio un régimen de cobertura de 9 a 10 m² por litro para conseguir un espesor de pintura sin secar de aproximadamente 0,4 mm.
- d) Los bordes de las señales no deberían variar de la línea recta más de 12 mm en 15 m y la tolerancia de las dimensiones debería ser de más o menos el 5%.
- e) Si las señales tienen que ser retrorreflectoras, hay que esparcir uniformemente las perlititas de vidrio (esferitas) en la pintura sin secar, al régimen especificado, con aparatos distribuidores en el momento y con la presión oportunos para conseguir buena adhesión. Se consideran satisfactorios los regímenes de aplicación de 0,7 a 1,2 kg por litro de pintura.
- f) Tan pronto como la pintura se haya secado suficientemente para que el tráfico de peatones pueda pisarla, conviene inspeccionar las áreas marcadas; en cuanto a la cobertura, apariencia, uniformidad, dimensiones y defectos. Hay que verificar también las áreas sin marcar para ver si han ocurrido derrames o manchas, o han quedado gotas de pintura.
- g) Si hay puntos sin cubrir, mal pintados, descoloración, no se han respetado las tolerancias o hay defectos, hay que retocarlos para conseguir la uniformidad deseada.
- h) Hay que proteger la superficie recientemente pintada hasta que se hayan secado lo suficiente para permitir el tráfico.

5. Remoción de las señales pintadas

5.1 Siempre que se modifiquen las señales, las áreas o los procedimientos de operación, o cuando el espesor de las capas de pintura sea excesiva, a veces es necesario quitar las señales. No es aconsejable tapar las señales existentes pintando encima de ellas, excepto como medida temporal, porque la capa superficial de pintura fácilmente desaparecerá y las capas inferiores serán visibles y hasta pueden causar confusión.

5.2 Remoción por medios mecánicos. El chorro de arena es eficaz y apenas daña la superficie del pavimento. La arena que se deposita en el pavimento debería sacarse a medida que progresan los trabajos, para evitar su acumulación. En algunas señales es posible emplear con éxito agua a gran presión o chorro hidráulico. No es recomendable pasar la muela por los desperfectos que ocasiona a la superficie del pavimento y porque probablemente reduce el rozamiento necesario para frenar.

5.3 Remoción mediante productos químicos. Cuando se utilizan productos químicos para sacar la pintura, generalmente se necesita gran cantidad de agua para reducir el posible daño a la superficie del pavimento y diluir los productos químicos que van a parar a los drenajes o canales.

5.4 Remoción mediante la llama. Con frecuencia se utiliza la llama para sacar la pintura, sin embargo, es posible que los métodos que requieren el empleo de quemadores que funcionan con aire y butano, propano o mezclas de gases líquidos derivados del petróleo tienen un régimen de quemado lento, por lo que si el calor está en contacto por períodos prolongados con la superficie del pavimento puede estropearlo. El exceso de calor funde el hormigón asfáltico y puede descantillar el hormigón de cemento portland. Recientemente se han ideado quemadores que funcionan con propano y oxígeno puro y que producen llamas de calor más intenso. Los excesos de oxígeno queman rápidamente la pintura y transfieren menos calor a la superficie del pavimento. Con esos quemadores se pueden quemar rápidamente varias capas de pintura sin causar daños a la superficie del pavimento. Las capas de pintura de aproximadamente 0,5 mm pueden sacarse de una sola pasada. Cuando el espesor de la pintura es mayor, posiblemente se necesitan varias pasadas con la llama. Una vez que se ha quemado la pintura, es necesario sacar el residuo que quede en la superficie del pavimento con un cepillo, con un aspirador hidráulico o con chorro de arena.

6. Consideraciones especiales

6.1 Señales estriadas

6.1.1 Para reducir los efectos de las heladas en zonas con temperaturas bajas, especialmente en las señales anchas tales como las de umbral, de designación de pista, de zona de contacto y de distancia fija, es posible utilizar señales estriadas. Las señales estriadas consisten en rayas alternadas pintadas y sin pintar, usualmente de anchuras idénticas, que no exceden de 15 cm, que abarcan las dimensiones especificadas para la señal de que se trate. Sin embargo, las señales estriadas no son tan conspicuas cuando se ven a grandes distancias al hacer la aproximación a la pista, porque la brillantez de la señal equivale a la media de las rayas pintadas y de las no pintadas. En vista de esto, las señales estriadas deberían utilizarse únicamente cuando sea indispensable.

6.2 Señales con bordes negros

6.2.1 Como las señales blancas de pista y las amarillas de calle de rodaje no presentan gran contraste cuando se pintan en pavimentos de color claro, la conspicuidad de las señales se puede mejorar pintado un borde negro alrededor de las señales pintadas. De preferencia, el borde debería ser de color negro mate y por lo menos de 15 cm de anchura, utilizando para ello pintura de calidad tipo tráfico rodado. Si los bordes negros son más anchos que el mínimo indicado, aumentará la conspicuidad de las señales. Es posible que los bordes negros no requieran pintarse con tanta frecuencia como las propias señales.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DEL 2 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE OCTUBRE
MEXICO D.F.**

**INVESTIGACION DEL ACCIDENTE DEL VUELO
AM498
GRUPO CONTROL DE TRANSITO AEREO**

**ING. OSCAR GRADILLA CAMARENA
1986**

National Transportation Safety Board

Bureau of Technology

Washington, D.C. 20594

September 5, 1986

Air Traffic Control Group

Chairman's Preliminary Factual Report

A. Accident

Aircraft: Aeromexico Flight AM498

(AM498) X-AJED, Douglas DC9-32

and Piper Archer PA28-181, N4891F

Date: August 31, 1986

Time: 1852 U.T.C. 1]

Location: Cerritos, CA

NTSB#: DCA-86-AA-041

B. Air Traffic Control Group

Chairman: Allen E. Lebo, NTSB, Washington, D.C.

Vice-Chairman: Richard Wentworth, NTSB, Washington, D.C.

Members: William C. Steelhammer, Douglas Aircraft Co.

Capt. Sergio Felix Diaz Huerta, Aeromexico Co.

Prolongacion Av Centenario 1116

Mexico City, D.F. MEXICO

Capt. Gerardo Brand

Direccion General De Aeromexico Civil, Mexico

Capt. Damian M. Gutierrez Saldana

Aeromexico Co., Mexico City, Mexico

1] All times are expressed in universal coordinated time (UTC) unless specifically stated otherwise.

~~Capt.~~ Oscar Gradilla Camarena

Aeromexico Co., Mexico City, Mexico

Paul H. Smith, AOPA, Washington, D.C.

Capt. Don McClure

International Federation Airline Pilot's Association,

c/o ALFA, Herndon, Va.

Capt. Fausto De Lachica

International Federation Airline Pilot's Association,

Mexico City, Mexico

Capt. Jorge R. Manzano

International Federation Airline Pilot's Association,

c/o Mexican Pilots Association

Mexico City, Mexico

Larry Farrent

FAA Regional Office

Los Angeles, CA.

Joe Fowler

FAA Regional Office

Los Angeles, CA.

Carlos Enrique Alvarez De Los Cobos

Flight Attendant's Association

Mexico City, Mexico

C. Summary

Aeromexico Flight 498 (AM498), a Douglas DC9-32 and a Piper Archer, N4891F, collided in mid-air about 7 nautical miles north of the Seal Beach Vortac. AM498 was on an IFR flight plan from Tijuana, Mexico to Los Angeles, California and was in radio and radar contact with the Los Angeles

TRACON. The collision occurred at about 6,500 feet. N4891F was squawking 1200, non-mode C, and was not known at the time of this writing, to be in radio contact with any FAA facility. The collision occurred within the Los Angeles TCA in VFR flight conditions. Visibility was reported as being 14 miles.

D. Details of Investigation

1. History of Flight

Aeromexico flight 498 was a regularly scheduled passenger flight from Mexico City, Mexico to Los Angeles, California with intermediate stops at Guadalajara, Jalisco; Loreto, BCS; Tijuana, BCN. The committee presumes AMEX flight 498 departed Tijuana, BCN on a tower enroute IFR flight plan filed via the following route: Tijuana direct to the Mission Bay (M²BB) Vortac, the Mission Bay VOR 300 degree radial to intercept the Seal Beach (SLI) VOR (Very High Omnidirectional Range) 148 degree radial to Seal Beach then via radar vector to the Los Angeles International Airport (LAX).

AMEX flight 498 was routine the time of its departure at Tijuana until AMEX flight 498 contacted the O'Neil Sector at the Coast TRACON at 1841:21 UTC. AMEX flight 498 made its initial contact with Coast Approach Control reporting level at "one zero" thousand. Coast Approach acknowledged the altitude report from AM498 and issued a clearance to proceed direct to the Seal Beach VOR, and then issued an altimeter setting of 29.96. AM498 acknowledged the clearance direct to Seal Beach and read back the altimeter setting. At 1844:37 UTC Coast Approach Control issued a descent clearance for AM498 to cross ten miles southeast of SLI at and maintain seven thousand. AM498 acknowledged the clearance. At 1844:54 UTC AM498 reported leaving one zero thousand for seven thousand. Coast Approach Control acknowledged this report. At 1846:59 UTC Coast Approach Control instructed AM498 to contact the Los Angeles Approach Control on frequency 124.9. AM498 acknowledged this frequency change. At 1847:28 UTC Aeromexico 498 made its initial call to Los Angeles Approach Control reporting level at seven thousand feet. Los Angeles Approach Control acknowledged Aeromexico 498's report by issuing

a clearance to fly a 320 degree heading after passing the Seal Beach VOR and to expect Radar Vectors for an Instrument Landing System (ILS) approach to runway 25 left at LAX. In the same transmission Los Angeles approach control also asked Aeromexico 498 if they had received the current (ATIS) Automated Terminal Information System. Aeromexico 498 acknowledged the previous instructions with an affirmative and repeated the runway assignment. Preliminary ARTS III radar data indicates that Aeromexico 498 was generally tracking a northwest bound flight path from 1849:38 until the mid-air collision at approximately 1852:00. During this same time period (1849:38-1852:00) radar data shows a track for a 1200 Beacon, no mode C target describing an east-north east flight path. This is the suspected track of N4823F the second aircraft involved in the mid air collision. At 1850:05 Los Angeles approach control requested Aeromexico 498 to reduce speed to two hundred ten knots. Aeromexico 498 acknowledged this instruction by repeating the speed. At 1850:46 Los Angeles approach control issued the following traffic advisory, "Aeromexico 498 traffic ten o'clock one mile northbound altitude unknown." Aeromexico 498 acknowledged this traffic advisory by saying, "Roger." At 1851:04 Los Angeles approach control requested AN 498 to reduce his speed to 190 and issued a descent clearance to six thousand feet. AN 498 acknowledged by repeating the speed and the descent clearance to six thousand feet. At 1851:19 a general aviation aircraft, N1566R, contacted Los Angeles approach control requesting VFR flight following, and describing his route of flight from Fullerton, California to Monterey, California, with a first stop at Van Nuys, and advising that his altitude would be 4500 feet. This dialogue between N1566R and Los Angeles approach control continued until approximately 1851:38. At 1851:40 preliminary ARTS III Radar data positioned

DATA

Aeromexico 498 approximately 1 1/4 nautical miles southeast of the collision area at an altitude of 6700 MSL. At the same time this radar position the presumed target of N4891F approximately 3/8 mile west southwest of the collision area, and the altitude is unknown. At 1851:45, Los Angeles Approach Control requested Aeromexico 498 to maintain his present speed. Aeromexico 498 responded by asking what speed the controller wanted and advised that he was reducing to 190. At 1851:49, preliminary radar data show Aeromexico 498 approximately 3/4 of a nautical mile southeast of the collision area at an altitude of 6700 MSL. At the same time, the radar data shows the presumed target of N4891F to be approximately 1/4 of a nautical mile west south west of the collision area, and the altitude is unknown. At 1851:54 the preliminary radar data shows AM498 approximately 1/4 nautical mile from the collision area at an altitude of 6600 MSL. At this time, the radar data shows the presumed target of N4891F to be slightly less than 1/8 nautical mile from the collision area, the altitude is unknown. This was the last recorded radar data from the presumed target of N4891F. At 1851:57, Los Angeles Approach Control advised Aeromexico 498 that he could maintain his present airspeed, and that there would be a change in plans, and to stand by. At 1852:00, Aeromexico 498 acknowledged by saying, "alright, maintain one nine zero." This was the last voice communication from Aeromexico 498. At 1852:03, the preliminary radar data show Aeromexico 498 approximately northwest of the suspected collision area at an altitude of 6400 MSL. At this time there was no radar information regarding the presumed target of N4891F. From 1852:04 until 1852:15, there were transmissions between Los Angeles Approach Control and N1566R. At 1852:17 the preliminary radar data show a target presumed to be Aeromexico 498 approximately 1/4 of a nautical mile northwest of the collision area at an altitude of approximately

2400 MSL. At 1852:18 Los Angeles TRACON advised Aeromexico 498 to expect an ILS approach to runway 24R, and issued the appropriate ILS frequency. According to the ATC communications there was no response from Aeromexico 498. Beginning at 1852:29 Los Angeles approach control communicated in four transmissions both to and from N1566R. At 1852:36 Los Angeles approach control advised N1566R that he had penetrated the Los Angeles Terminal control area's airspace without obtaining a proper clearance. N1566R responded by describing his two previous attempt to obtain VFR services from the Coast and Ontario approach control facilities. Beginning at 1852:58 and concluding at 1855:16 there were nine attempts by Los Angeles approach control to contact AM 498, all were unsuccessful. At 1856:05 Los Angeles approach controller requested that the crew of American Airlines flight 333 attempt to visually sight a DC-9 the controller just lost contact with. American Airlines 333 advised that they observed a large smoke column coming from the ground off the left side of the airplane. American Airline 333 also reported observing smoke at his altitude trailing downward.

2. Communications

AM498 was being controlled by the Los Angeles TRACON on frequency 124.9. N4891F was not at anytime prior to the accident in communication with the AR-1 sector. Radio communications at the AR-1 sector were operating with no known discrepancies on the day of the accident, just prior to the accident.

3. Meteorological Information

The 1750 UTC weather observation was reported at Los Angeles as "SK Clear, Visibility one four, Temperature six five, dew point, five eight, Wind, Calm, Altimeter, Two nine nine seven. Weather information was being

broadcast as Information "Uniform." The 1850 UTC weather, which was being broadcast as Information "Victor", was reported as "Sky, Clear, Visibility, one four, Temperature, seven three, Dewpoint, six one, Temperature, ~~seven three, Dewpoint, six one,~~ Wind, two three zero at one zero, Altimeter two nine nine seven."

4. Navigational Aids

At the time of this writing, the ATC Group is aware of no abnormalities on the day of the accident, just prior to the accident.

5. Facility

The Los Angeles TRACON is a Level V facility. The TRACON is located on the south side of the airport. The TRACON utilizes dual sensors, which consist of an ASR-4 antenna located approximately one mile north of the airport and an ASR-7 antenna located at midfield, south side of the airport. The antennas operate independently with regard to the position being utilized to display traffic. These systems are augmented with ARTS III in conjunction with NSAW and Conflict Alert capability. The TRACON is confined within a hangar. Ingress/egress to the control room is located at the east and west walls of the building. The control room is equipped with seven vertical displays and two horizontal displays. Presently, one horizontal display is utilized for ETC purposes, and the other is utilized as a ILS monitor position. Normal configuration in the control positions are arrival sectors on the north side of the room and departure sectors on the south side. These radar positions are designed to accommodate associate handoff positions on either side respectively and a coordinators position located between each arrival/departure sector. There are two radar positions on the south side of the control room which are used for ETC, and programmed

future needs. On the north side a TMC (Traffic Management Coordinator) position has been established to regulate traffic flow into the LAX airport.

The flight data position is located in the center of the room and the area manager's desk is located at the west end of the building. The area supervisor's office is located in the southwest end of the building adjacent to the area manager's desk and control room.

6. Radar Tracking Information

NTSB has obtained NTAP data from the Los Angeles Air Route Traffic Control Center. Data extraction has been requested from the Los Angeles TRACON. CDR data has been requested from Ontario TRACON. ASR-4 target data has been requested from Los Angeles ARTCC. (ASR-4 data is recorded at Los Angeles ARTCC.)

7. Los Angeles Airspace

Los Angeles International Airport is the primary airport for regulatory airspace referred to as the Los Angeles Terminal Control Area (TCA). The Los Angeles TCA generally encompasses a geographical area that extends from 25 nautical miles east of the Los Angeles airport to 20 nautical miles west of the Los Angeles airport. The northern boundary of the TCA is depicted by an east/west line, 10 nautical miles north of the Los Angeles airport and connects the eastern and western boundaries; the southern boundary is defined by an east/west line located approximately 15 nautical miles south of the Los Angeles airport connecting the eastern and western boundaries, excluding an area overlaying the Long Beach airport. The Los Angeles TCA consists of controlled airspace extending upward from the

surface or higher to seven thousand feet, within which all aircraft are subject to operating rules, pilot and equipment requirements as specified in Federal Aviation Regulations, Part 91.

Within the boundaries of the Los Angeles Terminal Radar Approach Control (TRACON) delegated airspace, which generally encompasses the Los Angeles TCA, airspace is assigned to specific radar sectors which provide air traffic control services for aircraft operating within the radar sector boundaries. The radar sector which provided air traffic service to Aeromexico 498 is identified as Arrival Radar One.

Arrival Radar One's airspace consists of that geographical area beginning at a point on the Los Angeles Airport direct to the Compton Airport, thence southeast through the center of the Long Beach Airport, thence south-bound to a point approximately 7 nautical miles southwest of the Seal Beach VOR, thence, along an east/west line to a point approximately 9 nautical miles southeast of the Seal Beach VOR, thence counter clockwise to a point equidistant between the Los Angeles Airport runways 25L and 26R Localizers, thence west along this line to the Los Angeles Airport.

Altitudes assigned to the Arrival Radar One Controller vary from the surface to 7000 feet. In the southeast quadrant of the Los Angeles TCA, overlaying the Seal Beach VOR, the Arrival Radar One sector has been delegated the following altitudes:

- 1.) South of the Seal Beach VOR, within the TCA-7000 feet.
- 2.) From a point approximately 2 nautical miles north of the Seal Beach VOR to a point approximately 3 nautical miles north of the Seal Beach VOR-5000 feet to 7000 feet.
- 3.) From a point 3 nautical miles north of Seal Beach VOR to the extended centerline of the runway 25L localizer-surface to 7000 feet.

The airspace which underlays Los Angeles Arrival Radar One airspace to the southeast is delegated to Coast Terminal Radar Approach Control. The airspace adjacent to Los Angeles Arrival Radar One to the east is delegated to Ontario Terminal Radar Approach Control. Airspace immediately north of the Arrival Radar One sector is assigned to the Los Angeles Terminal Radar Approach Control Radar sector identified as Arrival Radar Two.

8. Procedures

Air Traffic Control procedures are contained within Air Traffic Control, 7110.65^D, revisions 1 through 6; Facility Operations^{and} Administration 7210.3H.

Controller Interview Summary

Mr. John Harold Dutto, Jr., Age 30, was born 11/26/55. His FAA E.O.D. Date was April 1982. Prior/experience was four years with the U.S.A.F. His last military facility was located at Del Rio, Texas. He left the Air Force in October 1978. All of his FAA Air Traffic Control experience has been at Los Angeles, TRACON. His initial FAA training consisted of six weeks of classroom and simulated radar training at Atlantic City, N.J. After this he initiated training at L.A. TRACON. He reached F.P.L. (Full Performance Level) status in March, 1984. His last medical examination occurred in 1985.

On August 31, 1986, his scheduled shift was 6:25 AM to 2:25 PM. He was on the fourth day of a 5 day scheduled work week. In response to questions, Mr. Dutto provided the following information:

- He started work at 6:25 AM. He reviewed the weather, signed on the personnel log, and was then assigned a departure position. Mr. Dutto worked various positions at the L.A. TRACON from the time he reported to duty until approximately 1800 GMT at which time Mr. Dutto was assigned to the arrival sector, where he performed duties until approximately 1900 GMT, when he was relieved.
- At 11:00 the traffic was very light in the AR-1 (Arrival Radar 1-Position) sector.
- He was working in the AR-1 (Associate hand-off position) position.
- He observed numerous targets on the AR-1 display.
- His duties consisted of preparation of arrival ^{slv} slips, initiating and accepting automated handoffs, and inter/intra facility coordination.

- He recalled accepting the handoff for Aeromexico 498 from Coast TRACON, advised the AR-1 controller, and subsequently he was relieved from the AR-1 position and assigned to perform duties at the CI-2 (Coordinator Position) position.
- He recalled receiving a position relief briefing prior to assuming those duties.
- He recalled observing numerous targets on the display however he could not recall observing any primary targets, nor any targets squawking mode C.
- He observed numerous targets on the AR-1 and AR-2 (Arrival Radar 2-Position) radar display, however he described the traffic being worked by the L.A. Arrival Sectors as very light.
- There were no visitors in the room.
- Everything was normal.
- Aeromexico 498 passed 2 miles east of SLL.
- (Non-mode C targets, see transcript)
- Terrance tower called advising him of light aircraft observation of mid-air, light aircraft would squawk 7700 and fly to the area to fix location.
- Instructions were issued to AR-1 to advise Aeromexico 498 to expect ILS 24R @ LAX.
- There were targets in the general area of AM498.
- Called LAX tower to see if they were working AM498.
- Lost target, (see transcript)
- Alerted Area Manager, Supervisor came to the position.
- Notified Los Angeles center to stop traffic and advised he could not accept any more handoffs.

- He requested position relief just after 12:00 noon.
- Quality of video presentation was adequate and there were no false targets on ASR-4 or -7.
- Sometimes target retention was not good.
- Sometimes he had experienced ring-around.
- Radar performance of ASR-4 satisfactory, no abnormalities noted on the day of the accident.
- Became aware of accident when AR-1 advised him he had lost radar and radio communication with AM 498.
- Staffing was adequate, typical for the day.
- Recalled no primary targets near AM 498.
- TCA intrusions are an hourly occurrence.
- AH-1 ~~AR-1~~
- AR-2 - Grohman (SEE TRANSCRIPT)
- Was assigned to work the AH-1 position at approximately 11:00 local. Assumed CI-2 position when OJT training at that position was completed.
- A few minutes after AM 498 initially contacted AR-1, he changed position to CI-2.
- N1566R (SEE TRANSCRIPT)

Ref: position AH-1 or CI-2

- He requested position relief just after 12:00 noon.
- Quality of video presentation was adequate and there were no false targets on ASR-4 or -7.
- Sometimes target retention was not good.
- Sometimes he had experienced ring-around.
- Radar performance of ASR-4 satisfactory, no abnormalities noted on the day of the accident.
- Became aware of accident when AR-1 advised him he had lost radar and radio communication with AM 498.
- Staffing was adequate, typical for the day.
- Recalled no primary targets near AM 498.
- TCA intrusions are an hourly occurrence.
- AR-2 - Grumman (SEE TRANSCRIPT)
- Was assigned to work the AH-1 position at approximately 11:00 local. Assumed CI-2 position when OJT training at that position was completed.
- A few minutes after AM 498 initially contacted AR-1, he changed position to CI-2.
- N1566R (SEE TRANSCRIPT)

Ref: position AH-1 or CI-2

NEXT INTERVIEW

Mr. Orestes Rafael Moreno was assigned as acting area manager.

(cont'd)
E.O.D. date was in 1973. He spent 9 years at L.A., 8 months at Edwards
Rapcon. Has been at L.A. TRACON for about 4 years. Was initially assigned
there as a controller and then was promoted to Area Supervisor about 1
year ago. On August 31, 1986 he was the assigned area manager. In
response to questions Mr. Moreno provided the following information:

- Arrived at the facility at approximately 6:00 am to work a 6:10 to 1410 shift.
- Received position relief briefing, reviewed staffing figures, and completed the watch supervisors checklist.
- Could not recall specific contents of position relief briefing.
- Just prior to the accident was sitting at the area manager's desk reviewing staffing figures when he was advised by CI-2 (Mr. Dutto) of loss of radar contact, proceeded to the AR-1 (Arrival Radar 1-Position) scope.
- Looked at AR-1 display, looked for the target, did not recall seeing a coast mode track.
- He could not recall observing VFR targets.
- Considered Mr. White to be very capable, a conscientious individual, dedicated to his work, with a strong aviation background.
- He observed nothing out of the ordinary, workload was lighter than usual due to the holiday weekend.
- Staffing shortages (SEE TRANSCRIPT)
- Overtime (SEE TRANSCRIPT)
- Facility staffing that shift was 13 controllers (including developmentals)
- Problems with controllers (SEE TRANSCRIPT)

- Has been Mr. White's supervisor for the previous two months.

Mr. Walter Richard Coleman White was working the arrival radar 1 position at the time of the accident on August 31, 1986. His age is 35. His FAA E.O.D. date was December 1, 1980 at the Brown Tower, San Diego, CA. His prior air traffic control experience was obtained in a period of 3 years in the U.S. Army, at Ft. Rucker, a VFR tower. Initial FAA training was received at the FAA academy in Oklahoma City, Oklahoma. Following closure of Brown tower he was reassigned to Montgomery tower (San Diego), a VFR tower, in 1981 until December 1982. From December 1982 until December 1984 he worked at Coast TRACON, El Toro MCAS. In December 1984 he transferred to L.A. TRACON. He holds the following pilot certificates: Commercial/Multiengine/Instrument/Certified Flight Instructor/CFII/CFI-ME. Total flight experience is approximately 1100 hours. In response to questions, Mr. White provided the following information:

- Initial training in Oklahoma City included radar simulation in the radar training facility for approximately 1 month.
- Most of his flight time was accumulated in the southeast portion of the U.S., none since the controller strike in 1981, and less than 5 hours in the L.A. Basin Area.
- Has received recent OJT on Departure Coordinator position before the accident, however most of his recent time has been spent working positions with equal assignment and not training.
- Is presently not certified on the arrival and departure coordinator

positions. To achieve FPL status he must obtain certification on the departure coordinator position.

- Was the 4th day of a scheduled 5 day work week.
 - First two days of his week were afternoon shift, next 3 days were morning shifts (0625 to 1425)
 - Arrival to work at 0625 on the day of the accident.
 - Took one break sometime between 0625 and 1100 am.
 - Was on AR-1 (Arrival Radar 1-Position) position approximately 45 minutes prior to accident.
 - Workload was light, traffic was light, there was a moderate amount of VFR traffic that he was not in communication with.
 - AR-1 (Associate handoff position) had accepted handoff for AM 498 and indicated he had done so.
 - AR-1 left and then went to the arrival coordinator position.
 - Worked position AH-1 combined with AR-1.
 - When AH-1 was still on sector he considered the traffic as light.
 - OJT was being given at the arrival coordinator position ^{during} handoff of AM 498. OJT was subsequently terminated when the AH-1 controller assumed the duties of the CI-2 (Coordinator Position) position.
- See transcript from Aeromexico 498 initial contact.



To "Calls all traffic"

Scenario.

- He calls "all traffic."
- Is familiar with VFR routes depicted on back of TCA chart.
- Was FPL at Coast TRACON.
- Certified at AR-1 position 2 to 3 months.
- Considered training at L.A. TRACON adequate.
- His operating initials KC.
- Could not recall specific items of the position briefing but stated the position briefing checklist was used when he signed on to AR-1.
- Recalled that all normal positions on his side of the room were staffed.
- His immediate supervisor, Russ Moreno, was in the room. The other supervisor, Mr. Benner, was administering training on the CI-2 position.
- If help would have been needed he would notify CI-2, in the absence of Mr. Moreno.
- Transponder code 1200 was displayed, to the best of his recollection in the systems area.
- When he was working the AR-1 position, Mr. Benner was conducting OJT.
- In the absence of Mr. Moreno he would advise the CI-2 position if assistance was required.
- When working arrival radar he is assisted, if required, by controllers.
- Anytime AR-1 position is assumed he sets the display for adequate primary returns, filter limits, and assures that the display is satisfactory.
- Altitude filter limits were set from 100 feet to 23,300 feet.
- There were no facility directions, according to his knowledge, which established filter limits. Filter limits were set to whatever he felt was appropriate.
- MTI was set to present the best primary display. He tries to maximize the best return.

he was working the Pomona Radar Sector. He recalled N1566R calling his position, he ADVISED THE aircraft to standby, he had other duties to perform. He subsequently made an attempt to locate the aircraft by having him "IDENT" on code 1200. He observed an aircraft about to cross the Runway 25L localizer course at LAX, which he presumed to be N1566R. He advised the aircraft to contact LAX approach on 124.9. He described his workload as being moderate at that time. He could not recall seeing targets in the vicinity of the aircraft he presumed to be 66R. Based upon information received from the initial communications and the observed "IDENT" of code 1200 he believed this to be N1566R which was at that time in the LAX approach airspace.

Theodore Robert Bernez, Jr.

E.O.D. FAA July 20, 1970

No prior Air Traffic Control Experience.

- He has been at Coast TRACON 12 years.
- He achieved FPL status in September 1976.
- He was assigned the 0700-1500 shift on August 31, 1986.
- Prior to the accident, he was assigned duties at the O'Neil (Pacific radar sector, which are normally combined.)
- In response to questions Mr. Bernez provided the following:
 - VHF frequency on this position was 128.1.
 - This sector initiated the ASR-5 antenna augmented with ARTS III Automation.
 - The Filter limits were set from surface to 16,000 and 1200 beacon

subset was displayed in the systems area.

- The sector was manned by two controllers.
- Presentation at the sector was acceptable.
- Primary and code 1200 targets were being displayed.
- Handling of Aeromexico 498 was routine.
- An automated handoff was initiated by the handoff man and accepted by the LAX TRACON.
- He observed a few VFR targets in the vicinity of Seal Beach VOR. He noticed a few targets in the general area of Aeromexico 498 as he approached L.A. TRACON airspace just southeast of Seal Beach.
- He had no communications with N4891F, or any aircraft that was enroute from Torrance to Big Bear nor N1566R.
- He described workload as being light to moderate.
- It is common place for VFR aircraft to call Coast TRACON for advisory service while operating in the LAX TCA, prior to obtaining an ATC clearance.

James Albert Bass was an Area Supervisor in the Coast TRACON. His E.O.D. FAA was June 1967. His prior experience was with the U.S. Army for 14 months. His E.O.D. at air traffic control Coast TRACON was 1980.

In response to questions Mr. Bass provided the following information:

- He knew of no one in the facility that had communications with N4891F.
- He stated that an aircraft communicating with Coast TRACON on frequency 124.15 informed the Beach RADAR controller that he may have observed a mid air collision.

- Traffic was described as being light to moderate.
- He was aware that N1566R had been in communication with the Coast TRACON on 124.65 prior to the accident.

Richard Cox is Facility Manager at the LAX TRACON. He entered on duty with the FAA in 1967. He has been at the LAX TRACON since December 1985. Prior to this he held various positions in the Western Pacific Regional Office.

In response to questions Mr. Cox provided the following information:

- He provided staffing information regarding the LAX TRACON. He advised the facility is presently 45 controllers for Fiscal Year 1986.

This breaks down as follows:

27 FPL's

9 DEV (4 certified on 2 or more positions)

Supervisors

3 Area Managers

8 Area Supervisors (1 over authorized staffing.)

- Average weekly overtime for the 4th quarter of FY1986 is 92 hours.
- In January 1986 they had experienced recurring problems of excessive coasting of mode C targets erroneous mode ^e data, and loss of mode C; however, since approximately August 1, 1986 these problems have been rectified.
- There were more problems associated with the ASR-4 Antenna System, than the ASR-7 Antenna System.

- Every Tuesday morning there is a scheduled AT/AF meeting to discuss mutual problems.
- Mr. Cox was out of town at the time of the accident.
- Mr. Cox stated that there have been no Unsatisfactory Condition Reports (UCR's) filed.
- He stated there a Facility Directive concerning sign/on/sign/off procedures for control personnel.
- He stated that the Facility has an "Open Door" policy and is used.
- A TCA analysis was completed in April 1986 resulting in no change to the TCA design.
- There have been 3 pilot deviations forwarded to Flight Standards for investigation of TCA intrusion with an ATC clearance. These occurred around near Seal Beach area.
- For flight check purposes he has requested that a similar aircraft be flown on the alleged route that N4891F would have flown.
- In his opinion, the LAX TCA is not the most complex TCA.
- The West Coast Plan for re-sectorization of airspace had just begun.
- Due to the unavailability of a court recorder, no transcript or recording of this interview was made. The following information was a consensus of the ATC Group:

Bennet Wilbur S. Benner, Area Supervisor
L.A. TRACON

Supervisor E.O.D. FAA July 1969. Prior experience was 8 years in the U.S.A.F. He returned to L.A. TRACON in July 1979. In response to questions Mr. Benner provided the following information:

- He was assigned the duties of Area Supervisor on August 31, 1986.
- He was assigned the 0625 to 1425 shift on August 31, 1986.
- He performed administrative duties and then performed training on the CE-2 position with Mr. David Dodd.

- His operating initials are B.S.
- Became aware of the accident a few minutes after it occurred. At this time he was in the area supervisors office conducting student debriefing.
- The area supervisor's office is not in the control room but adjacent to it.
- Nobody was "acting" as area supervisor in his absence.
- He said there was another supervisor in the room but he did not relieve me at that position.
- When asked who that was he said Mr. Moreno was the other supervisor acting as area manager.
- Does not recall standard staffing that day.
- Does not recall how many were on duty.
- Ordinarily the facility is staffed with one area manager and one area supervisor as a minimum.
- Does not recall where Mr. Moreno was when he (Benner) was out of the room debriefing the student.
- He was relieved by Mr. Dutto at the CI-2 position.
- Was asked if Mr. Dutto was part of his team and responded "no."
- His student provided the relief briefing which he monitored for completeness.
- He was not wearing a headset while conducting OJT.
- CI-2 duties described as coordinating activities at 2 arrival positions in which most instructions are verbalized, therefore he did not wear a headset nor was it required.
- Workload during the OJT session was moderate and decreasing to the point of terminating the OJT session.
- Mr. White did not mention any problems concerning the radar.

- Does not remember signing off, believed the relieving controller signed him off the position.
- There are no logs for the area supervisor position.
- He physically left the control room to debrief on the OJT training session.
- Mr. Moreno had control of the operation.
- He informed Mr. Moreno of his whereabouts.
- He is not aware of any facility order, notice, or memorandum which requires the supervisor to remain in the control room.
- Mr. Moreno made him aware of the accident. He immediately left the office and came back into the control room. He then went to the CI-2 position and tried to determine what was going on.
- The arrival traffic had been stopped. There was a discussion regarding the accident.
- He looked at the AR-1 scope and observed the tag for AM 498 was suspended and was not tracking [suspense information is contained in a tabular list located somewhere on the radar display].
- Does not recall looking specifically for 1200 traffic but is sure there were some on the scope.
- He felt good and was rested prior to coming to work.
- This was his 3rd day of a scheduled 5 day week, however the 2 days prior to the accident he had been on vacation.
- When he was asked "As an area supervisor, did you supervise Mr. White?", he responded "Mr. White requires only general supervision, that's what I was doing."
- He did not believe he provided a distraction to Mr. White while conducting OJT.
- Mr. Moreno would provide Mr. White with general supervision in his (Mr. Beane

absence.

- He had no reason to believe the traffic load was a problem for staffing. Traffic load was decreasing and training was terminated for that reason.
 - He did not consider the position relief to be distracting. The position relief normally taken no more than a few minutes, but in this case, required no more than a minute. [the relieving controller was familiar with the traffic situation because he had been working the AH-1 position.]
 - Workload between AR-1 and AR-2 position varied alternately.
 - On Sundays, the evening shift is normally busier.
 - When asked, "At the time of the accident, did you have an assistant on the AH-2 position?" , he replied, "No."
 - Moreno and myself jointly made a decision to relieve the CI-2 position, with the AH-1 controller.
 - Within the lateral confines of the AR-1 airspace he observed 1200 codes with no mode C.
 - Mr. Benner then stated that the AH-2 position was not manned at the time of the accident.
 - In response to questions about normal and combined staffing, Mr. Benner stated that there is a guideline for the schedule maker who is an area manager. His was not sure about other training in progress at other positions in the TRACON; however he stated there was no other training in progress at the arrival sectors.
- Mr. Benner stated that area supervisors are the only ones who may conduct OJT at the CI-2 position and this was facility policy.
- He stated that 25 or more hours in training at the CI-2 position is average to achieve certification.

Allen E. Lero

ALLEN E. LERO, Chairman, NTSB

Richard J. Weisforth

RICHARD J. WEISFORTH, Vice Chairman, NTSB

William C. Steelhammer

WILLIAM C. STEELHAMMER, Douglas Aircraft
Also for Frank Weigers, Douglas Coordinator

Joe Fowler

JOE FOWLER, FAA

Sergio Felix Diaz Huerta

SERGIO FELIX DIAZ HUERTA, AeroMexico

Larry Parrent

LARRY PARRENT, FAA

Gerardo Brand

GERARDO BRAND, DGAC, Mexico

Damian M. Saldana

DAMIAN M. SALDANA, AeroMexico

Oscar Gradilla Camarena

OSCAR GRADILLA CAMERENA, AeroMexico

DON McCLURE, ALPA

Fausto de Lachica

FAUSTO DE LACHICA, IFALPA

CARLOS ENRIQUE ALVAREZ DE LOS COROS,
Flight Attendant's Association

PAUL H. SMITH, AOPA

Jorge R. Manzano
JORGE R. MANZANO, IFALPA



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DIRECCION. FRAL. DE AEROPUERTOS
S.C.T.

LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION

ING. ANTONIO SOLORIO AGUIRRE

1986



LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION

LIBRO CUARTO

CAPITULO IX

De los Aeródromos Civiles.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

ART. 327.- Aeródromo civil es toda área delimitada de tierra o de agua, adecuada para el despegue, aterrizaje y movimiento de aeronaves civiles.

Los aeródromos civiles se dividen en aeródromos de servicio público y aeródromos de servicio privado. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, declarará cuales son aeródromos de servicio público y cuales de servicio privado, de acuerdo con el reglamento respectivo.

Los aeródromos civiles están sujetos al control, inspección y vigilancia de la Secretaría de Comunicaciones.

Aeropuerto es cualquier aeródromo civil de servicio público que cuente con obras e instalaciones adecuadas para la operación de aeronaves de servicio público. Según la índole de las obras e instalaciones, los aeropuertos se clasificarán en categorías.

Los aeropuertos están abiertos al público para sus propios fines y los servicios que en ellos se proporcionen se cobrarán de conformidad con las tarifas previamente autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para que un aeropuerto tenga carácter de aeropuerto internacional, deberá ser declarado como tal por el Ejecutivo Federal, ser habilitado para los servicios internacionales correspondientes y satisfacer los requisitos reglamentarios.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto del comandante que al efecto designe, ejercerá la autoridad en los aeropuertos. Todas las autoridades que ejerzan funciones en los aeropuertos internacionales, se sujetarán al reglamento interior de aeropuertos internacionales que dicte el Ejecutivo.

ART. 328.- Para construir, explotar, administrar y operar aeropuertos se requiere concesión otorgada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por un plazo inicial máximo de (treinta años) de conformidad con lo previsto en el capítulo III del libro primero y en los



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

artículos 331 y 334 fracción III de esta Ley.

Para construir y operar aeródromos de servicio privado se requiere permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Los propietarios de aeródromos de servicio privado están obligados a permitir su uso a toda aeronave que se encuentre en caso de emergencia.

La construcción de toda clase de obras e instalaciones en los aeródromos civiles se someterán, en cada caso, a la aprobación y autorización de la Secretaría de Comunicaciones.

Las construcciones en los terrenos adyacentes e inmediatos a los aeródromos, dentro de las zonas de protección y seguridad de éstos, estarán sujetas a las restricciones que señalen los reglamentos respectivos.

Los propietarios y operadores de aeródromos civiles estarán obligados a permitir su uso gratuito a las aeronaves de Estado, con excepción de las que pertenezcan a organismos públicos descentralizados.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

REGLAMENTO DE AERODROMOS Y AEROPUERTOS CIVILES

CAPITULO I

Definiciones.

ART. 1o.- Para los efectos de este reglamento, se adoptan las siguientes definiciones:

Aeródromo civil.- Toda área definida de tierra o de agua, adecuada para el despegue, aterrizaje y movimiento de aeronaves civiles.

Aeropuerto.- Cualquier aeródromo civil de servicio público, que cuente con obras e instalaciones adecuadas para la operación de aeronaves de transporte público.

Area de maniobras.- Aquella parte del aeródromo o aeropuerto destinada al despegue y aterrizaje de las aeronaves y también para su movimiento relacionado con estas maniobras.

Altitud densimétrica.- Altitud del aeródromo corregida por la elevación del terreno sobre el nivel del mar y por la temperatura y humedad en las condiciones atmosféricas ambientales.

Antorchas.- Lámparas portátiles a prueba de viento, de petróleo u otro combustible, que se colocan a lo largo de las orillas y cabezas de las pistas para aterrizajes de emergencia o en caso de falta de alumbrado.

Boletín de aeropuerto.- Documento en machote oficial (Apéndice núm. 2 de este reglamento) que contiene todos los datos descriptivos de un aeropuerto, tales como localización, pistas, capacidad, servicios, así como los planos correspondientes.

Cabeceras de pistas.- Area de terreno despejada y nivelada en ambos extremos de cada pista de aterrizaje.

Clases de aeropuerto.- Categoría de un aeropuerto, según la índole de sus instalaciones y de conformidad con las tablas de clasificación de los apéndices números 1-A y 1-B de este reglamento.

Comandante de aeropuerto.- Persona designada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para ejercer las funciones de policía de aeronáutica en un aeropuerto.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

Concesionario.- La persona física o moral a quien la Secretaría de Comunicaciones y Transportes haya otorgado concesión para la explotación del aeropuerto.

Estación de ayuda.- Estaciones radio (radiofaros, radioguías, marcadores, localizadores, etc.), instalados con el fin de aumentar la seguridad de la navegación aérea al suministrar servicios de balizamiento y radioalineación en los aeródromos y aerovías.

Extintores CO2.- Aparatos portátiles cargados con bióxido de carbono para extinguir incendios.

Faja de aterrizaje.- Área de terreno de forma rectangular, despejada, nivelada y libre de obstáculos, que sirva para el despegue y descenso a tierra de las aeronaves.

Faro de localización.- Luz giratorio que emita destellos alternados de luz verde y blanca, útil para indicar a los pilotos la ubicación del aeropuerto.

Indicador de la dirección del viento.- Dispositivo en forma de cono truncado, que sirve para señalar visualmente la dirección del viento en la superficie.

Luz aeronáutica.- Toda luz dispuesta especialmente para ayudar a la navegación aérea.

Luces de aproximación.- Alumbrado que se instala en declive sobre el terreno para señalar las zonas de aproximación de las aeronaves en los extremos de la pista.

Luces de cabecera.- Alumbrado de color verde instalado a través de la pista para indicar sus extremos de la pista.

Luces de obstáculos.- Son de color rojo destinadas a señalar los obstáculos.

Luces de perímetro.- Alumbrado de color ámbar para delimitar el perímetro utilizable del aeropuerto.

Luces de pistas.- Alumbrado de colores colocado a lo largo de los lados de las pistas.

Marcas.- Señales que sirven para delimitar o indicar las pistas y demás instalaciones del aeropuerto.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

NOTAMS.- Abreviatura internacional que se usa para los "Avisos a los aviones" sobre condiciones de aeropuertos y otros informes importantes de novedades que afecten la operación de las aeronaves.

Obstáculos.- Objetos que por su ubicación o altura pueden constituir peligro para la navegación aérea y la operación de las aeronaves.

Pista de aterrizaje.- Área revestida o pavimentada en el centro de una faja de aterrizaje.

Pista de rodaje o carreteo.- Calles o caminos pavimentados o no, que sirven para el rodaje de las aeronaves en sus maniobras anteriores al despegue y posteriores al aterrizaje.

Plano de aproximación.- Plano inclinado dentro de la zona de aproximación, con la inclinación o pendiente de aterrizaje de las aeronaves.

Plataforma.- Área definida de un aeródromo destinada a estacionar las aeronaves para maniobras de embarque y desembarque de pasajeros, o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Proyector de techo.- Reflector luminoso dirigido verticalmente hacia arriba para ayudar a determinar la altura de la base de las nubes.

Semáforo.- Lámpara de señales o "pistola luminosa" para hacer indicaciones de tránsito a las aeronaves en el aeropuerto.

Servicios conexos.- Prestaciones proporcionadas en los aeropuertos, en relación con las comunicaciones aeronáuticas, reportes meteorológicos, servicios mecánicos, reaprovisionamiento de combustible, almacenamiento, maniobras de estiba, utilización de edificios e instalaciones, etc.

Torre de control de aeródromo.- Instalación especial establecida para suministrar servicio de control de tránsito aéreo al tránsito del aeródromo o aeropuerto.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

Zona de aproximación.- Espacio aéreo del para-
lelepípedo vertical, de base trapezoidal en cada extremo
de pista, dentro del cual las aeronaves ejecutan sus ma-
niobras de aproximación al aeródromo para aterrizar.

Zona de protección.- Espacio aéreo dentro del
círculo de evoluciones de las aeronaves en sus llegadas
y salidas a inmediaciones del aeropuerto.

Zona de virajes.- Espacio aéreo del cilindro
vertical con eje en el centro del aeropuerto, dentro del
cual las aeronaves ejecutan sus maniobras y virajes pre-
vios a la aproximación para el aterrizaje.

CAPITULO II

Clasificación de Aeródromos.

ART. 2o.- Para clasificar los aeródromos se at-
derá a su aspecto físico, a la naturaleza de sus obras e
instalaciones, al género de tránsito a que esté destinado
y al régimen de su propiedad o explotación.

Por su aspecto físico los aeródromos se clasifi-
can en terrestres, acuáticos y mixtos.

Por la naturaleza de sus obras e instalaciones
se clasifican en aeródromos y aeropuertos.

Por el género de tránsito a que estén destinados
se clasifican en aeródromos nacionales o internacionales.

Por cuanto al régimen de propiedad o explotación
se clasifican en aeródromos particulares y oficiales.

ART. 3o.- Los aeropuertos se clasifican en cate-
gorías, conforme a las tablas de los Apéndices 1-A y 1-B
de este reglamento.

ART. 4o.- Los hidroaeródromos se clasifican en
categorías, conforme a la Tabla del Apéndice núm. 1-C de
este reglamento.

ART. 5o.- Por cuanto a actividades, los aerodr-
mos y aeropuertos pueden estar destinados a hacer un servi-
cio privado o uno público.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

Los servicios privados comprenden:

- a).- La instrucción y entrenamiento aeronáuticos;
- b).- Operaciones deportivas aeronáuticas;
- c).- Operaciones aeronáuticas conexas a la explotación de una industria privada;
- d).- Operaciones aeronáuticas para ejecutar exploraciones o investigaciones de carácter científico;
- e).- Aviación agrícola.

Los servicios públicos comprenden:

- a).- El transporte aéreo de pasajeros.
- b).- El transporte aéreo de carga comercial.
- c).- El transporte aéreo de materias postales.

ART. 6o.- Los aeródromos destinados a servicios públicos deberán tener siempre la categoría de aeropuertos, en alguna de las clases mencionadas en el artículo 3o.

ART. 7o.- El tráfico desarrollado en los aeropuertos se denomina:

- a).- Nacional, cuando las operaciones se circunscriben al territorio de la República;
- b).- Internacional, cuando los puntos de salida o de destino pertenecen a territorio extranjero.

El servicio internacional requerirá, el uso de aeropuertos incluidos en alguna de las clases 4, 5, 6 y, además de haber sido oficialmente declarados para este género de servicio, tener establecidos los de correo y de inspección en los ramos de aduana, migración y sanidad, cuyos focales deben ser adaptados por el concesionario.

ART. 8o.- Por cuanto a la propiedad de los aeródromos se clasifican, según que el propietario o concesionario sea persona física o moral particular, o entidad



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

gubernamental, en particulares y oficiales.

Los aeródromos particulares pueden ser servicio privado o público; los oficiales son siempre de servicio público.

Los aeródromos oficiales serán:

- a).- Municipales, cuando el propietario sea un municipio;
- b).- Estatales, cuando el propietario sea el gobierno de algún Estado de la República;
- c).- Federales, cuando el propietario sea cualquiera del Gobierno Federal.

CAPÍTULO III

Construcción

SECCIÓN I

Autorización y Obras.

ART. 9o.- Para construir un aeródromo de servicio privado y operar en él, se requiere permiso previo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, mediante solicitud del interesado, en la que asentará las informaciones y documentos que se indican en los artículos II y demás relativos a la construcción de aeropuertos de servicio público, contenidos en el propio capítulo.

Los permisos para aeródromos de servicio privado no tendrán carácter de concesión. Se sujetarán a las siguientes condiciones:

- a).- Deberán restringirse a las actividades que señala el artículo 5o. de este reglamento;
- b).- Serán motivo de cancelación cuando los propietarios no permitan el uso del aeródromo a cualquier aeronave que se halle en condiciones de emergencia;
- c).- Su plazo de vigencia se fijará de acuerdo con la duración de las actividades a que se dedicó el



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

el aeródromo, pero no podrá exceder de veinte años.

ART. 10.- En igual forma se procederá tratándose se de aeródromos temporales de servicio público para actividades de aviación agrícola o experimental.

ART. 11.- Para construir aeropuertos de servicio público y operar en ellos, se requiere obtener concesión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en los términos del artículo 328 y demás relativos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, para lo cual el interesado deberá presentar solicitud con los siguientes datos:

a).- Nombre y domicilio del solicitante y acta de nacimiento o escritura constitutiva de la sociedad, -- según proceda;

b).- Memoria técnica de las obras proyectadas, con planos anexos de localización, topografía, suelos y construcción, instalaciones y demás documentos, conforme a las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Apéndice núm. 1). La memoria y los planos se presentarán por triplicado;

c).- Copia autorizada de la escritura o documento de la escritura o documento que justifique la propiedad, arrendamiento o posesión de los terrenos en que se proyecte construir el aeropuerto;

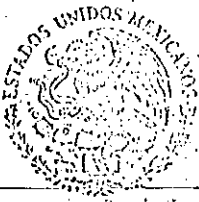
d).- Antepresupuesto de las obras e inversiones y análisis de amortización;

e).- Plazo inicial de la concesión.

f).- Proyecto de tarifas de aterrizaje y otros servicios en el aeropuerto.

ART. 12.- Otorgada la concesión en la forma que señala la ley (o el permiso en el caso de aeródromos de uso privado) se devolverá al interesado un tanto de los estudios, proyectos y planos presentados, con las modificaciones que estime pertinentes la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a fin de que se proceda a ejecutar las obras.

ART. 13.- Al terminar las obras y antes de



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

poner en servicio el aeródromo o aeropuerto, el interesado avisará a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para que sea efectuada la inspección de los trabajos y autorice el uso del mismo, expedido el NOTAM correspondiente.

ART. 14.- Simultáneamente se presentará el boletín del aeródromo o aeropuerto en los formularios que al efecto proporcionará la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Apéndice núm. 2) y también los documentos que, conforme al reglamento respectivo, se requieran para la inscripción en el Registro Aeronáutico Mexicano.

ART. 15.- Para modificar, ampliar o ejecutar construcciones y obras en aeródromos de servicio privado o público, se obtendrá permiso previo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, mediante solicitud del permisionario o concesionario, acompañada de los estudios, proyectos y planos respectivos, en forma análoga a la del trámite inicial de la concesión o permiso a que se refiere el artículo 10 de este reglamento. Una vez terminadas y aprobadas las obras, el interesado presentará un nuevo boletín del aeropuerto y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes expedirá el NOTAM correspondiente.

ART. 16.- Si en el curso de ejecución de los proyectos aprobados, resultare necesario o conveniente modificarlos, el concesionario o permisionario deberá presentar una memoria justificativa, con los nuevos planos, para aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ART. 17.- Cuando, como consecuencia de una inspección, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes considere que un aeródromo de servicio privado o un aeropuerto de servicio público, no presentan condiciones de seguridad para la operación de las aeronaves, fijará al permisionario o concesionario un plazo razonable para ejecutar las obras o reparaciones necesarias. Mientras tanto el aeródromo o el aeropuerto, podrá ser clausurado temporalmente, expediendo al efecto el NOTAM respectivo.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

ART. 18.- Los trámites para construir aeropuertos de servicio público, por los municipios o Estados de la Federación y operar en ellos, se sujetarán a los requisitos señalados en los artículos precedentes.

ART. 19.- Cuando una Secretaría de Estado o cualquier otra dependencia del Ejecutivo Federal u organismo público descentralizado, desee construir y operar un aeropuerto civil, deberá cumplir, en todo caso, con los requisitos legales antes señalados.

ART. 20.- Cuando se construya un aeropuerto de servicio público, por particulares en cooperación financiera con las autoridades de algún gobierno local, o del federal, la aportación oficial se considerará como un subsidio para las obras, debiendo presentarse a la aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el contrato respectivo entre las partes y quedando la operación del aeropuerto a cargo del concesionario.

ART. 21.- Todos los edificios e instalaciones en terrenos inmediatos a los aeropuertos, se sujetarán a las restricciones de localización y altura que establecen los capítulos de "Zona de Aproximación y de Virajes" y de "Marcas e Iluminación, de este reglamento.

ART. 22.- Todo concesionario de aeropuerto de servicio público deberá contar con tarifas aprobadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para el cobro de cuotas por uso del aeropuerto, aterrizajes y demás servicios. El cálculo de las cuotas se basará en la clase de aeropuerto y en el peso bruto de las aeronaves. Las tarifas contendrán las reglas de aplicación correspondientes.

ART. 23.- Salvo arreglo especial entre el concesionario y el usuario del aeropuerto, todos los servicios deberán pagarse de contado. El Comandante del aeropuerto podrá impedir la salida de la aeronave en caso de falta de pago.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES.

ART. 24.- Solamente en caso excepcional y cuando a juicio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la intensidad del tránsito aéreo en un lugar lo exija, se permitirá construir más de un aeropuerto de servicio público y operar en él, en cuyo caso se dispondrá que las localizaciones disten lo suficiente unas de otras para evitar peligro en las zonas de virajes y aproximación de ellos.

ART. 25.- Las empresas concesionarias de servicio público de transporte aéreo regular tendrán preferencia para la concesión de aeropuertos de servicio público, en los puntos de escala de sus rutas.

ART. 26.- Para la construcción de instalaciones auxiliares de la navegación aérea (radioayudas) y las operaciones respectivas, se requerirá obtener de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, una concesión que será tramitada en forma análoga a la establecida en los artículos de este capítulo relativos a construcción de aeropuertos. Además, deberá obtenerse la licencia de la estación de radio, en la forma que señala el reglamento correspondiente.

ART. 27.- El concesionario tendrá la obligación de conservar todas las obras, instalaciones y equipos del aeropuerto, en condiciones de seguridad y eficiencia continuas, a juicio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ART. 28.- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes publicará periódicamente un catálogo con los boletines de aeropuertos, para información de los transportadores y usuarios. (P.L.A.)

SECCION II

Zonas de aproximación y de virajes.

ART. 29.- En ambos extremos y a cada lado de las pistas, el terreno estará despejado y acondicionado en fajas cuyas dimensiones aparecen en la tabla del Apén-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

dice núm. 1-A de este reglamento, según la categoría del -
aeropuerto.

ART. 30.- La zona de aproximación en cada ex--
tremo de pista tendrá las siguientes dimensiones:

Dimensiones de las Bases del Aeropuertos Trapeccio	Clases 1, 2 y 3	Aeropuertos Clases 4, 5 y 6
Anchura de cada lado del eje de la cabecera de la pista.	75 mts.	100 mts. (x)
Anchura total a 3000 metros- de distancia de la cabecera.	750 mts.	750 mts. (x)

(x) Doble en las pistas para aterrizaje por me-
dio de instrumentos.

ART. 31.- La inclinación del plano de aproxima -
ción será la que para cada clase de aeropuerto señale la --
tabla del Apéndice núm. 1-B.

ART. 32.- Ningún obstáculo dentro de la zona de
aproximación podrá sobresalir de este plano.

ART. 33.- La zona de virajes es la incluida den-
tro de un radio de 4000 metros del centro geométrico del --
aeropuerto y arriba del plano horizontal a 45 metros de ---
altura sobre el terreno, en el mismo centro.

ART. 34.- La zona de protección es la compendi-
da dentro de un radio de doce kilómetros del centro del ---
aeropuerto.

ART. 35.- Todas las construcciones e instalacio-
nes aisladas, situadas dentro de las zonas de virajes y ---
de protección del aeropuerto, cuyos vértices lleguen a la -
altura del plano horizontal antes mencionado, deberán ser -
pintadas e iluminadas en la forma que establece este regla-
mento.

ART. 36.- Todas las obras, edificios e instala-
ciones que se construyan dentro de las zonas de aproxima -



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

ción y viajes de los aeropuertos, se sujetarán a las restricciones de alturas impuestas en los artículos anteriores. Las autoridades locales no expedirán licencia ni permitirán construcciones que no satisfagan tales requisitos.

SECCION III

Marcas e iluminación.

ART. 37.- Todo aeródromo o aeropuerto deberá contar con marcas que faciliten la operación diurna de las aeronaves, y que por lo menos adopten las siguientes indicaciones:

a).- Señales planas al nivel del piso, de dimensiones mínimas de 1 x 3 m.; para mostrar las orillas y cabezas de fajas de aterrizaje y pistas no pavimentadas;

b).- Análogas señales en forma de escuadras o ángulos para indicar en las orillas los crucesos y vértices de fajas y pistas;

c).- Señales similares en las fajas y pistas de rodaje y sus entronques y cruzamientos;

d).- En la prolongación de las pistas, dentro de la zona de aproximación se pintarán los postes del cercado, tres franjas con los colores anaranjado y blanco alternados, o bien se colocarán balizas próximas al pie del cerco o al borde del terreno aprovechable, transversalmente a la pista, en forma triangular de 0.50 m. de altura y pintadas también con franjas de los mismos colores, pero inclinadas;

e).- Números en las cabezas de las pistas para indicar el azimut (a decenas de grados) de orientación magnética.

Lámina del Apéndice 3-A;

f).- Línea interrumpida (simple o doble) de color blanco o amarillo, en el eje de las pistas pavimentadas;



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

g).- Las tres letras de clave asignadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para identificación del lugar, o bien el nombre completo de la población, con letras en blanco o negro sobre el techo del edificio más prominente del aeropuerto;

h).- Marcas en forma de X pintadas sobre la plataforma de estacionamiento de las aeronaves.

i).- En las pistas iluminadas los soportes de las lámparas sustituirán a las marcas a que se refieren las fracciones a), b), c) y d) de este artículo.

ART. 38.- Todos los objetos, construcciones o instalaciones, tales como edificios, hangares, torres, chimeneas, silos, antenas, tinacos o postes, que se hallen dentro del aeropuerto o adyacentes al mismo, así como aquellos ubicados dentro de las zonas de aproximación y de virajes y cuyos vértices queden a la altura del plano de aproximación a que se refiere el Apéndice I-B de este reglamento, deberán ser marcados con franjas alternadas con los colores blanco y anaranjado (internacional), en los extremos. Estas franjas serán:

a).- Siete horizontales en toda la altura de los postes de telégrafo, de teléfono, de líneas de transmisión eléctrica, torres, antenas, astabanderas y similares;

b).- Tres horizontales en postes de cercos de alambre;

c).- Tres fajas horizontales de cuadrados de 1.5 a 10 metros, de colores alternados en forma de tableros en los tanques elevados de almacenamiento de agua y en el extremo superior de las chimeneas, silos y torreones, o salientes elevados de otros edificios;

d).- Banderas rojas para obstáculos o peligros de carácter transitorio.

ART. 39.- Todo aeropuerto destinado a usarse de noche deberá estar provisto de las siguientes instalaciones de iluminación, con líneas subterráneas;



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

a).- Faro giratorio de localización, con destellos de luces verde y blanco, ubicado sobre prominencia de terreno, o torre dentro de la zona de edificios.

* Apéndice 3-B;

b).- Indicador iluminado de la dirección del viento, instalado en sitio prominente y visible fácilmente desde las aeronaves;

c).- Semáforo o "pistola" luminosa para hacer señales sobre maniobras de aterrizaje y despegue;

d).- Luces color ámbar en el límite o perímetro del área de aterrizaje;

e).- Luces verdes para señalar las cabeceras de cada pista iluminada;

f).- Luces de pista colocadas a sesenta metros una de la otra simétricamente a los lados y a todo lo largo de la pista principal, por lo menos. En los tercios extremos de la longitud de la pista, las luces serán mitad ámbar y mitad blanco. En el tercio medio las luces serán de color blanco;

g).- Luces color azul en una de las orillas de las pistas de rodaje, por lo menos;

h).- Luces rojas en todos los obstáculos dentro del aeropuerto y en las zonas de aproximación y virajes;

i).- Reflectores para iluminar la plataforma de maniobras de carga y descarga de las aeronaves;

j).- Regulador de intensidad o brillantez de las diversas luces en las pistas;

k).- Equipo central para control y operación del alumbrado, accesible al operador de radio;

l).- Proyector de techo;

m).- Planta eléctrica de emergencia.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

ART. 40.- Cuando las condiciones atmosféricas locales lo requieran y la intensidad del tránsito aéreo lo justifique, a juicio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se instalarán también luces de aproximación y alineación en la trayectoria de aterrizajes en las prolongaciones de la pista principal iluminada para aterrizajes por medio de instrumentos.

ART. 41.- Las luces rojas se colocarán en la parte más alta de los obstáculos (postes, antenas, torres, tinacos, silos, edificios, chimeneas, banderos, etc.), así como en ambos tercios de la altura de los mismos y en forma tal que se vean desde cualquier lado. Cuando la altura exceda de 45 metros, se colocarán luces intermedias adicionales, de modo que no disten más de 15 metros una de otra.

ART. 42.- Tanto dentro del Aeropuerto como en las zonas de aproximación, de virajes y de protección, será obligatorio para el propietario del predio, edificio o instalación respectiva, pintar los objetos y colocar las luces que denuncien el obstáculo y cuidar, también por su cuenta que tales luces estén encendidas continuamente desde la puesta hasta la salida del sol.

ART. 43.- El incumplimiento de las obligaciones contenidas en el artículo anterior será sancionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de conformidad con las disposiciones de la Ley de Vías Generales de Comunicación.

ART. 44.- Los vehículos y sus remolques que presten servicios dentro del área de maniobras del aeropuerto, también deberán estar provistos todo el tiempo de marcas de obstáculos y de luces durante la noche.

ART. 45.- Todo aeropuerto iluminado para uso nocturno deberá tener en existencia "antorchas" para ser colocadas en la pista, en casos de emergencia.

ART. 46.- Es obligación del propietario o concesionario del aeropuerto, mantener siempre en buenas condiciones de operación todas las instalaciones de iluminación del mismo.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

CAPITULO IV

Operación.

ART. 47.- Ninguna área de tierra o agua nacionales puede ser utilizada normalmente para operaciones de despegue, aterrizaje o acuatizaje de aeronaves, si previamente no ha sido autorizada como aeródromo o aeropuerto por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ART. 48.- En los aeropuertos, en la caseta o en la estación de pasajeros, se mantendrá en lugar visible, una copia fotostática de la autorización mencionada en el artículo anterior, así como una copia de las tarifas de aterrizaje y otros servicios que para su categoría tuvieran aprobadas la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ART. 49.- En los aeropuertos de servicio público no se permitirá la operación de ninguna aeronave que no esté provista de aparato receptor y transmisor de radio para el control de tránsito aéreo.

ART. 50.- La autoridad suprema en un aeropuerto o aeródromo se ejerce por el comandante nombrado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En los aeropuertos o aeródromos particulares este nombramiento recaerá en la persona encargada del control de tránsito aéreo o en el jefe de la estación, o en el agente del propietario o concesionario.

ART. 51.- Son atribuciones del Comandante del aeropuerto:

a).- Inspeccionar las licencias de pilotos, instructores, mecánicos, radio operadores y demás personal adscrito a las operaciones aeronáuticas;

b).- Inspeccionar las matrículas y tarjetas de aeronavegabilidad de las aeronaves. En los casos de irregularidades, informará a la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la aplicación de las sanciones,

c).- Inspeccionar los equipos e instalaciones de



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

seguridad, contra incendio y de primeros auxilios;

d).- Formar la estadística de las operaciones aeronáuticas que se verifiquen en el aeropuerto;

e).- Intervenir, en auxilio de las autoridades judiciales, en la investigación inicial de los accidentes que ocurren en el aeropuerto;

f).- Atender a la exacta aplicación de los reglamentos y tarifas por servicios y certificar las circunstancias en vista de la aplicación de sanciones;

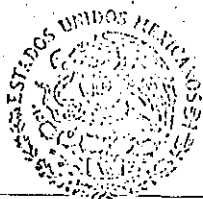
g).- Autorizar la salida de las aeronaves de cualquier clase o servicio que sean, previo cumplimiento de los requisitos impuestos por los reglamentos respectivos;

h).- Tener bajo su cuidado los servicios de control de tránsito aéreo, meteorología y radioayudas para la navegación.

ART. 52.- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes formulará un reglamento interior para cada aeropuerto o aeródromo, que especificará las particularidades de servicio. En los aeropuertos o aeródromos particulares el reglamento lo formulará el propietario o concesionario, quien lo someterá a la aprobación de la Secretaría. Una vez que ésta lo haya aprobado, dicho reglamento será de observancia obligatoria.

ART. 53.- De acuerdo con los itinerarios y las necesidades del servicio de las aeronaves, se establecerá un horario que determine las horas hábiles en que el aeropuerto estará en servicio. Fuera de horas hábiles, el servicio se considerará como efectuado en tiempo extraordinario, para la aplicación de las cuotas respectivas de las tarifas.

ART. 54.- Según la categoría del aeropuerto y el equipo y personal disponibles, se proporcionarán a los interesados, dentro de las horas hábiles, mediante el pago correspondiente de la tarifa oficial aprobada, o previo convenio fuera de las horas hábiles, los servi --



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES cios de:

- a).- Aterrizaje y despegue;
- b).- Iluminación de pistas;
- c).- Comunicación radiotelegráfica o telefónica general;
- d).- Control de tránsito del aeropuerto;
- e).- Información meteorológica y
- f).- Estacionamiento fuera de las plataformas.

ART. 55.- Bajo la denominación de "Servicios Conexos" se comprenden, entre otros, los de:

- a).- Uso de la estación de pasajeros;
- b).- Abastecimiento de combustibles y lubricantes;
- c).- Abastecimiento de piezas de repuesto;
- d).- Servicio de operarios mecánicos;
- e).- Servicio de empleados para hacer operaciones de carga y descarga en las plataformas;
- f).- Servicio de taller para hacer reparaciones y
- g).- Servicio de arrastre.

La prestación de estos servicios se regirá por las disposiciones del capítulo respectivo de este reglamento.

ART. 56.- Ninguna aeronave podrá despegar sin tener la autorización del comandante del aeropuerto, quien comprobará la presentación del plan de vuelo y el pago satisfactorio de los servicios del aeropuerto, requisitos indispensables para autorizar la salida de la aeronave.

El Comandante del aeropuerto puede prohibir la salida de una aeronave y aun requerir el auxilio de la

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

fuerza pública para imponer su decisión.

ART. 57.- El piloto de la aeronave se presentará al Comandante del aeropuerto inmediatamente después de aterrizar y previamente al despegue, para proporcionarle información de:

- a).- La marca, tipo y matrícula de la aeronave;
- b).- Clase de vuelo;
- c).- Lugar de origen o de destino;
- d).- Nombres de los miembros de la tripulación y de los pasajeros.

Asimismo, llenará las formalidades que requiera el Reglamento de Tránsito Aéreo.

ART. 58.- Las operaciones de despegue, aterrizaje o acuatizaje y de arrastre, son de la exclusiva responsabilidad de los propietarios de las aeronaves.

ART. 59.- La seguridad de las aeronaves en el aeropuerto quedan a riesgo de los propietarios de ellas; por tanto, los propietarios o concesionarios de un aeropuerto no asumen responsabilidad alguna por la destrucción total o parcial de las aeronaves, o por destrucción o robo de sus piezas o de la carga u objetos que conducen.

ART. 60.- En los aeropuertos se mantendrá perfectamente limitada y aislada la zona del público, en la cual tendrá éste, libre acceso durante las horas hábiles. Estará igualmente limitada la plataforma de maniobras de carga y descarga de las aeronaves. A esta plataforma sólo se permitirá el acceso de los pasajeros en el momento de abordar la aeronave.

ART. 61.- Se marcarán también zonas para el estacionamiento de las aeronaves. Fuera de los períodos de carga y descarga, las aeronaves irán a estacionarse -



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

en el lugar de la zona de estacionamiento que les señale el comandante del aeropuerto.

A la zona de estacionamiento sólo tendrán acceso los propietarios de las aeronaves o los empleados afectos a su servicio, mediante permiso expreso del comandante del aeropuerto.

ART. 62.- Se marcará una zona para el estacionamiento de los vehículos del público, otra para los vehículos afectos al servicio del aeropuerto y otra para el servicio postal.

ART. 63.- Las áreas de aterrizaje o de maniobras no serán accesibles al público y sus vehículos, manteniéndose libres de todo obstáculo. Se marcarán los lugares para la colocación ordenada de escaleras, extintores, carretillas y demás equipos para el servicio de plataforma. Podrán circular, con las debidas precauciones, los empleados del aeropuerto o los trabajadores que allí ejecuten obras de inspección, de construcción o de reparación. Cuando para estas operaciones se usen automóviles u otras máquinas, irán provistos de una bandera roja y su estacionamiento se hará siempre fuera de las pistas o plataformas. Si permanecieren durante la noche, se marcarán por medio de luces rojas.

ART. 64.- En todos los aeródromos y aeropuertos se colocarán en sitios adecuados y accesibles, aparatos extintores CO2 contra incendio y botiquines para primeros auxilios.

ART. 65.- Los propietarios o concesionarios de los aeropuertos son responsables del buen estado de servicio de cada una de sus partes, instalaciones y equipos, cuidando que éstos no estorben las maniobras aeronáuticas.

ART. 66.- La ejecución de cualquier obra que se lleve a cabo en el aeropuerto, que pueda significar un obstáculo para las operaciones aeronáuticas, se noti-



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

ficará al comandante del aeropuerto, a los pilotos y demás interesados y se anunciará por radio a las aeronaves en proceso de aterrizaje. La situación de tales obras se marcará por medio de banderas, luces rojas u otras señales, tanto durante el día como en la noche.

ART. 67.- Se prohíbe probar los motores de las aeronaves cuando éstas se encuentren en las plataformas destinadas a la carga y descarga.

ART. 68.- (Reformado por decreto del 21 de octubre de 1953, publicado en el "Diario Oficial" del 5 de marzo de 1954, en vigor desde esa fecha, como sigue):

ART. 68.- Las operaciones de abastecimiento de combustible a las aeronaves se ejecutarán cuando ningún pasajero se encuentre a bordo, previa colocación de los extintores al pie de la aeronave

Sin embargo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes podrá autorizar expresamente, en los aeropuertos donde éstos a las empresas de aviación cuenten con el equipo e instalaciones adecuadas y utilicen los procedimientos que por sí mismos constituyen el máximo de seguridad que las operaciones de abastecimiento de combustible se ejecuten sin hacer descender a los pasajeros que se encuentren a bordo de las aeronaves.

Para la mayor seguridad en el desarrollo de las operaciones que se indican en el presente artículo, las empresas de aviación, o los concesionarios de los aeropuertos en su caso, observarán además de lo dispuesto en este precepto, las disposiciones del reglamento que se relacionen con la seguridad, las emanadas de la Comandancia del Aeropuerto y las del Reglamento Interior de cada aeródromo, relativas a la conservación del equipo e instalaciones de seguridad contra incendio y primeros auxilios.

ART. 69.- La iluminación de los aeropuertos para operaciones nocturnas se hará en los períodos que-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES determine el reglamento interior. Fuera de las horas hábiles se iluminarán a solicitud de los interesados y bajo las condiciones establecidas en el artículo 53. -- Los obstáculos permanentes o eventuales quedarán iluminados durante toda la noche.

ART. 70.- En los aeropuertos en que coexistan servicios aéreos privados con servicios de transporte público, éstos tendrán siempre prioridad y preferencia sobre los primeros. El reglamento interior de cada aeropuerto determinará los requisitos y condiciones de seguridad que deberán llenarse a fin de que los vuelos privados no constituyan un peligro para las operaciones de las aeronaves de transporte público.

ART. 71.- En los aeropuertos destinados al servicio de transporte público no se permitirán operaciones de aviación agrícola o experimental. Las de entrenamiento se supeditarán, cuando no exista un aeródromo adecuado, a las de transporte público, conforme al reglamento interior del aeropuerto.

ART. 72.- Se prohíbe al público en general:

- a).- El acceso a lugares del aeropuerto que no sean los destinados para él, con límites y señales;
- b).- Fumar o encender fuego cerca de las aeronaves o en los sitios en que expresamente se anuncia dicha prohibición;
- c).- Introducir al aeropuerto artículos prohibidos o peligrosos, como explosivos, materiales fácilmente inflamables, drogas estupefacientes, bebidas alcohólicas, u otros objetos considerados como repugnantes o molestos;
- d).- Cometer actos que dañen a los edificios, muebles, enseres o instalaciones del aeropuerto;
- e).- Observar una conducta indecorosa en mo-



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

dales o palabras, o que suscite alarma, escándalo o pánico.

CAPITULO V

Servicios conexos.

ART. 73.- La prestación de los servicios de radiocomunicaciones para la navegación aérea y para el control de tránsito aéreo y los de informaciones meteorológicas, se regirá por lo dispuesto en los reglamentos respectivos.

ART. 74.- El concesionario de aeropuerto de servicio público proporcionará, dentro de las posibilidades de las instalaciones, equipos y personal, conforme al reglamento interior del aeropuerto y mediante la remuneración correspondiente, los siguientes servicios conexos con los transportes aéreos:

- a).- Uso de la estación de pasajeros;
- b).- Abastecimiento de combustible y lubricantes;
- c).- Abastecimiento de piezas de repuesto;
- d).- Servicio de operarios mecánicos;
- e).- Servicio de empleados para hacer maniobras de carga y descarga en las plataformas;
- f).- Servicio de taller para hacer reparaciones;
- g).- Servicio de arrastre.

ART. 75.- Cuando el usuario del aeropuerto sea concesionario de servicio público de transporte aéreo regular o no regular, deberá celebrar con el concesionario del aeropuerto un contrato revisado y aprobado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, que norme la prestación de los servicios conexos requeridos, a que se refiere el artículo 74 de este reglamento, tomando en cuenta las necesidades, horarios y demás factores de una



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

y otra partes. El mismo contrato especificará las cantidades y condiciones de pago por dichos servicios.

ART. 76.- Cuando el usuario tenga su base -- permanente de operaciones en el aeropuerto, deberá celebrar con el concesionario del mismo un contrato de uso y servicios análogo al referido en el artículo anterior.

ART. 77.- Los usuarios eventuales deberán -- cubrir en efectivo al concesionario del aeropuerto, en el momento de recibir cualquier servicio, las cuotas de aterrizaje y demás prestaciones que haya aprobado la -- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

CAPITULO VI

Hidroaeródromos

ART. 78.- La construcción y operación de hidroaeródromos se sujetará a las disposiciones del presente reglamento, que sean aplicables.

ART. 79.- Las aeronaves que operen en hidroaeródromos deberán también cumplir con las disposiciones y requisitos que señale la Secretaría de Marina, para los efectos de la seguridad del tránsito marítimo.

ART. 80.- Tratándose de hidroaeródromos, se consideran las siguientes expresiones como equiparables o equivalentes a las definidas para aeropuertos terrestres:

- a).- Area de amarre (plataforma);
- b).- Canal principal. (Faja de aterrizaje);
- c).- Canal de deslice. (Pista de rodaje).

ART. 81.- Por lo que se refiere a marcas e iluminación en los hidroaeródromos, se observarán las siguientes variantes, con respecto a las enumeradas en el capítulo correspondiente a aeropuertos;



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

- a).- Las luces de canal serán verdes;
- b).- Las luces de extremo de canal y de alineación serán amarillas.
- c).- Las marcas de pista quedarán substituidas por boyas o por los soportes de las luces, los cuales serán pintados con franjas oblicuas de colores negro y amarillo.

CAPITULO VII

Disposiciones transitorias

ART. 1.- Los concesionarios de servicio público de transporte aéreo regular, que hasta la fecha hayan venido operando aeropuertos como parte de las vías generales de comunicación y que hayan presentado petición sobre los mismos, dentro del plazo fijado por el artículo 4 transitorio del decreto publicado en el "Diario Oficial" del 23 de enero de 1950, reformado el libro cuarto de la ley de la materia, formularán solicitud de concesión para regularizar la explotación de cada aeropuerto, acompañándola de los siguientes documentos:

- a).- Copia del contrato-concesión para la explotación del servicio de transporte aéreo;
- b).- Copia autorizada de la escritura o título de propiedad, arrendamiento o posesión del terreno en que está ubicado el aeropuerto;
- c).- "Boletín" descriptivo del aeropuerto y de sus instalaciones en los formularios oficiales del Apéndice núm. 2 de este reglamento.
- d).- Informes sobre el monto de la inversión efectuada y estudio relativo a la amortización y operación.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

e).- Copia de tarifas vigentes de aterrizajes y servicios.

ART. 2.- Las solicitudes y los documentos antes mencionados deberán presentarse en un plazo de tres meses, a partir de la fecha de vigencia de este Reglamento, debiendo quedar terminados los trámites y otorgadas las concesiones dentro de los tres meses siguientes a la presentación de los mismos, sin necesidad de dictamen de la Comisión Técnica Consultiva de Vías Generales de Comunicación, ni de publicaciones de solicitud, por tratarse de actividades anteriormente autorizadas.

ART. 3.- En el mismo plazo especificado en el artículo anterior, los operadores de aeródromos privados deberán presentar la solicitud de permiso con los documentos respectivos.

ART. 4.- Se concederá un plazo improrrogable de seis meses a los concesionarios u operadores de aeródromos y aeropuertos en toda la República, así como a los propietarios de edificios, instalaciones y demás servicios dentro de las zonas de aproximación, virajes y protección de los aeropuertos, para que se ajusten a los requisitos y restricciones del presente reglamento.

ART. 5.- La falta de cumplimiento de cualquiera de las disposiciones anteriores, serán sancionadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de acuerdo con lo establecido por la Ley de la Materia.

ART. 6.- El presente Reglamento entrará en vigor 30 días después de su publicación en el "Diario Oficial".

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, a los 10 días del mes de octubre de 1951.- Miguel Alemán (rúbrica).- El Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas.- Agustín García López (rúbrica).- El Secretario de Marina, Encargado del Despacho.- Alberto J. Peawling (rúbrica).

CLASIFICACION DE AERODROMOS Y AEROPUERTOS TERRESTRES

CARACTERISTICAS

116

Cat.	Longitud de pista Mts.	Anchos mínimos Mts.			Máxima Pendiente Pista		Mínima carga de diseño de base más pavimento. Kgs.		Peso máximo de aviones Kgs.	Presión de aterrizaje. Kgs/cm ² .
		Faja	pista	Rodaje	Long.	Trans.	Recodo simple	Recodo Doble		
1	500 a 700	50	18	7	3%	2%	Nota No. 1		1,000	2
2	700 a 900	60	22	10	2.5%	2%	Nota No. 1		4,000	25
3	900 a 1300	60	25	12	2%	2%	Nota No. 1		15,000	5
4	1300 a 1400	10	30	14	1%	1.5%	12,000	16,000	35,000	5
5	1400 a 2100	150	34	18	1.5%	1.5%	15,000	30,000	45,000	7
6	más de 2100	150	30	20	1.5%	1.5%	24,000	30,000	70,000	7

NOTA NUM. 1.- En los aeródromos y aeropuertos clases 1, 2, 3, las pistas de aterrizaje y taxi no requieren pavimentación ni petrolización.

NOTA NUM. 2.- La pista de aterrizaje contará en cada extremo, con una cabecera de 60 m. de extensión.

NOTA NUM. 3.- Las características preinsertas se refieren a la pista principal en operación normal y la longitud teórica al nivel del mar.

NOTA NUM. 4.- Estos pesos son los brutos máximos de aeronaves que pueden operar regularmente en cada clase de aeropuerto.

AEROPUERTOS DE SERVICIO PUBLICO

REQUISITOS MINIMOS	C A T E G O R I A S					
	1	2	3	4	5	6
PORCENTAJE DE VIENTOS CUBIERTOS.	60	75	80	85	90	90
PENDIENTES DE LINEA DE APROXIMACION LIBRE DE OBSTACULOS AL EXTREMO DE LAS PISTAS.	1:20	1:25	1:30	1:30 A 1:40	1:40 A 1:50	1:50
CERCADO EN LINDEROS	SI	SI	SI	SI	SI	SI
INDICADOR DE LA DIRECCION DEL VIENTO.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
EQUIPO METEOROLOGICO ELEMENTAL (TERMOMETRO, BAROMETRO Y ANEMOMETRO).	NO	NO	SI	SI	SI	SI
MARCAS VISIBLES EN LAS PISTA, LINDEROS Y OBSTACULOS.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
FARO GIRATORIO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
PROYECTOR DE TECHO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
LUCES DE CABECERA DE PISTA.	NO	NO	NO	SI	SI	SI
LUCES DE CONTACTO DE PISTA	NO	NO	NO	SI	SI	SI
LUCES DE OBSTACULOS SI LOS HAY.	NO	NO	NO	SI	SI	SI
INDICADOR DE VIENTO ILUMINADO.	NO	NO	NO	SI	SI	SI
ANTORCHAS PARA ATERRIZAJE EN EMERGENCIA.	NO	NO	NO	SI	SI	SI
RADIOCOMUNICACION PARA CONTROL DEL TRANSITO AEREO.			SI	SI	SI	SI
CASETA DE GASOLINA, BOMBA DE POZO O CAMION TANQUE.				SI	SI	SI
SERVICIO MECANICO				EMERG.	EMERG.	COMPL.

AEROPUERTOS DE SERVICIO PÚBLICO.

REQUISITOS MÍNIMOS.	C A T E G O R Í A S.					
	1	2	3	4	5	6
CASETA DE PASAJEROS	SI	SI				
ESTACION DE PASAJEROS CON SERVICIOS SANITA- RIOS.			SI	SI	SI	SI
PLATAFORMA PAVIMENTA- DA.	NO	NO	SI	SI	SI	SI
SERVICIO DE RESTAURAN- TE O CAFETERIA	NO	NO	NO	SI	SI	SI
EXTINGUIDORES "CO2"	1	2	3	4	4	SI
CARRO DE BOMBEROS.	NO	NO	NO	SI	SI	SI
BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS.	SI	SI	SI	SI	2	2

00

CLASIFICACION DE HIDROAERODROMOS

Características.

CANAL PRINCIPAL

CANALES DE DESLICE

Categoría	Longitud básica	Profundidad (Nivel aguas bajas)	Anchura	Profundidad (Nivel aguas bajas)	Anchura
	Mts.	Mts.		Mts.	
—	—	—	—	—	—
H-1	2,000	2.4 a 3.0	150	1.8	90
H-2	3,000	3.7 a 4.4	180	2.7	105
H-3	4,500	4.5 ó más	225	3.6	120

BOLETIN DE AEROPUERTOS

NOMBRE	CATEGORIA	NUM. DE O
--------	-----------	-----------

FECHA DE ESTE INFORME

- 1.- NOMBRE DEL AERODROMO Inaugurado el
- Categoría..... Núm. de O.....
- 2.- Clase del Campo (militar, federal, municipal, ejidal, particular)
- 3.- Propiedad de..... Documentos de propiedad

4.- NOMBRE DE LA POBLACION..... Municipio..... Estado.....

5.- Situación geográfica de la población: Lat..... Long.....
 Elev. S/n/m..... mts..

6.- Dirección del Aeródromo respecto a la población

 Distancia al Aeródromo

7.- Número de habitantes de la población.....

 Número de habitantes en el Estado.....

8.- Situación geográfica del Aeródromo Centro Geométrico..... Lat.....
 Long..... Elev: s/n/m..... mts.

9.- Descripción de las pistas en servicio.....

10.	Dirección	Long. Ancho	Long. Pavim.	Ancho Pavim.	Carga Perm.	Pendiente de Aproximación
ω λ	---	---	---	---	---	---

11. Puntos principales para localizar el campo

.....

.....

.....

.....

12. OBSTACULOS. Peligros principales en la localidad.....

.....

13. Marcados o iluminados:

14. Peligros u. obstáculos dentro del límite del campo

.....

.....

.....

15. DESCRIPCION: Areamts²., Forma Drenaje.....

16. Longitud de cada uno de los lados del campo Cercado de

17. Altura del cercado

18. Número de pistas en servicio; en construcción.....; en proyecto

19. Clase de piso de las pistas no pavimentada atascoso.....

20. Capacidad de resistencia de las pistas Kgs. por cm².....

- 21. Distancia entre los ejes longitudinales de las pistas paralelas
- 22. Distancia entre los ejes de las pistas y los edificios del aeropuerto
- 23. Pendiente de las pistas: Longitudinal Transversal.....

- 24. MARCAS E IDENTIFICACION: Cono de viento
- 25. Sobre el campo
- 26. Sobre las pistas.....
- 27. Sobre hangares
- 28. Sobre obstáculos (de día).....
- 29. En los linderos
- 30. Otras marcas

- 31. ILUMINACION: Aeropuerto para aterrizajes nocturnos de itinerario.....
de emergencia
- 32. Faro giratorio
- 33. Luces de perímetro.....
- 34. Luces de aproximación.....
- 35. Luces de obstáculos
- 36. Indicador de viento o tetraedro iluminado
- 37. Luces de inundación.....
- 38. Iluminación de las pistas de aterrizaje o luces de pista
- 39. Luces de pista de taxeo
- 40. Iluminación de edificios, hangares y plataformas
- 41. Proyector de cielo semáforo luminoso.....
- 42. Otros alumbrados.....

- 43. METEOROLOGIA. Estación meteorológica en el aeródromo
- Tipo Abreviatura de la Estación.....
- 44. Estación meteorológica más próxima
- Clase de comunicación: Radio..... Telégrafo..... Teléfono.....

45. Equipo meteorológico instalado incluyendo cono de viento.....
46. Información del tiempo producida: Informe de aerovía.....
 Informes sinópticos Informes de vientos superiores.....
 Otros informes Altura sobre el nivel del mar.....
 mts. Horario TNG
47. Clima
48. Vientos predominantes: en verano..... En Invierno
 Anuales..... Vientos fuertes de más de 40 KM. P.H.....
 Huracanados
49. Promedios de niebla por año días Visibilidad inferior a 3 Km.....
 frecuencia
50. Precipitación anual Promedio..... días por año

51. TELECOMUNICACIONES Y RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION.

Radio Telégrafo..... Teléfono.....

52. RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION: situación geográfica Lat.....
 Long.....

Tipo de facilidad y potencia	Frecuencias Identificación	Rumbo y distancia hacia el aeropuerto Km/s	Altura S.N.M. mts	Frecuencia para solicitar serv	Horario TNG
------------------------------	----------------------------	--	-------------------	--------------------------------	-------------

53. RADIOCOMUNICACIONES AERONAUTICAS: Indicativo de llamada

Rutas	Frecuencia		Potencia		Horario TMC	Observaciones
	Transm. Diurna Noct.	Recepción Diurna Noct.	Emisión	en Watts		

54. CONTROL DE TRANSITO AEREO:

Torre de control Frecuencia		Control de aproximación Frecuencia		Control de vehículos Frecuencia	
Transm.	Recepción	Transm.	Recepción	Transm.	Recepción

55. USO: Puerto de entrada Utilizado como por

56. Frecuencia de itinerarios

57. Tipos de aeronaves Otros más grandes

57

58. SERVICIOS EN EL AERODROMO: Personal para el servicio

59. Guardias Servicio médico Primer auxilio

60. Talleres 60. Repuestos

61. Hangares 62. Cuotas de aterrizaje

63. Cuotas de pensión 64. Cuotas de almacenaje mercancías

65. Gasolina y aceite: exclusivo de Pudio contrato con
público

66. Gasolina: número de tanques capacidad de cada uno
Capacidad total

67. Gasolina lts. de octanos; lts. de
octanos; litros comerciales

68. Capacidad bodega en tambores litros de octanos

69. Aceite: lts. de; Lts. de; Lts. de
lts. comerciales.....

70. Acondicionamiento de aire para aeronaves

71. Aparatos contra incendio; otro servicios

72. FACILIDADES PARA EL PASAJE: Sala de pasajeros Prop. de
para ser

73. Aduana Of. Migración

74. Comunicaciones: Teléfono (en el aeródromo) (en la población)
larga distancia.....

75. Correo Telégrafo Radio

76. Transportes a la población: Automóvil camión travía.....

77. Alojamiento Alimentos

78. Agua Potable..... Agua.....

79. Datos de interés para el turismo

80. ENERGIA ELECTRICA: Fuente..... Voltaje..... Capacidad.....

81. Número de fases Frecuencia..... Emergencia.....

82. AERODROMO DE EMERGENCIA: Nombre Distancia..... Dirección.....

83. Longitud de pista..... Ancho.....

84. Condiciones especiales: Dar restricciones de aproximación, aterrizaje, etc.....

85. Observaciones.....

W



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO.

La Memoria Técnica deberá contener descripciones, cálculos y planos justificativos que incluyan los siguientes aspectos, en relación con la categoría del aeropuerto, conforme a la "Clasificación" y los "Requisitos Mínimos" contenido en los Apéndices números 1-A y 1-B de este Reglamento.

1.- Localización datos básicos:

- a).- Plano acotado de conjunto de la región, mostrando posición geográfica, montañas, obstáculos, vías de comunicación, población, etc., y que abarque, por lo menos, la zona de protección (18.52 km.)
- b).- Cuadros meteorológicos del lugar, con datos por varios años y en detalles, sobre vientos (direcciones e intensidades), precipitación pluvial, temperaturas, humedad, nebulosidad visibilidad, etc.;
- c).- Rosa de vientos;
- d).- Plano topográfico con curvas referidas al nivel del mar y límites del terreno del aeropuerto.
- e).- Muestras y análisis de laboratorio del suelo, del subsuelo y de los materiales para revestimiento y pavimentación.

2.- Pistas:

- a).- Plano de trazo de pistas de aterrizaje, calles de rodaje, plataformas, edificios, obstáculos, etc., sujetándose a los requisitos de los Apéndices números 1-A, 1-B y 4-B;
- b).- Perfiles longitudinales de las pistas, así como del terreno y de los obstáculos en las zonas de aproximación, y secciones transversales de las pistas incluyendo los acotamientos.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTE

tqs y desagües;

- c).-Cálculo de la longitud de la pista principal para salvar un obstáculo de quince metros de altura en las cabeceras, tanto en el despegue como en el aterrizaje, en condiciones de "calma" en el viento;
- d).-Cálculo de correcciones a la longitud de la pista principal por la altitud densimétrica;
- e).-Las pistas auxiliares tendrán una longitud no inferior al 70% de la principal;
- f).-Calles de rodaje y plataformas.

3.-Pavimentos:

- a).-Especificaciones detalladas de materiales, procedimientos de construcción para los pavimentos de las pistas y plataformas;
- b).-Cálculo de espesores y resistencias de subbase y carpeta de pavimentos flexibles, bituminosos o rígidos, en relación con la presión de la llanta y la carga por rueda, según la categoría del aeropuerto (Apéndice número 1-A);
- c).-El pavimento de las pistas de rodaje, las plataformas y las ampliaciones en los extremos de las pistas de aterrizaje, deben tener una resistencia del 125% del resto.

4.-Desagüe:

- a).-Proyecto de desagüe pluvial (y drenaje subterráneo cuando lo requiere el terreno), con justificación de secciones, estructuras, etc.

5.-Iluminación:

- a).-Cuando el aeropuerto se destine también a uso nocturno, deberán presentarse los pla-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

nos de proyecto de las instalaciones de iluminación, de acuerdo con la sección respectiva de este reglamento.

6.- Edificios:

- a).- Planos de localización y planos detallados con plantas, elevaciones y cortes de cada uno de los edificios, tales como estación de pasajeros, bodegas, hangares, talleres, etc., con sus respectivas especificaciones de construcción;
- b).- Igual información con respecto a instalaciones para servicios conexos en el aeropuerto, tales como radio, almacenamiento de combustibles, etc.

7.- Instalaciones auxiliares;

- a).- Para estaciones radioayudas de la navegación aérea deberá presentarse, además de la documentación que señala el Reglamento de Telecomunicaciones Aeronáuticas y Radioayudas para la Navegación Aérea, una memoria técnica con planos de localización, linderos, edificios, instalaciones, etc., así como las características de la estación propuesta.

40

DISTANCIAS MINIMAS, EN METROS.
ENTRE PISTAS Y EDIFICIOS EN AEROPUERTOS.

III

Categoría.	Entre ejes de pistas de aterrizaje y pistas de rodaje u orilla de plataforma.	Entre ejes de pistas de aterrizaje paralelas.	Entre ejes de pista de aterrizaje por contacto y pista de aterrizaje por medio de instrumentos.	Entre ejes de pista de rodaje y orilla de plataforma.	De ejes de pista de rodaje a edificios y obstáculos.	De ejes de pistas de aterrizaje al alineamiento de edificios y obstáculos.
1	25	45	.....	16	15	45
2	40	90	.....	30	22	65
3	60	120	.....	35	30	90
4	70(X)	150	350	50	40	120(X)
5	80(X)	150	350	60	60	150(X)
6	90(X)	150	350	60	60	150(X)

(X) Doble en las pistas para aterrizaje por instrumentos.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
DIRECCION GRAL. DE AEROPUERTOS

S.C.T.- MEXICO D.F.

**NORMAS PARA CONSTRUCCION DE AERODROMOS
RURALES**

ING. ANTONIO SOLORIO AGUIRRE
1986

S C T

**NORMAS PARA CONSTRUCCION
DE AERODROMOS RURALES**

CATEGORIAS "F" y "G"

DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL

SUBDIRECCION GENERAL TECNICA

DEPARTAMENTO DE AERODROMOS Y AEROPUERTOS CIVILES



SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

NORMAS PARA CONSTRUCCION DE AERODROMOS RURALES.
CATEGORIA "F" Y "G".

		<u>H o j a .</u>
	INTRODUCCION.	4
	INSTRUCTIVO.	5
CAPITULO I -	PLANEACION DE AEROPUERTOS CATEGORIA "F" Y "G".	7
1.1-	DETERMINACION DEL SITIO DEL AEROPUERTO.	7
1.2-	PROYECTO DE AEROPUERTOS.	9
1.3-	FRANJA DE PISTA.	9
1.4-	LONGITUD Y ANCHO DE PISTA.	10
1.5-	CALLES DE RODAJE.	13
1.6-	PLATAFORMAS.	13
1.7-	AYUDAS VISUALES.	15
1.8-	CERCADO PERIMETRAL.	18
1.9-	ZONA DE EDIFICIOS Y HANGARES.	18
1.10-	ALMACENAMIENTO Y ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.	21
1.11-	EQUIPO DE SEGURIDAD.	25
1.12-	EQUIPO DE COMUNICACIONES Y METEOROLOGIA.	25
1.13-	SERVICIOS DE AEROPUERTO.	26
1.14-	PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO.	28
CAPITULO II-	AREAS DE SEGURIDAD Y RESTRICCIONES DE AEROPUERTOS CATEGORIA "F" Y "G".	28
11.1 -	SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA Y SUPERFICIE CONICA.	29
11.2 -	SUPERFICIE DE APROXIMACION Y DESPEGUE.	30
11.3 -	SUPERFICIE DE TRANSICION.	31
11.4 -	ZONA DE PARADA O ZONA LIBRE DE OBSTACULOS.	31
11.5 -	DISTANCIA A CAMINOS Y VIAS DE FERROCARRIL.	32
CAPITULO III -	CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS CATEGORIAS "F" Y "G".	33
111.1-	ESTUDIOS PREVIOS DEL TERRENO.	33



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

H o j a .

	III.2 -	DRENAJE.	34
	III.3 -	CONFORMACION.	37
	III.4 -	PAVIMENTACION.	39
	III.5 -	MANTENIMIENTO DE AREAS.	42
CAPITULO	IV -	ADMINISTRACION DE AEROPUERTOS - OFICIALES CATEGORIAS "F" y "G".	44
	IV.1 -	INTEGRACION DEL COMITE PRO-AERO PUERTO.	44
	IV.2 -	FUNCIONES DEL COMITE.	45
	IV.3 -	COMANDANTE HONORARIO DEL AERO - PUERTO.	46
	IV.4 -	FUNCIONES DEL COMANDANTE.	47.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

TRANSPORTES

INTRODUCCION.

En el presente Manual se entiende por Aeropuertos Rurales aquellos de Categorías "F" y "G" que por sus características quedan fuera de las especificaciones mínimas contenidas en el Anexo 14 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, del cual nuestro país es suscriptor. Salvo autorizaciones especiales que conceda la Dirección General de Aeronáutica Civil, solo podrán ser operados en condiciones visuales (VFR) por aeronaves con un peso máximo de 20,000 kg. para categoría "F" y 5700 kg. para categoría "G"

Para operación nocturna por instrumentos se requiere cumplir como mínimo con las especificaciones para un Aeropuerto Categoría "C".

En la elaboración de este Manual se tomó en cuenta la experiencia acumulada en nuestro País y singularmente la de aquellos sectores en los que los aviones monomotores y bimotores ligeros representan un medio fundamental de transporte. El objetivo principal del Manual de Construcción de Aeropuertos Rurales es proporcionar normas para la localización y proyecto de nuevos Aeropuertos, rehabilitación de los existentes, así como, una mayor difusión acerca de las técnicas de construcción y operación de dichos aeropuertos, tomando en cuenta el compromiso entre la seguridad y el costo de las obras.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

I N S T R U C T I V O .

TRANSPORTES

Con el fin de que la Dirección General de Aeronáutica Civil proporcione el asesoramiento técnico referente a la localización y construcción de un nuevo Aeropuerto o al proyecto de rehabilitación de los existentes, la parte interesada

deberá dirigir un escrito a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes solicitando dicho asesoramiento (ANEXO A).

De acuerdo con el Reglamento de Aeródromos y Aeropuertos de la Dirección General de Aeronáutica Civil en vigor, la parte interesada deberá solicitar el permiso correspondiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y deberá presentar solicitud exponiendo la necesidad de la vía de comunicación, anexando la siguiente documentación:

A) Copia del Acta de Nacimiento o Escritura Consuntiva de la Sociedad, según proceda.

B) Copia del documento que justifique la posesión del terreno en que se localice el aeropuerto: Contrato de arrendamiento o Escritura de propiedad o anuencia municipal

C) Anuencia comunal o anuencia ejidal. Tratándose de anuencia particular, se deberá anexar copia de la Escritura de propiedad.

D) Plano de localización del aeropuerto (de la zona rural) y plano de localización del aeropuerto (de la zona urbana).

E) Fotografías de ambas cabeceras de las pistas, de rehabilitación de los existentes, así como, una mayor difusión acerca de las técnicas de construcción y operación de dichos aeropuertos, tomando en cuenta el compromiso entre la seguridad y el costo de las obras.



ANEXO A.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

(LUGAR Y FECHA)

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y
TRANSPORTES.

DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL.

AV. UNIVERSIDAD Y XOLA.

MEXICO 12, D.F.

Mexicano por nacimiento, con -
domicilio en _____

(DOMICILIO)

Ante usted atentamente digo:

Que teniendo el propósito de construir un aeropuerto Catego -
ría "F" o "G"

Servicio (público o privado) en

(NOMBRE DEL LUGAR)

Vengo a solicitar que esa Secretaría conceda la autorización -
correspondiente y se sirva proporcionar el asesoramiento téc -
nico a que se refieren las NORMAS DE CONSTRUCCION DE AERODRO -
MOS RURALES (CATEGORIA "F" Y "G")

En espera de su contestación favorable, protesto lo necesa -
rio.

(FIRMA)



CAPITULO I.- PLANEACION DE AEROPUERTOS CATEGORIA "E" y "G"

SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

La planeación del aeropuerto debe considerar primordialmente las características de la población que va a servir, y sus perspectivas de desarrollo.

Antes de adquirir el terreno para un Aeropuerto, se deberá hacer un estudio previo con técnicos capacitados para definir si es posible operar en el lugar.

La extensión del terreno requerido para el aeropuerto depende fundamentalmente de la longitud requerida para aterrizaje y despegue de la aeronave más crítica que utilizará el aeropuerto y de la orientación de los vientos dominantes.

La orientación de las pistas deberá ser tal que el coeficiente de utilización del aeropuerto no sea inferior a 95% con una componente transversal máxima de 10 nudos.

En principio, si se requiere una sola pista, al nivel del mar como mínimo deberá utilizarse un terreno de 215 m. de ancho, por 1000 m. de largo, pero si se prevee un crecimiento acelerado del Aeropuerto, deberá considerarse desde un principio la adquisición de un terreno con dimensiones de 2000 m. de longitud por 500 m. de ancho.

I.1.- DETERMINACION DEL SITIO DEL AEROPUERTO.

La determinación del sitio más adecuado para un aeropuerto, debe tomar en cuenta lo siguiente:

1.- El sitio debe ser accesible a los usuarios, sin requerir caminos de acceso costosos o tiempo excesivo de traslado por tierra.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

2.- La pista debe estar debidamente orientada con relación a obstáculos y vientos dominantes.

3.- Otros factores importantes son: El costo del terreno, la posibilidad de ampliaciones futuras de la pista, la posibilidad de construir pistas transversales cuando los vientos dominantes así lo requieran, el valor del soporte o resistencia del terreno, el drenaje natural del mismo y en algunos casos la proximidad de otros aeropuertos.

4.- Dentro de lo posible, las aproximaciones a las cabeceras de las pistas no deberán ocurrir sobre zonas urbanas, aún cuando las construcciones respectivas se ajusten a las normas de restricción de obstáculos. Cuando esto no sea posible, deberá evitarse que en las zonas de aproximación a las pistas existan escuelas, hospitales, iglesias y otros edificios públicos o privados, destinados a reuniones y otros actos.

5.- Se deberá prever que el terreno no se inunde en época de lluvias y que el sitio no esté sujeto a una incidencia excesiva de neblina o nubes bajas.

6.- No es preciso que el terreno sea totalmente nivelado y la existencia de árboles no siempre es una desventaja si estos no están ubicados en las aproximaciones a la pista.

Es difícil encontrar sitios perfectos, pero la localización de un aeropuerto siempre es un compromiso de los diferentes factores que intervienen. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de su Direc



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

ción General de Aeronáutica Civil, puede proporcionar el --
asesoramiento técnico que cada caso requiera.

1.2.- PROYECTO DE AEROPUERTOS.

Antes de adquirir los terrenos, deberá hacerse una --
inspección profesional del sitio, para determinar si en --
principio es operable.

Posteriormente será necesario hacer un proyecto deta-
llado sobre la longitud y ancho de la franja de aterri-
za- je, dimensiones generales de pista, calle de rodaje, pla-
taforma y de los servicios con que se va a contar para po-
der determinar la superficie necesaria, del terreno.

En la Figura 1.- se muestra el terreno mínimo con di-
mensiones e indicaciones de uso de las diferentes áreas.

En la Figura 2.- Se muestra con más detalle las dimen-
siones y normas para aplicar ampliaciones futuras.

En la Figura 3.- Se muestra un proyecto tipo mínimo -
de rehabilitación de aeropuertos categoría "G" para avio -
netas monomotoras con peso máximo de 5700 kg.

1.3.- FRANJA DE PISTA.

La pista y cualquier zona asociada de parada, esta --
rán comprendidas dentro de una franja. Con excepción de --
los objetos montados sobre soportes frangibles requeridos-
para fines de navegación aérea, todo objeto móvil o fijo -
situado en la franja deberá considerarse como un obstácu -
lo y eliminarse siempre que sea posible.



La franja debe extenderse a cada lado del eje de la pista o zona de parada, a todo lo largo de la franja, hasta una distancia de por lo menos 25 m. y 22.5 m. para aeropuertos categoría "F" y "G" respectivamente.

La pendiente longitudinal de la franja no deberá exceder de 3%. La pendiente transversal deberá ser adecuada para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no deberá exceder del 3% excepto que, para facilitar el drenaje, la pendiente de los primeros 3m. hacia afuera del borde de la pista, acotamiento o zona de parada deberá ser negativa, medida en el sentido de alejamiento de la pista, pudiendo llegar hasta el 5%.

1.4.- LONGITUD Y ANCHO DE PISTA.

El Reglamento de Aeródromos y Aeropuertos Civiles en vigor, estipula un ancho mínimo de pista de aterrizaje de 18 m. sin embargo la experiencia ha demostrado que para aeronaves pequeñas, si la pista está bien orientada en dirección a los vientos dominantes, será suficiente un ancho de 15 m. siempre y cuando haya un mínimo como de 7.5 m. de acotamiento, capaz de soportar el aterrizaje o despegue de las aeronaves. A ambos lados de este acotamiento debe haber 10 m. y 7.5 m. despejados y nivelados, para completar 50 m. y 45 m. de ancho de franja de pista para aeropuertos categoría "F" y "G", respectivamente.

La longitud de pista, no solamente es la necesaria para que el avión haga su recorrido en tierra



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

antes del despegue o después de tocar pista en el aterrizaje, la pista debe tener la suficiente longitud para que en el aterrizaje el avión no tenga que tocar precisamente en el umbral o muy cerca del mismo y debe tomarse en cuenta que en la práctica los frenos pueden estar menos efectivos de lo normal y como consecuencia la distancia recorrida antes de pararse es mayor.

Otros factores que afectan la longitud requerida para una pista son: Variaciones de la intensidad y dirección del viento; que la pista esté seca o mojada; velocidad de la aeronave en su aproximación final; pendiente longitudinal; elevación sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.

Para tomar en cuenta los factores anteriores y tener un margen de seguridad razonable, la pista se construye de manera que la aeronave crítica o que requiera más pista, haga una aproximación normal al aterrizar pasando a 15 m. sobre el umbral y después de tocar pista con aplicación normal de frenos, parar dentro de la pista quedando todavía entre el punto en que para el avión y el extremo de pista, un tramo equivalente al 40% de la longitud total de la misma.

En el despegue, la norma es que las aeronaves de un motor inicien su carrera en el umbral y al llegar a la velocidad del despegue, el piloto pueda cortar el motor y con aplicación normal de frenos, parar dentro de la pista. En el caso de que pueda conti-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

nuar el despegue, la pista deberá de tener suficiente longitud para que el avión pase a 15 m. de altura sobre el otro umbral.

Para aviones bimotores o multimotores, la norma es similar, pero se prevee que en caso de falla de un motor, se puede cumplir con lo arriba estipulado.

Los manuales de los aviones normalmente dan la longitud de pista de acuerdo con las normas anteriores, para pistas pavimentadas, secas y con pendientes longitudinales nulas.

Cuando se proporcionan curvas para despegue y también curvas para aterrizaje, la que da el valor más grande es la que determina la longitud requerida, si solamente se da una curva normalmente de despegue, ésta es la determinante para ese avión.

La longitud de pista obtenida de las curvas debe aumentarse un 20% por cada 1% de pendiente longitudinal efectiva.

La pendiente longitudinal efectiva se obtiene dividiendo la diferencia máxima de nivel que tiene una pista en su eje longitudinal, entre la longitud total de la pista. Se aclara que la diferencia máxima de nivel no es la obtenida en los umbrales o extremos de la pista, sino la distancia vertical se divide siempre entre la longitud total de la pista y no entre la distancia comprendida antes mencionada.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

1.5.- CALLES DE RODAJE.

La necesidad de calles de rodaje depende del tráfico en el aeropuerto. En aeropuertos donde operan escuelas de aviación es muy útil una calle de rodaje paralela a la pista, debido al gran número de aterrizajes y despegues.

En algunos aeropuertos no se requiere más que un rodaje que vaya desde la pista hasta la plataforma, pero siempre que sea posible, deberán construirse rodajes de viraje y espera en ambos extremos de la pista. En la Figura 4 se muestra este tipo de rodajes, los cuales pueden posteriormente formar parte de un rodaje paralelo. Debido a ésto y a que se alejan más de la pista al avión en espera, son preferibles a las gotas o ensanchamientos de cabezas de pista. En aeropuertos donde no hay control de tránsito, son necesarios estos rodajes.

El ancho mínimo de la calle de rodaje será de 6 m. y su longitud y número se regirá por el proyecto del Aeropuerto.

Cuando exista un solo rodaje se colocará cercano a la cabecera que se utilice con mayor frecuencia, ya que ayuda a realizar recorridos menores para conectar a plataforma, tanto en aterrizaje como en el despegue.

1.5.- PLATAFORMAS.

Para la carga y descarga de equipaje y mercancías así como para el ascenso y descenso de pasajeros y para el estacionamiento de aeronaves, se requiere una plataforma de preferencia pavimentada o en todo caso nivelada y consolidada.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

El tamaño de la plataforma dependerá del tipo y número de aviones que se necesite acomodar en un tiempo determinado, así como de la comodidad o servicios que se lleven a cabo en el Aeropuerto. La zona de hangares deberá estar adyacente a esta plataforma, así como la zona de talleres y los servicios de abastecimiento de combustible. Es muy común que se construyan las plataformas como un ensanchamiento de las pistas de aterrizaje, lo cual permite que los aviones se estacionen cerca de la pista, esto no es de autorizarse. Para aeropuertos destinados a operación visual únicamente, se ha señalado que la distancia mínima entre el eje longitudinal de la pista de aterrizaje y la orilla de la plataforma es de 40 m.

La distancia mínima que debe existir entre el eje de la pista y el eje de cualquier calle de rodaje paralela a la misma es de 30 m.

De acuerdo con el tamaño de las aeronaves que utilizan la plataforma, se proveerá una distancia mínima de dos metros entre puntas de ala de aviones estacionados, aumentando esta distancia mínima a 3 m. cuando los aviones estén en movimiento. También se proveerá una distancia mínima de 2 m. entre la orilla de plataforma y la rueda más cercana de un avión estacionado, aumentando esta distancia a 3 m. con el avión en movimiento. Con modelos a escala recortados de cartón o papel grueso podrá



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTE

definirse el tamaño requerido de la plataforma tomando en cuenta el radio de giro de los aviones, dato que se puede obtener del fabricante o del Manual del Avión.

Como mínimo deberá considerarse dos posiciones de la aeronave crítica que utiliza la plataforma, ya que se prevee con esto, que una aeronave esté por salir y la otra esté llegando.

Cuando se tengan operaciones aeronáuticas agrícolas y civiles, deberá construirse una plataforma adicional para la aviación agrícola. Esta deberá estar de preferencia separada de la de aviación civil, para evitar las molestias de los productos utilizados para la fumigación.

1.7.- AYUDAS VISUALES.

Con objeto de facilitar las operaciones de aproximación y aterrizajes de las aeronaves al aeropuerto, es conveniente que éste cuente con todas las ayudas visuales posibles:

Las ayudas obligatorias con las de longitud y ancho utilizable de la pista a base de balizas planas o de boyas marcadoras como se indica en las figuras 5 y 6; señales designadoras de pistas, así como cono de viento.

En la Figura 7.- El cono de viento deberá tener forma de cono truncado y estar hecho de tela, su longitud de por lo menos 3.6 m. y su diámetro en su base mayor por lo menos 90 cm. deberá estar construído de modo que indique claramente la dirección del viento y deberá dar una idea de su velocidad. El color deberá ser distinguible claramente



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

desde una altura de 300 m. teniendo en cuenta el fondo sobre el cual se destaque, preferiblemente blanco o anaranjado. El emplazamiento del cono de viento deberá señalarse -- por medio de una banda circular de 15 m. de diámetro y 1.2m de ancho. Esta banda deberá estar centrada en el soporte del cono de viento.

En la Figura 8.- se muestra un ejemplo de soporte para el cono de viento.

Las señales designadoras de pista son unos números de dos cifras, que se pintan en los extremos de la pista -- de aterrizaje, para indicarle al piloto la orientación que guarda la misma, respecto al norte magnético.

En la Figura 9.- se muestra la forma y proporciones de estas señales.

Cuando se tienen dos o más pistas igualmente orientadas, se diferencian entre sí con las letras I, C y D, que indican izquierda, central y derecha, respectivamente.

Estas señales irán pintadas en la cabecera de la -- pista en color blanco cuando tenga recubrimiento asfáltico; en superficies de pista de color claro las señales se formarán con piedra lisa colocados al nivel de la pista y pintadas de blanco con lechada de cal.

El número asignado a cada cabecera es el número -- entero más próximo a la décima parte del azimut magnético del eje de la pista, medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir del norte magnético.

En la Figura 7.- Se ofrece un ejemplo de como determinar la señal designadora de una pista orientada a los 159° y 339° de azimut magnético.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

De acuerdo con la regla anterior, al aproximar los 159° y 339° al número entero, resultan de 160° y 340° divididos después entre 10 se obtiene finalmente 16 y 34.

Como señalamiento adicional se podrá colocar los marcadores de franja de pista, sólo cuando los materiales con que está construida, no permiten diferenciarla del terreno circundante. Los marcadores de franja de pista se colocan separados 100 m. como máximo uno de otro y a 25 m. del eje de la pista, para aeropuerto categoría "F", y a 22.5 m. para aeropuertos Categorías "G".

En cada extremo de la pista se colocarán dos o más para formar una escuadra. Los marcadores se harán de madera, montados sobre dos apoyos, de tal forma que si una aeronave se despista y pega contra uno de ellos, se rompa fácilmente y no cause daños a las aeronaves.

Además, irán pintados a franjas con dos colores contrastados preferentemente, anaranjado y blanco.

Las señales de eje de pista se colocarán longitudinalmente y al centro de la misma; su longitud será de 30 m. por 0.3 m. de ancho, con las separaciones de 20 m.

1.8.- CERCADO PERIMETRAL.

Obligatoriamente deberá cercarse los linderos para cualquier categoría de aeropuerto. La cerca se formará preferentemente con postes de concreto cuya resistencia sea de 104 kg/cm^2 . y de 17 cm. de sección transversal por 250 cm. de longitud total, de los cuales 80 cm. quedarán empotrados en el terreno.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

- 18 -

El armado de los postes consistirá en tres varillas --
lisas longitudinales de 6.3 mm. de diámetro y anillos --
de la misma varilla colocados a 40 cm. centro a centro.

La separación entre poste y poste será --
de 4 m. y entre ellos se tendrán seis líneas de alambre
de púas de dos hilos del número 12 con galvanizado espe-
cial, sujetos a los postes mediante alambre del número-
10, también con galvanizado especial para prevenir la --
corrosión.

1.9.- ZONA DE EDIFICIOS Y HANGARES.

Al planear la ubicación de los edificios--
deben preverse futuras ampliaciones de los mismos, --
dejando espacios libres y también deberán preverse --
las futuras ampliaciones de la pista.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y Para ello se ha desarrollado un plan de edificio a realizar en tres etapas, de acuerdo con el siguiente programa:

- 1ra. ETAPA. (FIGURA 10)
- A VESTIBULO.
 - B OFICINA PARA EL COMANDANTE DEL AEROPUERTO CON VISTA A PLATAFORMA INCLUYENDO ESPACIO PARA EQUIPO DE RADIO Y METEOROLOGIA.
 - C SERVICIOS SANITARIOS.

- 2da. ETAPA. (FIGURA 11)
- D AMPLIACION DE LAS AREAS ANTERIORES.
 - E MOSTRADOR DE BOLETOS.
 - F AREA DE EQUIPAJE, EXPRESS Y CARGA.
 - G SALA DE DESPACHO Y CONTROL DE VUELOS.

- 3ra. ETAPA. (FIGURA 12)
- H AMPLIACION DE LAS AREAS ANTERIORES.
 - I SERVICIOS DE CORREO, TELEGRAFO TELEFONO, ETC.
 - J CAFETERIA.
 - K TORRE DE CONTROL.

"La ampliación de las áreas anteriores", -- mencionadas al principio de la 2da. y 3ra. etapas, deben incluir:

- ALMACEN ANEXO.
- AREA PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- PLATAFORMA.
- ARREGLO DEL ESPACIO CIRCUNDANTE DEL EDIFICIO Y ESTACIONAMIENTO.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

- Y

TRANSPORTES

En virtud de los diversos climas que existen en la República Mexicana, no se puede pensar que un solo tipo de edificios sirva para todos los casos, aún cuando las necesidades fueran las mismas; por lo tanto, los materiales de construcción serán de acuerdo con el lugar en que se ubique para satisfacer las condiciones climáticas.

HANGARES.

El hangar para avionetas en forma "T" es generalmente el más económico y eficiente. En este tipo de hangar el avión se estaciona de cola y las esquinas de la estructura proporcionan espacios convenientes para una pequeña oficina, equipo de primeros auxilios, servicios sanitarios, extinguidores y almacenamiento en general. El tamaño del hangar debe ser tal, que entre el punto más trasero del empenaje y el muro de atrás del hangar quede una distancia de 0.50m. quedando la misma distancia entre el punto más delantero del avión y la puerta del hangar.

Esta misma distancia de 0.50m. deberá conservarse entre puntas de ala y muros laterales o entre cualquier punto del avión a cualquier muro del hangar.

En ocasiones se construyen hangares grandes, rectangulares, sin subdivisiones internas. Este tipo de hangar es útil cuando se requiere almacenamiento de diferentes tamaños o tipos de aviones.

La desventaja de este sistema es que se



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

requiere mucho cuidado en el movimiento de los aviones para evitar que se dañen.

1.10.- ALMACENAMIENTO Y ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.

" En los Aeropuertos que por el número de operaciones aeronáuticas que se desarrollan en el mismo y en especial a los que sirvan de base a Aviones Fumigadores, en los que haya necesidad de contar con el almacenamiento y abastecimiento de combustible, estas instalaciones deberán apegarse a las normas que la Dirección General de Aeronáutica Civil ha establecido sobre el almacenamiento, control de calidad, sistema de seguridad y manejo de combustible"

1.11.- EQUIPO DE SEGURIDAD.

Se recomienda instalar en la caseta de servicios un pararrayos y contar con dos extintores de polvo químico seco tipo ABC, con una capacidad de 6.8 kg. colocados en la siguiente forma:



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

a).- Uno de ellos a una distancia no mayor de 3 m. de la puerta de la caseta.

b).- El otro a una distancia no menor de 3 m. pero no mayor de 8 m. de la puerta de almacén.

Se deberá contar además con un botiquín de primeros auxilios.

1.12.- EQUIPO DE COMUNICACIONES Y METEOROLOGIA.

El equipo de radio-comunicación tierra-aire más usado en la actualidad, es el llamado VHF, mismo que se puede conseguir en el mercado en una gran variedad de tamaños y diseños.

El equipo seleccionado deberá tener un alcance horizontal mínimo de 46 km. y un alcance vertical de 1,200 m.

Deberá tenerse una pistola de señales como equipo de emergencia en caso de que el VHF de tierra o el instalado a bordo de la aeronave, se encuentren fuera de servicio.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

El equipo meteorológico mínimo constará de:

- Una veleta con indicador de carátula.
- Un anemómetro con indicador de carátula.
- Un psicrómetro (conjunto de termómetros)
- Un abrigo meteorológico con ventilador.
- Un altímetro con vibrador.

1.13.- SERVICIOS DE AEROPUERTO.

Estos servicios consisten en instalaciones complementarias que ayudarán a dar mayor comodidad a los usuarios y deberán preverse según el crecimiento del aeropuerto y las facilidades que tenga la población para otorgar estos servicios, los cuales consisten en agua potable, alcantarillado y energía eléctrica.

AGUA POTABLE.

Desde un principio deberá pensarse en la forma más adecuada de dotar al aeropuerto de agua potable. Las posibilidades más económicas consisten en continuar la tubería desde la localidad habitada más cercana o llevándola en carros tanque y almacenándola, en ambos casos, en una cisterna, para de ahí subirla por medio de una bomba eléctrica o manual a un tanque elevado. La posibilidad de perforar un pozo deberá dejarse como última alternativa debido al costo tan elevado que requiere.

INSTALACION SANITARIA.

La instalación sanitaria se podrá hacer a base de tubería de albañal, una fosa séptica, un campo de oxidación y un pozo de absorción. La fosa séptica se localizará lo más alejada que se pueda del edificio y nunca a menos de 20 m.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

Los albañales son ductos cerrados colocados bajo tierra con la pendiente necesaria para dar salida a las aguas negras y llevarlos hasta la fosa séptica.

Actualmente se pueden conseguir fosas sépticas prefabricadas en una gran variedad de capacidades que, desde luego, deberán escogerse de acuerdo con la cantidad de personas que se espera usen los servicios sanitarios.

En la Figura 14, se muestra una instalación de este tipo con las partes principales que la componen. El detalle de la fosa séptica se incluye tan solo para dar una idea de los materiales que se deben utilizar en su construcción cuando ésta no pudiera conseguirse prefabricada.

ENERGIA ELECTRICA.

Es conveniente que se proporcione este servicio al aeropuerto para dotarlo de las facilidades talleres y comodidades necesarias. Deberá estudiarse la posibilidad de continuar las líneas de energía eléctrica de la línea más cercana al aeropuerto, si ésto resultara antieconómico deberá optarse por instalar una plantamotogeneradora de 10 a 15 Kw. para los servicios indispensables.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

1.14.- PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO:

Hemos dejado hasta el último, la elaboración -- del Plan Maestro del aeropuerto, después de haber descrito -- cada una de las partes que lo integran.

El Plan Maestro del aeropuerto servirá para -- normar el crecimiento por etapas del mismo, basado en las -- condiciones de desarrollo que se preveen tenga la localidad -- a la que se va a servir, éste debe incluir en una etapa ini -- cial el incremento de sus factores de desarrollo a corto pla -- zo y en las siguientes sus factores de desarrollo a largo -- plazo, ya que estos nos determinarán el número de etapas que haya que señalar en el Plan Maestro.

Necesariamente al preverse un crecimiento del -- Aeropuerto, los requerimientos de terreno serán mayores y pa -- ra evitarse especulaciones de los mismos, debe considerarse -- que mientras no se utilicen, se destinen a cultivos que no -- desarrollen gran tamaño.

Al analizar el Plan Maestro, debe tomarse en -- cuenta, que conforme se vaya desarrollando el aeropuerto, la población tenderá a crecer hacia ésta zona, por lo que se de -- be proveer en el Plano Regulador de la Población a que va a -- servir, que no interfiera sus zonas de protección y en espe -- cial las de aproximaciones y despegues, en las cuales se de -- be cumplir con las restricciones que se señalan en el Capí -- tulo correspondiente.

En todo momento para la elaboración del Plan -- Maestro se podrá contar con el asesoramiento del personal -- especializado de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

CAPITULO II.- ÁREAS DE SEGURIDAD Y RESTRICCIONES DE AERO --



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

Las áreas de seguridad y restricciones -- del aeropuerto, son las condiciones necesarias para ob -- tener una operación eficiente del mismo; se deben apli -- car también en función de las ampliaciones futuras para -- que las construcciones alrededor de éste, no vayan a po -- ner en peligro o restringir las operaciones aeronáuticas lo cual debe de tomarse muy en cuenta para la elabora -- ción del plan maestro del aeropuerto.

II.1.- SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA Y SUPERFI -- CIE CONICA.

Cualquiera que sea la orientación de la -- pista o pistas, no deberá sobresalir ningún obstáculo so -- bre una superficie horizontal imaginaria ubicada a 45 m. -- sobre el punto más alto de la pista y con un radio de -- 2,000 m. con centro en la mitad de la pista principal, -- cuando esta tenga una longitud igual o menor de 750 m. -- cuando la longitud de la pista principal sea desde 750 -- m. hasta 900 m. el radio de la superficie horizontal in -- terna antes mencionada será de 2,500 m. y para longitudes -- mayores de pista el radio será de 4,000 m; más allá de -- la superficie horizontal interna, deberá considerarse -- otra superficie imaginaria cónica, con una pendiente de -- 5% hasta llegar a una altura de 100 m. sobre el nivel -- de la superficie horizontal interna, ésta es la superfi -- cie cónica.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

Definitivamente ningún obstáculo deberá sobresalir sobre la superficie horizontal interna y la superficie cónica.

En la Figura 15, se muestra en planta y corte un croquis de las superficies anteriores.

11.2.- SUPERFICIE DE APROXIMACION Y DESPEGUE.

Ningún obstáculo deberá sobresalir de una superficie que principia en ambos extremos de la franja de pista o por lo menos 30 m. del borde de pista y asciende hacia afuera hasta alcanzar una altura de 45 m. sobre el nivel más alto de la pista de aterrizaje. Esta superficie es simétrica con la prolongación imaginaria del eje de la pista.

Tiene un ancho mínimo de 50 m. en cada extremo de la franja de pista y este ancho crece uniformemente con divergencia lateral de 10%.

La pendiente ascendente de esta superficie de aproximación y despegue es de 5% para pistas con una longitud de hasta 750 m; para pistas con una longitud de 750 a 900 m, la pendiente es de 4%; con longitud de 900 a 1500 m. la pendiente será de 3.3% y cuando la longitud de la pista sea mayor de 1500 m. la pendiente ascendente es de 2.5%.

Por lo anterior, en las pistas más pequeñas la superficie de aproximación alcanza los 45 m. de altura a 900 m. del extremo de la franja de pista, y en ese punto la superficie tiene un ancho perpendicular al eje prolongado de la pista, de 230 m. formando así un trapecio - - -



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

de base menor de 50 m. en el extremo de la franja de seguridad y base mayor de 230 m. a 900 m. de dicha franja.

Cuando la pista tiene más de 1500 m. de longitud, se llega a los 45 m. de altura a 1,800 m. del extremo de la franja de seguridad y la base mayor del trapecio tiene en este caso 410 m.

11.-3.- SUPERFICIE DE TRANSICION.

Se considera otra superficie para limitar o restringir obstáculos, denominada superficie de transición en aeropuertos categorías F y G, se designa como superficie vertical, la cual como su nombre lo indica sube verticalmente en ambos perímetros laterales de la franja de pista y de las superficies de aproximación y salida, hasta alcanzar una altura de 45 m. arriba del punto más alto de la pista.

En la Figura 16, se muestran vistas en planta de la superficie de aproximación y salida para pistas con una longitud igual o menor de 750 m. la Figura 17 muestra una perspectiva de la superficie horizontal, superficie cónica, superficie vertical y superficie de aproximación.

11.4.- ZONA DE PARADA O ZONA LIBRE DE OBSTÁCULOS.

A ambos extremos de las cabeceras de la pista de aterrizaje, el terreno deberá estar libre de obstáculos dentro de una zona con una longitud mínima de 30 m. y un ancho proporcionado por el ancho de la franja de pista (ver Figura 1, 2 y 3).



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

En estas zonas libres de obstáculos no - -
deberá existir ninguna cerca, obstáculo o irregularidad del terreno que pudiera causar daños a una aeronave que se saliera de la pista y entrara en ésta zona, o bien que aterrizando demasiado corto tocara tierra en la misma.

11.5.- DISTANCIA A CAMINOS Y VIAS DE FERROCARRIL.

Estas zonas delimitan el borde interior del trapecio de aproximación o salida de la pista. Los caminos que pasen debajo de la superficie de aproximación y salida deberán quedar a una distancia mínima de 100 m. del extremo de la pista cuando ésta tiene una longitud de 750 m. o menos, aumentando esta distancia mínima a 200 m. para pistas de mayor longitud a los 1500 m., las distancias mínimas anteriores se aplican cuando la rasante del camino está al mismo o menor nivel que el extremo de la pista; cuando el camino tiene nivel superior, las distancias mínimas se deberán aumentar 20 veces el desnivel para pistas iguales o menores de 750 m. y 40 veces el desnivel para pistas mayores a los 1500 m. (ver Figura 18).

La distancia más corta para un camino paralelo a la pista es de 75 m.

Las torres de alta tensión con altura sobre el nivel del terreno de 30 m. y al mismo nivel que la pista deberán estar cuando menos a 200 m. en la prolongación del extremo de una pista con longitud de 1500 m. o más, excepto cuando la pista tenga una categoría superior y sea operada por instrumentos.



CAPITULO III.- CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS CATEGORIAS "F" Y "G".

Las normas que se señalan en este Capítulo sirven tanto para la construcción de un nuevo aeropuerto, como para la rehabilitación de uno existente; se han propuesto en base a la experiencia de las diferentes condiciones que se han encontrado en aeropuertos que se han inspeccionado.

III. 1.- ESTUDIOS PREVIOS DEL TERRENO.

Con objeto de determinar el tipo de pista que ha de construirse, es necesario hacer investigaciones geológicas del terreno para conocer la naturaleza del suelo, su perfil, densidad y tomar muy en cuenta las condiciones de humedad.

Se harán y registrarán exactamente, en el plano del lugar, sondeos distribuidos por el terreno y espaciados entre 60 y 120 m. a lo largo del eje de las pistas propuestas, de modo que se vean las diferentes capas en un perfil de elevación que permita clasificar los suelos y registrar las características de drenaje.

El terreno se debe analizar y probar para determinar sus propiedades granular y de cohesión. La capacidad de resistencia de una masa de terreno es una de sus propiedades más importantes por que determina su facultad de soportar y resistir la aplicación de cargas en todas las condiciones climáticas.

Por lo tanto se deben hacer ensayos de laboratorio con muestra del terreno, para determinar su resistencia, estabilidad, cambios de volumen debidos a variaciones de humedad, características de consistencia y las mezclas que



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

se requieren para obtener una base de terreno estable.

III.2.- DRENAJE.

Tiene por objeto el desalojamiento de las --
aguas en las zonas utilizables por las aeronaves, evitan-
do las inundaciones del campo que pueden inutilizarlo en-
las épocas de lluvias.

Por lo anterior, las pendientes transver - -
sales de las pistas y sus franjas, deben ser tales que no
pueda acumularse el agua en la superficie, pero la pendien-
te transversal de la pista en ningún caso debe ser mayor-
de 1.5% y en la franja de pista, no mayor de 3.0%.

El agua a eliminarse de un aeropuerto puede-
provenir:

a).- De las lluvias sobre las superficies --
del mismo.

b).- Del agua que asciende del subsuelo por-
efectos capilares o por aumento de nivel de la capa freá-
tica.

c).- De las corrientes de agua que pueden --
irrupir en el aeródromo originadas por lluvias en las zo-
nas que rodean el mismo.

Por lo tanto, la red de drenaje puede divi -
dirse en:

a).- Drenaje superficial.

b).- Drenaje subterráneo.

c).- Drenaje de circunvalación.

La necesidad de la construcción de las dife-
rentes redes del drenaje depende exclusivamente de las ca-
racterísticas del suelo y de la topografía de los alrededores



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

res. El drenaje de circunvalación se construirá si hay posibilidades de corrientes superficiales exteriores que puedan inundar el aeródromo; en cuanto a las dos primeras pueden ocurrir varios casos:

1.- Suelos permeables y de construcción uniforme en gran profundidad. Bastará, en general, dar pendientes adecuadas a las superficies del aeródromo.

2.- Suelo impermeable y de construcción uniforme en gran profundidad. Es necesaria una red de drenaje superficial y probablemente no se necesite la subterránea.

3.- Suelo permeable y subsuelo impermeable. Bastará en la mayoría de los casos con la construcción de la red subterránea situada arriba del estrato impermeable, a menos que por no estar muy profundo éste estrato, no sea perjudicial a la capa de agua que puede soportar, en cuyo caso no es necesario tampoco la red subterránea.

4.- Suelo impermeable o subsuelo permeable. Es necesaria la red de drenaje superficial.

5.- Suelos y subsuelos constituidos por estratos irregulares, permeables e impermeables. Se hace imprescindible el drenaje superficial, dependiendo del nivel de aguas freáticas la necesidad de construcción del drenaje subterráneo.

El empleo de zanjas de poca profundidad paralelas a las pistas y zonas de estacionamiento en sustitución de tuberías enterradas para el drenaje superficial,



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

es muy conveniente para la economía que se supone en la construcción. Frecuentemente es conveniente revestir -- éstas zanjas y pavimentarlas para proteger los suelos -- de las erosiones e impedir el reblandecimiento de las superficies de hierba ocasionado por el gran volúmen -- de agua que afluye de los pavimentos cercanos.

En la Figura 19 se muestra una sección tipo, -- de obras de esta clase.

La seguridad de las aeronaves obliga a exigir -- unas pendientes longitudinales en estas obras, muy próximas a las pendientes de las pistas, con la ventaja de que se disminuye también el peligro de las inundacio -- nes.

Las zanjas de drenaje deberán quedar en la -- orilla externa de la franja de seguridad o más aleja -- das de la pista.

Los taludes mostrados en la Figura anterior -- son necesarios para que no se dañe una aeronave cuando se despiste y tenga que cruzar la zanja.

El empleo de tuberías en la red de drenaje -- superficial, se hace necesario cuando el drenaje debe -- ir más cerca de las pistas, calles de rodaje o en grandes plataformas y alrededor de edificios y hangares. -- También es imprescindible cuando se ha de pasar por deba -- jo de las pistas o calles de rodaje.

Las tuberías se colocarán en zanjas excavadas en el terreno, debiendo estas tener el ancho suficien -- te para que los operarios puedan colocar los tubos con --



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

facilidad, ya que así resultan más económicas y se obtienen paramentos más uniformes evitando el asentamiento del terreno.

Los tubos se colocan unas veces directamente sobre el fondo de la zanja, fondo que debe estar lo más liso y compactado posible, para evitar los asentamientos que pueden producirse y que llevan consigo las roturas de los tubos.

Otras veces, para regularizar los asientos, se colocan en un lecho de arena apisonada, llegándose en algunos casos a la construcción de una solera de hormigón en masa, donde queda embutida la tubería hasta la mitad o más del diámetro.

Los tubos se sitúan generalmente a tope, rellinando las juntas con mortero de cemento en las tuberías de hormigón y montando una o dos ondas en las tuberías de metal ondulado.

En virtud de que las tuberías de drenaje están sujetas a la acción de cargas permanentes, debidas al relleno de las zanjas, cargas estáticas o dinámicas producidas por las aeronaves y otros efectos, la resistencia y profundidad de colocación de las tuberías deberá ser la conveniente para que no se produzca rotura.

III.3.- CONFORMACION.

El objeto de la conformación del terreno es el proporcionar drenaje adecuado y superficies en las cuales puedan efectuar su rodaje las aeronaves o aterrizar de emergencia con seguridad.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

La superficie de la pista así como las - -

franjas de pista laterales, no deberán tener cambios de pendiente bruscos, ni pendientes excesivas.

La pendiente longitudinal de la pista, normalmente no debe exceder del 2%, permitiéndose en casos extremos hasta 3% de pendiente.

Es creencia normal que una pendiente longitudinal relativamente fuerte ayude en el despegue, pero esto no es cierto ya que en caso de un despegue fallido, el avión debe poder parar dentro de la pista aplicando frenos normalmente. Es decir, aún en el despegue en el sentido de la pendiente negativa o favorable, debe preverse el aumento antes mencionado en la longitud requerida de pista.

El aterrizaje en el sentido de una pendiente ascendente excesiva tampoco es favorable como en ocasiones se considera, porque debe preverse un aterrizaje fallido cuando un avión está a punto de tocar pista, y en ese caso una pendiente ascendente excesiva puede ser sumamente perjudicial.

Normalmente la pista no puede construirse -- con una rasante totalmente recta desde un umbral hasta el -- otro, requiriéndose cambios de pendientes intermedias. Es -- decir, desde un umbral la rasante puede ser ascendente y después de un tramo se requiere un cambio a pendiente descendente y posiblemente después un nuevo cambio a pendiente ascendente. La diferencia o cambio total de pendiente no debiera ser mayor de 2% es decir, si la pendiente ascendente es - - + 1% el máximo de pendiente descendente que se permitiría -- sería de (-) 1%; si la pendiente ascendente fuera de + 2%, --



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

el cambio máximo sería a pendiente 0%.

La transición de una pendiente a la otra - - deberá efectuarse por medio de una superficie curva con un grado de variación que no exceda de 0.5% por cada 30 m. (15 cm. de claro en 30 m.). Además, es necesario que los cambios, de pendiente a lo largo de la pista u ondulaciones sean a intervalos menores que la obtenida sumando el cambio de pendiente total en cada punto y multiplicando esta suma por 50, es decir, si entre un punto de intersección o cambio de pendiente se pasa de + 1% a (-) 1%, -- habrá un cambio de 2%, y si en el siguiente punto de intersección o cambio de pendiente se pasa de + 1% a + 0.5% la suma total de los dos valores numéricos de cambio de pendiente es 3.5, multiplicando 3.5 por 50 nos da una distancia mínima de 175 m. entre los dos cambios de pendiente.

En todo caso, la distancia mínima entre cambios de pendiente sucesivos, aún cuando éstos cambios de pendiente sean mínimos, no deberá ser menor de 40 m.

Como norma general, la superficie de la pista en toda su longitud deberá tener niveles y pendientes tales que una persona de estatura normal parada en cualquier punto de la pista pueda ver a otra persona de estatura igual parada en cualquier otro punto de la pista.

III.4. PAVIMENTACION.

La Figura 20, muestra una sección de pista en la que se usa pasto como recubrimiento. La base o rasante es el terreno original compactado sobre el cual se coloca una tierra que ha de servir como lecho para la se-



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

milla que produciría el pasto. Se deberá efectuar un estudio agronómico para determinar la acidez o alcalinidad del terreno, que a su vez será uno de los factores determinantes en la elección del pasto; también revelará tipos, cantidades y situación de abonos adecuados para la nivelación final.

La Figura 21, muestra una pista con terreno estabilizado, el cual consta de una mezcla preparada de agregados compuestos del tipo A, B, o un agregado estabilizado mezclado con los materiales existentes en el lugar, colocados en el terreno previamente despalmado.

Los materiales usados en la mezcla tipo A son mezclas naturales o artificiales de arcilla y grava, arena u otros agregados.

Los materiales denominados tipo B consisten de mezclas naturales, piedras o escoria con mortero de tierra. El agregado grueso consta de partículas duras y limpias, de grava triturada o sin triturar, piedra o escoria que no tenga partículas blancas. El mortero de suelo debe constar de material granulado, tal como cerniduras de piedra o escoria y arena con un cementante de suelo.

La Figura 22, muestra un terreno estabilizado con un tratamiento asfáltico superficial. Este tipo de pista consta de una de las bases descritas en el inciso anterior y sobre el cual se aplica un riego de asfalto rebajado FM-1. Sobre este riego se aplica uno o dos riegos de asfalto rebajado de fraguado rápido FR-3, ó similar, con aplicación en cada caso de gravilla o arenilla, consolidándose



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

pués de cada riego de asfalto y material pétreo.

La Figura 23, muestra una pista en la cual se ha --
despalmado el terreno original para desechar la capa vege --
tal superior; sobre la superficie despalmada se construye --
una plantilla con los materiales provenientes de los prés --
tamos localizados lo más cerca de la pista.

La compactación se efectúa hasta llegar a un 90% --
del peso volumétrico seco máximo.

Después, se construye una sub-base de espesor com --
pactado, debiéndose alcanzar un grado mínimo de compacta --
ción del 95% del peso volumétrico seco máximo. Para la --
elaboración de esta capa se utilizarán partículas fuertes --
y duraderas o de fragmentos agregados granulares mezcla --
dos con arena fina, arcilla, polvo de piedra u otro simi --
lar de liba o relleno; al material se le dará la forma y --
se compactará de acuerdo con las especificaciones dadas --
por el laboratorio de campo.

Las Sub-bases granulares, que debido al tamaño de --
sus granos o a su forma, no son lo suficientemente esta --
bles para soportar sin desplazarse los equipos de construc --
ción, se estabilizan mecánicamente a una profundidad míni --
ma de 7.5cm. de la capa superior.

La estabilización mecánica incluirá principalmen --
te la adición de un material fino granular que adhiera el --
material de la sub-base para darle una resistencia de apo --
yo tal que la capa no se deforme bajo el tráfico del equi --
po de construcción.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

Sobre la sub-base terminada se construye una base de 20 cm. de espesor, en dos capas de 10 cm. cada una, compactadas hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico seco máximo.

El material será el producto de la mezcla, en volumen dado por el laboratorio de campo.

Los materiales utilizados en la base y sub-base deberán quedar dentro de las especificaciones granulométricas y de valor relativo del soporte fijados en las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Después de barrer la base para eliminar el polvo superficial, se aplica una capa de asfalto, de fraguado medio tipo FM-1, a razón de 1.3 a 1.5 l/m². (litros/metros 2.) aplicando después un riego de asfalto rebajado de fraguado FR-3 en proporción de 0.8 l/m². se cubre el riego con una capa de material pétreo 3A, se rastrea y se plancha recolectando el excedente para removerlo de la superficie.

Sobre las bases impregnadas de la pista se aplicará un riego asfáltico de liga con producto FR-3 a razón de 0.6 l/m². sobre el riego de liga se construirá una carpeta asfáltica compactada al 95% de 5 cm. de espesor hecha por el sistema de mezcla en el lugar con el material pétreo recomendado.

En la Figura 24 se muestra una sección típica de pavimento flexible.

III.5.- MANTENIMIENTO DE AREAS.

Después de que se ha efectuado la conformación o la construcción de una pista es necesario evitar la ero-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

sión y el polvo, siendo también conveniente que el Aeropuerto conserve una apariencia atractiva. Para ésto se recomienda que siempre que sea posible se siembre grama o pasto en las franjas de pista laterales.

El pasto deberá mantenerse cortado a una altura máxima de 15 cm. para no dificultar el despegue de aviones y para no ocultar obstáculos. Sin embargo, no deberá cortarse a una altura menor de 6 cm. para que no lo quemee el sol o se desgaste fácilmente por el tráfico.

El mantenimiento requerido en un aeropuerto variará con el clima, el terreno, el tipo de subsuelo, la frecuencia de operaciones y el tipo de superficie de la pista y demás áreas de maniobras.

Para reducir al mínimo las reparaciones mayores requeridas, todo el aeropuerto deberá inspeccionarse a intervalos frecuentes. Sin embargo, estas inspecciones no tendrán utilidad práctica si no dan por resultado un mantenimiento adecuado.

El mantenimiento del aeropuerto debe programarse para no perjudicar o hacer peligrar las operaciones aeronáuticas.

Cuando existe una franja sin pista revestida o pavimentada, conviene una conformación periódica y relativamente frecuente de la pista y demás áreas de maniobras.

Las pistas pavimentadas deberán tener un mantenimiento preventivo continuo. Por ejemplo, si aparecen pequeñas grietas deberán rellenarse con asfalto y arena



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

En ocasiones se requiere un riego de sello -- con asfalto FR-3 y arena en toda una zona de la pista. Si -- ésto no se hace de inmediato las grietas seguirán aumen -- tando en ancho y longitud y el agua de lluvias penetrarán -- la base, disminuyendo su resistencia, con lo cual pron -- to se forma un bache y se requiere una reparación mayor. -- Si se observan en la pista disgregaciones de la carpeta -- o del revestimiento, deberá repararse inmediatamente, por -- que de otra manera el desprendimiento de material pétreo -- va continuamente en aumento, formando baches y además la -- grava suelta perjudica a las hélices y otras partes de -- las aeronaves, se sugiere que los municipios que constru -- yan aeropuertos lleguen a un acuerdo con las Juntas Loca -- les de Caminos o con otras organizaciones, dependencias -- o empresas que tengan equipo y personal dedicado a la -- conservación de caminos, para que periódicamente efectuen -- el mantenimiento rutinario y las reparaciones que se re -- quieran.

Los movimientos de las aeronaves y las di -- ferencias de asentamiento, de las bases, con el tiempo -- tienden a aumentar las irregularidades de la superficie de -- la pista. En general son tolerables las irregularidades -- del orden de 3.5 cm. en una distancia de 45 m.

CAPITULO IV.- ADMINISTRACION DE AEROPUERTOS OFICIALES-
CATEGORIAS "F" Y "G".

IV-1.- INTEGRACION DEL COMITE PRO-AEROPUERTO.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

El comité deberá estar integrado por representantes de la comunidad donde se vá a construir o rehabilitar el aeropuerto, por un representante del Gobierno del Estado y por un representante de los operadores del aeropuerto y por la iniciativa privada.

- 1.- Comandante Honorario del Aeropuerto.
- 2.- Secretario.
- 3.- Tesorero.
- 4.- Representante del Gobierno del Estado.
- 5.- Representante de los operadores del Aeropuerto.
- 6.- Representante de la iniciativa Privada.

El Comandante Honorario del Comité será el representante ante la Secretaria de Comunicaciones y Transportes para todos los aspectos legales del aeropuerto; el Secretario, y el Tesorero, podrán representar las fuerzas vivas de la población. Sus funciones se determinarán de acuerdo a cada caso que se presente, ya que se procederá a levantar el acta de formación del Comité y a fijar en ésta las obligaciones que se le confieren a cada uno de sus miembros. En la formación del Comité estará presente personal de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, que se designará a criterio de la misma.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES
Y
TRANSPORTES

El Comité tendrá como funciones la de administrar, constrolar, vigilar y mantener todas las -- instalaciones y servicios con que cuente el aeropuerto -- y de proponer en primera instancia el financiamiento -- para la construcción o rehabilitación del mismo.

Someterá las particularidades del servicio que prestará el aeropuerto a la Secretaría de Comunica ciones y Transportes para su aprobación.

Reportar inmediatamente cualquier tipo de anomalía que se presente en el aeropuerto a las autori dades competentes.

IV-3.- COMANDANTE HONORARIO DEL AEROPUERTO.

Para nombrar al Comadante Honorario del -- Aeropuerto, el Comité deberá proponer a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a una persona que, -- de acuerdo con el Artículo 50° del Reglamento de Aeródromos y Aeropuertos Civiles, reúna los requisitos para desempeñar el cargo.

Artículo 50° del Reglamento de Seguri -- dad y Policía de la Navegación Aérea Civil establece, pa ra esa designación los siguientes requisitos:

- A).- SER MAYOR DE EDAD.
- B).- SER DE NOTORIA BUENA CONDUCTA.
- C).- HABER CURSADO LA INSTRUCCION PRIMARIA O DEMOSTRAR ANTE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, QUE TIENÉ CONOCIMIENTOS EQUIVALENTES, HABLAR, LEER, -



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

Y ESCRIBIR CORRECTAMENTE EL IDIOMA CASTELLANO.

D).- TENER BUENA SALUD Y GOZAR DE LAS CONDICIONES FISICAS NECESARIAS PARA EL DESEMPEÑO DEL TRABAJO, LO QUE SE-COMPROBARA MEDIANTE CERTIFICADO EXPEDIDO POR UN MEDI-CO AUTORIZADO POR LA SECRETARIA DE ACUERDO CON LO --PRESCRITO POR LA CITADA DEPENDENCIA.

Una vez cubiertos los requisitos anterior-
res, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes nombra-
rá a la persona propuesta en el cargo de Comandante Aero-
náutico con carácter honorario.

IV-4.- FUNCIONES DEL COMANDANTE.

Las funciones del Comandante vienen señala-
das en el Capítulo IV, Artículo 50°, 51° y 56° del Regla-
mento de Aeródromos y Aeropuertos Civiles en vigor, y que
se transcriben a continuación:

ARTICULO 50°.- La autoridad suprema en un
aeropuerto o aeródromo se ejerce por el comandante nombra-
do por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En
los aeropuertos o aeródromos particulares este nombramien-
to recaerá en la persona encargada del control de tránsi-
to aéreo o en el jefe de la estación, o en el agente del-
propietario o concesionario.

ARTICULO 51°.- Son atribuciones del Coman-
dante del aeropuerto:

a).- Inspeccionar las licencias de los pi-
lotos, instructores, mecánicos, radio operadores y demás-



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y
TRANSPORTES

personal adscrito a las operaciones aeronáuticas .

b).- Inspeccionar las matrículas y tarjetas de --
aeronavegabilidad de las aeronaves. En los casos de - -
irregularidades, informará a la Dirección General de - -
Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y -
Transportes para la aplicación de las sanciones:

c).- Inspeccionar los equipos e instalaciones --
de seguridad, contra incendio y de primeros auxilios.

d).- Formar la estadística de las operaciones --
aeronáuticas que se verifiquen en el aeropuerto.

e).- Intervenir, en auxilio de las autoridades -
judiciales, en la investigación inicial de los acciden-
tes que ocurran, en el aeropuerto.

f).- Atender a la exacta aplicación de los regla-
mentos y tarifas por servicios y certificar las circuns-
tancias en vista de la aplicación de sanciones:

g).- Autorizar la salida de las aeronaves de cual-
quier clase o servicio que sean, previo cumplimiento de-
los requisitos impuestos por los reglamentos respecti --
vos.

h).- Tener bajo su cuidado los servicios de con -
trol de tránsito aéreo, meteorología y radioayudas para-
la navegación.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES

Y

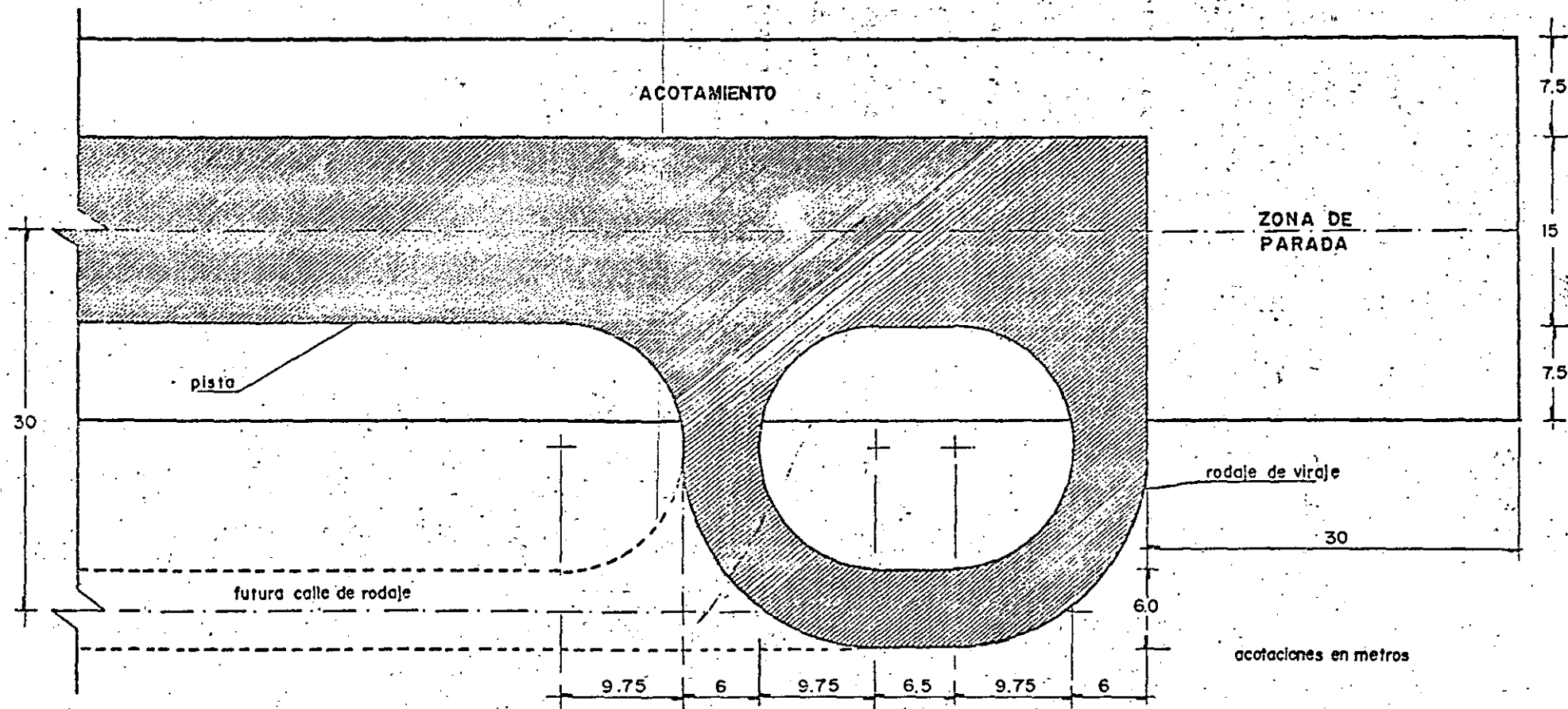
TRANSPORTES

- 46 -

ARTICULO 56.- Ninguna aeronave podrá despegar sin tener la autorización del comandante del aeropuerto, quién comprobará la presentación del plan de vuelo y el pago satisfactorio de los servicios del aeropuerto, requisitos indispensables para autorizar la salida de la aeronave.

46
21
6

GPS/Im.



RODAJE DE VIRAJE Y ESPERA

FIGURA 4

CONO DE VIENTO

(SISTEMA ABATIBLE)

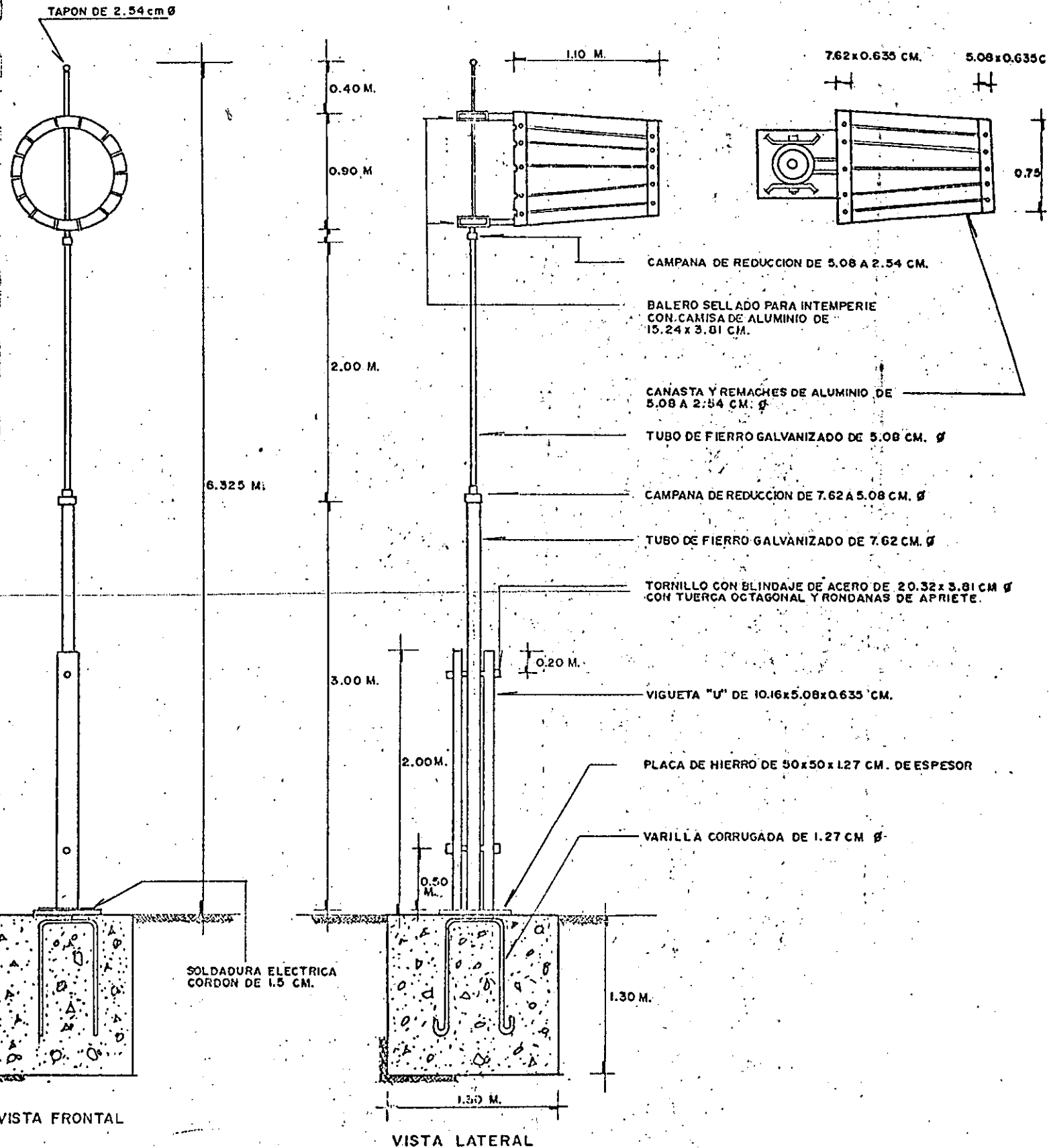
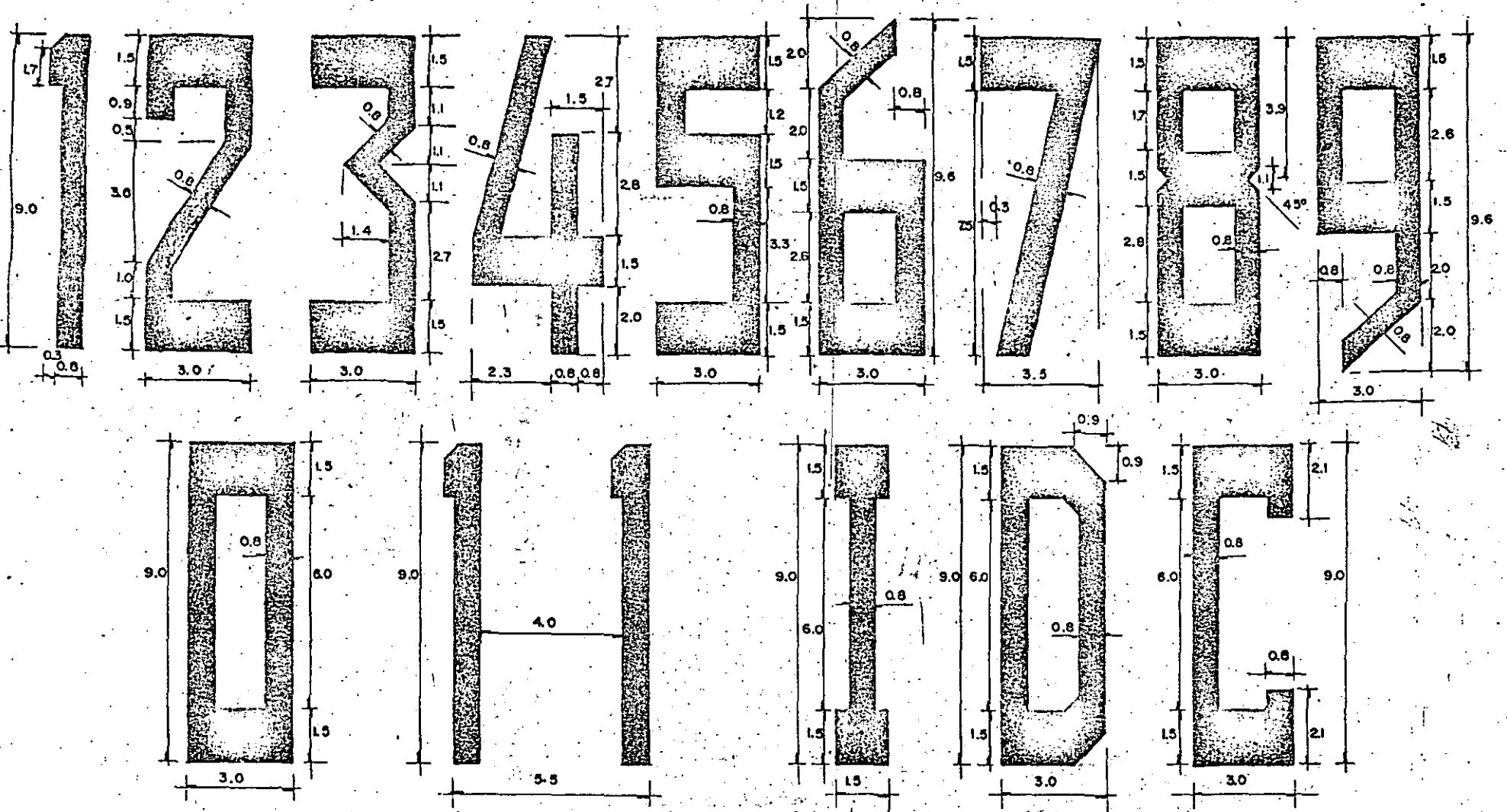


FIG. 8

FORMA Y PROPORCIONES DE LOS NUMEROS Y LETRAS DE LAS
SENALES DESIGNADORAS DE PISTA

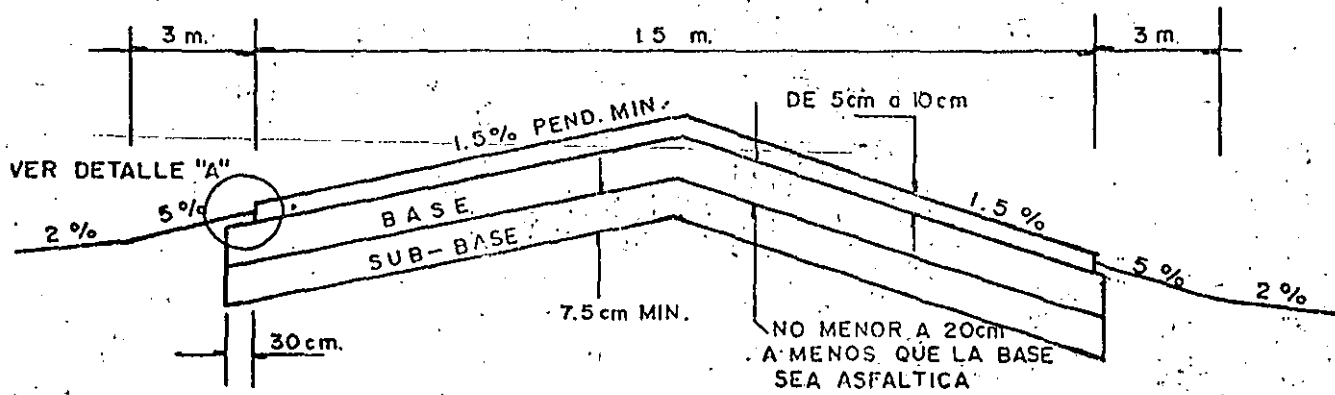


NOTA: TODOS LOS NUMEROS Y LETRAS SE ESPACIARAN
HORIZONTALMENTE A 2.3 M, EXCEPTO EL NUMERO
ONCE, EL CUAL SERA COMO SE INDICA.

ACOTACIONES EN METROS

FIG. 9

SECCION TIPICA DE PAVIMENTO FLEXIBLE



DETALLE "A"

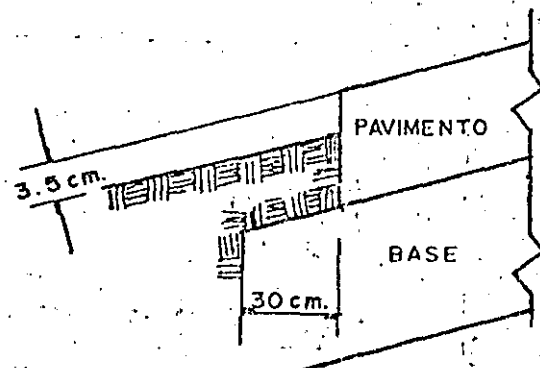


FIGURA 23.

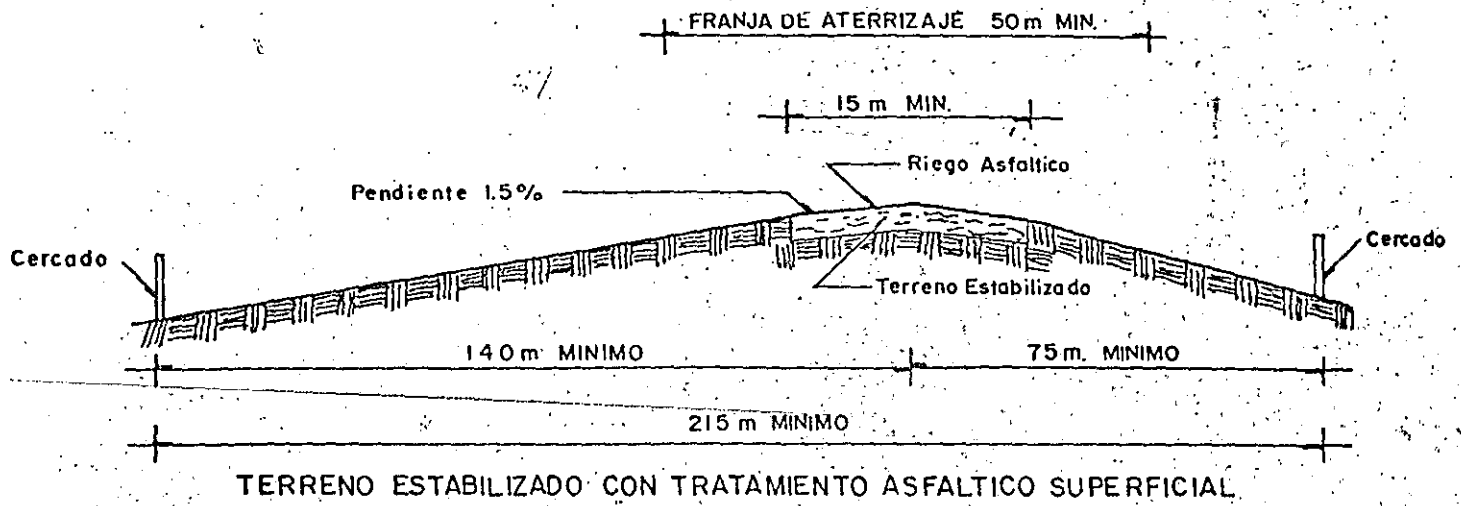


FIGURA 21

SECCIONES TIPO

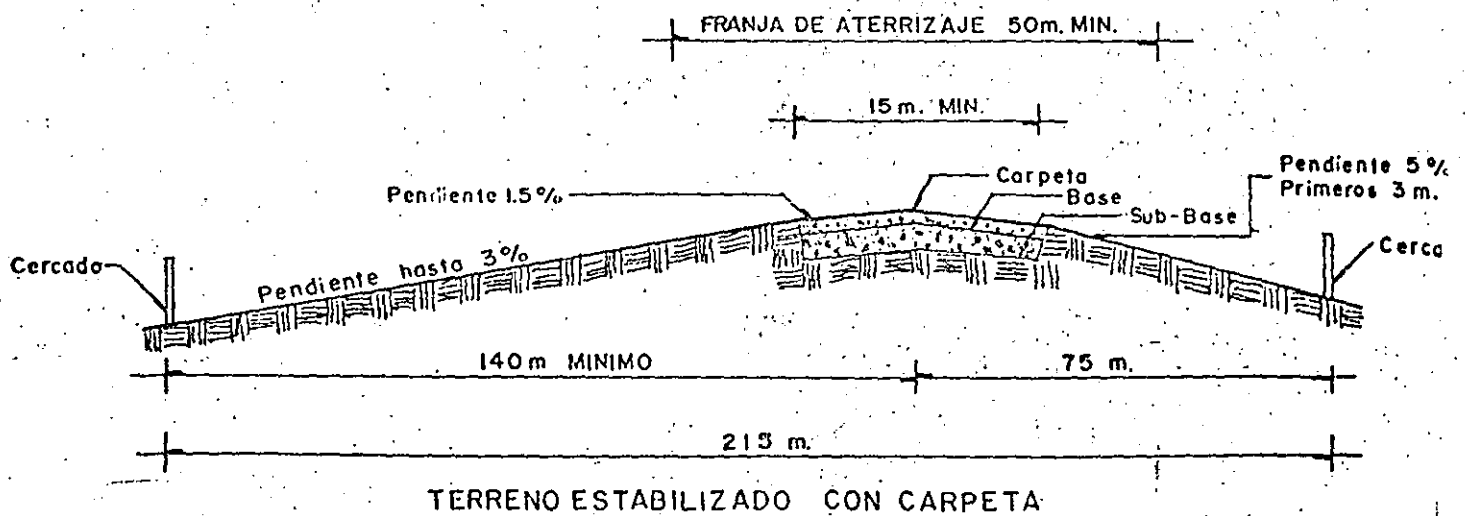


FIGURA 22

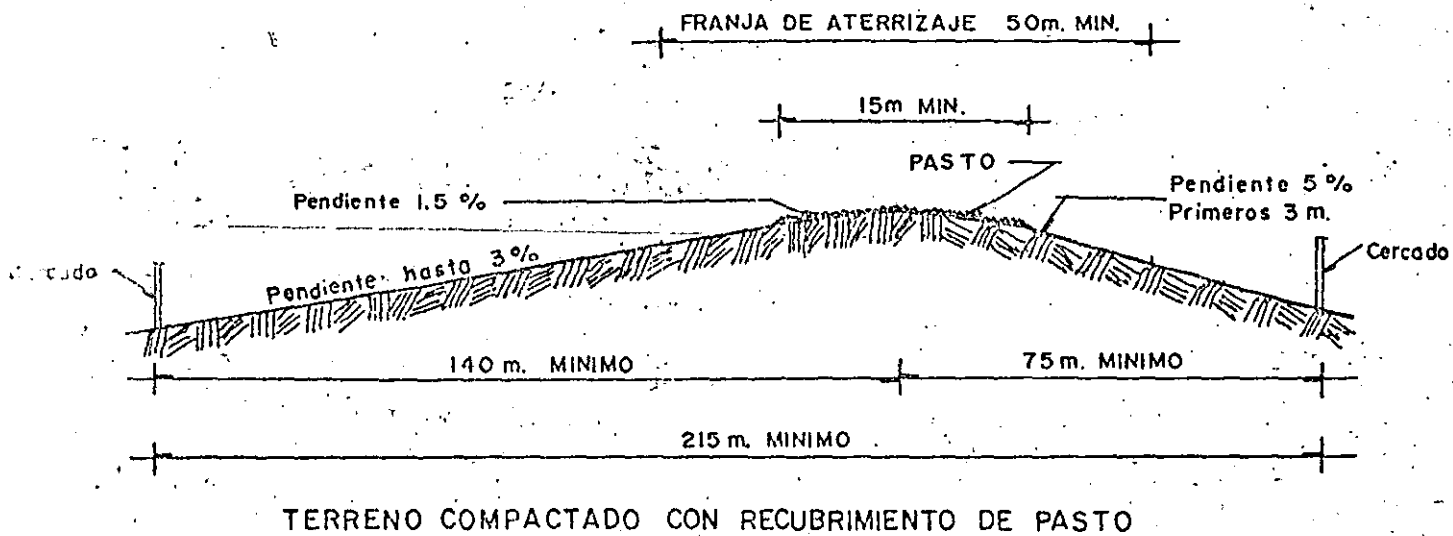


FIGURA 19

SECCIONES TIPO

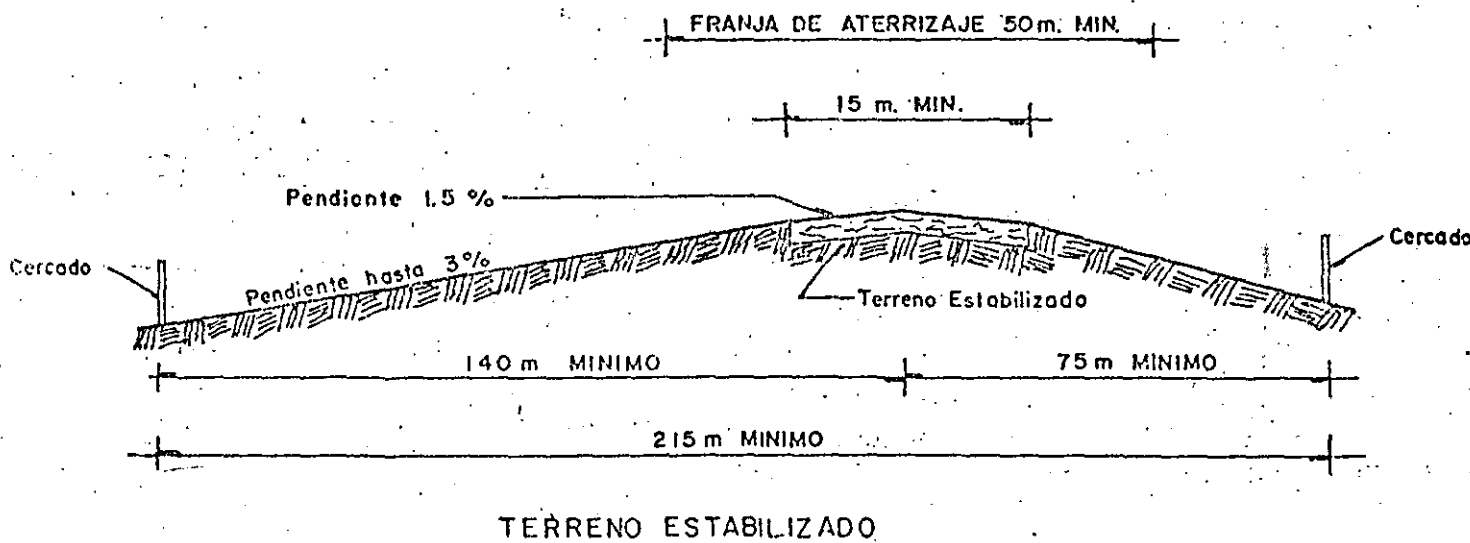
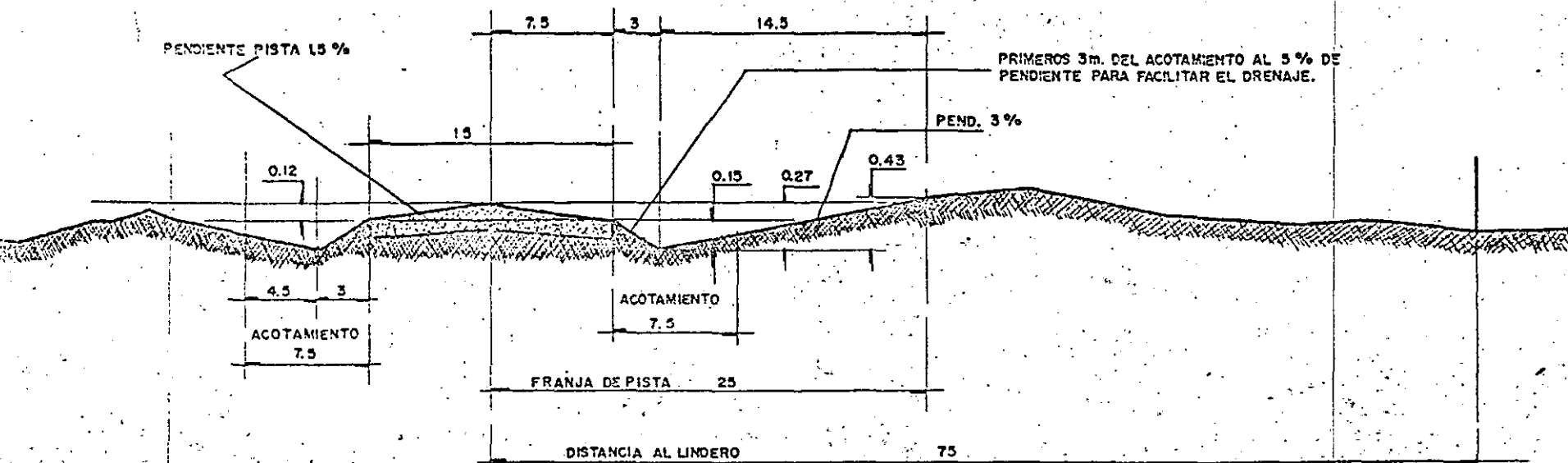


FIGURA 20



ZANJA TIPO PARA FACILITAR DRENAJE

ACOTACIONES EN METROS

FIGURA 18.

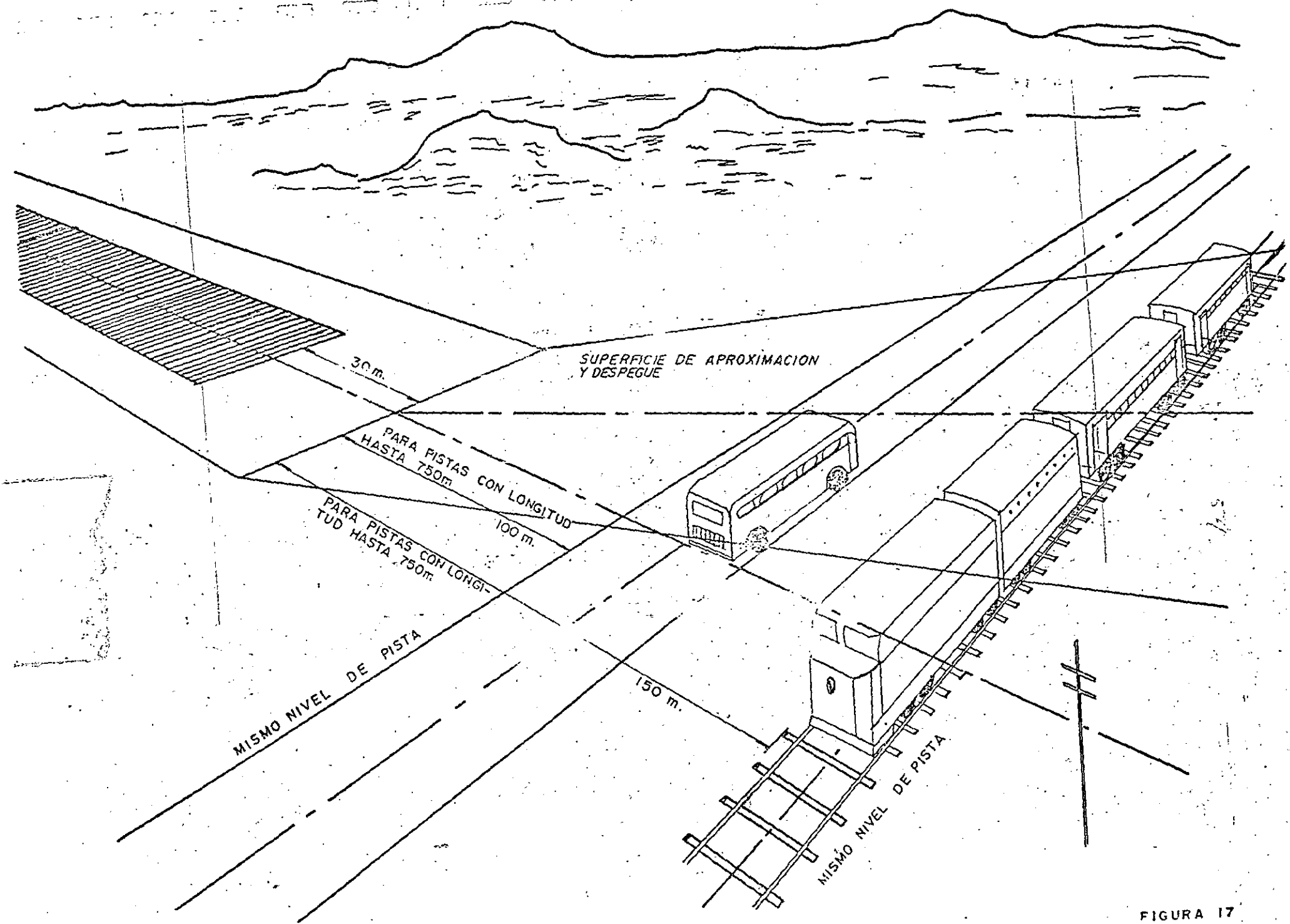
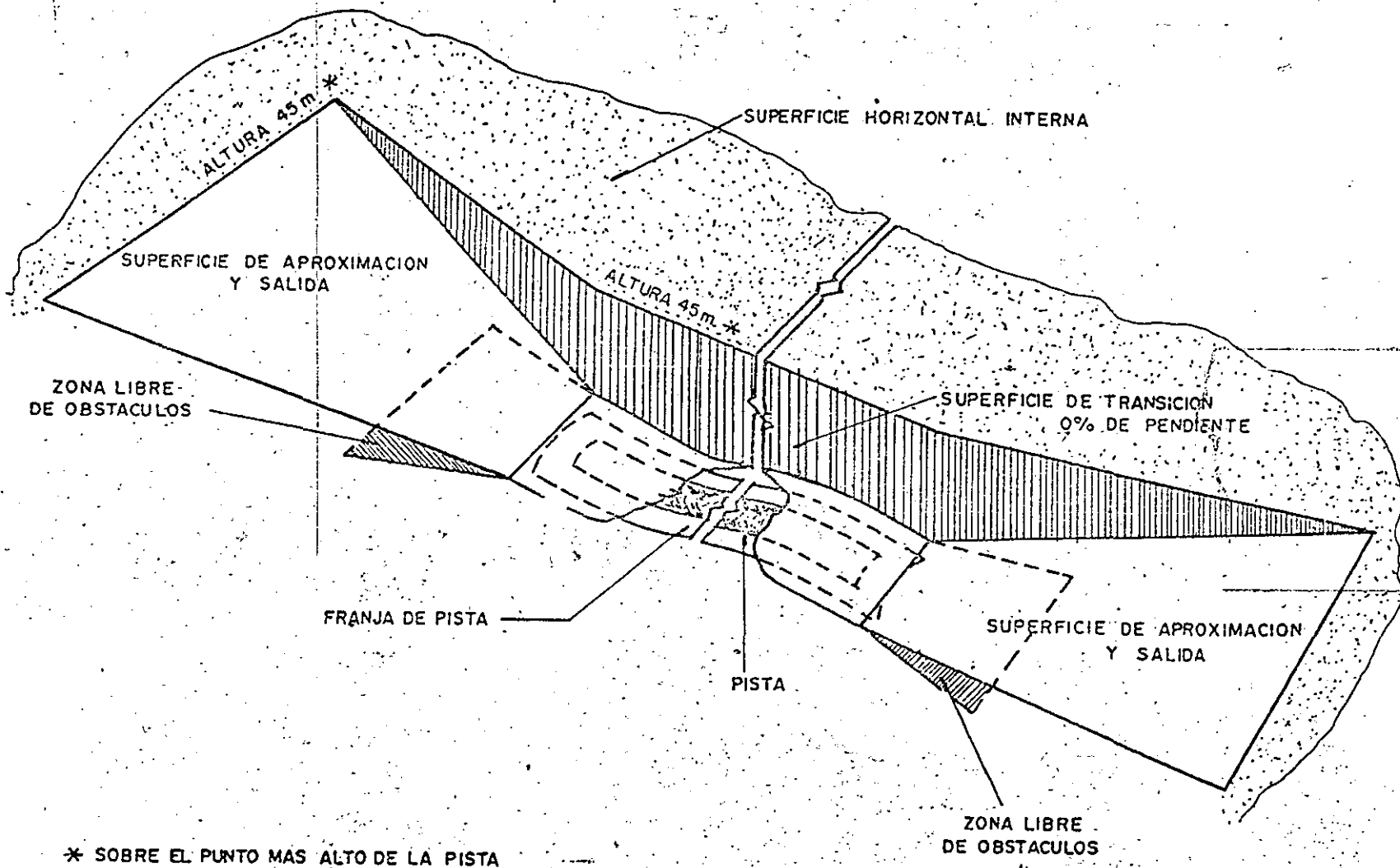
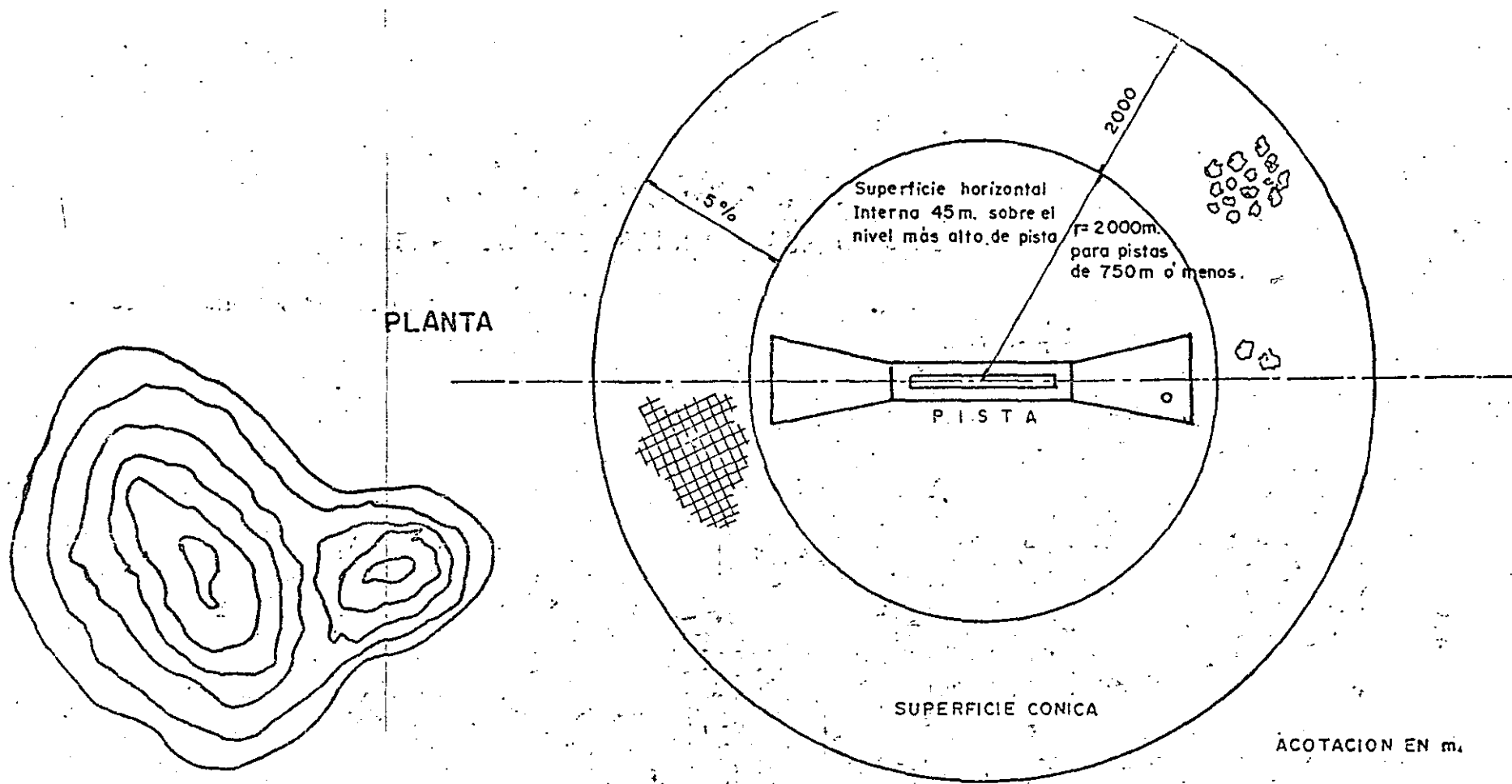


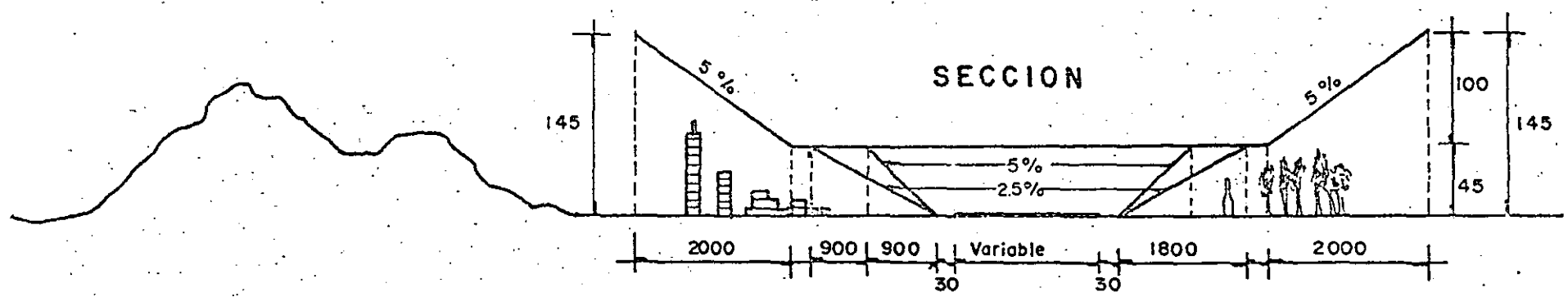
FIGURA 17

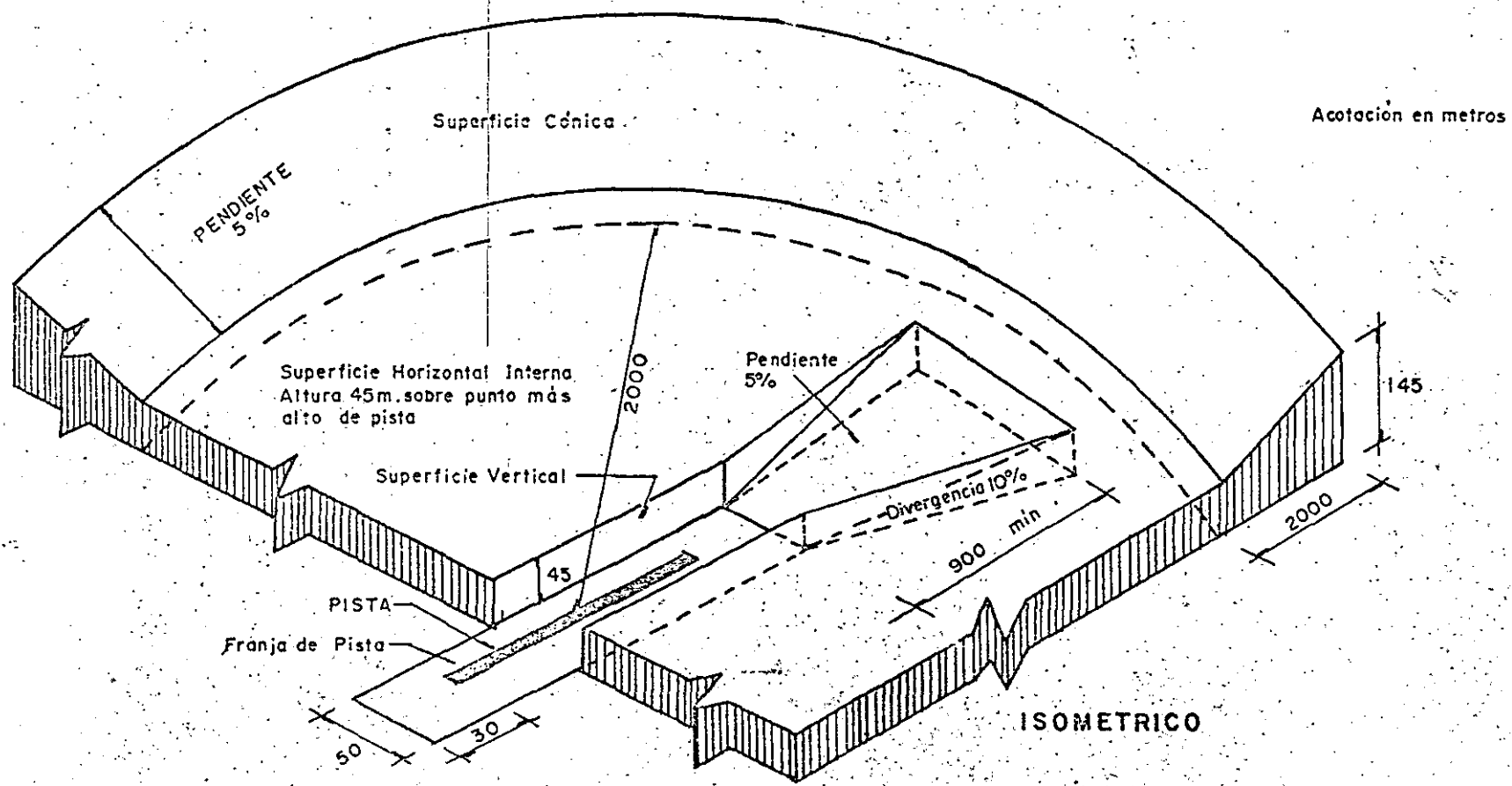
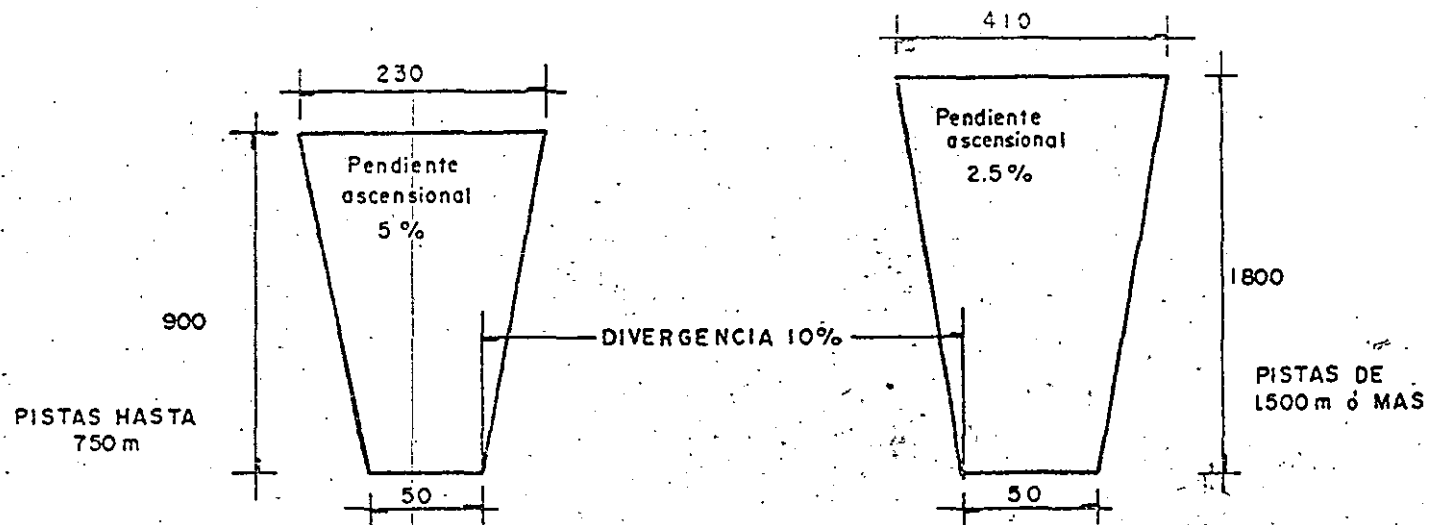


SUPERFICIES DE RESTRICCIÓN DE OBSTACULOS
EN AERODROMOS VFR



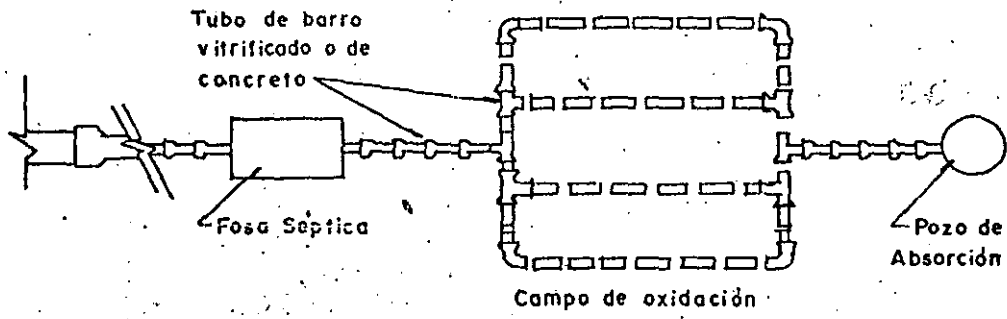
RESTRICCION DE OBSTACULOS EN LAS SUPERFICIES CONICA Y HORIZONTAL INTERNA





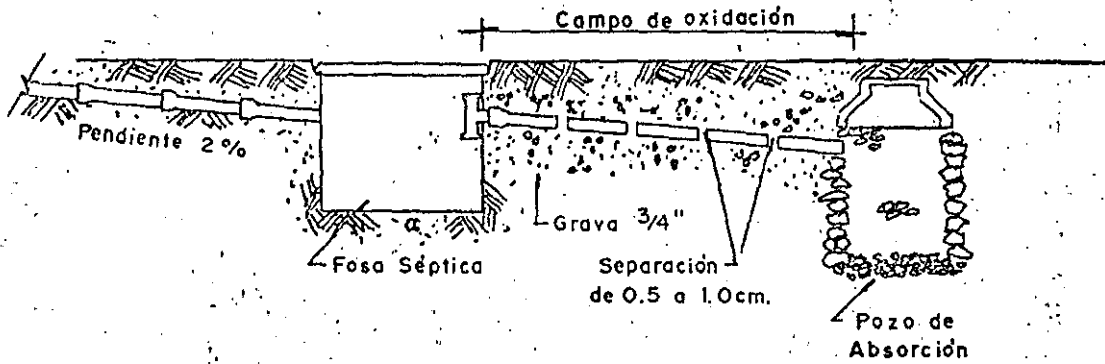
VISTA EN PLANTA DE LA SUPERFICIE DE APROXIMACION Y SALIDA

FIGURA 14

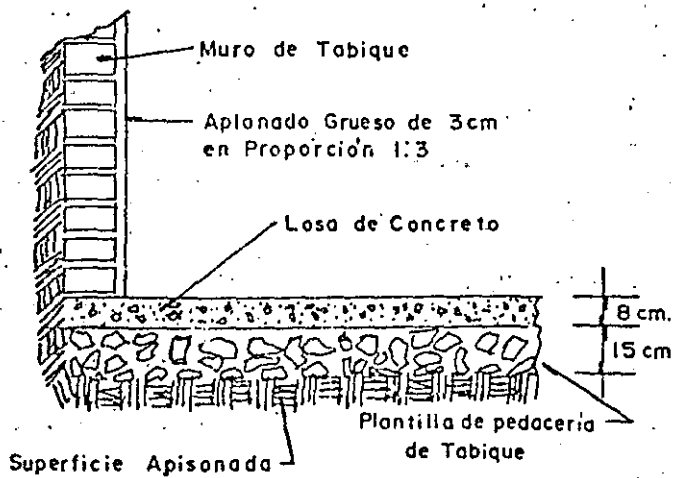


VISTA EN PLANTA

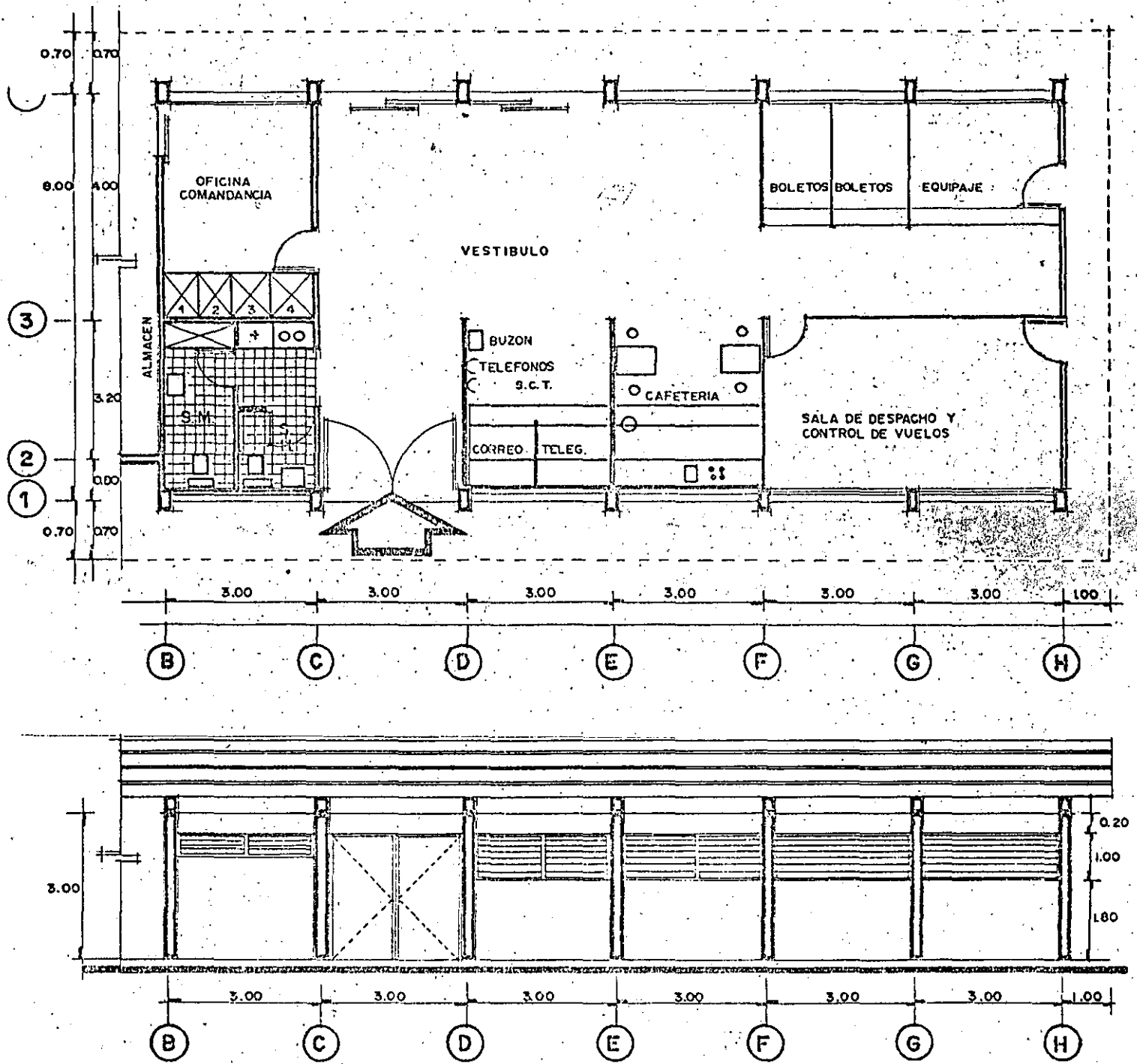
INSTALACION SANITARIA



SECCION LONGITUDINAL



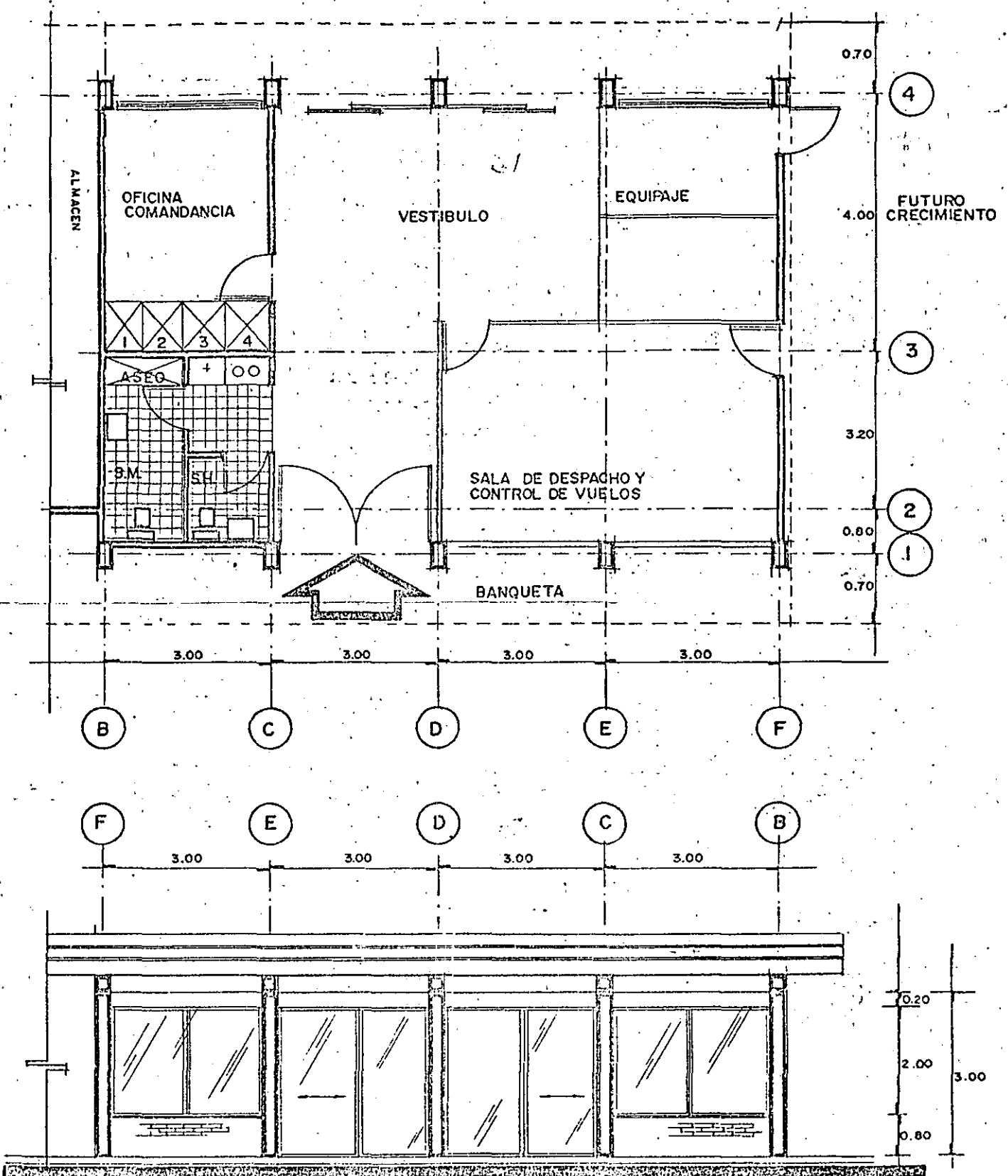
DETALLE DE LA FOSA



3a. ETAPA

PLANTA Y FACHADA
ACOTACION EN METROS

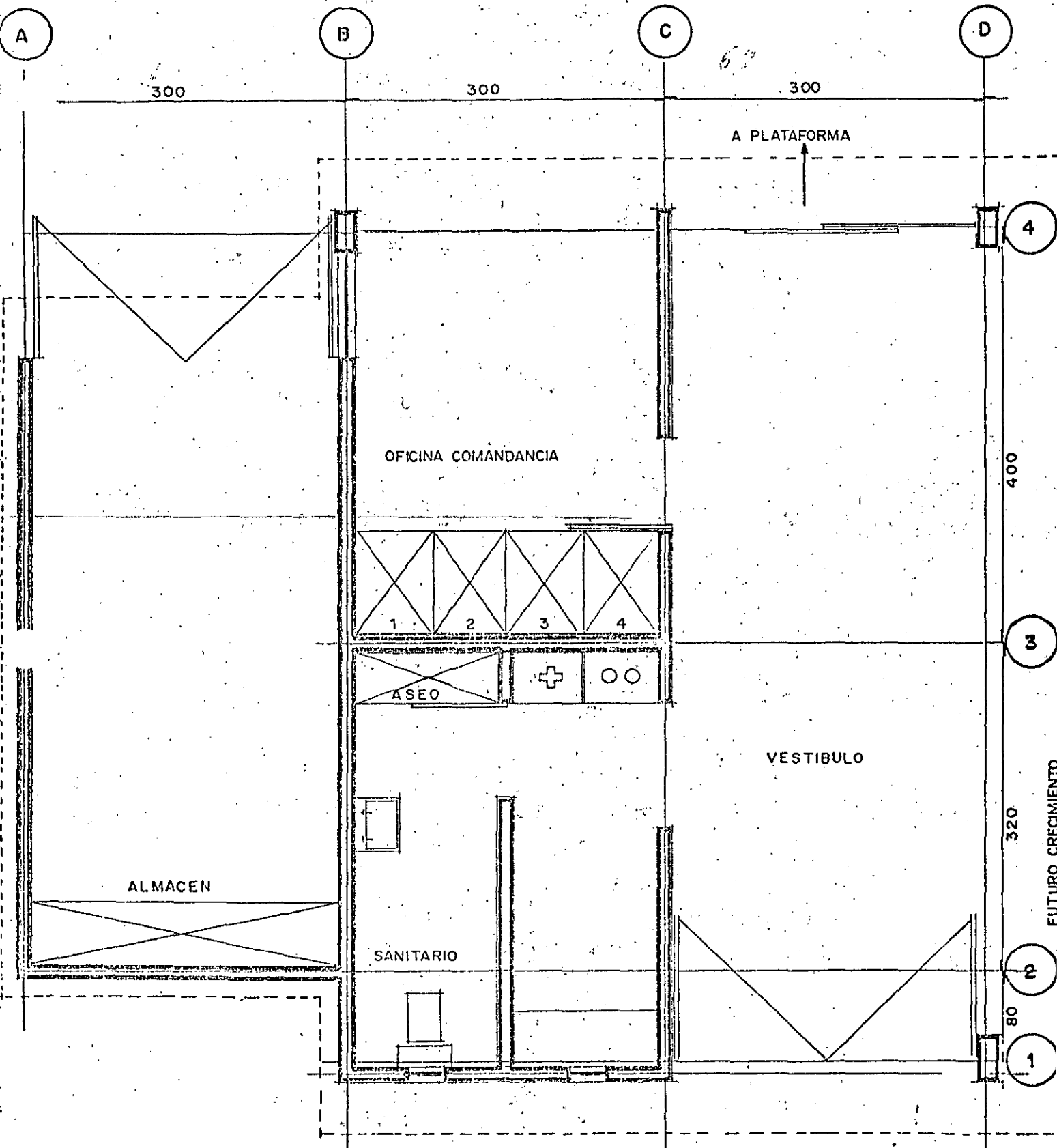
FIG. 12



2a. ETAPA

PLANTA Y FACHADA
ACOTACION EN METROS

FIG. 11

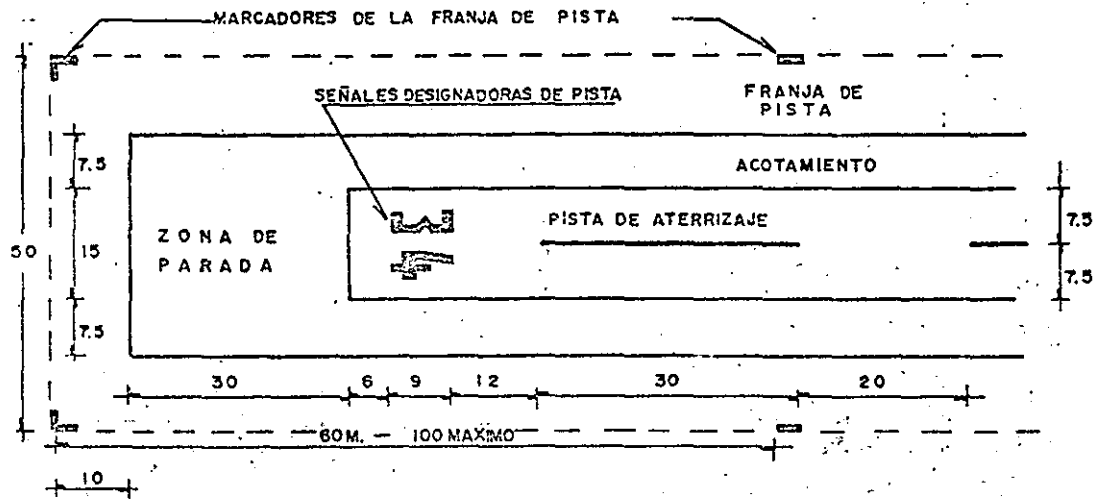


- 1.- RADIO
- 2.- METEOROLOGIA
- 3.- EXTINGUIDOR
- 4.- GUARDADO

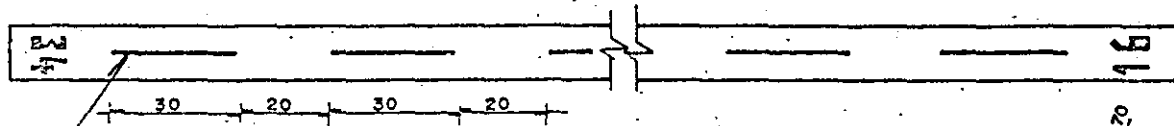
**PLANTA TIPO
AERODROMOS**

FIG. 10

ACOTACION EN CENTIMETROS

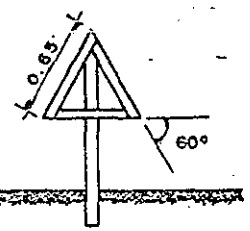
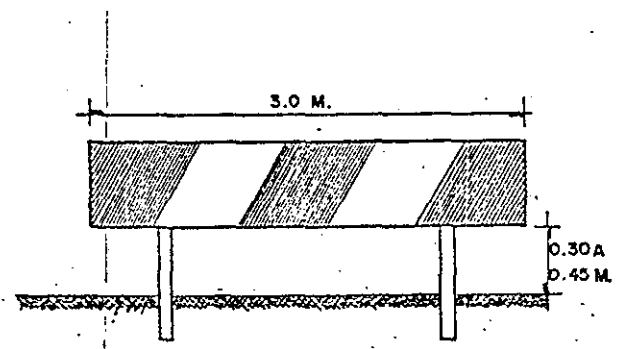
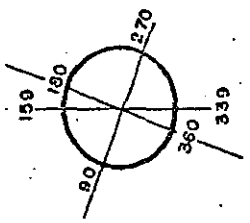


COLOCACION DE LOS MARCADORES EN UNA PISTA PAVIMENTADA



ESPACIAMIENTO DE LAS SEÑALES DE EJE DE PISTA

SEÑALES DE 30 m. DE LARGO POR 0.3 m. DE ANCHO



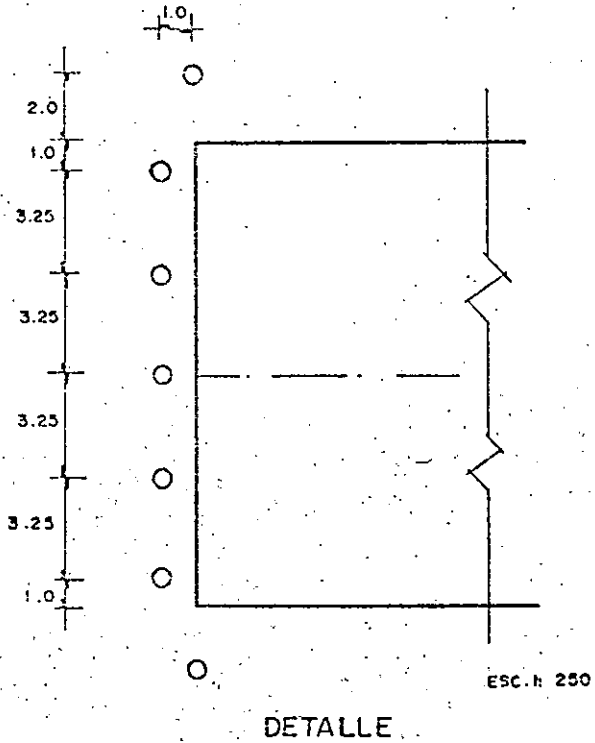
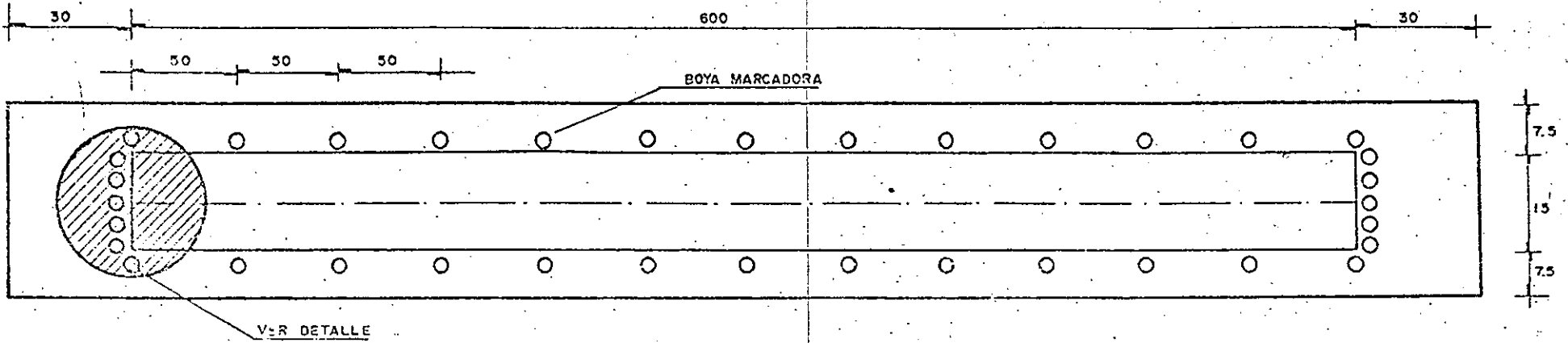
MARCADORES DE LA FRANJA DE PISTA

ACOTACIONES EN METROS

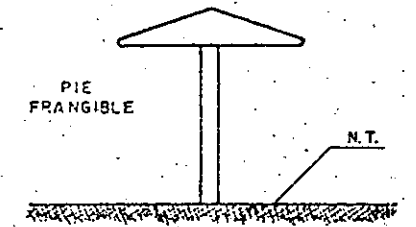
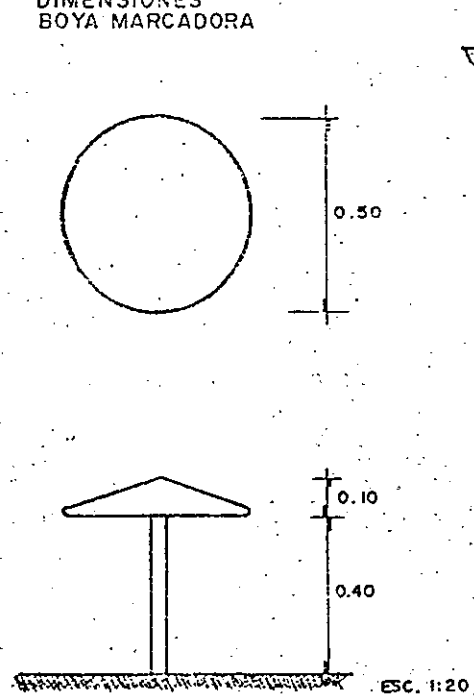
AYUDAS VISUALES

FIG.7

SEÑALAMIENTO DE BORDE D ISTA
CON BOYAS MARCADORAS



DIMENSIONES
BOYA MARCADORA

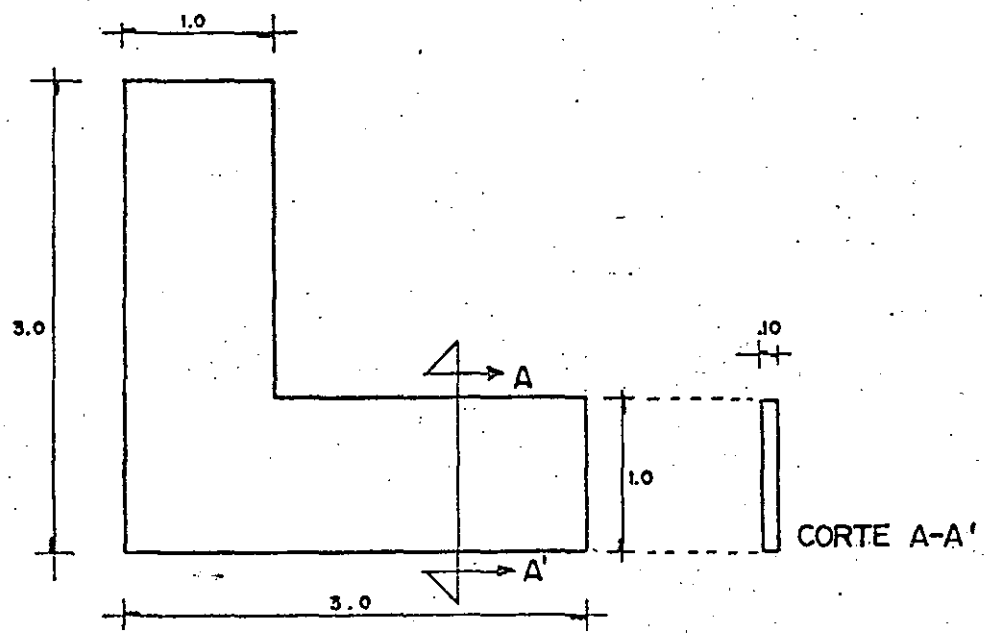
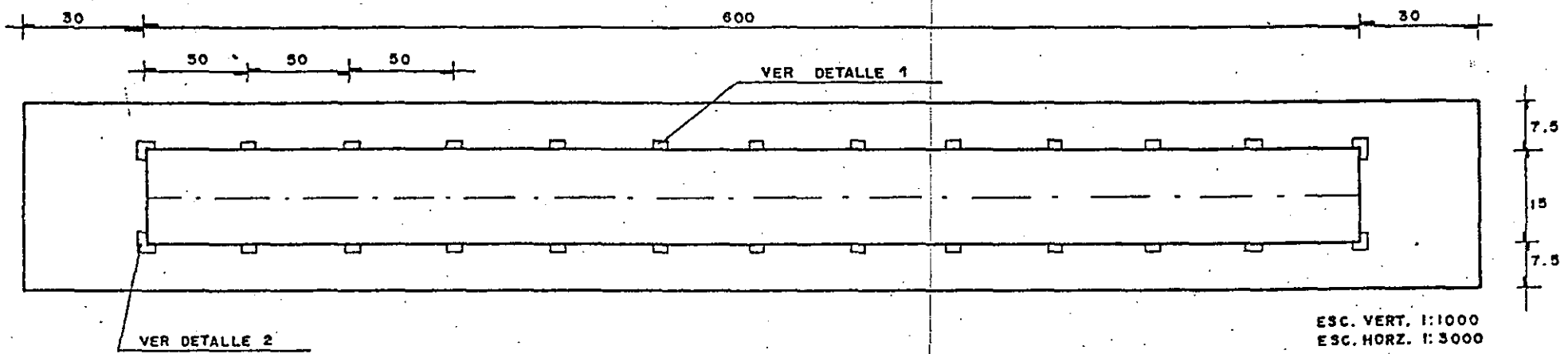


COLOCACIONES TIPO
ESC. 1:20

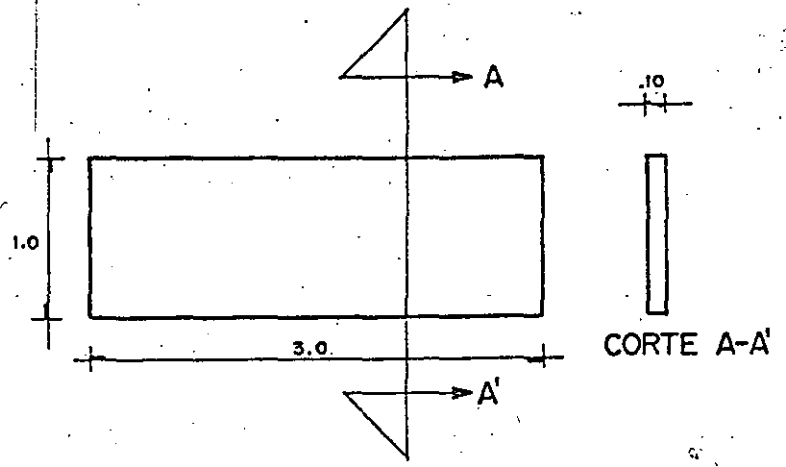
ACOTACIONES EN METROS

FIG. 6

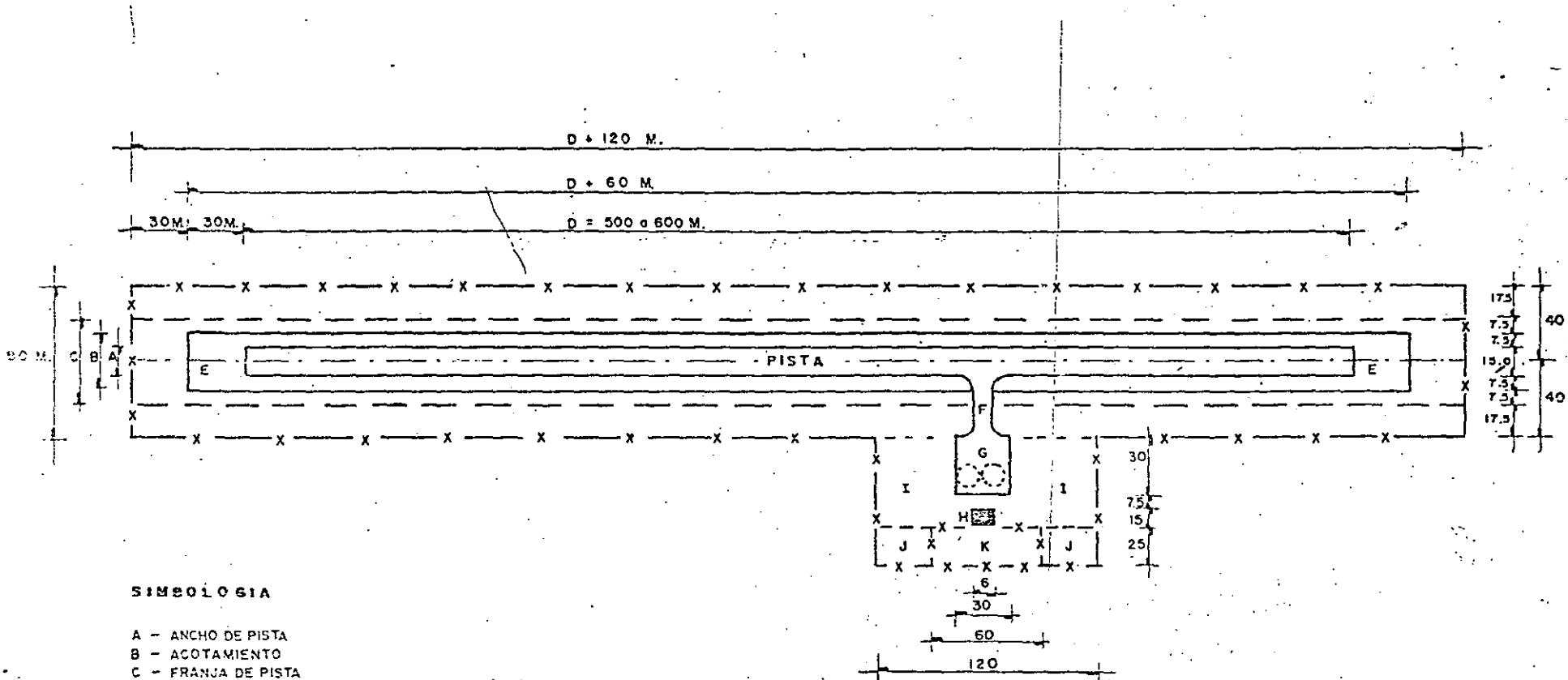
**SEÑALAMIENTO DE BORDE DE PISTA
CON BALZAS PLANAS RECTANGulares
COLOR BLANCO**



DETAILLE 2. Esc. 1:50



DETAILLE 1. Esc. 1:50
COTAS EN METROS

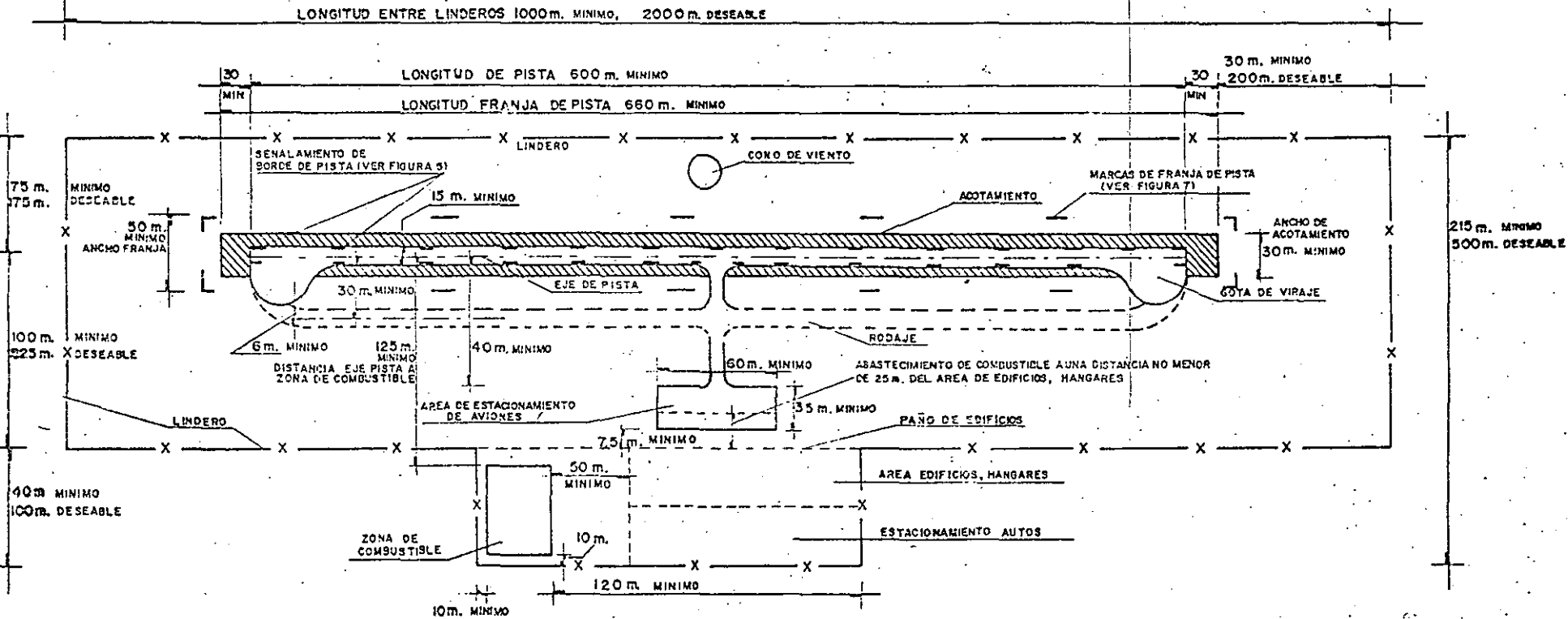


- SIMBOLOGIA**
- A - ANCHO DE PISTA
 - B - ACOTAMIENTO
 - C - FRANJA DE PISTA
 - D - LONGITUD DE PISTA
 - E - ZONA DE PARADA
 - F - CALLE DE RODAJE
 - G - PLATAFORMA
 - H - CASETA DE PASAJEROS
 - I - ZONA DE FUTURA AMPLIACION
 - J - ZONA DE SERVICIOS
 - K - ZONA DE ESTACIONAMIENTO

**PROYECTO TIPO MINIMO DE AEROPUERTO CATEGORIA "G"
PARA AVIONETAS MONOMOTRAS CON PESO MAXIMO DE 3,700 Kg.**

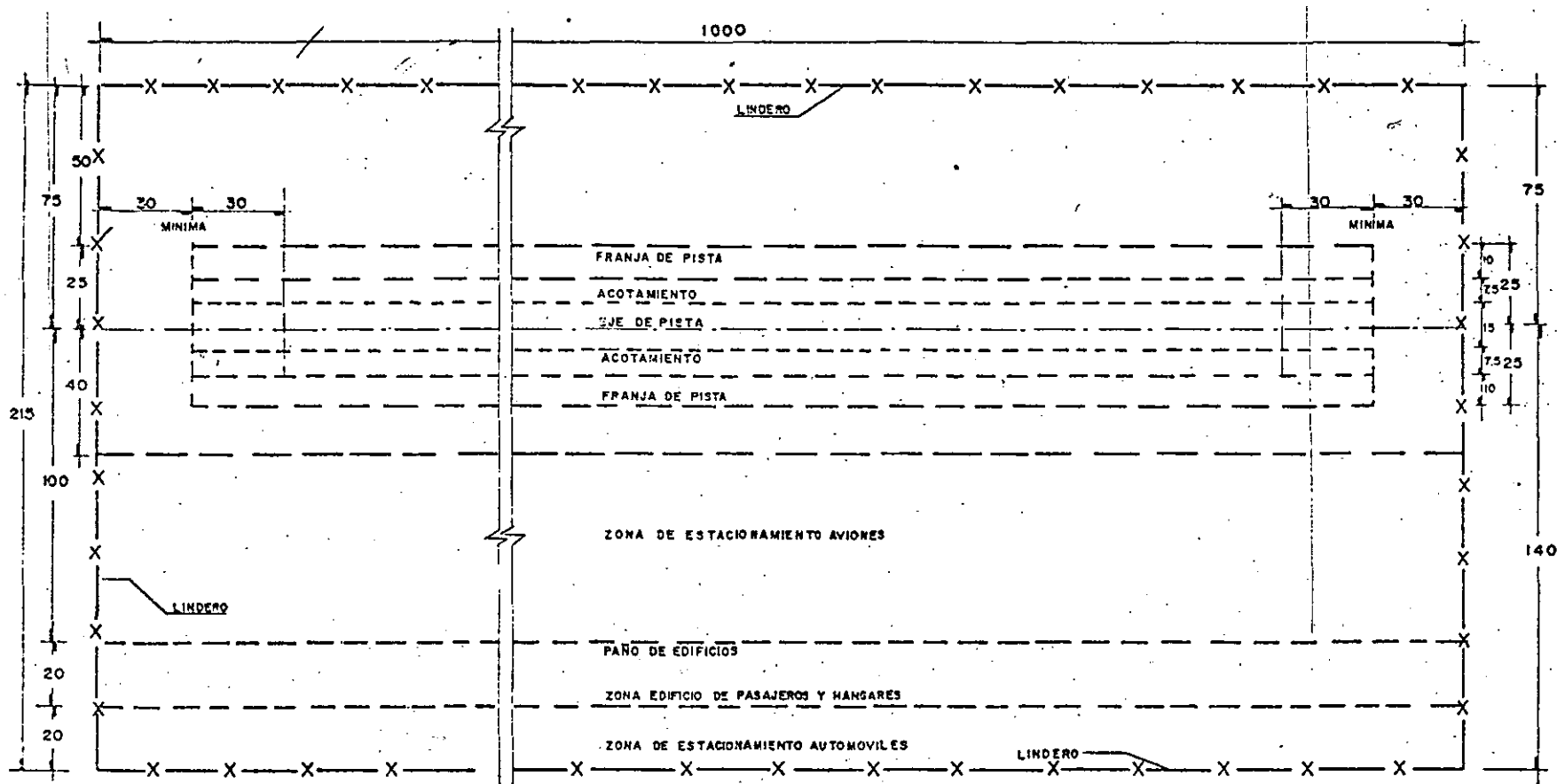
ACOTACIONES EN METROS

FIG. 3



PROYECTO TIPO DE AEROPUERTO
 CATEGORIA "F" (RURAL)
 COTAS EN METROS

FIG.2



**DIMENSIONES MINIMAS PARA EL TERRENO
DE UN AEROPUERTO CAT. "F" (RURAL)**
ACOTACIONES EN METROS

FIG. 1



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS
D.G.A.-S.C.T
MEXICO, D.F.

PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO DEL
AICM

ING. ROBERTO CASTAÑEDA RAMIREZ
1986

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO (AICM)

GERENCIA
GENERAL

SUBGERENCIA
(DEPARTAMENTO)
DE VIGILANCIA
DEPARTAMENTO
DE VIGILANCIA

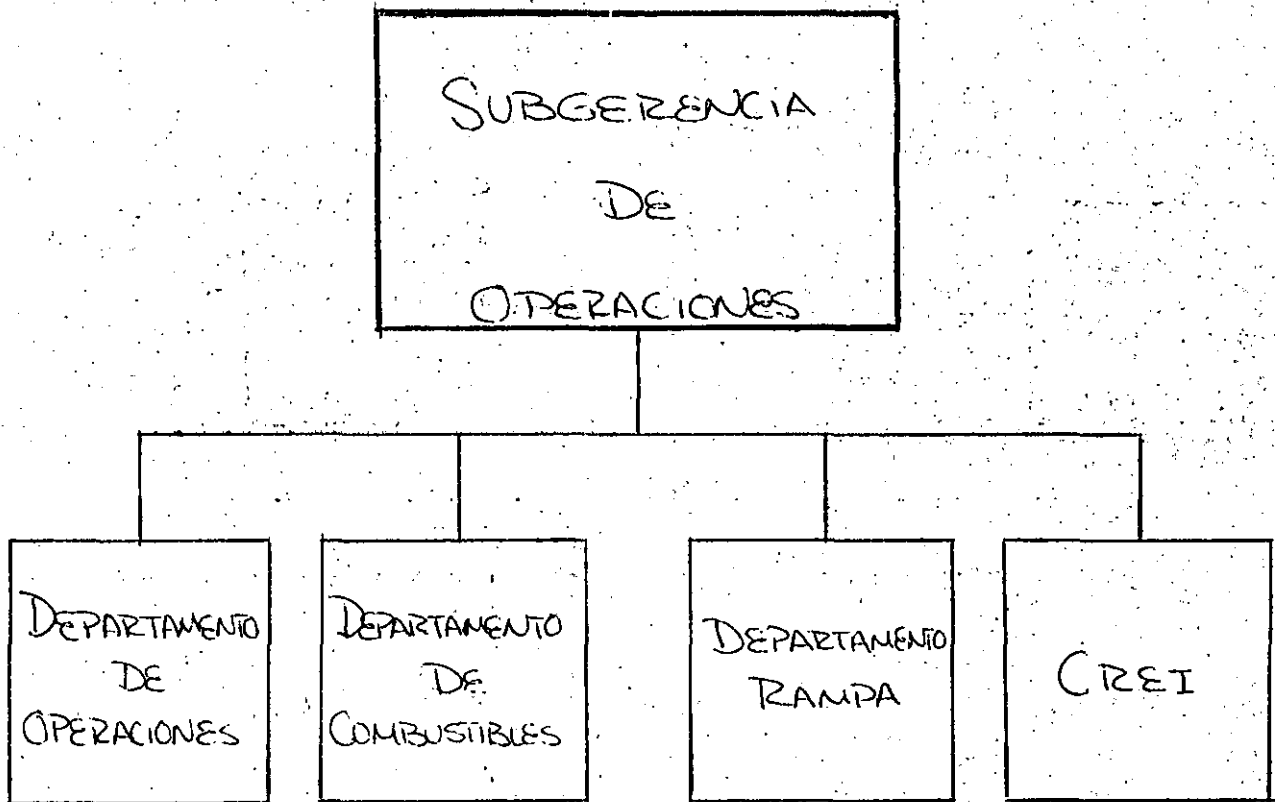
SERVICIOS
AL
PASAJERO
DEPARTAMENTO
DE ORIENTACION
Y QUEJAS
SUPERVISORES
DE PISO
SERVICIO
MEDICO

SUBGERENCIA
DE
OPERACIONES

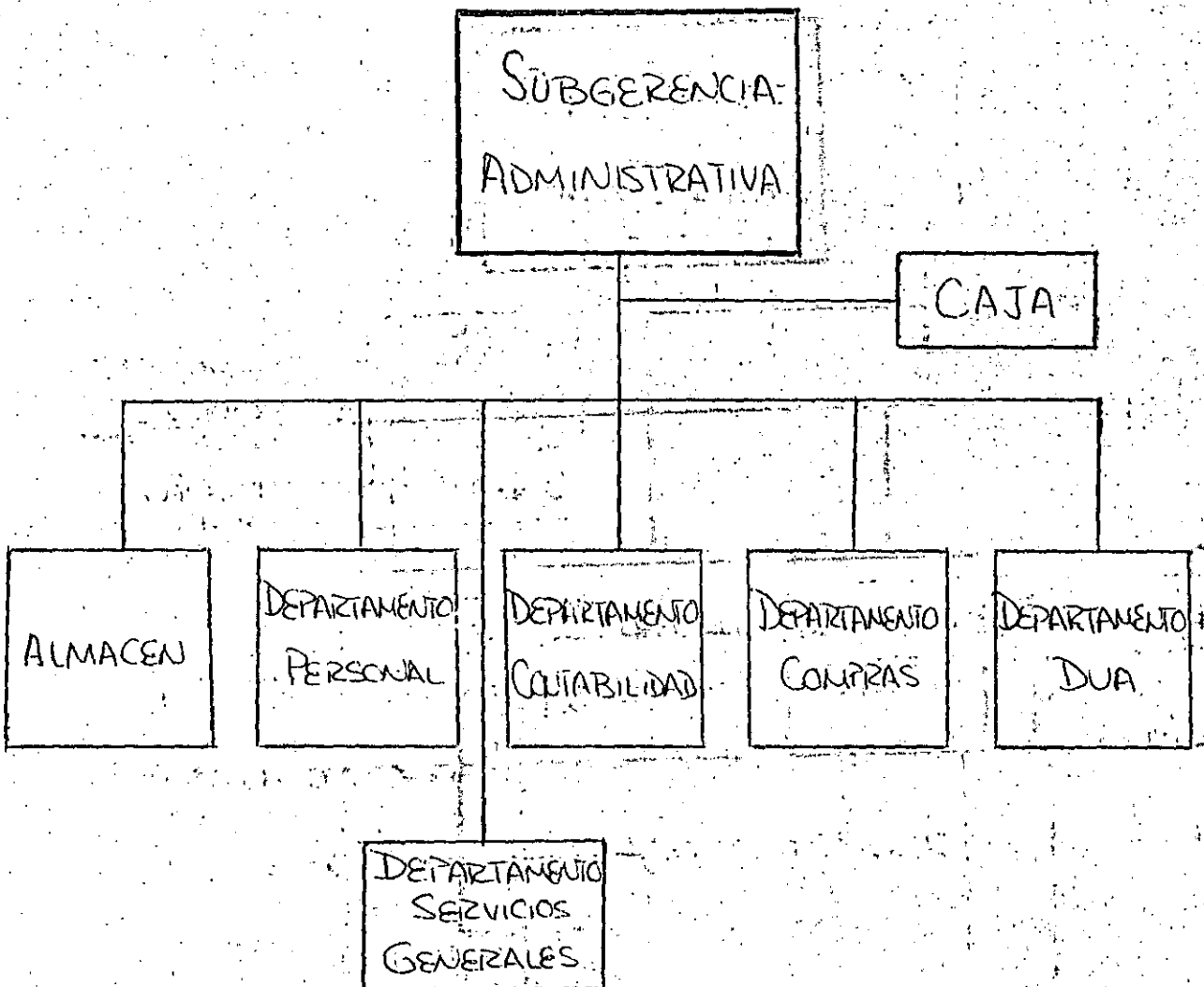
SUBGERENCIA
ADMINISTRATIVA

SUBGERENCIA
DE
INGENIERIA

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO



Lavapap (limpieza y basura)
Agua en garrafrones
Transportación terrestre

SUBGERENCIA
DE
INGENIERIA

UNIDAD
CONTROL
DE
OBRAS

CONCURSOS
CONTROL
PRESUPUESTAL
PRESUPUESTO
BASICO

SUPERINTENDENCIA
ING. CIVIL

SUPERINTENDENCIA
ELECTROMECANICA

DEPARTAMENTO
DE
MANTENIMIENTO
DE
VEHICULOS.

¿ A QUE LE DA MANTENIMIENTO LA
SUBGERENCIA DE INGENIERIA ?

- 1.- PISTA Y RODAJES
- 2.- PLATAFORMAS
- 3.- EDIFICIO TERMINAL (CON 19 S.U.E.)
- 4.- EDIFICIO DE AVIACION GENERAL (TAG.)
- ~~5.- EDIFICIO DE CREI~~
- 6.- EDIFICIO DE RAMPA
- 7.- VIALIDADES
- 8.- DRENAJES
- 9.- TALLERES

¿ QUIENES GENERAN LAS ORDENES DE TRABAJO ?

ORDENES DE TRABAJO DE RUTINA.

LAS GENERAN :

SUPERINTENDENTES.
JEFES DE TALLER } A SUS PROPIOS TALLERES

ORDENES DE TRABAJO DE NO RUTINA.

LAS GENERAN :

SUPERINTENDENTES (A OTROS TALLERES)

LINEAS AEREAS (27)

COMANDANCIA AEROPUERTO

GERENCIA DE AEROPUERTO

~~ADUANA~~

MIGRACION

SENEAM

DEPTO. ATENCION AL PASAJERO

S.S.A - (ANIMAL Y VEGETAL

ADMINISTRADOR T.A.G.

AUTORIDADES DE OFICINAS GENERALES

SUBGERENCIAS DEL AEROPUERTO

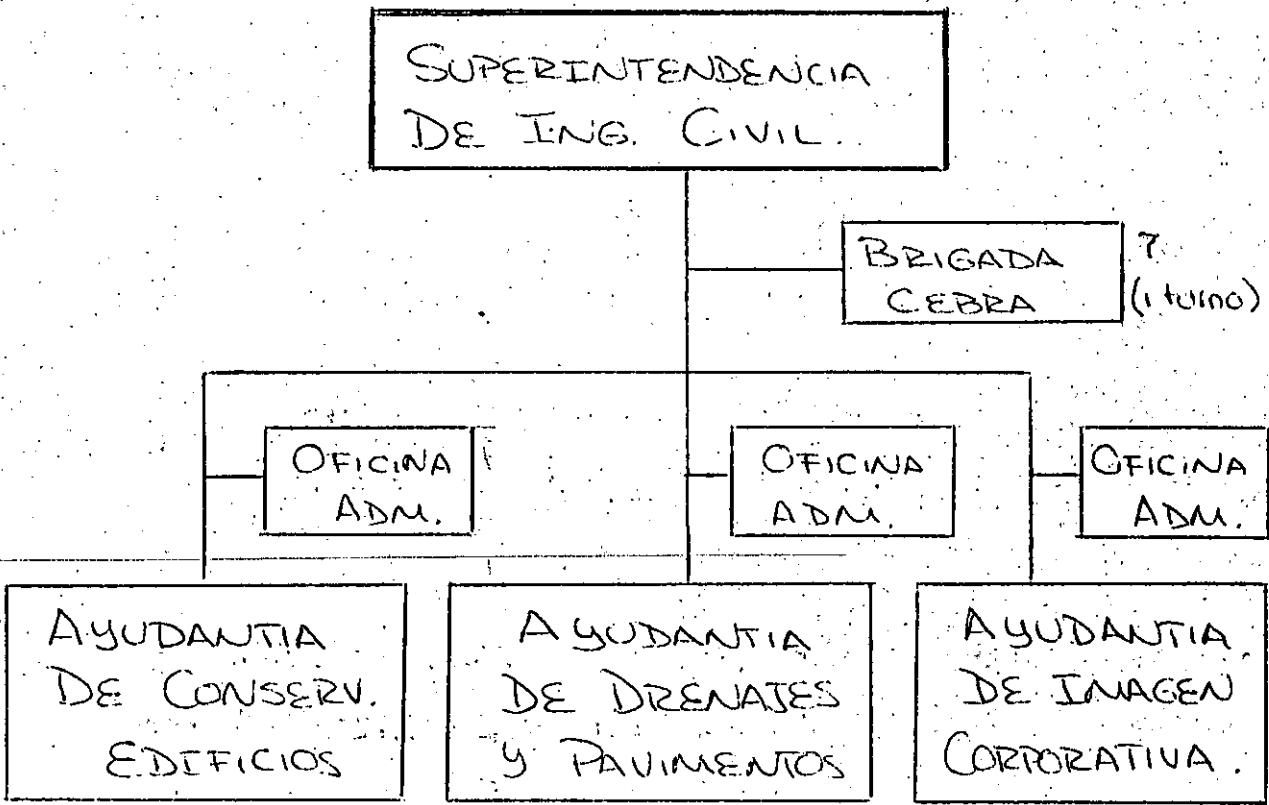
COMERCIANTES DEL AEROPUERTO (CONCESIONES)

EXISTEN VITACORAS EN CADA TALLER,
QUE SE PASAN DE TURNO A TURNO.

EXISTEN JUNTAS SEMANALES DE COORDINACION
CON AUTORIDADES Y CIAS. AEREAS PARA
INFORMAR EL AVANCE O LO EJECUTADO EN
TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DURANTE
LA SEMANA.

SE HACEN RECORRIDOS DIARIOS

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO.



- 8* Taller de pintura
- 5* Taller de albanileria
- 8* Taller de herreria
- 2* Taller de aluminio
- 2* Taller de vidrio
- 3* Taller de tapiceria
- 3* Taller de carpinteria
- 4* SERVICIOS GENERALES (apoyo eventos, mallas, cambio de muebles y apoyo a otros talleres).

- 10* Oficina drenajes (3 turnos)
- 31* Oficina de boqueo, señalamiento horizontal y deshierbe (2 turnos)

- 3* Taller de diseño Grafico (rotulación)
- 5* Jardineria (1 turno)
- 2* Eventos especiales (1 turno)

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO

SUPERINTENDENCIA ELECTROMECHANICA

OFICINA ADM.

OFICINA ADM.

OFICINA ADM.

AYUDANTIA ELECTROMECHANICA

AYUDANTIA DE INSTALACIONES

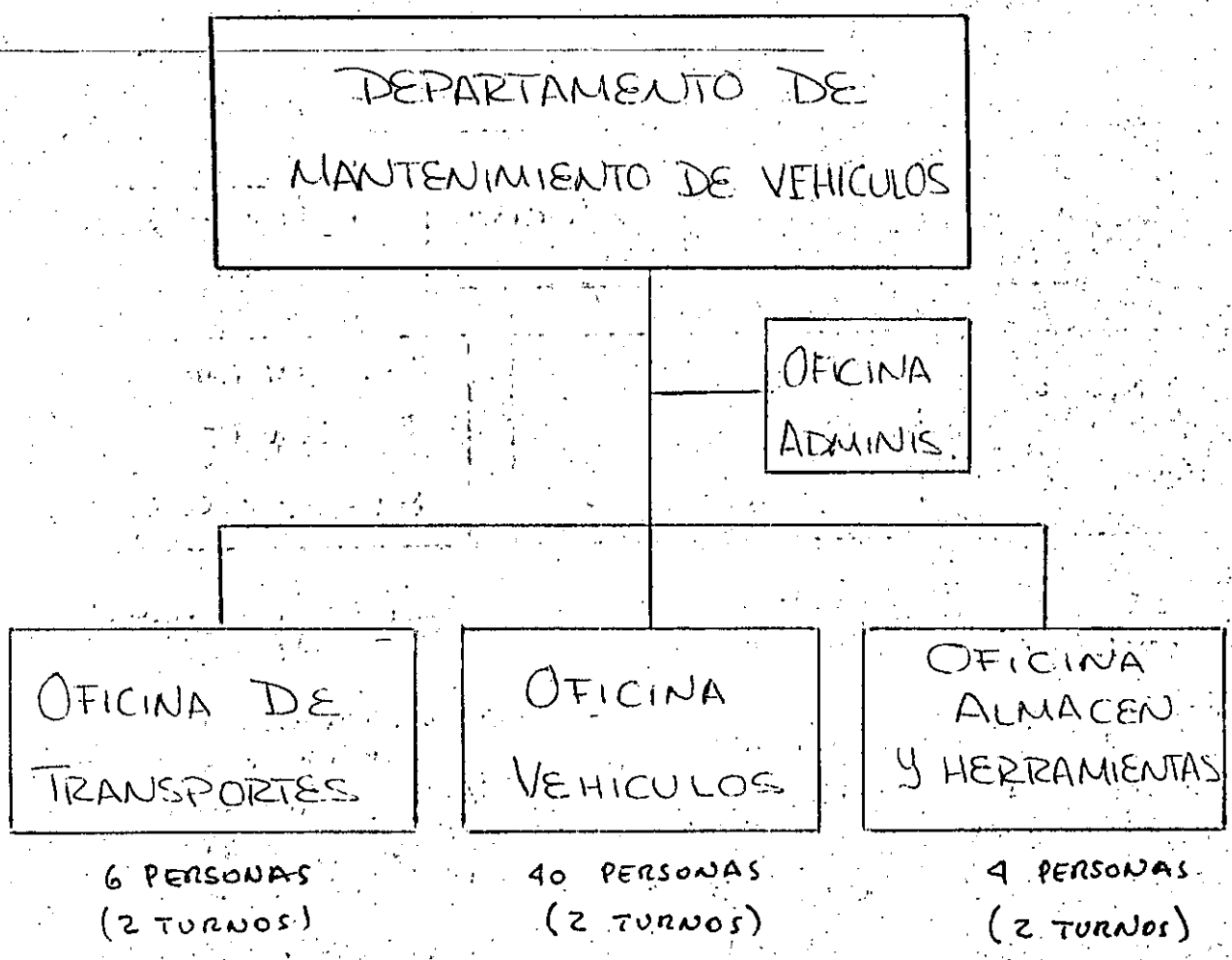
AYUDANTIA DE EQUIPOS ELECTRONICOS

- 25 • Taller de mant. electrico (3 turnos)
- 19 • Taller de plantas de emergencia y equipos de bombas (3 turnos)
- 40 • Taller de ayudas visuales (3 turnos)

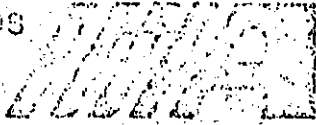
- 7 • Taller de aire acondicionado (2 turnos)
- 13 • Taller de plomeria (3 turnos)
- 6 • Taller de puertas automaticas y basculas (1 turno)
- 8 • Taller de bandas transportadoras de equipaje, elevadores y escaleras electricas (2 turnos)

- 7 • Taller electronico (2 turnos)
- 9 • Control de tableros (3 turnos)
- 10 • Sonido (3 turnos)
- 5 • Oficina comunicaciones (telefonos intercomunicación) (2 turnos)

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO



AEROPUERTOS
Y SERVICIOS
AUXILIARES



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ORDEN DE TRABAJO

12

"NO RUTINA"

No. _____

TALLER DE _____

FECHA _____

DESCRIPCION DEL TRABAJO

NORMAL URGENTE

PERSONAL ASIGNADO _____

FECHA INICIACION _____

TIEMPO ESTIMADO _____

FECHA TERMINACION _____

TIEMPO EFECTIVO _____

MATERIALES NECESARIOS

UNIDAD

CANTIDAD

TIPO ADQUISICION

GASTOS M

REQUISICION No.

OBSERVACIONES POR DEMORAS _____

EL JEFE DEL DEPTO. _____

EL JEFE DE OFICINA _____

EL JEFE DE TALLER _____

TALON DE INFORMACION

ORDEN DE TRABAJO No. _____

FECHA DE ENTREGA _____



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS,
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS,
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
DEL 2 SEPTIEMBRE AL 31 OCTUBRE DE 1986.

LA ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL.

ING. J. ANTONIO DIAZ DE LA SERNA.
(OACI)

MEXICO, D.F.

LA ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL

Los fines y objetivos de la OACI son* elaborar los principios y la técnica de la navegación aérea internacional y fomentar el establecimiento y desenvolvimiento del transporte aéreo internacional con el objeto de: a) velar por el progreso seguro y ordenado de la aviación civil internacional en todo el mundo; b) fomentar la técnica de la construcción y utilización de aeronaves para fines pacíficos; c) estimular el desarrollo de aerovías, aeropuertos e instalaciones y servicios para la navegación aérea empleados en la aviación civil internacional; d) satisfacer las necesidades de los pueblos del mundo por lo que respecta a transportes aéreos seguros, regulares, eficaces y económicos; e) evitar el despilfarro económico producido por la competencia abusiva; f) asegurar que se respeten plenamente los derechos de los Estados contratantes y que cada Estado contratante tenga oportunidad equitativa de explotar empresas de transporte aéreo internacional; g) evitar preferencias entre Estados contratantes; h) promover la seguridad de vuelo en la navegación aérea internacional; i) fomentar, en general, el desarrollo de la aeronáutica civil internacional en todos sus aspectos.

* Artículo 44 del Convenio

REQUERIDA POR LA AVIACION CIVIL INTERNACIONAL

DISPOSICIONES APLICABLES OACI

CONVENIO Artículo 28 -

Instalaciones y servicios y sistemas normalizados para la navegación aérea

Cada Estado contratante se compromete, en la medida en que lo juzgue factible a:

- a) Proveer en su territorio aeropuertos, servicios de radio, servicios meteorológicos y otras instalaciones y servicios para la navegación aérea a fin de facilitar la navegación aérea internacional, de acuerdo con las normas y métodos recomendados o establecidos oportunamente en aplicación del presente Convenio.
- b) Adoptar y aplicar los sistemas normalizados apropiados sobre procedimientos de comunicaciones, códigos, balizamiento, señales, iluminación y demás métodos y reglas de operación que se recomienden o establezcan oportunamente en aplicación del presente Convenio.
- c) Colaborar en las medidas internacionales tomadas para asegurar la publicación de mapas y cartas aeronáuticas, de conformidad con las normas que se recomienden o establezcan oportunamente, en aplicación del presente Convenio.

ANEXO 15

3

3.1.1.1 Todo Estado contratante:

- a) suministrará servicios de información aeronáutica;
o
- b) llegará a un acuerdo con uno o más de los Estados contratantes para el suministro de un servicio mixto; o
- c) delegará la autoridad para que se proporcione el servicio o una entidad extragubernamental, siempre que se satisfagan adecuadamente las normas y métodos recomendados de este Anexo.

El Estado interesado seguirá siendo el responsable de la información publicada.

3.1.4 El servicio de información aeronáutica se cerciorará de que la información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea se suministra en forma adecuada a las necesidades:

- a) del personal de operaciones de vuelo, incluso de las tripulaciones y de los servicios encargados de dar información previa al vuelo; y
- b) de la dependencia de los servicios de tránsito aéreo responsable del servicio de información de vuelo.

3.2.1 Los Estados contratantes tomarán las medidas necesarias para cerciorarse de que la información que proporcionan respecto a su territorio es exacta y oportuna. Esto implicará que se tomen las disposiciones debidas, a fin de que cada uno de los servicios de los Estados que estén relacionados con las operaciones de aeronaves, proporcionen, oportunamente, la información necesaria al servicio de información aeronáutica.

3.3.4 Los Estados establecerán, siempre que sea posible, contacto directo entre los servicios de información aeronáutica a fin de facilitar el intercambio internacional de información aeronáutica.

PUBLICACION DE INFORMACION AERONAUTICA

Las publicaciones de información aeronáutica tienen como objeto principal satisfacer las necesidades internacionales de intercambio de información aeronáutica de carácter permanente, que es esencial para la navegación aérea. Siempre que sea factible ha de presentarse en forma que facilite su utilización en vuelo.

4.1.1 Las publicaciones de información aeronáutica contendrán información actualizada relativa a los puntos que en el Apéndice 1 aparecen en tipo romano y en el orden en que figuran los mismos, excepto que, en los casos en que las AIP, o carpetas AIP se hayan previsto para facilitar su utilización operacional en vuelo, el formato y disposición precisos pueden quedar a discreción del Estado, a condición de que se incluya un índice adecuado.

4.1.3 Las cartas aeronáuticas que se enumeran alfabéticamente a continuación, cuando estén disponibles para aeropuertos internacionales designados, formarán parte de las AIP, o se distribuirán por separado a quienes reciban las AIP:

- a) planos de aeródromo;
- b) planos de obstáculos de aeródromo - Tipo A;
- c) cartas de aproximación por instrumentos;
- d) cartas de aterrizaje;
- e) cartas de área terminal; y
- f) cartas de aproximación visual.

APENDICE 1.

2. Aeródromos (AGA)

2.0 - Introducción

Breve descripción de las disposiciones relativas a instalaciones y servicios de aeródromos y a las ayudas terrestres para la navegación aérea internacional, comprendidas:

- 1) las direcciones postal y telegráfica de la autoridad general del aeródromo;
- 2) las condiciones generales en que los aeródromos e instalaciones conexas están disponibles para uso internacional;
- 3) los documentos OACI aplicables;
- 4) una lista de diferencias significativas entre los reglamentos y métodos nacionales del Estado y las correspondientes disposiciones de la OACI;
- 5) el método utilizado para calcular el coeficiente y el nivel de

rozamiento en la pista por debajo del cual el Estado declarará que es resbaladiza cuando está mojada;

5

- 6) un plan para la nieve para cada aeródromo (regular y de alternativa) utilizado por el transporte aéreo comercial internacional en el que normalmente se presentan condiciones de nieve, con la información que se enumera a continuación:
 - a) autoridad o autoridades responsables de la remoción de nieve y de la medición, mejora y notificación de las condiciones en que se encuentran los pavimentos;
 - b) métodos utilizados para la eliminación de la nieve, hielo, nieve fangosa y agua estancada, por ejemplo: arado quitanieves, barredoras, máquinas lanzanieves, etc.; detalles de todo método químico que se utilice para despejar las áreas de movimiento;
 - c) métodos empleados para medir el espesor y determinar las características de los depósitos en las áreas de movimiento;
 - d) métodos aplicados para la medición de la eficacia del frenado; por ejemplo, el equipo y sistema de ensayos empleados;
 - e) principios utilizados para determinar los valores en la eficacia del frenado;
 - f) tabla de coeficientes de rozamiento;
 - g) información sobre cuándo y cómo se mejorará la eficacia del frenado;
 - h) criterio general relativo a las prioridades establecidas para las operaciones de limpieza de las áreas de movimiento;
 - i) criterio general relativo a la coordinación entre las empresas explotadoras, el ATC y las autoridades aeroportuarias para que los procedimientos eficaces empleados para quitar la nieve sean compatibles con la utilización máxima del aeródromo;
 - j) detalles de los procedimientos y quiénes son responsables de suministrar información actualizada a los usuarios.
- 7) Una indicación de
 - a) los aeródromos en los cuales suelen concentrarse las aves;
 - b) mapas indicativos de las zonas en la vecindad de dichos aeródromos en las cuales se alimentan y se posan las aves;
 - c) movimientos diarios de importancia entre las zonas utilizadas por las aves para posarse o para alimentarse, en la medida de lo posible; y
 - d) información sobre las medidas tomadas para la dispersión de las aves.

2.1 Aeropuertos internacionales

6

Breve descripción de los aeropuertos y helipuertos internacionales, que comprenda:

- 1) nombre de la ciudad o población a que da servicio el aeródromo y nombre del aeródromo;
- 2) designación del aeródromo como aeropuerto aduanero, de conformidad con el Artículo 10 del Convenio de Aviación Civil Internacional, o como aeródromo sanitario, o ambas cosas, de acuerdo con el Reglamento Sanitario Internacional;
- 3) tipo de tráfico que puede utilizar el aeródromo (regular, no regular, privado);
- 4) tipos de servicios de despacho (aduanero, inmigración, sanitario) y horas de servicio;
- 5) limitaciones reglamentarias impuestas a la utilización del aeródromo;
- 6) arreglos relativos al tránsito directo.

2.2 Aeródromos que pueden ser utilizados por el transporte aéreo comercial internacional

(L - se refiere únicamente a los aeródromos terrestres)

(W - se refiere únicamente a los hidroaeródromos)

Descripción detallada de los aeródromos designados para uso de los servicios aéreos regulares internacionales o usados normalmente por el transporte aéreo internacional no regular, por remuneración o alquiler, con fines de tráfico, técnicos o de desviación, que comprenda:

- 1) nombre de la ciudad o población a que da servicio el aeródromo y nombre del aeródromo;
- 2) emplazamiento y coordenadas geográficas del punto de referencia del aeródromo;
- 3) distancia y dirección del aeródromo respecto al centro de la ciudad o población;
- 4) elevación del aeródromo;
- 5) temperatura de referencia del aeródromo (véase Anexo 14, Capítulo 2,2.3);
- 6) declinación magnética redondeada al grado más próximo, incluida la fecha de la información;
- 7) cuando sea apropiado, la altitud de transición (véase 5.2);

- 8) horas de servicio del aeródromo, y de funcionamiento de los servicios de tránsito aéreo; 7
- 9) explotador del aeródromo o autoridad administrativa;
- 10) dirección postal;
- 11) direcciones telegráficas;
- 12) número(s) de teléfono;
- 13) facilidades para pernoctar;
- 14) servicio de restaurante;
- 15) instalaciones y servicios médicos;
- 16) medios de transporte disponibles en el aeródromo;
- 17) elementos disponibles para el manejo de carga en el aeródromo y en el apartadero de ferrocarril más próximo, o en ambos;
- 18) tipos y grados de combustible;
- 19) tipos y grados de lubricantes;
- 20) oxígeno y medios conexos para este servicio de las aeronaves;
- 21) instalaciones y servicios de reabastecimiento de combustible y restricciones al respecto;
- 22) espacio normalmente disponible en los hangares para las aeronaves de paso;
- 23) servicio de reparaciones normalmente disponible para las aeronaves de paso;
- 24) servicios y equipo de salvamento y extinción de incendios;
- 25) L disponibilidad según la estación del año; servicio quita-
nieves;
W disponibilidad según la estación del año; medios para la
remoción de obstáculos en la superficie;
- 26) restricciones locales de vuelo;
- 27) a) situación y elevación de los emplazamientos para la veri-
ficación del altímetro antes del vuelo;
b) situación de los puntos de comprobación del VOR en el
aeródromo;
c) coordenadas geográficas - aproximadas por lo menos a una
décima de minuto - de los lugares de la plataforma con
los cuales las aeronaves equipadas con sistemas de nave-

gación por inercia pueden alinear y programar su equipo antes de la salida;

Nota.- Puede utilizarse un plano de aeródromo para dar estas indicaciones.

- 28) datos meteorológicos necesarios para la aplicación de los requisitos de performance de despegue;
- 29) L pendientes de cada pista y zonas de parada, zonas libres de obstáculos y franjas correspondientes y elevaciones de los umbrales y de otros puntos importantes de cada pista;
- 30) L designaciones, rumbos geográficos, dimensiones, resistencia y superficie de cada una de las pistas y zonas de parada correspondientes y dimensiones de las zonas libres de obstáculos y franjas, tipo de pista, y para una pista de aproximaciones de precisión de Categoría I, la existencia de una zona despejada de obstáculos, número o números de cálculo de coeficiente de rozamiento en la superficie de la pista para cada una de ellas y, cuando corresponda, información de que una pista es resbaladiza cuando está mojada, de conformidad con el nivel mínimo de rozamiento en la pista especificado por el Estado;
- W designaciones, rumbos geográficos, dimensiones y profundidades de cada uno de los canales y zonas libres de obstáculos correspondientes;
- 31) L resistencia y superficie de las áreas de movimiento de los aeródromos, aparte de las pistas y calles de rodaje;
- W estado de la superficie, variación de las mareas, delineación del área de movimiento y profundidad y anchura de los canales de deslice;
- 32) L sistema de guía para el rodaje;
- W ayudas para el deslice;
- 33) ayudas visuales de localización (véase Anexo 14, Capítulo 5);
- 34) indicadores y dispositivos de señales en tierra;
- 35) ayudas de iluminación;
- 36) iluminación de emergencia;
- 37) señalamiento e iluminación de obstáculos;
- 38) ayudas de señalamiento;
- 39) obstáculos en las áreas de aproximación y de despegue y distancias declaradas para cada dirección de cada pista, es decir:

- a) recorrido de despégue disponible;
- b) distancia de aceleración-parada disponible;
- c) distancia de despegue disponible;
- d) distancia de aterrizaje disponible;

NOTA 1.- El Anexo 14, Adjunto B, Sección 4, contiene texto de orientación sobre distancias declaradas. Cuando no se facilita una distancia declarada debido a que la pista únicamente es utilizable en un solo sentido, dicha pista debería identificarse como "no utilizable" para despegue, aterrizaje, o ambos".

NOTA 2.- Para satisfacer estos requisitos puede utilizarse un plano de obstáculos de aeródromo.

NOTA 3.- El Anexo 4 especifica (3.1.2), que se publicará una notificación de que no existen obstáculos destacados en el área de la trayectoria de vuelo de despegue.

- 40) W anclajes, muelles y medios de embarque y desembarque de pasajeros.
- 41) una indicación de los medios disponibles para el retiro de las aeronaves inutilizadas en el área de movimiento o en sus inmediaciones.

2.3 - Guía de aeródromos

(L - se refiere únicamente a aeródromos)

(W - se refiere únicamente a hidro-aeródromos)

Breve descripción de los aeródromos que utiliza la aviación civil internacional (enumerando los helipuertos por separado) que comprenda:

- 1) nombre de la ciudad o población a que da servicio el aeródromo y nombre del aeródromo;
- 2) coordenadas geográficas del punto de referencia del aeródromo;
- 3) distancia y dirección del aeródromo al centro de la ciudad o población;
- 4) elevación del aeródromo y temperatura de referencia del aeródromo (véase Anexo 14, Capítulo 2, 2.2 y 2.3);
- 5) L designación, dimensiones y pendientes longitudinales de cada pista y de las zonas de parada y zonas libres de obstáculos correspondientes;
W designación y dimensiones de cada canal y de las zonas libres de obstáculos correspondientes;
- 6) L resistencia y superficie de cada pista;

- W profundidad de los canales;
- 7) ayudas de iluminación;
- 8) espacio de hangar, combustible y medios de reparación disponibles normalmente para las aeronaves de paso;
- 9) horas de funcionamiento del aeródromo;
- 10) W instalaciones de amarre y varada;
- 11) explotador del aeródromo o autoridad administrativa.

2.4 Luces aeronáuticas de superficie

Una lista de luces aeronáuticas de superficie (incluso faros de aeródromo, faros de peligro, faros de identificación) y otros faros que designen una posición geográfica, que comprenda:

- 1) nombre de la ciudad, población u otra identificación del faro;
- 2) tipo de faro;
- 3) características de la señal (caracteres de identificación, si corresponde);
- 4) horas de funcionamiento del faro;
- 5) intensidad lumínica, en millares de candelas;
- 6) posición del faro en latitud y longitud.

PLANO DE OBSTACULOS DE AERODROMO — //

OACI TIPO A (LIMITACIONES DE UTILIZACIÓN)

Nota de introducción 1.— Los Planos de obstáculos de aeródromo — OACI tipo A (Limitaciones de utilización) tienen, junto con los planos de obstáculos de aeródromo — OACI tipo C (Capítulo 5), la sola finalidad de proporcionar los datos necesarios para que los explotadores puedan cumplir las limitaciones de utilización prescritas en el Anexo 6, Partes I y II, Capítulo 5.

Nota de introducción 2.— En el Manual de cartas aeronáuticas (Doc 8697), se da una explicación de la finalidad que se persigue y de la utilización de estos planos.

3.1.— Aplicación

3.1.1 Los Planos de obstáculos de aeródromo — OACI tipo A (Limitaciones de utilización) se proporcionarán en la forma estipulada en 1.3.2 respecto a todos los aeródromos utilizados regularmente por la aviación civil internacional, excepto respecto a aquellos aeródromos en los que no haya obstáculos destacados en las áreas de la trayectoria de despegue.

3.1.2 Si no se requiere un plano porque no existen obstáculos destacados en el área de la trayectoria de despegue, se publicará una notificación a este efecto.

3.2.— Unidades de medida

3.2.1 Se indicarán las elevaciones y dimensiones lineales, redondeando al medio metro o pie más próximo.

3.3.— Cobertura y escala

3.3.1 Cada vista en planta se extenderá lo suficiente para cubrir todos los obstáculos destacados.

Nota.— Los obstáculos destacados que estuvieran aislados y distantes y cuya inclusión obligara a aumentar innecesariamente el tamaño de la hoja podrían indicarse mediante una flecha, siempre que se den la distancia y marcación desde el extremo de la pista más alejado, así como la elevación.

3.3.2 La escala horizontal estará comprendida entre 1:10 000 y 1:15 000.

Nota.— Podrá utilizarse la escala de 1:20 000 cuando con ello se acelere la producción de los planos.

3.3.3 Recomendación.— Siempre que sea posible, la escala horizontal debería ser de 1:10 000.

3.3.4 La escala vertical será 10 veces la escala horizontal.
1:1000 o 1:1500

3.3.5 Escalas lineales. En los planos figurarán escalas lineales horizontales y verticales tanto en metros como en pies.

3.4.— Formato

3.4.1 Los planos contendrán la planta y el perfil de cada pista, su correspondiente zona de parada y zona libre de obstáculos, el área de la trayectoria de despegue, y los obstáculos destacados.

3.4.2 El perfil de cada pista, zona de parada, zona libre de obstáculos y obstáculos del área de la trayectoria de despegue, se indicarán inmediatamente encima de la planta correspondiente. El perfil del área de una trayectoria de despegue de alternativa incluirá la proyección lineal de toda la trayectoria de despegue y figurará encima de la planta correspondiente en la forma más adecuada para la fácil interpretación de la información.

3.4.3 Se trazará la cuadrícula de perfil en toda el área de perfil excepto la pista. El cero correspondiente a las coordenadas verticales será el nivel medio del mar. El cero correspondiente a las coordenadas horizontales será el extremo de la pista más alejado del área de la trayectoria de despegue correspondiente. A lo largo de la base de la cuadrícula y a lo largo de los márgenes verticales habrá líneas de graduación que indiquen las subdivisiones de los intervalos.

3.4.3.1 Recomendación.— Los intervalos de la cuadrícula vertical deberían ser de 30 m (100 ft) y los de la horizontal de 300 m (1 000 ft).

3.4.4 En el plano se incluirán:

- una casilla para registrar los datos de operación especificados en 3.6.3;
- una casilla para registrar las enmiendas y fechas de las mismas.

3.5.— Declinación magnética

3.5.1 Se anotará en el plano la declinación magnética al grado más próximo y la fecha de esa información.

3.6.— Datos aeronáuticos

3.6.1 Obstáculos

3.6.1.1 Los obstáculos en el área de la trayectoria de despegue que sobresalgan de una superficie plana que tenga una pendiente de 1,2% y el mismo origen que el área de la trayectoria de despegue, se considerarán como obstáculos destacados, excepto los que se encuentren totalmente por debajo de la sombra de otros obstáculos destacados, según se define en 3.6.1.2 que no habrá necesidad de representarlos. Los obstáculos móviles tales como los barcos, trenes, camiones, etc., que puedan proyectarse por encima del plano de 1,2% se considerarán obstáculos destacados pero no capaces de producir sombra.

3.6.1.2 La sombra de un obstáculo se considera que es una superficie plana que se origina en una línea horizontal que pasa por la parte superior del obstáculo en ángulo recto respecto al eje del área de la trayectoria de despegue. El plano abarca la anchura completa del área de la trayectoria de despegue y se extiende hasta el plano definido en 3.6.1.1, o hasta el próximo obstáculo destacado más alto si éste se presenta primero. En los primeros 300 m (1 000 ft) del área de la trayectoria de despegue, los planos de sombra son horizontales y más allá de ese punto tienen una pendiente hacia arriba de 1,2%.

3.6.1.3 Si hay probabilidad de que el Estado contratante elimine el obstáculo destacado que produce sombra, se indicarán los objetos que se convertirían en obstáculos destacados al eliminarlo.

3.6.2 Área de la trayectoria de despegue

3.6.2.1 El área de la trayectoria de despegue consiste en una zona cuadrilátera sobre la superficie del terreno que se halla directamente debajo de la trayectoria de despegue y dispuesta simétricamente respecto a ésta. Esta zona tiene las características siguientes:

- a) empieza en el extremo del área que se haya declarado adecuada para el despegue (es decir, en el extremo de la pista, o zona libre de obstáculos, según corresponda);
- b) su anchura en el punto de origen es de 180 m (600 ft) y esta anchura aumenta hasta un máximo de 1 800 m (6 000 ft), a razón de 0,25D, siendo D la distancia desde el punto de origen;
- c) se extiende hasta el punto pasado el cual no existen obstáculos destacados o hasta una distancia de 10,0 km (5,4 NM), de las dos distancias la que sea menor.

3.6.2.2 Respecto a las pistas destinadas a aeronaves cuyas limitaciones de utilización no les impidan seguir una pendiente de trayectoria de despegue inferior al 1,2%, la extensión del área de la trayectoria de despegue especificada en 3.6.2.1 c) se aumentará a 12,0 km (6,5 NM) como mínimo, y la pendiente de la superficie plana especificada en 3.6.1.1 y 3.6.1.2 se reducirá al 1,0% o a un valor inferior.

Nota.— Cuando el plano imaginario, con una pendiente de 1,0%, no toque ningún obstáculo, dicho plano puede bajarse hasta que toque al primer obstáculo.

3.6.3 Distancias declaradas

3.6.3.1 En el espacio previsto, se anotará la información siguiente relativa a ambos sentidos de cada pista:

- a) recorrido de despegue disponible;
- b) distancia de aceleración-parada disponible;
- c) distancia de despegue disponible;
- d) distancia de aterrizaje disponible.

Nota 1.— El Anexo 14, Adjunto A, Sección 3, contiene texto de orientación sobre distancias declaradas.

Nota 2.— Cuando no se facilita una distancia declarada debido a que la pista únicamente es utilizable en un solo sentido, dicha pista debería identificarse como "no utilizable para despegue, aterrizaje, o ambos".

3.6.4 Vistas en planta y de perfil

3.6.4.1 En la vista en planta se indicará:

- a) el contorno de cada pista mediante una línea continua, su longitud y anchura; su marcación magnética redondeada al grado más próximo y el número de pista;
- b) el contorno de cada zona libre de obstáculos mediante una línea de trazos, su longitud y la forma de identificarla como tal;
- c) el contorno de las áreas de trayectoria de despegue mediante una línea de trazos y su eje mediante una línea fina de trazos cortos y largos;
- d) las áreas de trayectorias de despegue de alternativa que pudiera haber con eje distinto a la prolongación del eje de pista con una nota aclaratoria explicando el significado de dichas áreas;
- e) los obstáculos, comprendidos:

- 1) el emplazamiento exacto de cada obstáculo destacado junto con un símbolo que defina su tipo;
- 2) la elevación e identificación de cada obstáculo destacado;
- 3) los límites de penetración de los obstáculos destacados de gran tamaño en una forma clara identificada en la clave.

Nota.— Esto no excluye la necesidad de indicar las cotas críticas en el área de la trayectoria de despegue.

3.6.4.1.1 Recomendación.— *Debería indicarse la naturaleza de las superficies de las pistas y zonas de parada.*

3.6.4.1.2 Recomendación.— *Las zonas de parada deberían identificarse como tales y representarse mediante una línea de trazos.*

3.6.4.1.3 Siempre que se representen las zonas de parada, se indicará la longitud de cada una.

3.6.4.2 En la vista de perfil se indicará:

- a) el perfil del eje de la pista mediante una línea continua y los de los ejes de las correspondientes zonas de parada y zonas libres de obstáculos mediante una línea de trazos;
- b) la elevación del eje de la pista en cada extremo de ésta, en la zona de parada y en el origen de cada área de trayectoria de despegue, así como en cada punto en el que haya una variación importante de pendiente de la pista o zona de parada;
- c) los obstáculos comprendidos:
 - 1) cada obstáculo destacado mediante una línea continua vertical que se extienda desde una línea

conveniente de cuadrícula, pasando por lo menos por otra línea de cuadrícula, hasta una elevación igual a la cima del obstáculo;

- 2) la identificación (para fines de enmiendas) de cada obstáculo destacado;
- 3) los límites de penetración de los obstáculos destacados de gran tamaño en una forma clara identificada en la clave.

Nota.— Puede indicarse el perfil de los obstáculos mediante una línea que una las cimas de los obstáculos destacados y represente la sombra producida por sucesivos obstáculos destacados.

3.7.— Precisión

3.7.1 *Recomendación.— Las dimensiones horizontales y las elevaciones de la pista, zona de parada y zona libre de*

13
obstáculos, que han de imprimirse en el plano deberían determinarse redondeando al 0,5 m (1 ft) más próximo.

3.7.2 *Recomendación.— El orden de exactitud de los levantamientos topográficos y la precisión en la producción de planos deberían ser tales que en las áreas de trayectoria de despegue el error de las mediciones efectuadas a base del plano no exceda de los siguientes valores:*

- 1) *distancias horizontales: 5 m (15 ft) en el punto de origen aumentando a razón de 1 por 500;*
- 2) *distancias verticales: 0,5 m (1,5 ft) en los primeros 300 m (1 000 ft) aumentando a razón de 1 por 1 000.*

3.7.3 Si la precisión de los datos es menor que la indicada en 3.7.1 y 3.7.2, en el plano se insertará una nota en la que se indique el orden de precisión logrado.

3.7.4 *Plano de referencia.* Cuando no se disponga de un plano de referencia exacto para el levantamiento topográfico, se indicará la elevación supuesta de ese plano.

PLANO DE OBSTACULOS DE AERODROMO - OACI
TIPO A (LIMITACIONES DE UTILIZACION)

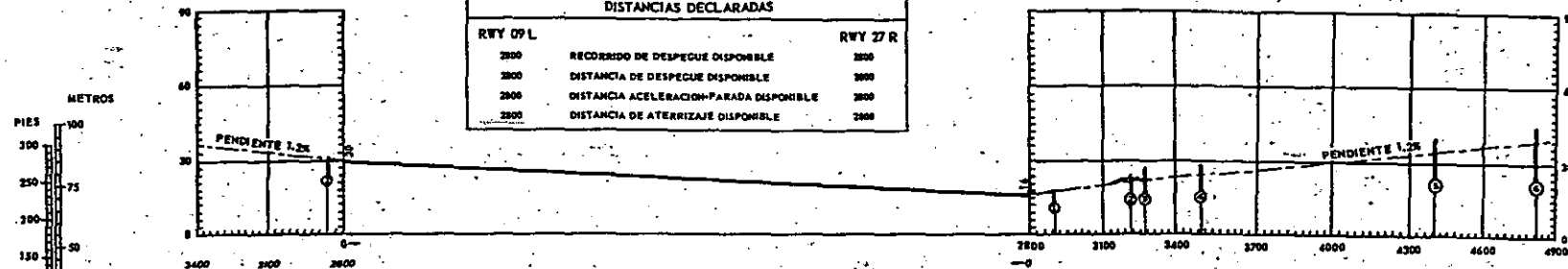
DONLON/Interaccional

DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN METROS

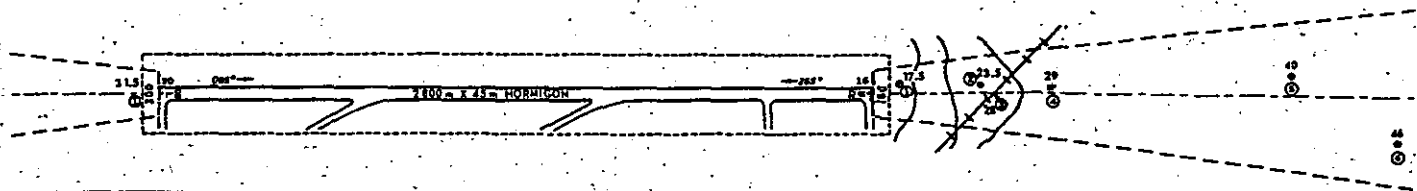
DECLINACION MAGNETICA 3° W ENERO 1966

RWY 27 R/09 L

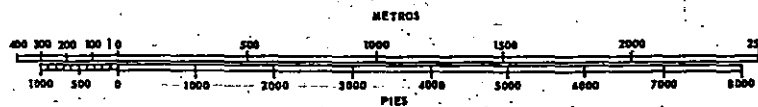
DISTANCIAS DECLARADAS		
RWY 09 L	RWY 27 R	
2000	RECORRIDO DE DESPEQUE DISPONIBLE	2000
2000	DISTANCIA DE DESPEQUE DISPONIBLE	2000
2000	DISTANCIA ACELERACION-PARADA DISPONIBLE	2000
2000	DISTANCIA DE ATERRIZAJE DISPONIBLE	2000



ESCALA VERTICAL 1:1,500



ESCALA HORIZONTAL 1:15,000



CLAVE	
NUMERO DE IDENTIFICACION	①
POSTE, TORRE, CAMPANARIO, ANTENA, ETC.	⊙
EDIFICIO O ESTRUCTURA GRANDE	■
FERROCARRIL	—+—+—+—+—
TORRENO QUE PENETRA PLANO OBSTACULOS	—+—+—+—+—

REGISTRO DE ENMIENDAS		
NUM.	FECHA	ANOTADA POR

14

PLANO DE OBSTACULOS DE AERODROMO — OACI TIPO B

15

Nota de introducción 1.— Los Planos de obstáculos de aeródromo — OACI tipo B, tienen por objeto satisfacer las siguientes funciones:

- a) la determinación de las alturas mínimas de seguridad incluso las pertinentes a los procedimientos de vuelo en circuito;
- b) la determinación de los procedimientos que han de seguirse en caso de una emergencia durante el despegue o el aterrizaje;
- c) la aplicación de los criterios de franqueamiento y señalización de obstáculos; y
- d) el suministro de datos para las cartas aeronáuticas.

Nota de introducción 2.— En el Manual de cartas aeronáuticas (Doc 8697) se da una explicación de la finalidad que se persigue y de la utilización de estos planos.

4.1.— Aplicación

4.1.1 Si se preparan Planos de obstáculos de aeródromo — OACI tipo B, se ajustarán a las normas dadas en este capítulo.

4.1.2 Cuando pueda disponerse de un plano que combine las especificaciones de los Capítulos 3 y 4, se denominará Plano de obstáculos de aeródromo — OACI (detallado y completo).

4.2.— Unidades de medida

4.2.1 Se indicarán las elevaciones y dimensiones lineales redondeando al medio metro o pie más próximos.

4.3.— Cobertura y escala

4.3.1 Cada vista en planta se extenderá lo suficiente para cubrir todos los obstáculos destacados.

Nota.— Los obstáculos destacados que estuvieran aislados y distantes y cuya inclusión obligara a aumentar innecesariamente el tamaño de la hoja, podrían indicarse mediante una flecha, siempre que se den la distancia y marcación desde el punto de referencia del aeródromo así como la elevación.

4.3.2 La escala horizontal estará comprendida entre 1:10 000 y 1:20 000.

4.3.3 En los planos figurará una escala horizontal en metros y en pies. Cuando sea necesario se indicará también una escala lineal de kilómetros y otra de millas marinas.

4.4.— Formato

4.4.1 En los planos se incluirá:

- a) toda explicación necesaria de la proyección utilizada;
- b) toda identificación necesaria de la cuadrícula utilizada;
- c) una anotación indicando que los obstáculos son aquellos que penetran en las superficies especificadas en el Anexo 14, Capítulo 4;
- d) una casilla para registrar las enmiendas y fechas de las mismas;
- e) fuera del borde del plano cada minuto de latitud y longitud en grados y minutos.

Nota.— Las líneas de latitud y longitud podrán trazarse sobre el plano.

4.5.— Construcciones y topografía

4.5.1 Los detalles de desagüe y los hidrográficos se reducirán al mínimo.

4.5.2 Se indicarán los edificios y otras características salientes relacionadas con el aeródromo. Siempre que sea posible se representarán a escala:

4.5.3 Se indicarán todos los objetos ya sean construcciones u obstáculos naturales, que sobresalgan de las superficies de despegue y de aproximación mencionadas en 4.7, o de las superficies limitadoras de obstáculos especificadas en el Anexo 14, Capítulo 4.

4.5.4 Se indicarán las carreteras y ferrocarriles dentro del área de despegue y de aproximación, que haya a menos de 600 m (2 000 ft) del extremo de la pista o de sus prolongaciones.

Nota.— Se indicarán los nombres geográficos de las características, si son importantes.

4.6.— Declinación magnética

4.6.1 En el plano se representará la rosa de los vientos orientada al norte verdadero, o a un punto norte, indicando la declinación magnética redondeando al grado más próximo y la fecha de la información magnética y variación anual.

4.7.— Datos aeronáuticos

4.7.1 En los planos se indicará:

- a) el punto de referencia de aeródromo y su posición geográfica;

- b) el contorno de las pistas mediante una línea continua;
- c) la longitud y anchura de la pista;
- d) la marcación magnética de la pista redondeada al grado más próximo y su número;
- e) la elevación del eje de la pista en cada extremo de la misma, en la zona de parada y en el origen de cada área de despegue y de aproximación y en cada punto de la pista y zona de parada con variación importante de pendiente;
- f) las calles de rodaje, plataformas y áreas de estacionamiento identificadas como tales, y sus correspondientes contornos mediante una línea continua;
- g) las zonas de parada identificadas como tales y representadas por una línea de trazos;
- h) la longitud de cada zona de parada;
- i) las zonas libres de obstáculos identificadas como tales y representadas por una línea de trazos;
- j) la longitud de cada zona libre de obstáculos;
- k) las superficies de despegue y de aproximación, identificadas como tales y representadas por una línea de trazos;
- l) las áreas de despegue y de aproximación;
- m) los obstáculos destacados en su emplazamiento exacto, comprendiendo:
 - 1) un símbolo que designe su tipo;
 - 2) la elevación;
 - 3) la identificación;
 - 4) los límites de penetración de los obstáculos de gran tamaño en una forma clara identificada en la clave.

Nota. — Esto no incluye la necesidad de indicar las cotas críticas dentro de las áreas de despegue y de aproximación;

- n) todos los demás obstáculos, según se determina en 3.6.1.1, incluyendo los que se encuentren en la sombra de un obstáculo destacado, los cuales en otras circunstancias no se indicarían.

Nota. — Las especificaciones del Anexo 14, Capítulo 4, son requisitos mínimos. Cuando la autoridad competente haya

establecido superficies más bajas, éstas podrán utilizarse para determinar los obstáculos destacados. 16

4.7.1.1 Recomendación. — Debería indicarse la naturaleza de las superficies de las pistas y zonas de parada.

4.7.1.2 Recomendación. — Cuando sea factible, debería indicarse en forma destacada el objeto u obstáculo más alto entre áreas de aproximación adyacentes dentro de un radio de 5 000 m (15 000 ft) desde el punto de referencia del aeródromo.

4.7.1.3 Recomendación. — Deberían representarse las áreas de bosque y las características topográficas, partes de las cuales constituyan obstáculos destacados.

4.8.— Precisión

4.8.1 Recomendación. — Las dimensiones horizontales y las elevaciones del área de movimiento, zonas de parada y zonas libres de obstáculos, que hayan de imprimirse en el plano, deberían determinarse redondeando al 0,5 m (1 ft) más próximo.

4.8.2 Recomendación. — El orden de exactitud de los levantamientos topográficos y la precisión de la producción de planos deberían ser tales que el error de los datos obtenidos no exceda de los siguientes valores:

a) Áreas de despegue y de aproximación:

1) distancias horizontales: 5 m (15 ft) en el punto de origen, aumentando a razón de 1 por 500;

2) distancias verticales: 0,5 m (1,5 ft) en los primeros 300 m (1 000 ft) aumentando a razón de 1 por 1 000.

b) Otras áreas:

1) distancias horizontales: 5 m (15 ft) a menos de 5 000 m (15 000 ft) del punto de referencia del aeródromo y 12 m (40 ft) más allá de dicha área;

2) distancias verticales: 1 m (3 ft) a menos de 1 500 m (5 000 ft) del punto de referencia del aeródromo, aumentando a razón de 1 por 1 000.

4.8.3 Si la precisión de los datos es menor que la indicada en 4.8.1 y 4.8.2, en el plano se insertará una nota que indique el orden de precisión logrado.

4.8.4 Plano de referencia. Cuando no se disponga de un plano de referencia exacto para el levantamiento topográfico, se indicará la elevación supuesta de ese plano.

17

PLANO DE OBSTACULOS DE AERODROMO — OACI TIPO C

5.1.— Función

5.1.1 En este plano, si se prepara se proporcionarán los datos necesarios sobre obstáculos para que el explotador pueda preparar los procedimientos para cumplir con las limitaciones de utilización del Anexo 6, Partes I y II, Capítulo 5, mencionándose especialmente la información sobre los obstáculos que limiten la masa máxima admisible de despegue, y también para:

- a) determinar las alturas mínimas de seguridad, incluso las pertinentes a los procedimientos de vuelo en circuito;
- b) determinar los procedimientos que han de seguirse en caso de una emergencia durante el despegue o el aterrizaje;
- c) suministrar datos para las cartas aeronáuticas.

Nota.— En el Manual de cartas aeronáuticas (Doc 8697) se da una explicación de la finalidad que se persigue y de la utilización de estos planos.

5.2.— Aplicación

5.2.1 Este plano no se requiere si:

- a) se publican en la AIP los datos sobre obstáculos especificados en 5.1.1; o
- b) no existen obstáculos destacados y este hecho se publica en la AIP.

5.3.— Cobertura y escala

5.3.1 La extensión de cada plano será suficiente para:

- a) abarcar todos los obstáculos destacados, incluyendo los que se encuentren a la sombra de otro obstáculo destacado, en el área de la trayectoria de despegue que sobresalgan de una superficie plana que tenga una pendiente de 1,2% y el mismo origen que el área de la trayectoria de despegue. Se tendrán en cuenta obstáculos móviles, tales como barcos, trenes, camiones, etc., que pudieran sobresalir por encima del plano de 1,2% de pendiente;
- b) abarcar todos los obstáculos de más de 120 m (400 ft) por encima de la elevación mínima de la pista o pistas, cuya presencia pueda influir en la masa máxima admisible de despegue o en la elección del perfil de vuelo de la aeronave, tanto hacia adelante como en todas las zonas en que puedan efectuarse salidas con viraje;
- c) suministrar información topográfica hasta una distancia de 45 km (24 NM), aproximadamente, desde el punto de referencia de aeródromo.

5.3.2 La escala horizontal estará comprendida entre 1:20 000 y 1:100 000.

Nota.— Es preferible una escala de 1:50 000.

5.4.— Formato

5.4.1 En el plano se incluirá:

- a) toda explicación necesaria respecto a la proyección utilizada;
- b) toda identificación necesaria de la cuadrícula utilizada;
- c) una casilla para registrar las enmiendas y fechas de las mismas;
- d) una casilla para registrar las distancias declaradas que se especifican en 5.8.2;
- e) las marcas de graduación a intervalos regulares fuera del borde del plano, por lo menos cada 10 minutos de latitud y longitud, con indicación de grados y minutos.

Nota 1.— Las líneas de latitud y longitud podrán trazarse sobre el plano.

Nota 2.— El Plano de obstáculos de aeródromo — OACI tipo C puede consistir en cualquier clase apropiada de carta o serie de cartas topográficas disponible, con los datos aeronáuticos necesarios sobreimpresos en un color distintivo.

5.5.— Identificación

5.5.1 El plano se identificará por el nombre del país en que está situado el aeródromo, el nombre de la ciudad a la cual presta servicio y el nombre del aeródromo.

5.6.— Declinación magnética

5.6.1 Recomendación.— *En el plano debería indicarse la declinación magnética redondeando al grado más próximo, con la fecha y variación anual.*

5.7.— Unidades de medida

5.7.1 Se indicarán las elevaciones redondeando al metro o pie más próximo, respectivamente.

5.7.2 Se indicarán las dimensiones lineales redondeando al metro más próximo.

5.8.— Datos aeronáuticos

5.8.1 En el plano se indicarán:

- a) el punto de referencia de aeródromo y su posición geográfica;
- b) las pistas y las prolongaciones de los ejes de pista;
- c) los obstáculos destacados, tal como se especifica en 5.3.1 a) y b); la extensión de cada plano será suficiente para abarcar todos los obstáculos destacados, salvo que los obstáculos distantes y aislados cuya inclusión obligara a aumentar innecesariamente el tamaño de la hoja, podrán indicarse mediante una flecha, siempre que se consignen la distancia y marcación con respecto a un punto de referencia, así como su elevación;
- d) el emplazamiento exacto de cada obstáculo destacado, mediante un símbolo;
- e) la elevación de cada obstáculo destacado;
- f) una indicación de la clase de cada obstáculo destacado;

Nota.— Puede indicarse por escrito la clase de los obstáculos o, si en alguna parte hubiera una acumulación excesiva de obstáculos, éstos pudieran identificarse en el plano mediante un número y, al margen o en una hoja por separado, mediante una tabla con dicho número y la clase de obstáculo correspondiente.

- g) los límites de penetración de los obstáculos destacados de gran tamaño en una forma clara identificada en la clave;

Nota.— Esto no incluye la necesidad de indicar las cotas críticas dentro de dicha área.

- h) el emplazamiento de todas las radioayudas para la navegación.

5.8.2 Distancias declaradas

5.8.2.1 En el espacio previsto, se anotará para cada pista en ambos sentidos la información siguiente:

- a) recorrido de despegue disponible;
- b) distancia de aceleración-parada disponible;
- c) distancia de despegue disponible;
- d) distancia de aterrizaje disponible.

Nota.— En el Anexo 14, Adjunto A, se da orientación sobre las distancias declaradas.

5.8.2.2 Recomendación.— *Cuando no se facilite una distancia declarada debido a que la pista no puede utilizarse en un determinado sentido para el despegue o para el aterrizaje o para ambos, o debería indicarse y anotarse mediante las palabras "no utilizable" o la abreviatura "NU".*

5.9.— Precisión

5.9.1 Recomendación.— *El orden de exactitud de los levantamientos topográficos y la precisión en la producción de planos deberían ser tales que el error de los datos obtenidos no exceda de los siguientes valores:*

1) distancias horizontales: 50 m (150 ft);

2) distancias verticales: 10 m (30 ft).

Nota.— Estas precisiones son satisfactorias para el uso normal. Si en algún caso se necesita información más precisa sobre distancias horizontales y/o verticales, se supone que podrá obtenerse por otros medios.

5.9.2 Recomendación.— *Debería indicarse en el plano el orden de precisión.*

CARTA TOPOGRAFICA PARA APROXIMACIONES DE PRECISION — OACI

Nota de introducción. — La función de la carta topográfica para aproximaciones de precisión — OACI es facilitar información detallada sobre el perfil del terreno de determinada parte del área de aproximación final, para que las empresas explotadoras de aeronaves puedan evaluar el efecto del terreno al determinar la altura de decisión empleando radioaltímetros.

6.1.— Aplicación

6.1.1 La carta topográfica para aproximaciones de precisión — OACI se facilitará respecto a todas las pistas para aproximaciones de precisión de las categorías II y III de los aeródromos utilizados por la aviación civil internacional.

6.1.2 La carta topográfica para aproximaciones de precisión — OACI se revisará siempre que se produzca algún cambio significativo.

6.2.— Escala

6.2.1 Recomendación.— La escala horizontal debería ser de 1:2 500 y la escala vertical de 1:500.

6.2.2 Recomendación.— Cuando la carta incluya un perfil del terreno hasta una distancia de más de 900 m (3 000 ft) desde el umbral de la pista, la escala horizontal debería ser de 1:5 000.

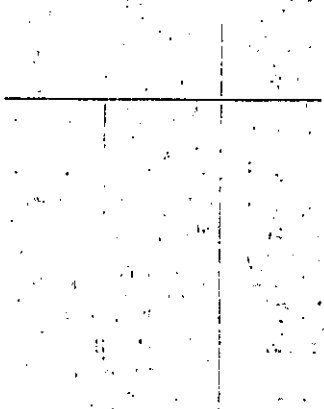
6.3.— Información sobre la vista en planta y el perfil

6.3.1 En la carta se incluirá:

- 1) una vista en planta en la que figuren las curvas de nivel a intervalos de 1 m (3 ft) en un área delimitada a 60 m (200 ft) a cada lado de la prolongación del eje de la pista, y que cubra la misma distancia que el perfil; las curvas de nivel deberán tener como referencia el umbral de la pista;
- 2) una indicación de los puntos del terreno o todo objeto sobre el mismo, comprendidos dentro de la vista en planta definida en 1), que tengan una diferencia de altura de ± 3 m (10 ft) a partir del perfil de la prolongación del eje de la pista y que puedan afectar al radioaltímetro;
- 3) el perfil del terreno hasta una distancia de 900 m (3 000 ft) desde el umbral, a lo largo de la prolongación del eje de la pista.

6.3.2 Recomendación.— Cuando a una distancia de más de 900 m (3 000 ft) desde el umbral de la pista el terreno sea montañoso o presente características importantes para los usuarios de la carta, debería representarse el perfil del terreno hasta una distancia máxima de 2 000 m (6 500 ft) desde el umbral de la pista.

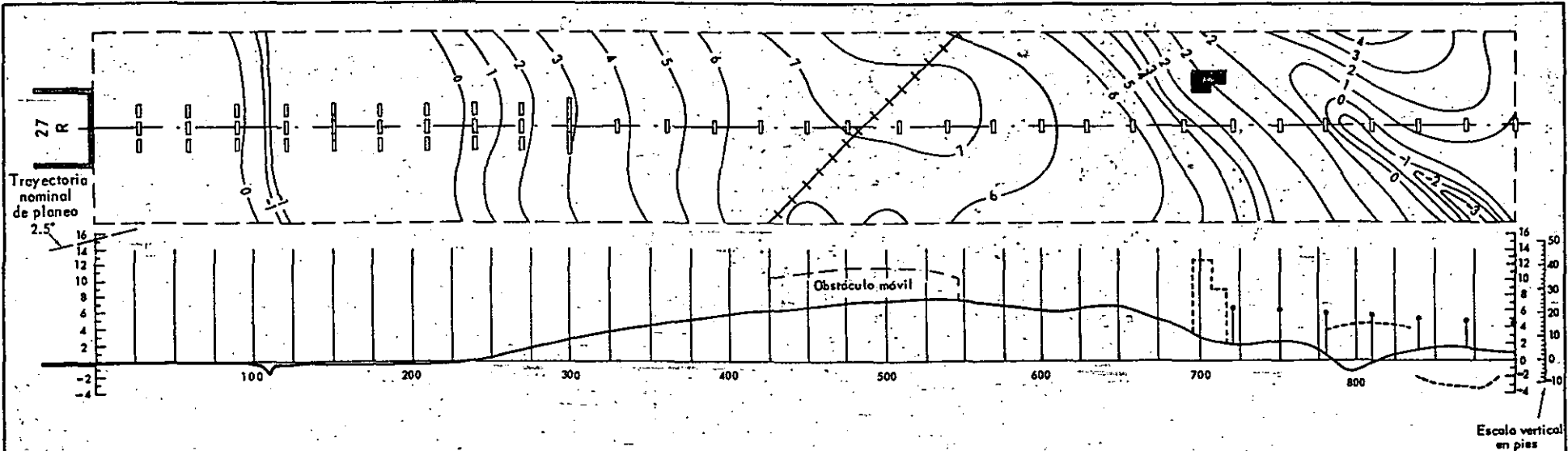
6.3.3 Recomendación.— En la carta debería incluirse una indicación de la altura de la referencia ILS.



CARTA TOPOGRAFICA PARA APROXIMACIONES DE PRECISION - OACI

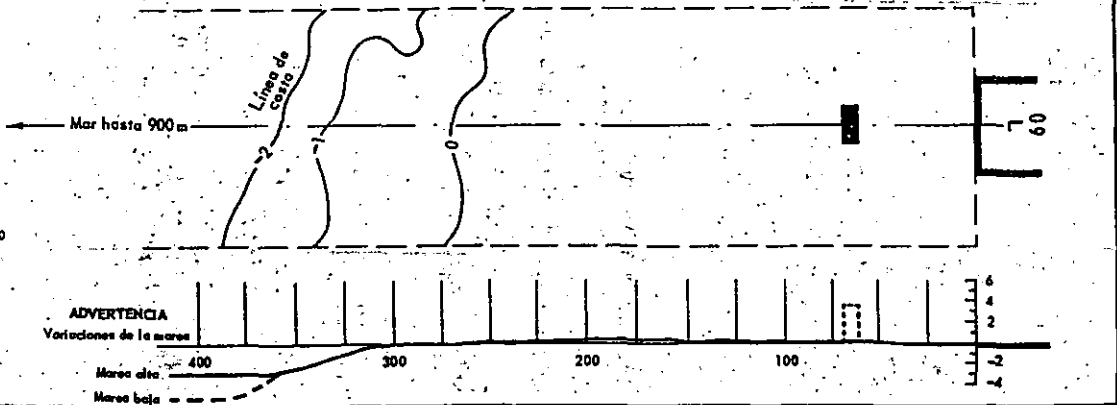
CIUDAD/AERODROMO
.....
RWY 27 R/09 L

DISTANCIAS Y ELEVACIONES EN METROS



CLAVE		
EDIFICIO O ESTRUCTURA GRANDE		
FERROCARRIL		
CURVA DE NIVEL		
PERFIL DEL EJE		
DESVIACION DE 3m, POR LO MENOS CON RESPECTO AL PERFIL DEL EJE		
LUCES DE APROXIMACION		
REGISTRO DE ENMIENDA		
NUM.	FECHA	ANOTADO POR

ESCALA HORIZONTAL 1:2.500
ESCALA VERTICAL 1:500
LAS CURVAS DE NIVEL Y LAS ALTURAS ESTAN EN RELACION CON LA ELEVACION DEL UMBRAL DE LA PISTA



20

PLANO DE AERODROMO — OACI

13.1.— Función

13.1.1 En este plano se proporcionará a las tripulaciones de vuelo información que facilite el movimiento de las aeronaves en tierra, desde el puesto de estacionamiento de aeronave hasta la pista y desde la pista hasta el puesto de estacionamiento de aeronave; se proporcionará asimismo información fundamental relativa a las operaciones en el aeródromo.

13.2.— Aplicación

13.2.1 Se proporcionará el plano de aeródromo — OACI en la forma prescrita en 1.3.2, para todos los aeródromos utilizados regularmente por la aviación civil internacional.

13.2.2 Recomendación.— *También debería proporcionarse el plano de aeródromo — OACI en la forma prescrita en 1.3.2, para todos los demás aeródromos disponibles para uso de la aviación civil internacional.*

Nota.— En ciertas condiciones podría ser necesario proporcionar un plano de aeródromo para movimientos en tierra — OACI y un plano de estacionamiento y atraque de aeronaves — OACI (véanse los Capítulos 14 y 15); no habiendo en este caso necesidad de que los elementos representados en estas cartas suplementarias figuren también en el plano de aeródromo — OACI.

13.3.— Cobertura y escala

13.3.1 La cobertura y la escala serán suficientemente grandes para indicar claramente todos los elementos mencionados en 13.6.1.

13.3.2 Se indicará una escala lineal.

13.4.— Identificación

13.4.1 El plano se identificará mediante el nombre de la ciudad o población a la que presta servicio el aeródromo y el nombre del aeródromo.

13.5.— Declinación magnética

13.5.1 Se indicarán las flechas de los nortes verdadero y magnético y el cambio anual de la declinación magnética.

13.6.— Datos de aeródromo

13.6.1 En este plano se indicarán:

- a) las coordenadas geográficas del punto de referencia de aeródromo, con una precisión de una décima de minuto, como mínimo;

- b) las elevaciones del aeródromo, umbrales de pista, el punto más alto de las zonas de toma de contacto y la plataforma (emplazamientos para la verificación del altímetro antes del vuelo) cuando corresponda;
- c) todas las pistas, incluso las que estén en construcción con los números que las designen, su longitud, anchura, resistencia, umbrales desplazados, zonas de parada, zonas libres de obstáculos, orientación de las pistas redondeada al grado magnético más próximo, tipo de superficie y señales de pista;

Nota.— Las resistencias pueden indicarse en forma de tabla en el anverso o en el reverso del plano.

- d) todas las plataformas, con sus puestos de estacionamiento de aeronave, la iluminación, señales y demás ayudas visuales para guía y control, cuando corresponda, incluso el emplazamiento y tipo de los sistemas visuales de guía de atraque; y la resistencia de los pavimentos o las restricciones debidas al tipo de aeronave cuando la resistencia sea inferior a la de las pistas correspondientes;

Nota.— Las resistencias de los pavimentos o las restricciones debidas al tipo de aeronave pueden indicarse en forma de tabla en el anverso o en el reverso del plano.

- e) las coordenadas geográficas, con una precisión de una décima de minuto, como mínimo, de los umbrales y puestos de estacionamiento de aeronave;

Nota.— Este requisito puede satisfacerse por medio de un retículo que permita leer con la precisión exigida las coordenadas de los lugares seleccionados.

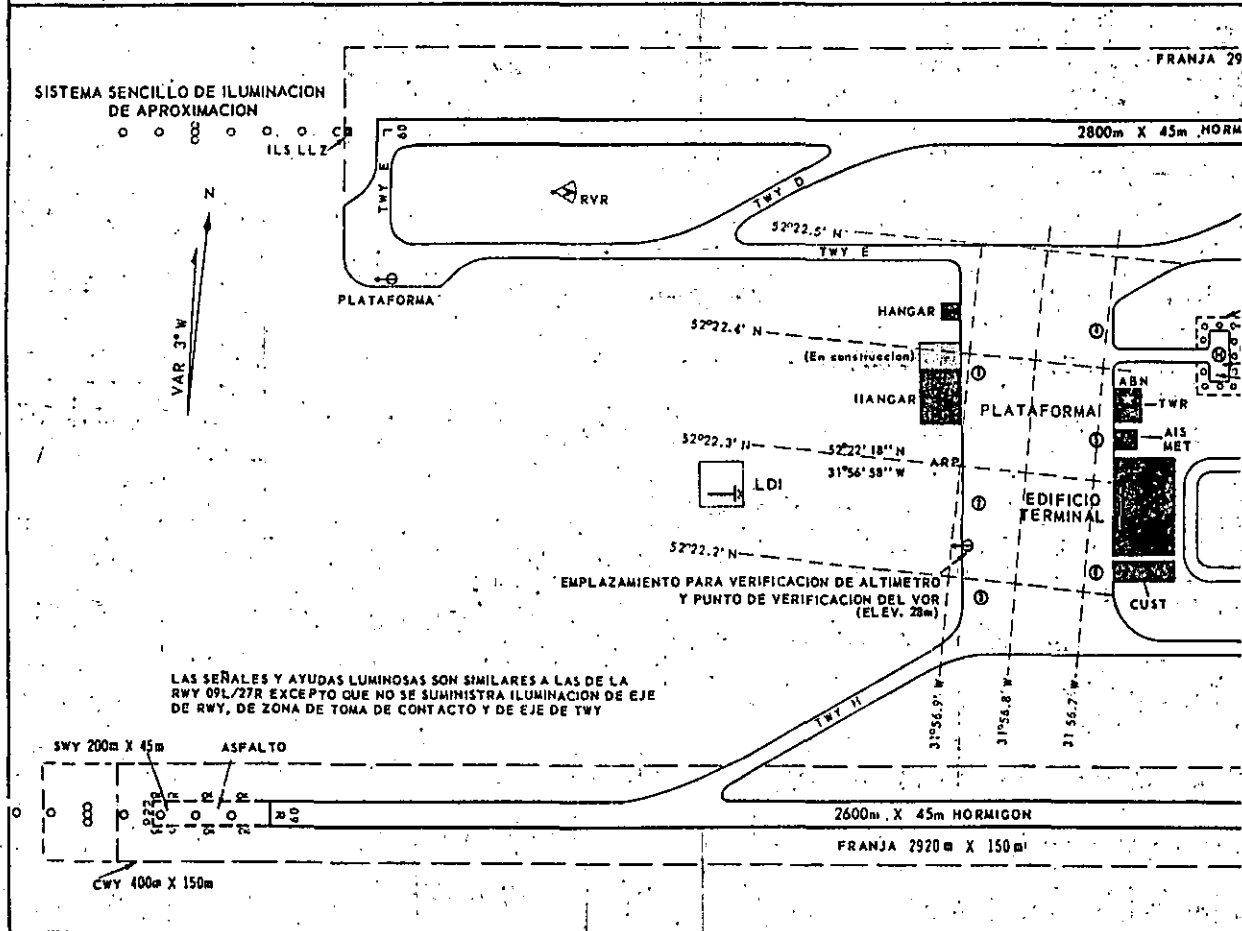
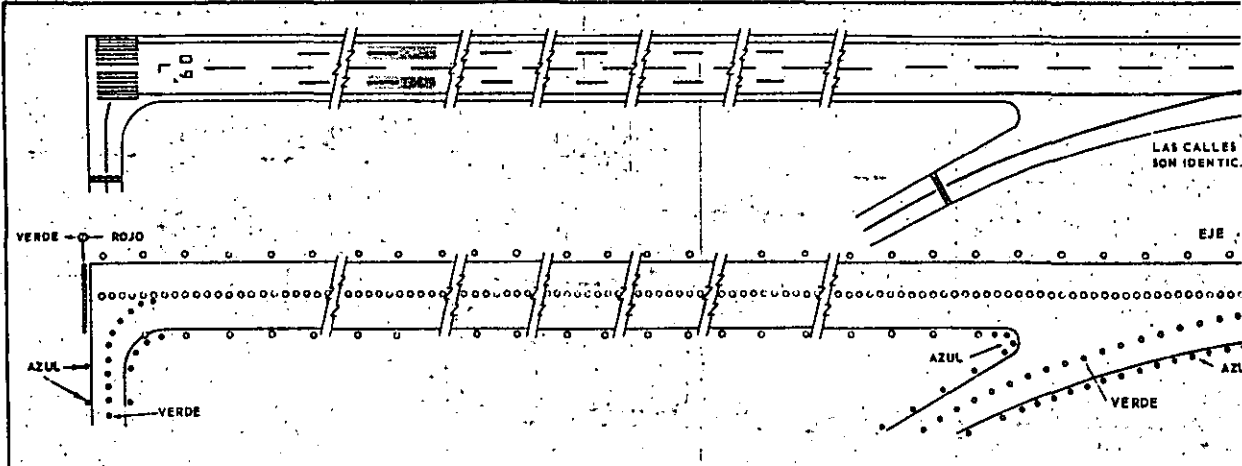
- f) todas las calles de rodaje con sus designaciones, anchura, la iluminación, señales, incluso los puntos de espera en rodaje y barras de parada y demás ayudas visuales para guía y control; y la resistencia de los pavimentos o las restricciones debidas al tipo de aeronave cuando la resistencia sea inferior a la de las pistas correspondientes;

Nota.— Las resistencias de los pavimentos o las restricciones debidas al tipo de aeronave pueden indicarse en forma de tabla en el anverso o en el reverso del plano.

- g) cuando se establezcan, las rutas normalizadas para el rodaje de aeronaves, con sus designadores;
- h) la posición de los transmisómetros;
- i) la iluminación de aproximación y de pista;
- j) el emplazamiento y tipo de los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación, y sus ángulos nominales de pendiente de aproximación;

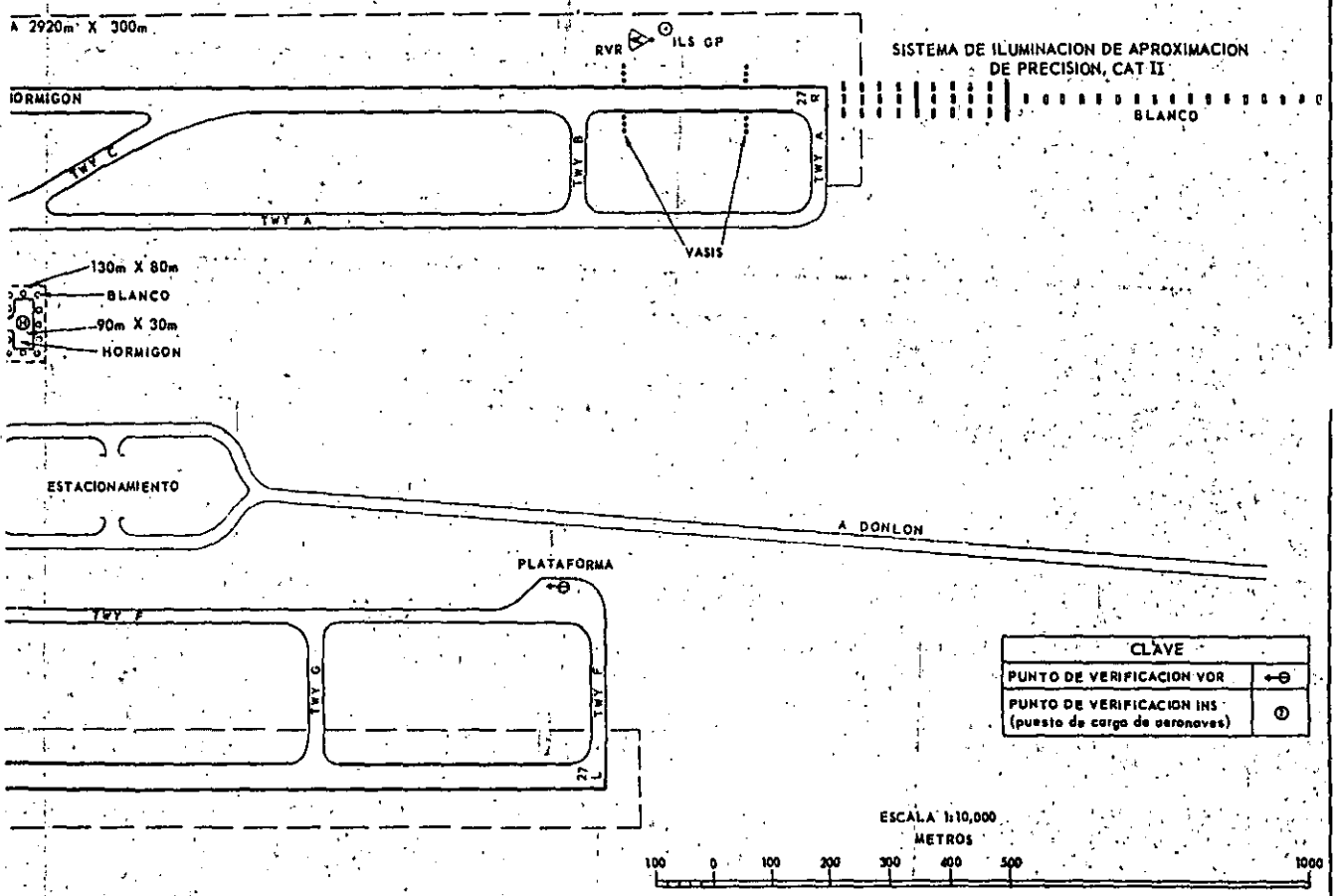
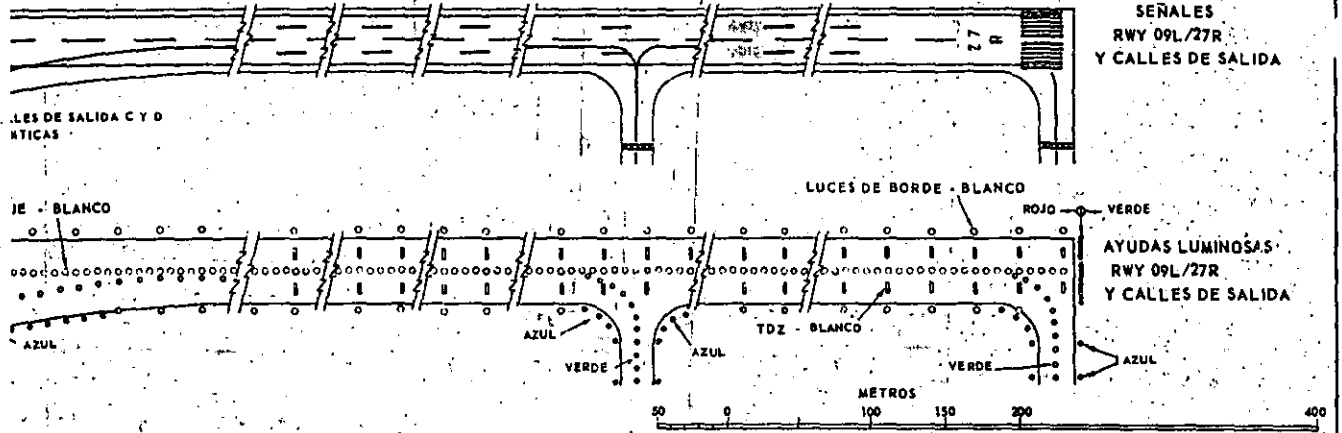
- k) las instalaciones de radiocomunicaciones;
 - l) los obstáculos destacados para el rodaje;
 - m) las zonas de servicio para las aeronaves y edificios de importancia para las operaciones;
 - n) el punto de verificación del VOR y la radiofrecuencia de la ayuda correspondiente;
 - o) toda parte del área de movimiento representada que sea permanentemente inapropiada para el tránsito de aeronaves, claramente identificada como tal.
-

PLANO DE AERODROMO



(Nombre del editor)

TOMO - OACI - DONLON/Internacional



PLANO DE AERODROMO PARA MOVIMIENTOS EN TIERRA — OACI

14.1.— Función

14.1.1 En este plano suplementario se proporcionará a las tripulaciones de vuelo información detallada que facilite el movimiento de las aeronaves en tierra, desde y hacia los puestos de estacionamiento de aeronave, y estacionamiento y atraque de las aeronaves.

14.2.— Aplicación

14.2.1 **Recomendación.**— *Debería proporcionarse el plano de aeródromo para movimientos en tierra — OACI, en la forma prescrita en 1.3.2 cuando, debido a congestión de la información, no puedan indicarse con suficiente claridad en el plano de aeródromo — OACI los detalles necesarios para el movimiento en tierra de las aeronaves a lo largo de las calles de rodaje hacia y desde sus puestos de estacionamiento.*

14.3.— Cobertura y escala

14.3.1 La cobertura y la escala serán suficientemente grandes para indicar claramente todos los elementos mencionados en 14.6.1.

14.3.2 **Recomendación.**— *Debería indicarse una escala lineal.*

14.4.— Identificación

14.4.1 El plano se identificará mediante el nombre de la ciudad o población a la que presta servicio el aeródromo y el nombre del aeródromo.

14.5.— Declinación magnética

14.5.1 Se indicará la flecha del norte verdadero.

14.5.2 **Recomendación.**— *Debería indicarse la declinación magnética y su variación anual.*

Nota.— *Esta carta no debe estar necesariamente orientada según el norte verdadero.*

14.6.— Datos de aeródromo

14.6.1 En este plano se indicará, de manera similar, toda la información que figure en el plano de aeródromo correspondiente a la zona representada, incluyendo:

- a) la elevación de la plataforma;
- b) las plataformas, con sus puestos de estacionamiento de aeronave, su resistencia o las restricciones debidas al tipo de aeronave, la iluminación, señales y demás ayudas visuales para guía y control, cuando corresponda, incluso el emplazamiento y tipo de los sistemas visuales de guía de atraque;
- c) las coordenadas geográficas, con una precisión de una décima de minuto, como mínimo, de los puestos de estacionamiento de aeronave;

Nota.— *Este requisito puede satisfacerse por medio de un retículo que permita leer con la precisión exigida las coordenadas de los lugares seleccionados.*

- d) las calles de rodaje con sus designaciones, anchura, resistencia o las restricciones debidas al tipo de aeronave cuando corresponda, la iluminación, señales, incluso los puntos de espera en rodaje y barras de parada, y demás ayudas visuales de guía y control;
- e) cuando se establezcan, las rutas normalizadas para el rodaje de aeronaves, con sus designadores;
- f) las instalaciones pertinentes de radiocomunicaciones, enunciadas con sus frecuencias;
- g) los obstáculos destacados para el rodaje;
- h) las zonas de servicios para las aeronaves y edificios de importancia para las operaciones;
- i) el punto de verificación del VOR y la radiofrecuencia de la ayuda correspondiente;
- j) toda parte del área de movimiento representada que sea permanentemente inapropiada para el tránsito de aeronaves, claramente identificada como tal.

PLANO DE ESTACIONAMIENTO Y ATRAQUE DE AERONAVES — OACI

15.1.— Función

15.1.1 En este plano suplementario se proporcionará a las tripulaciones de vuelo información detallada que facilite el movimiento de las aeronaves en tierra entre las calles de rodaje y los puestos de estacionamiento de aeronaves, y el estacionamiento y atraque de las aeronaves.

15.2.— Aplicación

15.2.1 Recomendación.— *Deberá proporcionarse el plano de estacionamiento y atraque de aeronaves — OACI, en la forma prescrita en 1.3.2 cuando, debido a la complejidad de las instalaciones terminales, no pueda indicarse con suficiente claridad la información en el plano de aeródromo — OACI o en el plano de aeródromo para movimientos en tierra — OACI.*

15.3.— Cobertura y escala

15.3.1 La cobertura y escala serán suficientemente grandes para indicar claramente todos los elementos mencionados en 15.6.1.

15.3.2 Recomendación.— *Debería indicarse una escala lineal.*

15.4.— Identificación

15.4.1 El plano se identificará mediante el nombre de la ciudad o población a la que presta servicio el aeródromo y el nombre del aeródromo.

15.5.— Declinación magnética

15.5.1 Se indicará la flecha del norte verdadero.

15.5.2 Recomendación.— *Debería indicarse la declinación magnética y su variación anual.*

Nota.— Esta carta no debe estar necesariamente orientada según el norte verdadero.

15.6.— Datos de aeródromo

15.6.1 En este plano se indicará, de manera similar, toda la información que figure en el plano de aeródromo — OACI y en el plano de aeródromo para movimientos en tierra — OACI, correspondientes a la zona representada, incluyendo:

- a) la elevación de la plataforma;
 - b) las plataformas, con sus puestos de estacionamiento de aeronaves, su resistencia o restricciones debidas al tipo de aeronave, la iluminación, señales y demás ayudas visuales para guía y control, cuando corresponda, incluso el emplazamiento y tipo de los sistemas visuales de guía de atraque;
 - c) las coordenadas geográficas, con una precisión de una décima de minuto, como mínimo, de los puestos de estacionamiento de aeronave;
- Nota.— Este requisito puede satisfacerse por medio de un retículo que permita leer con la precisión exigida las coordenadas de los lugares seleccionados.*
- d) los accesos de las calles de rodaje, con sus designaciones, incluso puntos de espera en rodaje y barras de parada;
 - e) las instalaciones pertinentes de radiocomunicaciones, enunciadas con sus frecuencias;
 - f) los obstáculos destacados para el rodaje;
 - g) las zonas de servicios para las aeronaves y edificios de importancia para las operaciones;
 - h) el punto de verificación del VOR y la radiofrecuencia de la ayuda correspondiente;
 - i) toda parte del área de movimiento representada que sea permanentemente inapropiada para el tránsito de aeronaves, claramente identificada como tal.

SÍMBOLOS PARA LOS PLANOS DE AERODROMO

134	Pista de superficie dura	
135	Pistas sin pavimentar	
136	Zona de parada SWY	
137	Calle de rodaje y área de estacionamiento	
138	Área de aterrizaje de helicópteros en un aeródromo	
139	Punto de referencia de aeródromo ARP	
140	Punto de verificación de los sistemas de navegación inercial (INS)	

141	Punto de verificación del VOR	
142	Emplazamiento de punto de observación del alcance visual en la pista (RVR)	
143	Pista de acero perforado o de malla de acero	
144	Luz puntiforme	
145	Luz de obstáculo	
146	Indicador de sentido de aterrizaje (iluminado)	
147	Indicador de sentido de aterrizaje (no iluminado)	

SÍMBOLOS PARA PLANOS DE OBSTACULOS DE AERODROMO — TIPOS A, B Y C

	Planta	Perfil
148	Arbol o arbusto	
149	Poste, torre, aguja, antena, etc.	
150	Edificio o estructura grande	
151	Ferrocarril	
152	Línea de alta tensión o cables suspendidos	

Número de identificación

	Planta	Perfil
153	Terreno que sobresale del plano de obstáculos	
154	Acantilados	
155	Zona de parada SWY	
156	Zona libre de obstáculos CWY	



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

"XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS"
2 de septiembre al 31 de octubre de 1986
México, D.F.

MODULO - "MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS"

"PROGRAMA DE SUPERVISION

Y

TRABAJO DE MANTENIMIENTO"

Aeropuertos y
Servicios
Auxiliares



gerencia de servicios técnicos
subgerencia de comunicaciones y
ayudas a la navegación aérea.

programa de supervisión y trabajo de mantenimiento

RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento del aeropuerto.

GST-AV-01

DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	BIMEST	TRIMEST	SEMEST	ANUAL	BIANUAL
1. ACOMETIDA.								
1.1 Verificar estado de los apartarrayos		X						
1.2 Verificar resistencia a tierra de los apartarrayos						X		
1.3 Verificar estado del cortacircuitos						X		
1.4 Verificar estado de mufas						X		
1.5 Efectuar limpieza de apartarrayos, cortacircuitos y mufas						X		
2. SUBESTACION INTEMPERIE								
2.1 Verificar estado de gabinetes							X	
2.2 Verificar estado de mufas						X		
2.3 Verificar estado de apartarrayos						X		
2.4 Verificar resistencia a tierra de los apartarrayos y gabinetes						X		
2.5 Verificar estado y operación de seccionador sin carga						X		
2.6 Efectuar limpieza general interior						X		
3. TRANSFORMADOR INTEMPERIE								
3.1 Verificar estado de aisladores						X		
3.2 Verificar conexiones						X		
3.3 Verificar que no haya fugas de aceite			X					
3.4 Efectuar prueba de tensión de ruptura dieléctrica al aceite							X	
3.5 Tratamiento del aceite (filtrado, centrifugado y desgasificado).							X	
3.6 Efectuar limpieza general					X			
4. SUBESTACION INTERIOR								
4.1 Verificar estado de gabinetes							X	
4.2 Verificar estado de mufas						X		
4.3 Verificar estado de apartarrayos						X		
4.4 Verificar resistencia a tierra de los apartarrayos y gabinetes						X		
4.5 Verificar estado y operación de seccionador sin carga						X		

programa de supervision y trabajo de mantenimiento

HOJA 2 DE 7.

DESCRIPCION	D I A R I O	S E M A N A L	M E N S U A L	B I M E S T	T R I M E S T	S E M E S T	A N U A L	B I A N U A L
4.6 Verificar estado y operación de relevadores y transformadores de control						X		
4.7 Verificar estado y operación de interruptores en aire con carga						X		
4.8 Verificar estado y operación de interruptor en pequeño volumen de aceite						X		
4.9 Efectuar prueba de tensión de ruptura dieléctrica al aceite del interruptor							X	
4.10 Tratamiento del aceite del interruptor (filtrado, centrifugado y desgasificado)							X	
4.11 Efectuar limpieza general						X		
5. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION (INTERIORES)								
5.1 Verificar temperatura de operación		X						
5.2 Verificar nivel de aceite		X						
5.3 Verificar conexiones						X		
5.4 Verificar estado de aisladores						X		
5.5 Verificar que no haya fugas de aceite			X					
5.6 Efectuar prueba de tensión de ruptura dieléctrica del aceite							X	
5.7 Tratamiento del aceite (filtrado, centrifugado y desgasificado)							X	
5.8 Efectuar limpieza general						X		
6. TABLEROS DE DISTRIBUCION (B.T.)								
6.1 Verificar la operación del ampérmetro		X						
6.2 Verificar la operación del volmetro		X						
6.3 Verificar la operación del Wattmetro		X						
6.4 Verificar la operación del interruptor general						X		
6.5 Efectuar limpieza general						X		
7. REGISTROS Y/O TRINCHERAS								
7.1 Efectuar limpieza general						X		
8. SISTEMA DE PARARRAYOS								
8.1 Verificar resistencia a tierra de la red de tierras						X		
8.2 Verificar conexiones en puntas de pararrayos y varillas copperweld.						X		

programa de supervision y trabajo de mantenimiento

HOJA 3 DE 7

DESCRIPCION		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	BIMEST	TRIMEST	SEMEST	ANUAL	BIANUAL
9.	CONO DE VIENTOS								
9.1	Verificar que no existan lámparas fundidas	X							
9.2	Verificar estado partes móviles					X			
9.3	Limpieza de la estructura					X			
9.4	Cambio de manga					X			
9.5	Limpieza de unidades de iluminación						X		
9.6	Limpieza de bases universales						X		
9.7	Verificar resistencia de aislamiento en transformadores y conductores							X	
9.8	Verificar resistencia a tierra							X	
9.9	Verificar estado de la estructura							X	
9.10	Pintura en estructura y plataforma								X
9.11	Limpieza de plataforma de contraste					X			
10.	SEÑALAMIENTO VERTICAL								
10.1	Verificar que no existan lámparas fundidas	X							
10.2	Verificar estado físico	X							
10.3	Limpieza exterior					X			
10.4	Limpieza bases universales						X		
10.5	Verificar resistencia de aislamiento en transformadores y conductores							X	
10.6	Verificar resistencia a tierra							X	
10.7	Verificar estado del empaque							X	
11.	FARO GIRATORIO								
11.1	Verificar funcionamiento del faro	X							
11.2	Verificar funcionamiento cambiador de lámparas								
11.3	Verificar estado anillos colectores y escobillas					X			
11.4	Efectuar limpieza interior y exterior					X			
11.5	Verificar estado empaques					X			
11.6	Verificar elevación del haz						X		
11.7	Lubricar eje central, motor y engranes						X		
11.8	Verificar voltaje de entrada						X		
11.9	Verificar conexiones							X	
11.10	Pintura								X
12.	LUCES DE APROXIMACION Y DESTELLO								
12.1	Verificar funcionamiento del sistema		X						
12.2	Limpieza exterior de las unidades			X					

programa de supervision y trabajo de mantenimiento

HOJA 5 DE 7

DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	BIMEST	TRIMEST	SEMEST	ANUAL	BIANUAL
16. UNIDAD PORTATIL DE BALIZAMIENTO								
16.1 Verificar funcionamiento	X							
16.2 Verificar nivel líquido batería		X						
16.3 Limpieza interior y exterior de la unidad de iluminación			X					
16.4 Verificar conexiones						X		
16.5 Pintura								X
17. REGULADORES DE CORRIENTE CONSTANTE								
17.1 Verificar circuitos de control en todos los grados de intensidad		X						
17.2 Verificar voltaje de entrada			X					
17.3 Verificar corriente de entrada en cada grado de intensidad		X						
17.4 Verificar conexiones			X					
17.5 Verificar que no haya fugas de aceite						X		
17.6 Efectuar prueba de tensión de ruptura dieléctrica al aceite							X	
17.7 Tratamiento del aceite (filtrado, centrifugado y desgasificado)							X	
17.8 Efectuar prueba de corto-circuito							X	
17.9 Efectuar prueba de circuito abierto					X		X	
17.10 Verificar corriente de salida en cada grado de intensidad		X						
17.11 Efectuar limpieza interior y exterior						X		
17.12 Pintura								X
18. AUTOTRANSFORMADOR (LUCES DESTELLO)								
18.1 Verificar voltaje de entrada y salida		X						
18.2 Verificar corriente de entrada y salida		X						
19. SUBESTACION DE CAMPO (LUCES DESTELLO)								
19.1 Verificar estado de cortacircuitos						X		
19.2 Verificar conexiones						X		
19.3 Verificar que no haya fugas de aceite en transformador			X					
19.4 Efectuar prueba de tensión de ruptura dieléctrica del aceite							X	
19.5 Tratamiento del aceite (filtrado, centrifugado y desgasificado)							X	
19.6 Verificar funcionamiento del carrusel		X						
19.7 Efectuar limpieza interior y exterior					X			

programa de supervision y trabajo de mantenimiento

HOJA 6 DE 7

DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	BIMEST	TRIMEST	SEMEST	ANUAL	BIANUAL
20. PLANTA DE EMERGENCIA (SIST. LUBRICACION)								
20.1 Verificar nivel de aceite.		X						
20.2 Verificar que no existan fugas		X						
20.3 Verificar presión de aceite		X						
20.4 Verificar temperatura de aceite		X						
20.5 Efectuar cambio de aceite y filtro						X		
20.6 Verificar nivel aceite gobernador (Cummins)		X						
20.7 Cambio aceite gobernador (Cummins)						X		
20.8 Verificar nivel aceite bomba (R.R.)		X						
20.9 Cambio aceite bomba (R.R.)						X		
20.10 Lubricar marcha, alternador, bomba de agua, cubo ventilador, balero generador						X		
21. PLANTA DE EMERGENCIA (SIST. ENFRIAMIENTO)								
21.1 Verificar nivel agua radiador		X						
21.2 Verificar que no existan fugas		X						
21.3 Verificar temp. agua c/precalentador		X						
21.4 Verificar temp. agua con carga		X						
21.5 Verificar tensión de bandas				X				
21.6 Efectuar prueba neutralización agua				X				
21.7 Efectuar cambio mangueras precalentador y sist. enfriamiento								X
21.8 Efectuar pruebas a termostato								X
21.9 Efectuar limpieza y sondeo radiador								X
21.10 Efectuar tratamiento desincrustación						X		
22. PLANTA DE EMERGENCIA (SIST. COMBUSTIBLE)								
22.1 Verificar nivel combustible en tanque		X						
22.2 Verificar que no existan fugas		X						
22.3 Efectuar cambio de filtros						X		
22.4 Efectuar limpieza tanque y tuberías							X	
22.5 Efectuar afinación motor								X
23. PLANTA DE EMERGENCIA (SIST. ELECTRICO)								
23.1 Verificar nivel líquido baterías		X						
23.2 Verificar funcionamiento manual-automático		X						
23.3 Verificar circuito carga baterías		X						
23.4 Efectuar lectura de voltaje, frecuencia y corriente		X						



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS

EVALUACION
MANTENIMIENTO Y OPERACION

MEXICO, D.F.
1986.

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CUF 30: CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE
"PROPUERTOS" MODULO MANTENIMIENTO
Y CONSTRUCCION

FECHA:

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
	CONFERENCISTA				
1.	ING. XAVIER RAMOS CORONA				
	ING. MARIO BADILLO GONZALEZ				
3.	ING. FRANCISCO. F. RODARTE LAZO				
4.	CAP. MEDARDO BURGOS FLORES				
5.	ING. FERNANDO MOLINAR PRIETO				
6.	ING. JOSE LUIS FERRER LARA				
7.	ING. ANDRES LEON GILES				
8.	ING. GUILLERMO LEYVA GALINDO				
9.	ING. ANTONIO SOLORIO GALINDO				
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10				

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: XIV CURSO DE INGENIERIA DE AERO-PUERTOS
 MODULO: MANTENIMIENTO Y OPERACION
 FECHA:

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA						
1.	ING. JOSE A. TREJO HARO					
2.	ING. VICTOR CANO OCHOA					
3.	ING. SERGIO SANCHEZ LOPEZ					
4.	ING. JOSE A. DIAZ DE LA SERNA					
5.	ING. EUGENIO RAMIREZ RODRIGUEZ					
6.						
7.						
8.						
9.						
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10						

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

②

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
MANTENIMIENTO Y OPERACION DE AEROPUERTOS					
ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS					
CONSERVACION DE AEROPUERTOS(SISTEMA - AERONAUTICO TERRESTRE)					
ORGANIZACION Y ADMINISTEACION DEL MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS					
ASPECTOS OPERACIONALES DE LAS AERONAVES EN RELACION CON LA SEG. DE AEROP.					
SERVICIO A LA NAVEGACION AEREA					
LA SEGURIDAD AEROPORTUARIA EN UN SISTEMA DE AEROPUERTOS					
PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EDIFICIOS					
ORGANIZACION Y FUNCIONES DE LAS AUTORIDADES EN AEROPUERTOS DE LA RED TRONCAL					
ADMINISTRACION Y GESTION DE AERODROMOS Y AEROPUERTOS REGIONALES					
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

2.- Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIÓDICO EXCELSIOR
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

PERIÓDICO NOVEDADES
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL

RADIO UNIVERSIDAD

COMUNICACION CARTA,
TELEFONO, VERBAL,
ETC.

REVISTAS TECNICAS

FOLLETO ANUAL

CARTELERA UNAM "LOS
UNIVERSITARIOS HOY"

GACETA
UNAM

3.- Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

4.- ¿Qué cambios haría en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas?

sí

no

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE

BUENA

REGULAR

MALA

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES
DE 9 a 13 H. Y
DE 14 A 18 H.
(CON COMIDAD)

LUNES A
VIERNES DE
17 a 21 H.

LUNES A MIERCOLES
Y VIERNES DE
18 A 21 H.

MARTES Y JUEVES
DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 14 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 13 H.
DE 14 A 18 H.

OTRO

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10.- Otras sugerencias:

