DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

XVI GRUPO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

HORA	1a. Semana	2a. Semana	3a. Semana	4a. Semana	5a. Semana
8:00 10:30	TECNICAS DE LA COMUNICACION (oral) Lic. Emiliano Orozco	HIDROLOGIA Ing. Francisco Peña R.	HIDROLOGIA Ing. Francisco Peña R.	MECANICA DE SUELOS Y TALLER Ing. Gabriel Moreno P. Ing. Alfonso Rico Rdgz.	MECANICA DE SUELOS Y TALLER Ing. Gabriel Moreno Pecero Ing. Alfonso Rico Rodríguez
11:00 11:30	TECNICAS DE LA COMUNICACION (escrita)	INTRODUCCION A LA ECONOMIA Lic. José Antonio Aysa	INTRODUCCION A LA ECONOMIA Lic. José A. Aysa Bernat	GEOLOGIA Ing. Alejandro Bello B.	CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Ing. Felipe Loo Gómez
13:00 14:30		TALLER DE USO DE COMPUTADORAS Ing. Julio Vargas	TALLER DE USO DE COMPUTADORAS Ing. Julio Vargas		
	25 al 29 Septiembre	2 al 6 Octubre	9-16 Octubre	19-24 de Octubre	25-31 de Octubre

HORA	6a. Semana	7a. Semana	8a. Semana	9a. Semana		10a. Semana
8:00 10:00 10:30 11:00 12:00 12:30 13:00 14:00 14:30	INGENIERIA DE SISTEMAS Dr. Jesús Takeda	PLANEACION APLICADA AL DESARROLLO URBANO DEL PAIS (a)	PLANEACION APLICADA AL TRANSPORTE Y AL DESARROLLO DEL PAIS (a)	FOTOGRAMETRIA 27 y 28 de noviembre 8:00 a 14:30 h	b	ANALISIS DE COSTOS Y NOCIONES DE CONTABILIDAD 8:00-11:30 Ing. Isaac López Ruiz
	DISEÑO DE PAVIMENTOS Ing. Carlos Fernández Loaiza	DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS Ing. Pedro Chavelas C. Ing. Cedric I. Escalante	DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS Ing. Pedro Chavelas Ing. Cedric Ivan E.	FOTOINTERPRETACION 29 y 30 de noviembre 8:00 a 14:30 h	c	TALLER DE ANALISIS DE COSTOS Y NOCIONES DE CONTABILIDAD 11:30-14:30 Ing. Enrique Toscano Ing. Julian Name M.
		PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION Ing. Julian Name Maccise	ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION Ing. Domingo Sánchez	SEMINARIO DETENAL 1°diciembre 8:00 a 14:30 h.	d	
	6- 10 Noviembre	13-17 Noviembre	21 al 25 de Nov.	27 Nov. al 1° dic.		4 al 8 diciembre

(a) Ing. Francisco Gorostiza Pérez
Ing. Miguel A. Nava Uriza
Ing. Rodolfo Félix Flores

(b) Ing. Bulmaro Cabrera Ruiz

(c) Ing. Francisco Javier Toribio

(d) Ing. Manuel Saenz de Miera

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

XVI GRUPO DEL CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

HORA	1a. SEMANA	2a. SEMANA	3a. SEMANA	4a. SEMANA	5a. SEMANA
8.00 10.30	TECNICAS DE LA COMUNICACION Oral	HIDROLOGIA	HIDROLOGIA	MECANICA DE SUELOS Y TALLER	MECANICA DE SUELOS Y TALLER
11.00 11.30	TECNICAS DE LA COMUNICACION Escrita	INTRODUCCION A LA ECONOMIA Y NOCIONES DE CONTABILIDAD	INTRODUCCION A LA ECONOMIA Y NOCIONES DE CONTABILIDAD	GEOLOGIA	CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
13.00 14.00 14.30		TALLER DE USO DE COMPUTADORAS	TALLER DE USO DE COMPUTADORAS		
	18-22 de sep.	25-29 de sep.	2-6 de octubre	9-16 de octubre	18-24 de octubre

HORA	6a. SEMANA	7a. SEMANA	8a. SEMANA	9a. SEMANA	10a. SEMANA
8.00 10.00 10.30	FOTOGRAMETRIA	INGENIERIA DE SISTEMAS	PLANEACION APLICADA AL TRANSPORTE	PLANEACION APLICADA AL TRANSPORTE	ANALISIS DE COSTOS
11.00 12.00 12.30	FOTOINTERPRETACION	DISEÑO DE PAVIMENTOS	DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS	DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS	TALLER DE ANALISIS DE COSTOS
13.00 14.00 14.30	SEMINARIO DETENAL		PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION	ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION	
	25-31 de octubre	6-10 de nov.	13-17 de nov.	21-27 de nov.	28 de Nov.-4 de Dic

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP

INTRODUCCION A LA ECONOMIA

T E M A R I O

1. LA CIENCIA ECONOMICA
   La utilidad y el valor
   La organización económica
   La ciencia Económica
   La medida de los fenómenos

2. EL PROCESO PRODUCTIVO
   La satisfacción de necesidades
   La escasez
   La utilidad marginal
   Los medios de satisfacción

3. LA TEORIA DE LA DEMANDA
   El mercado
   La diferenciación
   La escala de preferencias
   La demanda individual
   Movimientos de la demanda
   La demanda del mercado
   La curva de las ventas
   Elasticidad de la demanda
   La demanda agregada

4. LA TEORIA DE LA OFERTA
   La oferta
   Movimientos de la oferta
   La productividad de los factores
   La medida de los costos
   La planta y el mercado
   El costo marginal
   Elasticidad de la oferta
   La planta en el largo plazo
   Equilibrio de la empresa
   Equilibrio del mercado
   El mercado agregado

5. EL SISTEMA ECONOMICO
   Los factores de la producción
   El destino de los flujos

6. LA CIRCULACION EN EL SISTEMA ECONOMICO
   Condicionamiento de los mercados
   Mercados y Precios

7. LA ECONOMIA INTERNACIONAL
   Las relaciones económicas externas.
   La balanza de pagos
   Integración Económica
   Tratados Internacionales

8. EL DESARROLLO ECONOMICO
   Las fluctuaciones económicas
   Los ciclos económicos
   La evolución económica
   El desarrollo social
   La planeación del desarrollo
   El desarrollo de México

9. EL SECTOR PUBLICO
   Papel del Estado en la Economía
   El sector público como productor de bienes y servicios
   La economía mixta
   La administración pública en México
   La política económica
   Un caso práctico: sexenio 1971-1976
   El gasto público
   El presupuesto
   El ingreso público
   La política fiscal
   El deficit presupuestario

10. EL SISTEMA MONETARIO-FINANCIERO
    Las funciones de la moneda
    El papel de los bancos
    La circulación monetaria
    La medida de los precios
    La inflación
    Origen de la inflación
    El sistema financiero mexicano

11. EL MERCADO FINANCIERO INTERNACIONAL
    Los pagos internacionales
    Depreciación y devaluación
    Los efectos de la devaluación
    El control de cambios
    El sistema moneterio internacional
    El eurodólar y las euromonedas.
    La reforma del sistema
    La flotación del peso mexicano

LIC. JOSE ANTONIO AYSA
OCTUBRE DE 1978

'mrs

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP QUE SERA IMPARTIDO POR ESTE CEC. DEL 18 DE SEPTIEMBRE AL 4 DE - DICIEMBRE DE 1978, DE LUNES A VIERNES DE 8.00 A 14.30 HRS.

O R D E N D E L D I A

1. Presentación general del Curso
2. Contenido del Curso propuesto
3. Comentarios y sugerencias
4. Necesidades de cada profesor
5. Duración de cada tema, horario de impartición
6. Fecha de entrega de material didáctico.

jdv

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

HIDROLOGIA

ING. FRANCISCO J. PEÑA ROBLES
OCTUBRE DE 1978

4.2.10.- Método de Horton.

La ecuación propuesta por Horton y modificada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos de América, para determinar el gasto de una cuenca cuando el escurrimiento es "en ladera", es decir que no ha labrado cauces en el terreno y fluye en forma de lámina, es la siguiente, traducida al sistema métrico:

$$q = 0.0275\ \sigma \tanh^2 \left[0.3194\ t_c\ (\sigma/nL)^{0.50} S^{0.25} \right] \qquad (4.12)$$

en la cual

q = gasto máximo por unidad de área en el extremo inferior de una franja elemental de una superficie pavimentada, con césped o descubierta, en m3/s/ha.

(También se aplica al gasto en el punto de concentración de una cuenca de forma cualquiera).

σ = intensidad de precipitación en exceso, en cm/hr.

$$\sigma = I_c - \phi \qquad (4.13)$$

I_c = intensidad de precipitación correspondiente a la duración t_c, en cm/hr.

ϕ = capacidad de infiltración, en cm/hr. (Tabla 4.7)

tanh = tangente hiperbólica, $\left(\tanh x = \dfrac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}\right)$

t_c = duración crítica de la tormenta, en minutos, es decir, la duración correspondiente a la intensidad que produce el gasto máximo. (Fig. 4.7).

n = coeficiente de retardancia. (Tabla 4.8)

L = longitud efectiva de la cuenca por drenar, desde el punto más alejado del parteaguas hasta el punto de concentración, en metros. Se mide en dirección paralela a la máxima pendiente.

S = pendiente de la superficie, en decimales.

A continuación se incluye la tabla 4.7, en la cual se indican los valores medios de infiltración para los diferentes tipos de suelos considerados en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (S.U.C.S.).

Tabla 4.7.- Valores de infiltración, ϕ

Descripción del Suelo	Símbolo S.U.C.S.	Infiltración, ϕ cm/hr
Mezcla de arena y grava	GW, GP, SW, SP,	2.0 - 2.5
Gravas limosas y arenas limosas a limo inorgánico, y margas descubiertas.	GM, SM ML, MH OL	0.8 - 1.5
Arena limoarcillosa a arcilla arenosa	SC, CL	0.5 - 0.8
Arcillas, inorgánicas y orgánicas	CL, OH	0.25 - 0.5
Roca desnuda, no demasiado fracturada	-	0.0 - 0.25

Estos valores medios son para suelos sin compactar. Cuando los suelos se compactan, los valores de infiltración decrecen entre 25 y 75%, dependiendo del grado de compactación y del tipo de suelo. El efecto de la vegetación generalmente es el de reducir la capacidad de infiltración de los suelos gruesos y de aumentar la de los suelos arcillosos.

Para superficies cubiertas de pasto se supone comúnmente una capacidad de infiltración de 1.2 cm/hr, aunque en ocasiones se pueden usar valores hasta del doble de éste. Para las superficies pavimentadas o techadas se considera una capacidad de infiltración nula.

Aunque se sabe que la infiltración depende principalmente de la estructura del suelo, la cobertura, la humedad y la temperatura del aire, se supone, para fines de cálculo, que es constante durante la tormenta considerada. Como también la intensidad de precipitación se supone constante, se concluye que la precipitación en exceso U será uniforme durante la tormenta.

Si la cuenca en estudio se compone de varios tipos de superficie, se calcula la infiltración ϕ promedio en función directa del área asociada a cada ϕ, es decir:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^{m} \phi_i \; A_i}{A} \qquad (4.14)$$

donde

ϕ = capacidad de infiltración promedio en toda la cuenca, en cm/hr.

ϕ_i = capacidad de infiltración para cada área parcial, en cm/hr.

A_i = área parcial, en ha.

m = número de áreas parciales

A = Area total de la cuenca, en ha.

De igual manera se obtiene el valor promedio del coeficiente de retardancia n:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i \; A_i}{A} \qquad (4.15)$$

donde

n = coeficiente de retardancia promedio para toda la cuenca.

n_i= coeficiente de retardancia para cada área parcial,

y las demás literales tienen el mismo significado que en la fórmula 4.14

A continuación se inserta la tabla 4.8 con los valores de n.

Tabla 4.8 Valores del coeficiente de retardancia n.

Superficie	n
Pavimentos y acotamientos.	0.01
Suelo desnudo compacto libre de piedra	0.10
Cubierta de pasto escaso o superficie descubierta moderadamente rugosa	0.30
Cubierta de pasto normal	0.40
Cubierta de pasto denso	0.30

Secuela de cálculo.

a) Elaborar la curva Intensidad-Duración-Período de Retorno.
En el capítulo anterior, páginas 26 a 37, se describió con detalle el procedimiento para elaborar estas curvas.

b) Determinar el valor de n de acuerdo con el tipo de superficie de la cuenca. En caso de haber varios tipos, obtener la n promedio con la ecuación 4.15.

c) Determinar la longitud efectiva L de la cuenca por drenar, de acuerdo con la definición dada en párrafos anteriores.

d) De la planta topográfica obtener el valor de S.

e) Con los valores ya determinados de n, L y S, obtener el valor de L" mediante la gráfica de la figura 4.6.

f) Con el valor de L" se encuentra el valor de la duración crítica t_c, mediante la gráfica de la figura 4.7.

g) Con este valor de t_c recurrir a las curvas Intensidad-Duración-Período de Retorno para obtener la intensidad de precipitación I_c asociada a la duración crítica t_c.

h) Obtener el valor de la infiltración de la tabla 4.7, en función del tipo de suelo o superficie de la cuenca. En caso de haber varios tipos, obtener la ϕ promedio con la ecuación 4.14.

i) Obtener el valor de σ, ecuación 4.13.

j) En la gráfica de la figura 4.8, se entra con el valor de L" obtenido de la figura 4.6 hasta encontrar la curva correspondiente a la σ determinada antes, para salir con el gasto q.

k) Como q es el gasto por unidad de área, simplemente se multiplica este valor por el área de la cuenca para tener el gasto total de diseño en el punto de concentración.

Ejemplo 4.10.- Obtener el gasto de proyecto para la misma alcantarilla del ejemplo 4.6, página 120.

a) Las curvas Intensidad-Duración-Período de Retorno (Ver figura 4.4, pág. 115).

b) De la tabla 4.8 se obtienen los siguientes valores de n:

Pasto normal (1 ha), $n_1 = 0.40$

Pavimento (1 ha) $n_2 = 0.01$

y se aplica la ecuación 4.15 para obtener el valor promedio.

$$n = \frac{(0.40 \times 1) + (0.01 \times 1)}{1 + 1} = \frac{0.41}{2} = 0.205$$

$$n \doteq 0.20$$

c) L = 400 pies = 122 m

d) S = 0.01

e) En la figura 4.6 se entra con la longitud efectiva, es decir la medida en las plantas topográficas, igual a 122 m, se llega a la recta correspondiente a n = 0.20, después a la recta de S = 0.01, y por último al eje de las longitudes equivalentes donde se lee:

$L' = 60$ m

f) En la figura 4.7 se entra con este valor de L' y se obtiene t_c :

$t_c = 19.5$ minutos

g) En la figura 4.4 se entra con la duración de 19.5 minutos y período de retorno de 5 años, para obtener la intensidad de precipitación correspondiente.

$I_c = 80$ mm/hr $= 8.0$ cm/hr.

h) Por lo que respecta a la infiltración se usarán los valores más comunes para los tipos de superficies que se tienen en este problema, es decir:

Pasto normal (1 ha), $\phi_1 = 1.2$ cm/hr

Pavimento (1 ha) $\phi_2 = 0$

y se aplica la ecuación 4.14 para obtener el promedio pesado:

$$\phi = \frac{(1.2 \times 1) + (0 \times 1)}{1 + 1} = 0.6 \text{ cm/hr.}$$

i) Se obtiene el valor de la precipitación excedente:

$$\sigma = 8.0 - 0.6 = 7.4 \text{ cm/hr.}$$

j) En la gráfica 4.8 no se encuentra dibujada la curva correspondiente a $\sigma = 7.4$ cm/hr, pero se puede interpolar linealmente entre las 2 curvas más próximas a este valor, para salir con el valor de q.

$$q = 0.13 \text{ m}^3/\text{s /ha.}$$

k) Por último se obtiene el gasto de diseño:

$$Q = q \times A$$

$$Q = 0.13 \times 2$$

$$Q = 0.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diseño de espigones*

José Antonio MAZA ALVAREZ**
Ingeniero Civil

INTRODUCCION

Los centros de población tienden a establecerse cerca de los lagos y ríos que les garanticen su abastecimiento de agua. Desafortunadamente los establecidos en las márgenes de los ríos y arroyos sufren inundaciones periódicas y además, están sujetos a que al desplazarse el río lateralmente destruya las construcciones que están sobre esas márgenes.

A medida que se desarrolla una región, mayor número de obras como: casas, caminos, puentes y obras hidráulicas deberán ser protegidas de los efectos de las inundaciones y de las erosiones y depósitos de los ríos.

Entre las erosiones que se presentan en los cauces se distinguen:

a) La socavación general que produce el descenso del fondo a todo lo largo y ancho del cauce.

b) La socavación transversal que produce un descenso local del fondo cuando hay un estrechamiento de la sección, ya sea natural o artificial.

c) La socavación local que se presenta al pie de la mayoría de las estructuras que se construyen dentro de los cauces.

d) La erosión aguas abajo de grandes embalses, que se produce en los primeros tramos debido a la interrupción del arrastre de sólidos ocasionado por la obra.

e) La erosión local aguas abajo de obras de excedencias, de toma, rápidas, etc.

f) La socavación en curvas, que origina que en la parte del extradós de las mismas se tengan mayores profundidades y velocidades y como consecuencia que los ríos se desplacen lateralmente. A medida que se desarrolla una zona y más construcciones se erigen cercanas a un río, esta última socavación pasa a tener una gran importancia por los graves daños que ocasiona.

En la actualidad en varios ríos del país se protegen los lados exteriores de las curvas y aún más en algunos tramos se tiende a fijar completamente el cauce con obras en ambas márgenes.

La forma de evitar los desplazamientos laterales de los ríos es a base de protecciones marginales o espigones. En este artículo se muestran los estudios efectuados y los resultados obtenidos para lograr un diseño adecuado de una obra de defensa lateral construida a base de espigones.

ESTABILIDAD DE CAUCES

La mayoría de los tramos de los ríos son estables; es decir en función del hidrograma anual, el gasto sólido arrastrado y de las características de los materiales que forman el fondo y orillas, un río ajusta su pendiente, ancho y tirante de su sección transversal. Se puede hablar de diferentes tipos, o grados de estabilidad: estática, dinámica y morfológica.[1] La primera es el estado de estabilidad que alcanza el tramo de un río cuando la corriente prácticamente no es capaz de arrastrar el material que forma su cauce.

Los otros dos grados de estabilidad no indican en ningún momento que el río no se mueva; por el contrario, todos los ríos se desplazan lateralmente principalmente en donde corren sobre terreno aluvial. Los desplazamientos laterales ocurren en las orillas exteriores de las curvas y pueden ser de importancia aun en una sola avenida; por ejemplo, en el río Suchiate o en el San Pedro, la margen puede desplazarse hasta unos 200 m, en una época de avenidas. En el lado interior, la orilla se desplaza también debido a que se deposita material aluvial (Foto 1).

* Trabajo presentado en el VI Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
** Jefe del Depto. de Ingeniería Experimental de la S.R.H., Profr. Investigador de la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

Erosión lateral en curvas. Se muestra el depósito de arena y grava en la zona interior y el canal más profundo junto a la orilla exterior, la cual es erosionada.

Se ha mencionado que un río estable tiene una pendiente, ancho y tirante más o menos fijos. Los desplazamientos laterales obligan en general a que disminuya la pendiente, pero en otro tramo cercano un meandro podrá cortarse con el consiguiente aumento de la pendiente, de tal suerte, que ella prácticamente es constante.

Los mayores desplazamientos laterales ocurren en las curvas. Por la fuerza centrifuga desarrollada en esas zonas hay una sobreelevación del nivel en el lado exterior, lo que produce una corriente por el fondo, del lado exterior hacia el interior. Al sumarse esa corriente con la normal del río provoca que en las curvas exista una corriente helicoidal, que arrastra a los materiales del fondo hacia la orilla interior. De esa manera se tiene erosión en el extradós de la curva y depósito en el intradós, lo que forma un canal más profundo adyacente a la orilla exterior. Por otra parte, por existir profundidades mayores en las curvas, también hay velocidades mayores cercanas a la orilla exterior, lo que facilita, aún más, que la corriente arrastre a los materiales de la orilla.

Al erosionarse la zona (1) en una curva (véase figura 1) el talud de la orilla tiende a ser vertical hasta que el material falla y se desliza la parte superior dentro de la corriente. Se tiende así nuevamente la orilla con un cierto talud, pero como la corriente arrastra las partículas del fondo, el ciclo vuelve a repetirse.

Si se protege la zona (1) se erosiona la zona (2) y el talud se tiende, representado esquemáticamente con la línea punteada; sin embargo, la curva permanece fija y no hay desplazamiento lateral del río. Si por el contrario se protege sólo la zona (2), la corriente continúa arrastrando el material y se producirá una cavidad hasta que se desplome la parte superior con todo y protección.

FORMAS DE PROTECCION EN CURVAS

Las formas más usuales de protección directa de la orilla exterior de una curva son protecciones marginales y espigones.

Con ambas soluciones se trata de que las líneas de corriente con alta velocidad se alejen de los materiales que forman la orilla y no puedan ser arrastrados.

Las protecciones marginales son aquellas que

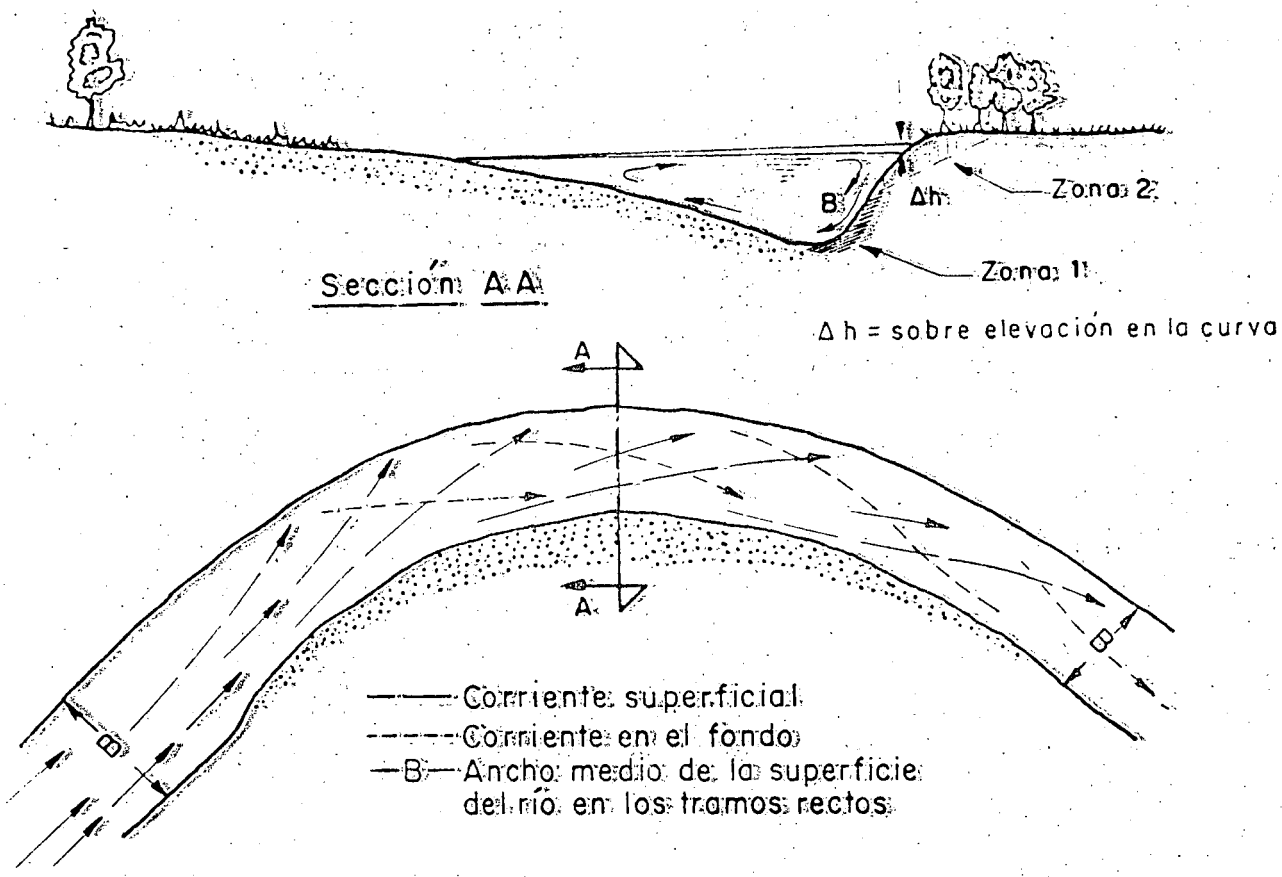


Figura 1. Esquema de las corrientes que se presentan en las curvas de los ríos.

se apoyan directamente contra el talud de la orilla y el fondo del cauce. Se construyen con materiales que no pueden ser arrastrados por la corriente. Entre esos materiales y los del cauce generalmente se coloca un filtro que impide que las partículas finas puedan salir entre los huecos de la protección, debido a la turbulencia y vórtices producidos por la corriente y a las rápidas fluctuaciones de las elevaciones del agua, sobre todo en época de avenidas.

Los espigones son estructuras apoyadas o empotradas en la orilla que están dentro de la corriente. Desvían a las líneas de corriente alejándolas de la orilla. Además favorecen que entre ellas se depositen los materiales que arrastra el río.

Ventajas de cada tipo de protección

Las principales ventajas de las protecciones marginales son dos: primero, que fijan la orilla en forma definitiva, sin permitir ningún desplazamiento posterior siguiendo cualquier curvatura o configuración de la orilla y, segundo, no disminuyen el área hidráulica del cauce. Las principales desventajas consisten en que requieren de un procedimiento de construcción generalmente más complicado, que encarece la obra, y además su mantenimiento debe ser cuidadoso, ya que una falla, aun de una porción pequeña, pone en peligro toda la protección.

Los espigones, en cambio, son más simples de construir y de mantener y por lo tanto más económicos. El costo de su mantenimiento disminuye con el tiempo. Aun erosionada la punta de un espigón, el resto de la estructura sigue trabajando y la destrucción de uno de ellos no pone en serio peligro a los demás. Sus reparaciones son más sencillas. Las desventajas principales son: disminuyen el área hidráulica (lo cual es deseable en ríos navegables) y aumentan la rugosidad de las orillas. Por otra parte, no se pueden utilizar en curvas con un radio reducido y no fijan en forma absoluta a la orilla.

ESTUDIOS SOBRE ESPIGONES

Para estudiar el comportamiento de los espigones se realizaron pruebas, tanto en el laboratorio como en el campo.

Las construcciones que se han efectuado en el campo para probar deliberadamente espigones con

algunas innovaciones y que posteriormente se tuvieron en observación son las siguientes:

a) En el río Suchiate, Chis., de 1965 a la fecha se han probado separaciones máximas de espigones, ángulos de incidencia y longitudes mínimas. Inicialmente los espigones se construyeron dentro de la margen con separación entre ellos de 150 m. Se hicieron excavaciones de 25 m de longitud, en cada una se formó un espigón con boleo de 30 cm de diámetro. Las puntas de todos los espigones llegaban a tocar un círculo imaginario que formaba la curva y cuyo radio era seis veces el ancho del río. Los espigones formaban un ángulo de 70° con la orilla de aguas abajo y su corona era horizontal longitudinalmente. La margen se erosionó poco a poco y a medida que eso ocurría sobresalían los espigones dentro de la corriente. Llegaron a fallar dos de ellos, pero al construir dos espigones intermedios se fijó definitivamente la orilla.
La segunda prueba se hizo con espigones que tenían una pendiente longitudinal de 0.05. No se formaron canales en el extremo del espigón que estaba apoyado en la margen.
En pruebas subsecuentes se ha continuado la construcción de espigones con diferentes pendientes longitudinales de la corona y se han ensayado gaviones, defensas marginales, espigones de diferentes longitudes y se han propuesto y observado diferentes métodos de construcción.

b) En el río Santiago, Nay., se probaron espigones construidos con enrocamiento de 20 a 30 cm de diámetro, pendiente longitudinal de 0.08, taludes de 1.5:1 y que formaban un ángulo entre 90° y 70° con respecto a la corriente. Ningún espigón falló y todo el conjunto trabajó satisfactoriamente.

c) En el río San Pedro, Nay., se probaron espigones con 30 m de longitud en promedio y pendiente longitudinal de 0.25. Algunos espigones llegaban con esa pendiente al fondo del río. Ningún espigón sufrió falla y tampoco hubo erosiones en los extremos de los mismos. Durante dos años se observaron los depósitos a lo largo de la margen y a los lados de los espigones. La margen y empotramiento de los espigones fueron protegidos por depósitos de arena que ocurrieron durante el primer año.

Sólo se han mencionado las protecciones en las

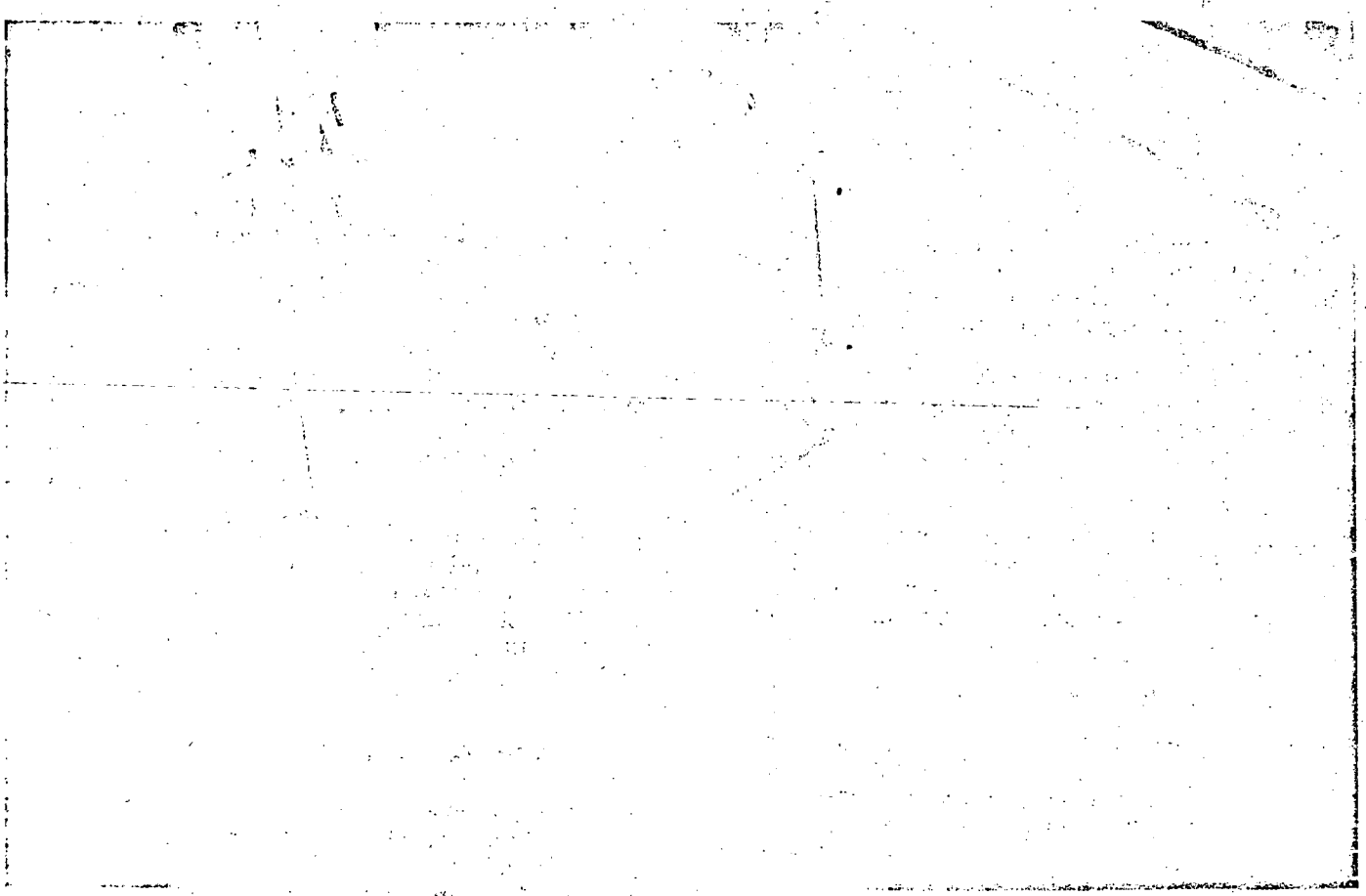


FOTO 2 Prueba sobre la socavación que se presenta en los extremos de los espigones. Cuanto menor es el talud de la cara extrema, menor es la socavación.

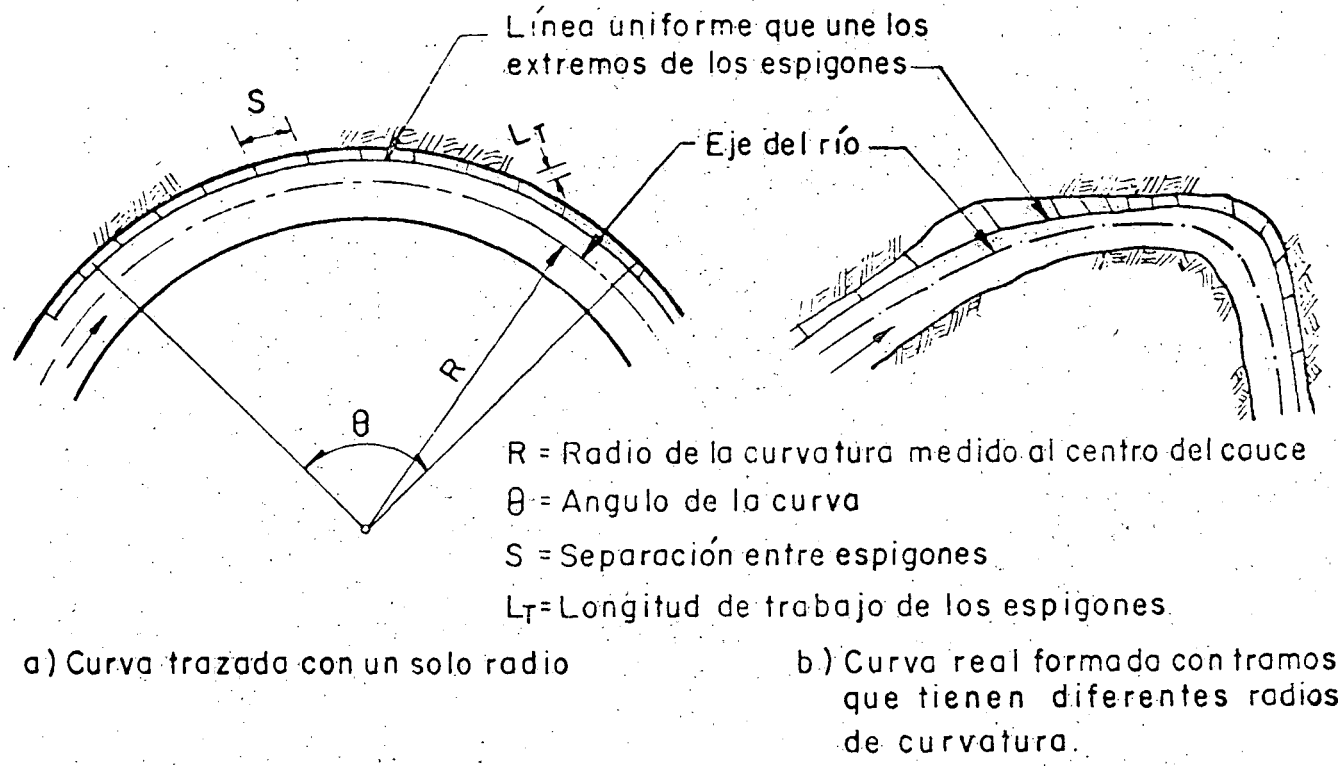


Figura 2.

que deliberadamente se probaron espigones con alguna modificación y que se observaron periódicamente.

En el laboratorio, además de algunos modelos sobre problemas específicos, se han hecho pruebas para encontrar:

a) Erosiones en estribos que terminan verticalmente. Se probaron diferentes ángulos entre el eje del espigón y la orilla. Estas pruebas se efectuaron en el Instituto de Ingeniería.

b) En el laboratorio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos se inició, en diciembre de 1973, una prueba para definir socavaciones y depósitos ocasionados por espigones con diferentes pendientes longitudinales (Foto 2).

c) En una mesa de arena en la que se trazaba un canal de 60 cm de ancho y 20 m de longitud se probaron separaciones de espigones y ángulos de orientación recta a la tangente en la orilla. Estas pruebas también fueron efectuadas en el Instituto de Ingeniería.

Las mediciones obtenidas en las pruebas de socavación escapan al alcance de este trabajo aunque no así el comportamiento general de cada forma de espigón. Las observaciones efectuadas en el punto "c" fueron principalmente de tipo cualitativo.

DISEÑO DE ESPIGONES

Los puntos más importantes a tomar en cuenta al diseñar una protección a base de espigones son:

a) Localización en planta. Radios de las curvas, longitud de las tangentes, ancho estable del río.
b) Longitud de los espigones.
c) Separación de los espigones.
d) Pendiente de la corona.
e) Angulo de orientación respecto a la orilla.
f) Permeabilidad del espigón. Material de construcción.
g) Socavación en la curva, y socavación local en el extremo del espigón.

Los cinco primeros serán tratados en este trabajo y sobre los dos últimos sólo se harán algunos comentarios breves.

LOCALIZACION EN PLANTA

Al proyectar una obra de defensa ya sea respetando la orilla actual; o bien, en una margen nueva (al hacer una rectificación), se requiere trazar en planta el eje del río, y en las orillas dibujar una línea paralela al eje, a la cual llegarán los extremos de los espigones (véase figura 2).

La longitud de cada espigón, estará dada por la distancia de la orilla real a esa línea.

La separación entre las nuevas orillas, es decir el ancho B, estará dado por el estudio de estabilidad de la corriente, el cual tomará en cuenta si el tramo será navegable, el cambio de pendiente si se rectifica el río, etc.

Cuando se trata de una rectificación en cauces formados por arenas y limos, conviene dentro de lo posible, que los radios de las curvas, medidos hasta el eje del río tengan la longitud R siguiente:

$$2.5\ B < R < 8B$$

Cuando la curva es uniforme (rectificación) todos los espigones tienen la misma longitud, ángulo de orientación y por lo tanto la separación entre ellos es la misma.

Al respetar los radios anteriores, la defensa que se haga en base a espigones trabajará eficientemente. Si los radios de curvatura son menores, la separación de los espigones disminuye y económicamente es preferible construir una defensa marginal apoyada en la orilla. Si los radios son mayores, el río tiende a formar un cauce con menores radios dentro de la curva y no todos los espigones trabajan eficientemente.

Cuando sólo se desea proteger las orillas actuales de un río, y no es posible hacer trabajos de rectificación, la línea que une los extremos de los espigones deberá trazarse lo más uniformemente posible, aunque no necesariamente tendrá un radio único. Los proyectos de este tipo son los más comunes en la primera etapa de desarrollo de una región, ya que se trata de fijar las orillas al menor costo posible (véase figura 2 b).

La selección de la línea que une los extremos de los espigones influye en la longitud de los mismos y ésta, junto con la orientación que se les dé, determina la separación entre ellos. Por lo tanto es indispensable estudiar varias localizaciones en esa línea (véase figura 2).

Al proteger, ya sea una sola curva, o un tramo completo, los primeros tres espigones de aguas arriba deben tener longitud variable. El primero deberá ser de la menor longitud posible (igual al tirante), y los otros dos aumentar uniformemente, de tal manera que el cuarto tenga ya la longitud de proyecto (véase figura 3). La pendiente longitudinal de la corona debe ser uniforme en todos ellos y por lo tanto la misma de los demás espigones.

Por último conviene aclarar que aunque la línea teórica que une los extremos de los espigones pueda tener diversos radios de curvatura, nunca deberá tener un tramo en que su radio de curvatura se mida hacia la orilla exterior. Todos los radios de esa línea se deberán medir hacia el mismo lado; es decir, hacia el interior de la curva.

LONGITUD DE LOS ESPIGONES

La longitud total de un espigón se divide en longitud de anclaje o empotramiento y longitud de trabajo. La primera es la que está dentro de la margen y la segunda la que está dentro de la corriente.

Recomendaciones

Longitud de trabajo

La longitud de trabajo, medida sobre la corona, se selecciona independientemente y se ha comprobado que conviene que esté dentro de los límites siguientes:

$$h \leq L_T \leq B/4$$

en donde:

B ancho medio del cauce, y
h tirante medio; ambos para el gasto dominante.

Longitud de anclaje o empotramiento

Los espigones se pueden construir sin tener longitud de anclaje; es decir, sin que penetren dentro de la margen, apoyados únicamente a la orilla. La máxima longitud de empotramiento es igual a $L_T/4$.

Comentarios

Se ha mencionado que la longitud de trabajo se selecciona independientemente, pero en el inciso anterior se indicó que todos los puntos de los espigones deben llegar a una línea de proyecto, por lo que la selección de esta línea podrá depender de alguna longitud preseleccionada.

Por economía conviene que la longitud de anclaje sea la menor posible. La técnica que se ha seguido es terminar los espigones directamente contra la orilla y debido a lo anterior algunos han sido flanqueados (aproximadamente el 4%). Sin embargo, resulta mucho más económico reparar los daños que sufren unos pocos espigones, que empotrar a todos. La reparación se hace durante el estiaje siguiente y consiste en prolongar el espigón hasta unirlo a la orilla erosionada. Los espigones generalmente fallan durante el primer periodo de avenidas, pero una vez reparados trabajan adecuadamente casi sin mantenimiento posterior. Cuando debe evitarse completamente la falla de cualquier espigón en un tramo de interés especial, conviene: o que la separación entre espigones sea menor, o que todos sean empotrados, en una longitud que como máximo sea igual a Lt/4. (Foto 7).

SEPARACION ENTRE ESPIGONES

La separación entre espigones se mide en la orilla entre los puntos de arranque de cada uno, y depende primordialmente de la longitud del espigón de aguas arriba de su orientación y de la

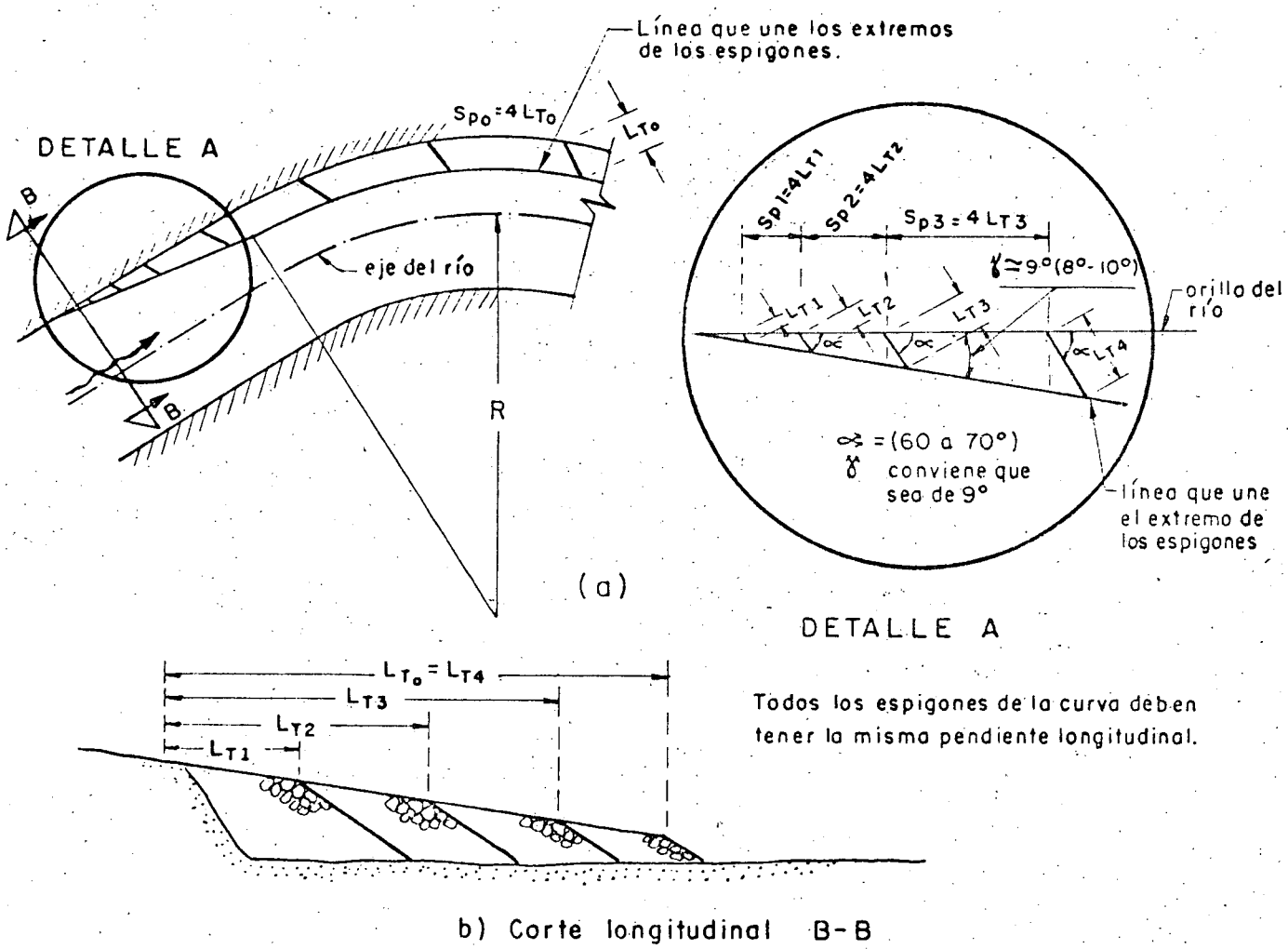


Figura 3. Proyecto de los primeros espigones de aguas arriba.

localización de la orilla. Para calcularla se toma en cuenta la inclinación α del espigón respecto a la orilla de aguas abajo y la ampliación teórica de la corriente al pasar por el extremo del espigón. El ángulo de esa ampliación es de 9° a 11° (véase figura 4).

Recomendaciones

Separación en tramos rectos.

Cuando se requieran construir espigones en tramos rectos y sin empotramiento en la margen, la separación deberá ser:

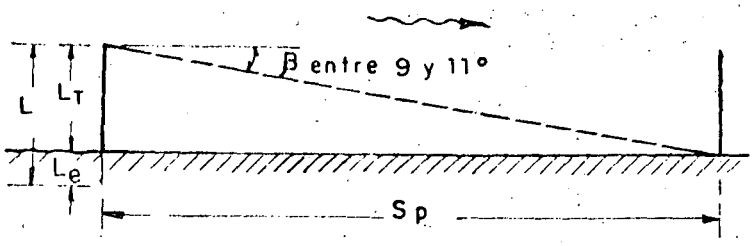
α	separación S_p
90° a 70°	(5.1 a 6.3) Lt, (5.2 a 6.4) LTo
60°	(5 a 6) Lt, (5.7 a 6.9) LTo

Separación en curvas.

La separación S_p, entre espigones colocados en curvas, conviene encontrarla gráficamente como se indica en la figura 5. Si la curva es regular y tiene un único radio de curvatura, la separación que se ha probado con buenos resultados es S_p = (2.5 a 4) Lt. Para radios de curvatura mayores de 4B se han usado separaciones de 4 Lt. Si la curva es irregular o con un radio de curvatura pequeño la separación entre espigones necesariamente debe encontrarse en forma gráfica (véase figura 5). Al mismo tiempo quedan fijadas sus longitudes y se escogen sus ángulos de orientación.

Comentarios

Las separaciones recomendadas que han sido probadas son ligeramente menores que las teóricas obtenidas al seguir lo mostrado en la figura 4, ya que no se construyen con longitud de anclaje dentro de la margen. Si se empotran con una longitud de 0.25 Lt la separación puede ser la teórica indicada en la figura mencionada. Cuando se desea efectuar una obra más económica se puede separar los espigones 8 Lt en las rectas y 6 Lt en las curvas, y al año siguiente se deberán construir es-



a) Espigones normales a la corriente

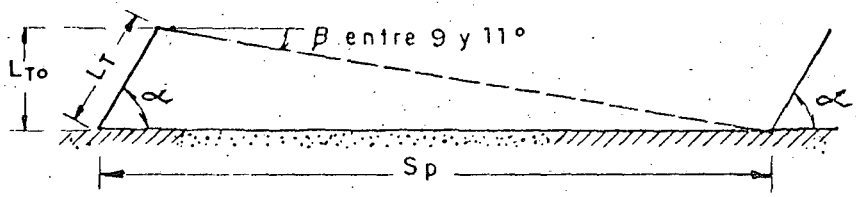
$5.1\ L_T \leq S_p \leq 6.3\ L_T$

(conviene la mayor separación posible, pero si no se empotran deben separarse $5\ L_T$ como máximo)

L_T longitud de trabajo

Le longitud de empotramiento o anclaje

$$S_p = L\ (\cos\alpha + \operatorname{sen}\alpha \cot\beta) = L\ (\cot\alpha + \cot\beta)$$



b) Espigones inclinados hacia aguas abajo

α	L_T	Sp (teórico) en función de L_{To}	Sp teórica en función de L_T	Sp. recomendada	
				espigón empotrado	espigón sin empotrar
60°	$1.15\ L_{To}$	(5.7 – 6.9)	(5 – 6)	$6.0\ L_T$	$5\ L_T$
70°	$1.06\ L_{To}$	(5.4 – 6.6)	(5.1 – 6.3)	$6.3\ L_T$	$5\ L_T$
90°	L_{To}	(5.1 – 6.3)	(5.1 – 6.3)	$6.3\ L_T$	$5\ L_T$

Figura 4. Trazo de espigones en márgenes rectas.

pigones intermedios, de menor longitud, aguas arriba de los que estén amenazados o hayan fallado. En las primeras defensas construidas sobre el río Suchiate se siguió este criterio para conocer la separación máxima que se podía dar entre espigones.

ELEVACIONES Y PENDIENTES DE LA CORONA

Se han construido espigones sin pendiente longitudinal (S = 0) hacia el centro del cauce y con pendiente de 0.02 a 0.25. Experimentalmente se han probado espigones con cresta horizontal y con pendientes de 0.1 a 0.5 y 1. (Fotos 2 a 6.)

Recomendación

Los espigones deberán construirse con pendiente hacia adentro del río. Deberán iniciarse a la elevación de la margen o a la elevación de la superficie libre correspondiente al gasto dominante. El extremo dentro del cauce deberá tener alturas máximas de 50 cm sobre el fondo actual; con ello se logran pendientes de 0.05 a 0.25. Los espigones construidos con pendientes longitudinales de 0.1 o mayores han proporcionado más favorablemente el depósito de sedimento entre ellos y han resultado más económicos (véanse figura 6 y fotos 3 a 6).

Comentarios

El construir los espigones con pendientes tan grandes hacia adentro del cauce presenta las siguientes ventajas:

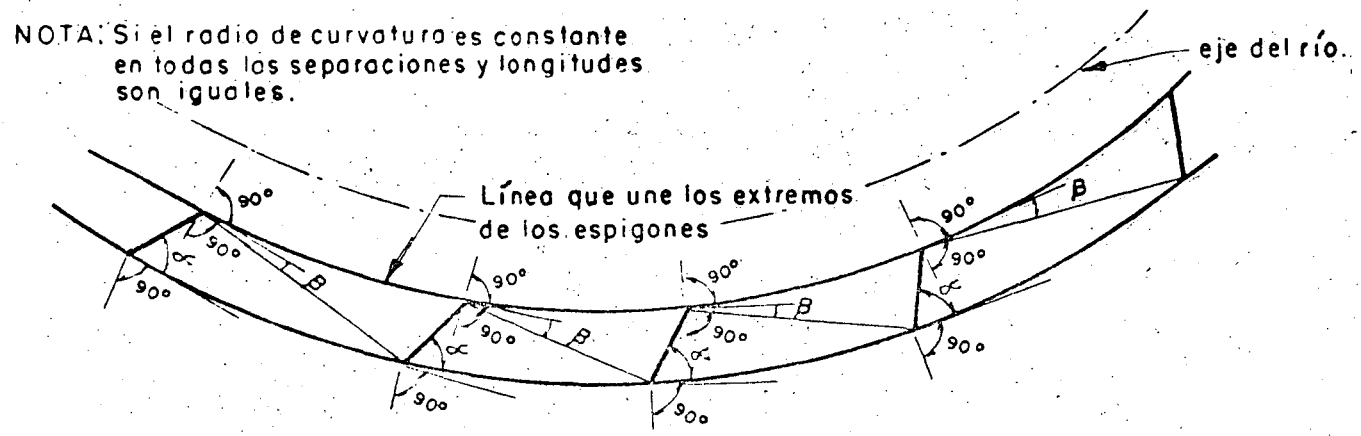
a) No existe prácticamente socavación local en el extremo del espigón.

b) Si el espigón se construye con paredes verticales (tablaestacado) sólo hay una ligera erosión en su cara de aguas arriba.

c) Si se construye con caras inclinadas (pedraplén) y sus taludes son de 1.5:1, se produce un depósito inmediato y adyacente a su cara de aguas abajo que protege al mismo espigón. (Foto 4.)

d) Cada espigón necesita para ser construido entre 40 y 70% del material requerido para construir un espigón con corona horizontal. Los mayores ahorros se tienen en espigones construidos con pedraplén o gaviones.

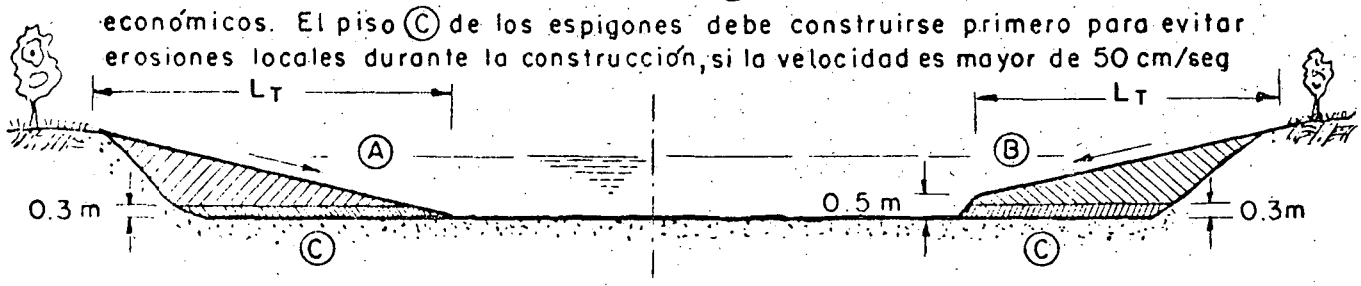
e) El depósito de material arenoso, entre espigones, se efectúa más rápidamente que con talud horizontal. (Fotos 5 y 6.)



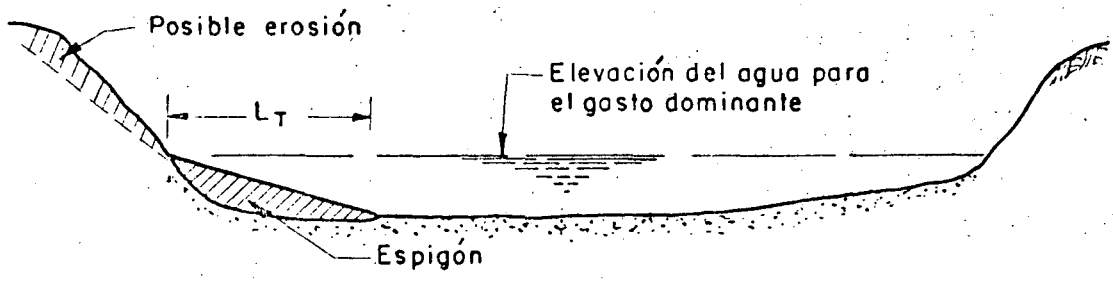
Trazo de espigones en una curva

Figura 5.

La pendiente S conviene que sea uniforme hasta el fondo. También el diseño Ⓑ ha dado buenos resultados. La forma Ⓐ permite construir los espigones más económicos. El piso Ⓒ de los espigones debe construirse primero para evitar erosiones locales durante la construcción, si la velocidad es mayor de 50 cm/seg

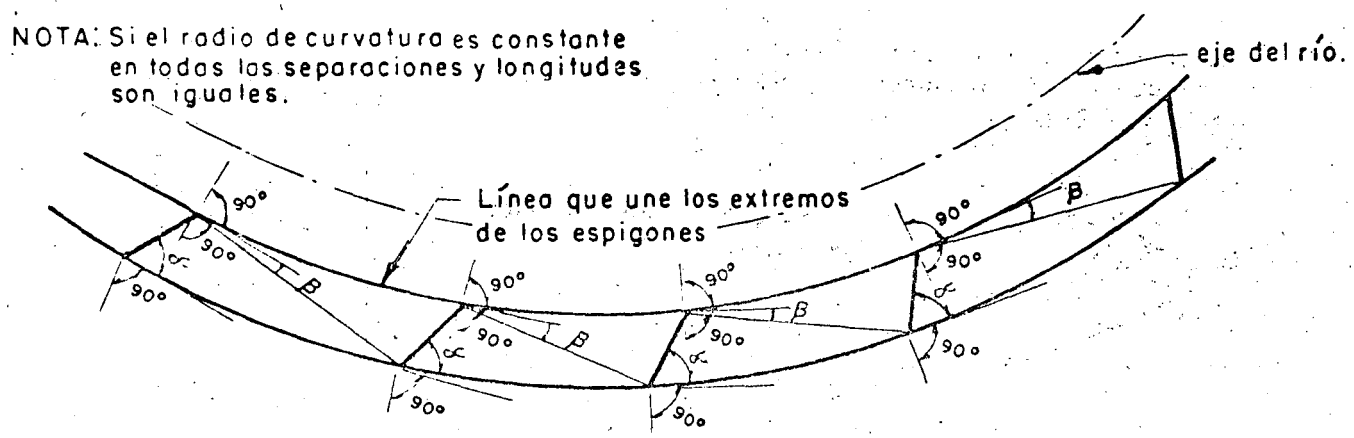


a) Colocación de un espigón cuando la margen no esta muy elevada



b) Colocación de un espigón cuando la margen esta muy elevada

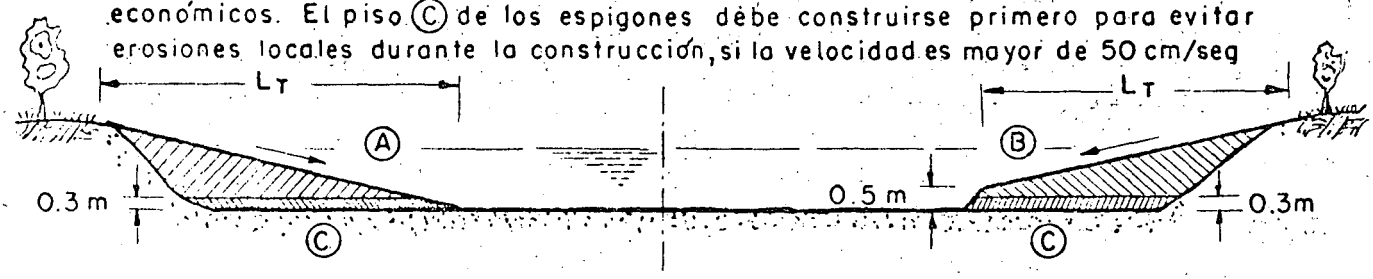
Figura 6.



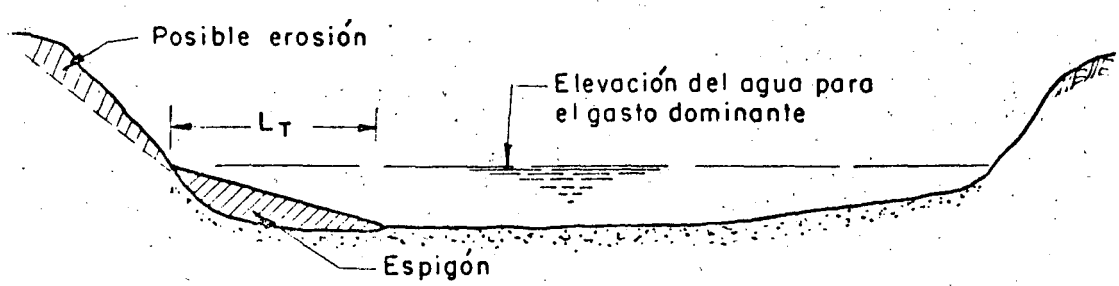
Trazo de espigones en una curva

Figura 5.

La pendiente S conviene que sea uniforme hasta el fondo. También el diseño Ⓑ ha dado buenos resultados. La forma Ⓐ permite construir los espigones más económicos. El piso Ⓒ de los espigones debe construirse primero para evitar erosiones locales durante la construcción, si la velocidad es mayor de 50 cm/seg

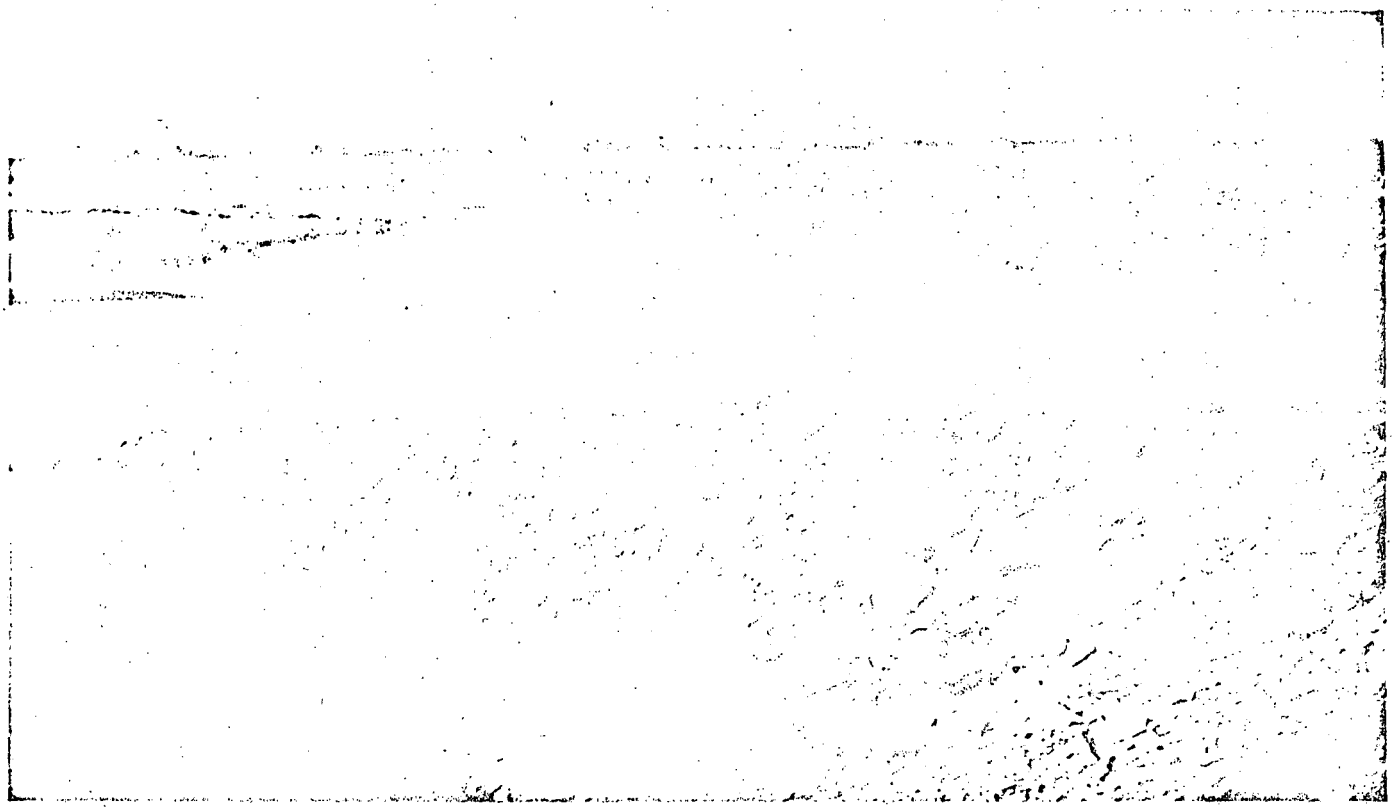


a) Colocación de un espigón cuando la margen no esta muy elevada

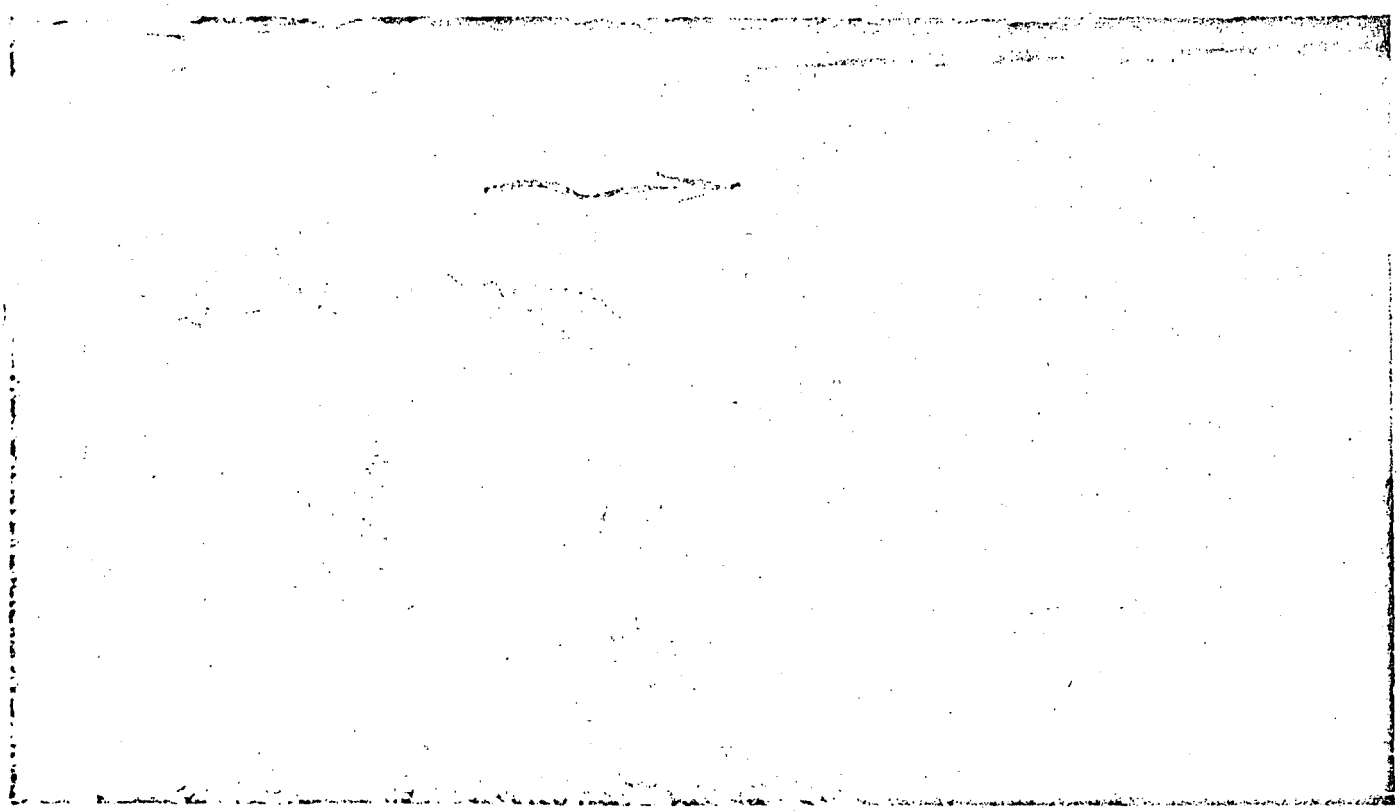


b) Colocación de un espigón cuando la margen esta muy elevada

Figura 6.



Espigones construidos con una pendiente longitudinal de 0.10. Foto tomada después de pasar la primera época de avenidas (6 meses). La margen quedó protegida con nuevos depósitos de arena y no ocurrió destrucción de los extremos de los espigones.



Forma del depósito de sedimentos aguas abajo de espigones con pendiente longitudinal de 0.10. El espigón queda completamente protegido en su cara de aguas abajo.

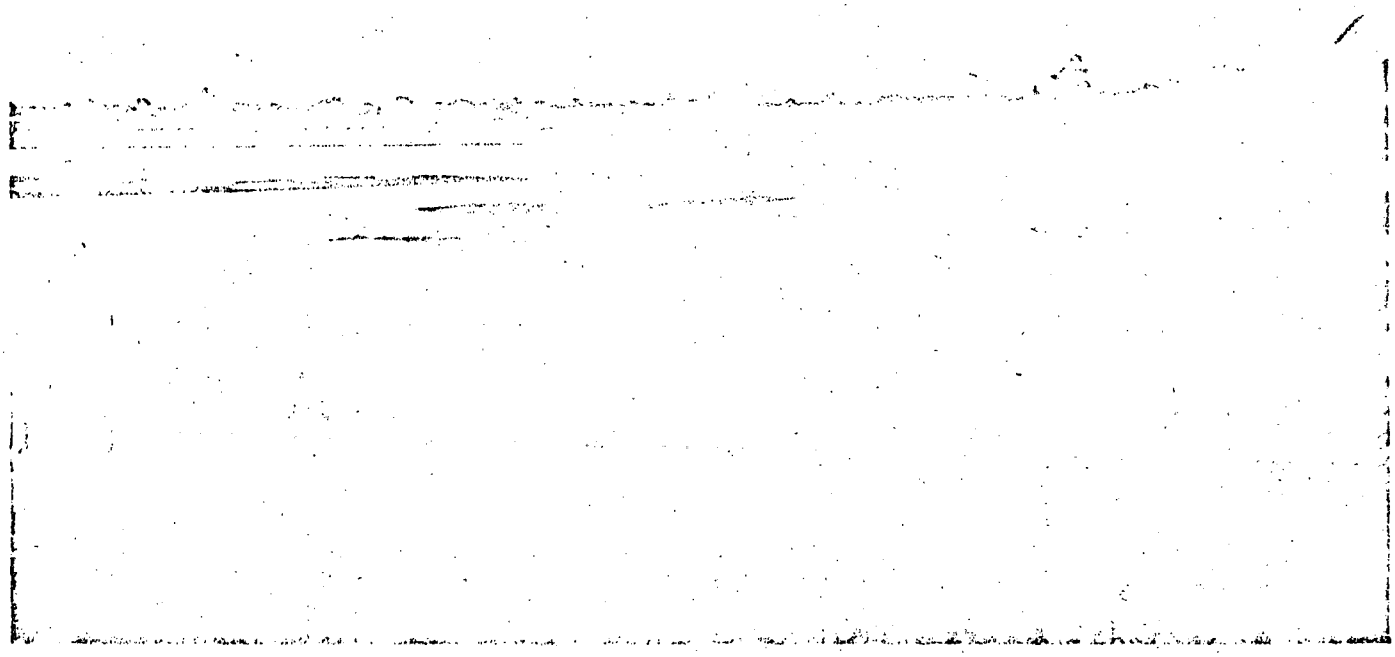


FOTO 5. Aspecto de la zona protegida mostrada en las fotos 3 y 4. Se puede observar el depósito de arena, la nueva orilla y la vegetación que ha crecido entre espigones al cabo de 18 meses (2 épocas de avenidas).

f) No se han tenido problemas de flanqueo de ningún espigón construido con estos taludes y separados entre sí 4 veces su longitud de trabajo. Sólo se han probado en curvas.

En todos los espigones que se han construido y observado, la elevación de la corona en la sección de arranque, coincidió con la elevación de la margen. En el río Papaloapan, se acaba de terminar la construcción de una serie de espigones cuya elevación máxima en el arranque coincidió con la elevación de la superficie para un gasto medio en época de estiaje y han trabajado satisfactoriamente. Esta primera prueba hace pensar en disminuir la altura del arranque de los espigones con lo que se logrará hacer espigones aún más económicos.

ORIENTACION DE LOS ESPIGONES

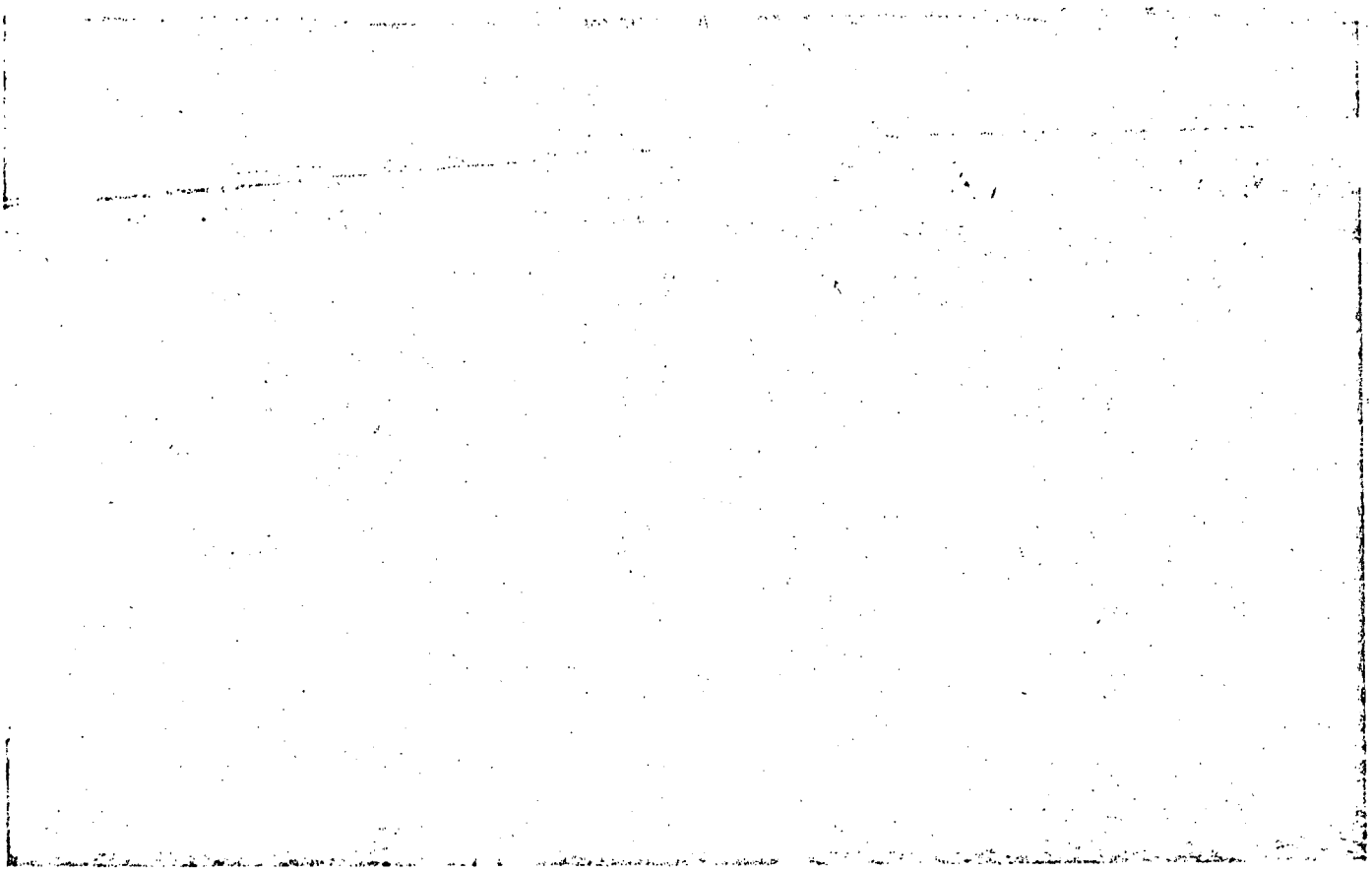
Los espigones pueden estar dirigidos hacia aguas abajo o aguas arriba o también ser normales a la corriente. La orientación de los espigones se mide por el ángulo que forma hacia aguas abajo, el eje longitudinal del mismo con la tangente a la orilla en el punto de arranque (véanse figuras 4 y 5.)

Recomendación

En un tramo recto, en una curva regular, conviene que los espigones formen un ángulo de 70° con la dirección de la corriente. Si la curva es irregular y aún más si tiene un radio de curvatura menor de 2.5 B, los ángulos de orientación serán menores de 70° y pueden alcanzar valores hasta de unos 30° (véase figura 5.)

Comentarios

Orientaciones mayores de 90° obligan a menores separaciones entre los espigones y por lo tanto, a tener un mayor número de ellos para una misma longitud por proteger. Se probaron ángulos de 120° pero no trabajaron satisfactoriamente. Cuando fallaba un espigón, la erosión de la margen era



Aspecto de un espigón después de año y medio de haber sido construido. La presencia de espigones, además de proteger la orilla exterior de una curva, estabilizan la orilla opuesta. Nótese la formación y elevación de una nueva margen. Al cabo de unos 5 años la nueva orilla tendrá una elevación similar a la de la llanura que se ve al fondo.

mayor que la que se producía cuando el espigón estaba inclinado entre 70° y 60°.

Para ángulos entre 70° y 90° la longitud del espigón es prácticamente la misma (véase figura 4). Como la corriente no es paralela a las márgenes, para todos los gastos, conviene colocar los espigones con una α de 70°, en lugar de que sean normales.

En una curva con radio de curvatura muy pequeño ($r > 2.5B$), con α menor de 40°, empieza a convenir hacer la protección con una obra marginal.

PERMEABILIDAD DEL ESPIGON. MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los espigones se pueden construir con una gran variedad de materiales, como madera, troncos y ramas de árboles, piedra, bolsacreto, elementos prefabricados de concreto, acero y alambre, etc.[3] Los más usuales en nuestro medio son los formados con tablestacados y los construidos con enrocamiento ya sea colocado suelto o dentro de gaviones (cajas formadas con malla de alambre). Actualmente se empiezan a utilizar en el río Papaloapan elementos bolsacreto, bolsas con mortero (arena y cemento en proporción de 10:1 en peso).

Si el espigón debe estar permanentemente dentro del cauce principal, conviene que sea impermeable para alejar a la corriente lo más efectivamente posible de la orilla. Si se utilizan espigones para reducir la velocidad de la corriente en una zona que se desea rellenar con los sedimentos arrastrados por el río (formar margen), conviene que sean permeables para que el agua cargada de sedimentos pase entre ellos y al reducir su velocidad, deposite dichos materiales.

Los materiales utilizados en la construcción de los espigones deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el empuje de la corriente, y el de los troncos, árboles y cuerpos flotantes que pueda arrastrar el río. Por esto último, generalmente son destruidos los espigones formados con troncos y ramas de árboles, a lo cual contribuye

Falla de un espigón no empotrado. Para repararlo se prolonga hasta la orilla erosionada y ya no vuelve a fallar. Sólo el 4% de los espigones que se han construido han sido flanqueados y ello debido en parte, a que se probaron separaciones muy grandes.

Espigones construidos con troncos y ramas. Sirven en caso de emergencia, pero su vida útil es muy reducida. No se recomienda construir espigones tan permeables dentro de la corriente principal de un río.

Síntese OS ESPIGOES

No nosso país, cada dia se constroem mais obras de proteção das margens dos rios, com o objetivo de que estas permaneçam firmes e não existam deslocamentos laterais.

A proteção das margens de um leito pode ser feita com obras marginais e com a ajuda de espigoes. Nas primeiras, o elemento resistente é apoiado no fundo inclinado da margem. Por sua vez, os espigoes são estruturas unidas à margem que se projetam na corrente, impedindo que esta atinja a margem em alta velocidade e evitando o seu derrubamento.

Tanto as proteçoes marginais como es espigoes podem ser feitos de vários materiais como rochas, concreto, estacas, elementos préfabricados, etc.

Neste artigo apresentamos a experiência obtida com o uso de espigoes desde 1964. No campo, foi possivel selecionar trechos de prova nos rios San Pedro, Santiago, Grijalva e Suchiate e em laboratório, foram efetuadas provas de erosão dos espigoes num canal e numa mesa de areia de 9m x 20m, estudos sobre a sua longitude, separação e ângulo de orientação.

Baseados nessa experiência, fazemos aqui as recomendaçoes a serem seguidas no projeto de uma obra de defesa feita com espigoes.

Synthèse DESSIN DE DIGUES DE PROTECTION

Dans notre pays se construisent chaque jour des ouvrages de protection en bordure des cours d'eau, dans le but de conserver des rives invariables et qu'il n'y ait pas de déplacements latéraux.

La protection des rives d'un cours d'eau peut être menée à bien par des ouvrages marginaux et des remplais de protection. Les premières sont celles dans lesquelles l'élément résistant au courant s'appuie sur le fond et le talu de la rive. Les remblais de protection, en général, sont des structures unies par leur bord, introduites dans le courant et dont le but consiste à éloigner de la rive les lignes de courant de grande vitesse et assurer que ses matériaux ne seront pas emportés.

Aussi bien les protections marginales que les digues peuvent être faites avec une grande variété de matériaux, comme roches, béton, pilies, éléments préfabriqués, etc.

Cet article relate l'expérience obtenue depuis 1964 dans le dessin de digues de protection. Dans le terrain, il a été possible de sélectionner des trajets d'essai dans les cours d'eau San Pedro, Santiago, Grijalva et Suchiate, et, en laboratoire, des essais ont été faits sur l'érosion de digues dans un canal, sur la longitude des digues et sur la séparation et l'angle d'orientation, dans un plateau de sable de 9 sur 20 mètres.

A partir de cette expérience sont mentionnées dans cet article les recommandations qui doivent être suivies pour la réalisation d'un ouvrage exécuté à base de digues.

Summary LEVEE DESIGN

More works of protection on river banks are constructed in our country every day, whose purpose is to keep the banks fixed in place with no lateral displacement.

Protection of the banks of a river bed can be achieved with bank works and with levees. The former are those in which the current resisting element is supported against the bottom and the slope of the bank. Levees, on the other hand, are structures joined to the bank and introduced into the current whose effect consists in moving the high velocity current lines away from the bank, and thus assuring that the material thereof is not washed away.

Bank protections as well as levees can be made with a great variety of materials, such as stone riprap, bagcrete, sheetpiling, or prefabricated elements, etc.

This article presents the experience obtained since 1964 in the design of levees. In the field it was possible to selcet test stretches in the San Pedro, Santiago, Grijalva, and Suchiate Rivers, and tests upon levee erosion in a channel and on the length, separation, and angle of orientation of levees were carried out in the laboratory on a 9 x 20 m. sand table.

From this experience, the recomendations which should be followed in the plan of defensive works based on levees are indicated in this article.

Velocidades medias de la corriente que son admisibles (no erosivas) para suelos no cohesivos, en m/seg

Diámetro medio de las partículas en mm	Tirante medio de la corriente, en m					
	<0.40	1.00	2.00	3.00	5.00	más de 10
0.005 – 0.05	0.15 – 0.2	0.2 – 0.30	0.25 0.40	0.30 0.45	0.40 – 0.55	0.45 – 0.65
0.05 – 0.25	0.20 – 0.35	0.3 – 0.45	0.40 – 0.55	0.45 – 0.60	0.55 – 0.70	0.65 – 0.80
0.25 – 1.0	0.35 – 0.50	0.45 – 0.60	0.55 – 0.70	0.60 – 0.75	0.70 – 0.85	0.80 – 0.95
1.0 – 2.5	0.50 – 0.65	0.60 – 0.75	0.70 – 0.80	0.75 – 0.90	0.85 – 1.00	0.95 – 1.20
2.5 – 5.0	0.65 – 0.80	0.75 – 0.85	0.80 – 1.00	0.90 – 1.10	1.00 – 1.20	1.20 – 1.50
5.00 – 10	0.80 – 0.90	0.85 – 1.05	1.00 – 1.15	1.10 – 1.30	1.20 – 1.45	1.50 – 1.75
10 – 15	0.90 – 1.10	1.05 – 1.20	1.15 – 1.35	1.30 – 1.50	1.45 – 1.65	1.75 – 2.00
15 – 25	1.10 – 1.25	1.20 – 1.45	1.35 – 1.65	1.50 – 1.85	1.65 – 2.00	2.00 – 2.30
25 – 40	1.25 – 1.50	1.45 – 1.85	1.65 – 2.10	1.85 – 2.30	2.00 – 2.45	2.30 – 2.70
40 – 75	1.50 – 2.00	1.85 – 2.40	2.10 – 2.75	2.30 – 3.10	2.45 – 3.30	2.70 – 3.60
75 – 100	2.00 – 2.45	2.40 – 2.80	2.75 – 3.20	3.10 – 3.50	3.30 – 3.80	3.60 – 4.20
100 – 150	2.45 – 3.00	2.80 – 3.35	3.20 – 3.75	3.50 – 4.10	3.80 – 4.40	4.20 – 4.50
150 – 200	3.00 – 3.50	3.35 – 3.80	3.75 – 4.30	4.10 – 4.65	4.40 – 5.00	4.50 – 5.40
200 – 300	3.50 – 3.85	3.80 – 4.35	4.30 – 4.70	4.65 – 4.90	5.00 – 5.50	5.40 – 5.90
300 – 400		4.35 – 4.75	4.70 – 4.95	4.90 – 5.30	5.50 – 5.60	5.90 – 6.00
400 – 500 o más			4.95 – 5.35	5.30 – 5.50	5.60 – 6.00	6.00 – 6.20

VELOCIDADES MEDIAS DE LA CORRIENTE DEL AGUA QUE SON ADMISIBLES (NO EROSIVAS) PARA SUELOS COHESIVOS m/seg

Denominación de los suelos	Porcentaje del contenido de partículas	Suelos poco compactos, peso volumétrico del material seco hasta 1.66 ton/m³	Suelos medianamente compactados, peso volumétrico del material seco, 1.20 a 1.66 ton/m³	Suelos compactos, peso volumétrico del material seco, de 1.66-2.04 ton/m³	Suelos muy compactos, el peso volumétrico del material seco de 2.04-2.14 ton/m³
		Profundidades medias de la corriente, en m			
	0.005 0.005-005	0.4 1.0 2.0 3.0	0.4 1.0 2.0 3.0	0.4 1.0 2.0 3.0	0.4 1.0 2.0 3.0
Arcillas y tierras fuertemente arcillosas	30-50 70-50 20-30 80-70	0.35 0.4 0.45 0.5	0.7 0.85 0.95 1.1	1.0 1.2 1.4 1.5	1.4 1.7 1.9 2.1
Tierras ligeramente arcillosas	10-20 90 - 80	0.35 0.4 0.45 0.5	0.65 0.8 0.9 1.0	0.95 1.2 1.4 1.5	1.4 1.7 1.9 2.1
Suelos de aluvión y arcillas margosas			0.6 0.7 0.8 0.85	0.8 1.0 1.2 1.3	1.1 1.3 1.5 1.7
Tierras arenosas	5-10 20 - 40	Según Ad 2.21 en relación con el tamaño de las fracciones arenosas			

Ad 2.23

Taludes recomendados para los lados de canales trapeciales

Roca	casi vertical
Roca fracturada o alterada	1/4:1
Arcilla muy compacta, con recubrimiento de concreto	1/2:1 a 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra	1:1
Arcilla o pequeños canales en tierra	1 1/2:1
Tierra arenosa suelta	2:1
Arcilla porosa	3:1

Ad 2.51

Diámetro mínimo de las piedras que forman el pedraplén de protección, en función de su peso específico y de la velocidad de la corriente, para un tirante igual a 1 metro

Velocidad de la corriente, V_1, en m/seg	Peso específico del material, en kg/m^3				
	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
1	8	8	7	6	6
1.3	15	13	12	11	10
2.0	18	16	13	13	12
2.5	27	24	21	19	18
3.0	38	34	31	28	26
3.5	53	46	42	38	35
4.0	68	60	54	50	46
4.5	86	77	69	63	58
			85	77	70

Nota.

Si el tirante es diferente de 1 m, $V = V_1 H^{\alpha}$ en que $\alpha = \frac{1}{2+H}$

Conocidas V y H se despeja V_1 y se pasa a la tablá para conocer el diámetro de las piedras

Velocidades mínimas para evitar azolves

Para tubería de concreto

Clase de material	Velocidad
Arcilla y limo	0.08 m/s
Arena fina	0.15 m/s
Guijarros hasta de 1.3 cm	0.30 m/s
Guijarros hasta de 2.5 cm	0.60 m/s

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

HIDROLOGIA

ING. FRANCISCO J. PEÑA ROBLES
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

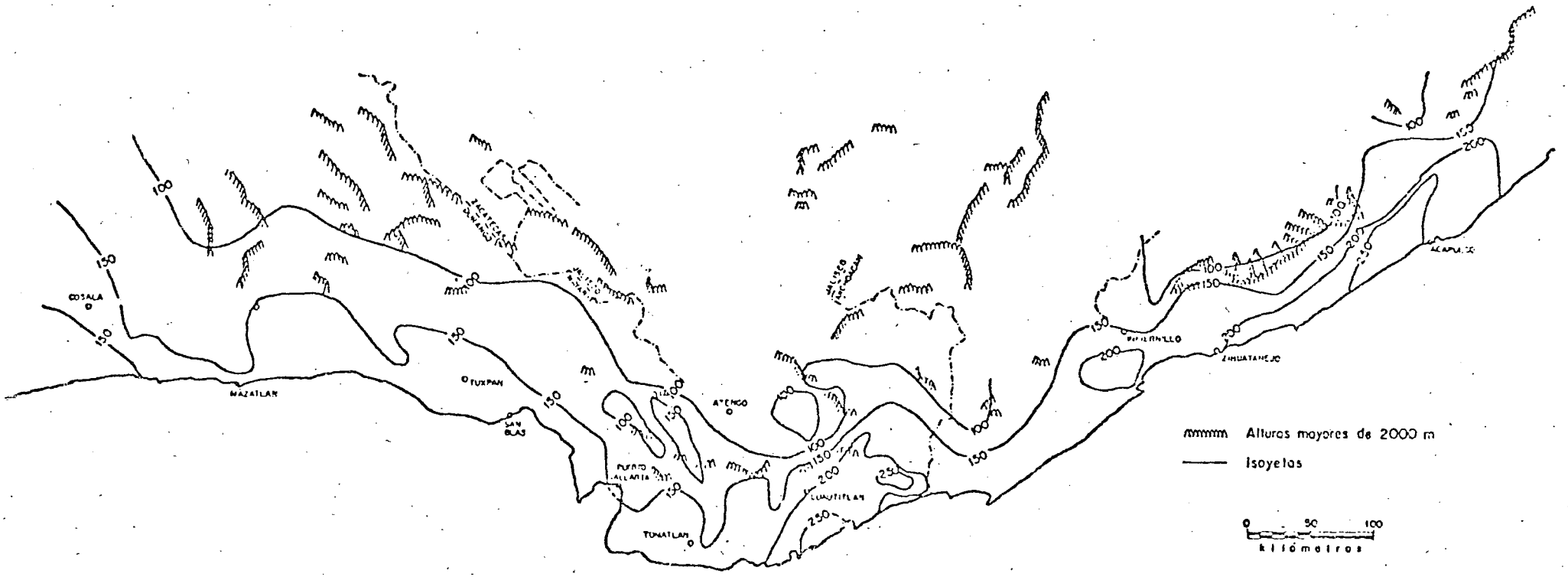


Fig 4.1 Isoyetas para alturas máximas de pluviómetro y periodo de retorno de 10 años

de Gumbel I modificados, que aparecen en la tabla 5.6. Al tratar de estimar estos parámetros mediante características de precipitación y fisiografía, se obtuvieron coeficientes de correlación superiores a 0.90, lo que revela la existencia de una buena relación.

Como resultado de lo anterior, se eligieron los parámetros de la distribución Gumbel I estimados mediante el método de mínimos cuadrados, con pesos proporcionales al inverso del periodo de retorno, para hacer el análisis regional. Las características fisiográficas que se tomaron en cuenta fueron:

a) Area (Km^2)

b) Longitud del cauce principal (Km)

c) Pendiente del cauce principal estimada según

$$S = \left(\frac{n}{1/S_1^{1/2} + 1/S_2^{1/2} + \ldots\ldots 1/S_n^{1/2}} \right)^2$$

donde

S pendiente del cauce (m/m)

n número de tramos iguales en que se divide el cauce

S_i pendiente del tramo i

d) El tipo de suelo y geología no pudieron estimarse al mismo nivel de precisión que los anteriores y por tanto se excluyeron del estudio.

La precipitación se consideró representada por:

a) Precipitación media anual en la cuenca (mm)

b) Altura de pluviómetro de periodo de retorno de 10 años, media en la cuenca

Las características anteriores se calcularon para cada una de las cuencas en estudio y aparecen en la tabla 5.7.

Para evitar problemas inherentes a pocos años de registro en algunas estaciones, se desecharon todas aquellas con menos de ocho años de registro, disponiéndose de este modo de una muestra de 41 estaciones.

Para estas estaciones y sus cuencas, se buscó una relación entre sus características de la tabla 5.7 y los parámetros A y B de Gumbel de la tabla 5.6, encontrándose mediante la aplicación del método de regresión múltiple por pasos[12] las expresiones:

$$A = \frac{(AR)^{0.8}\, P^{1.89}}{10950\,(L\sqrt{S})^{0.19}} \qquad (5.24)$$

$$B = \frac{AR^{0.81}\, P^{1.27}\, I^{0.68}}{(L\sqrt{S})^{0.24}\,(34500)} \qquad (5.25)$$

donde

A y B son los parámetros de Gumbel

A R área de la cuenca en km^2

P altura pluviométrica media para $T_r = 10$ años

L longitud del cauce principal

S pendiente del cauce principal

I precipitación media anual

Las únicas cuencas que resultaron con errores de más de dos desviaciones estándar y que por tanto pueden considerarse no homogéneos con una probabilidad de 0.95 son:

Colotlipa - que se encuentra protegida del lado oriente de la sierra

La Vega - que se localiza en la parte alta del río Ameca, ya muy fuera de la zona

$$\left\{ Y_{ij} \;\middle|\; \begin{array}{l} i = 1, \ldots, N \\ j = 1, 2 \ldots n_i \end{array} \right\}$$

donde

N número de cuencas

n_i número de años de registro de la estación i

Constituye una muestra de NT elementos donde

$$NT = \sum_{i=1}^{N} n_i$$

De las 38 estaciones consideradas se obtuvo una muestra de 605 estaciones-año, de la que se estimó la relación de la variable estandarizada y su periodo de retorno, que aparece en la fig 5.11. En ella se puede apreciar que para periodos de retorno menores de 10 años, los datos coinciden con la función teórica, mientras que para $T_r > 10$ años las observaciones son consistentemente mayores que la relación teórica de Gumbel.

Utilizando la expresión (5.26) y la figura 5.12, se puede escribir

$$Q\,(T_r) = A\;Y\;(T_r) + B \qquad (5.28)$$

donde

$\dot{Y}(T_r)$ es el valor de la variable reducida estimada a partir de la figura 5.11, para un periodo de retorno T_r

A y B son los parámetros de Gumbel estimados en la curva, mediante los gastos máximos observados o con las expresiones (5.24) y (5.25).

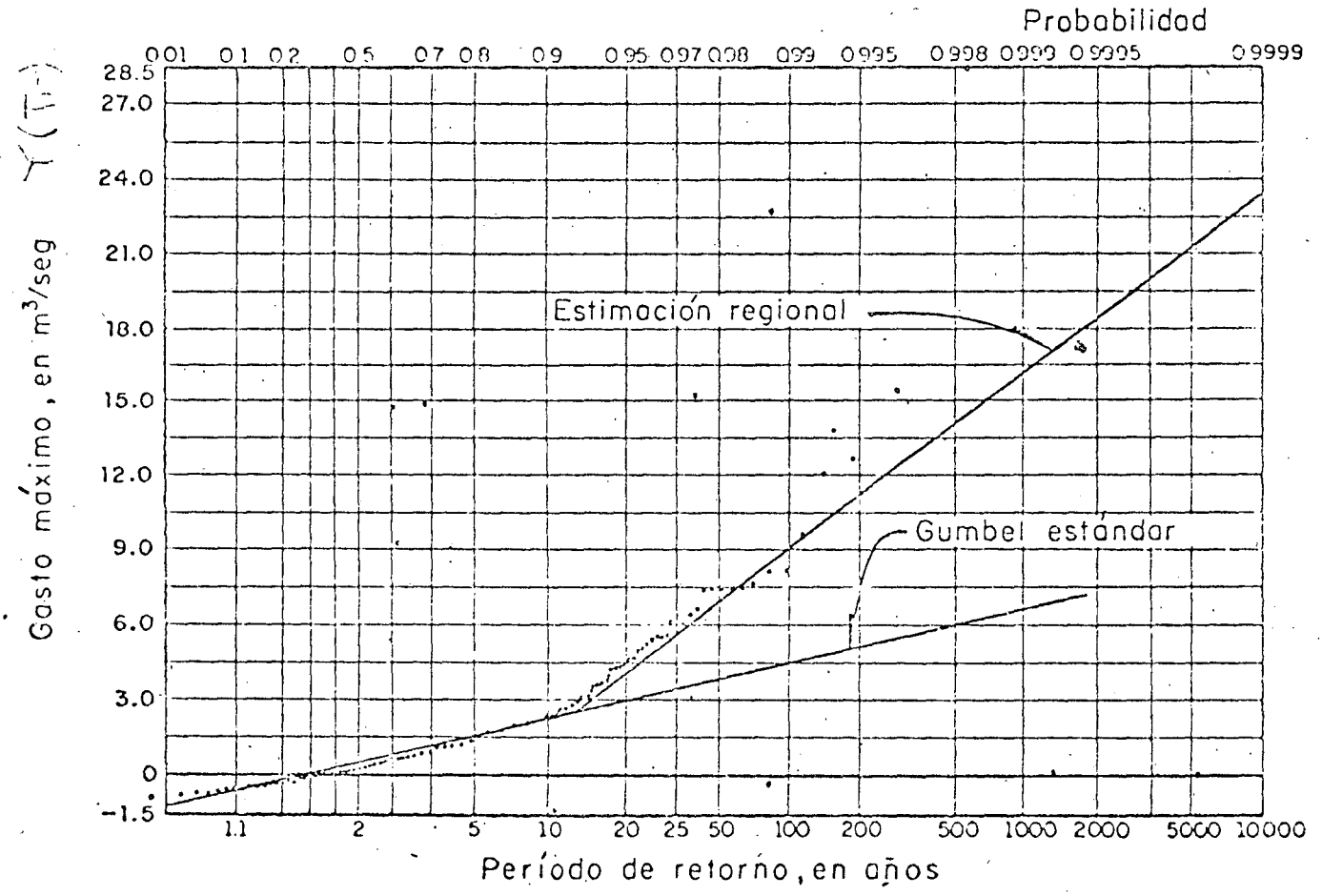


Fig 5.11 Variables estandarizadas utilizando parámetros estimados con los gastos observados

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

SOCAVACION EN CAUCES NATURALES

T A B L A S

ING. FRANCISCO PEÑA ROBLES
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

H_s Tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de V_e se requiere para arrastrar y levantar al material, en m.

x, Es un exponente variable que está en función del peso volumétrico γ_s del material seco en Ton/m3, el cual se encuentra consignado en la tabla 3. En ese mismo cuadro se indica el valor de la expresión $1/(1+X)$ que será necesaria más adelante, así como el valor del exponente x cuando el material del fondo no es cohesivo. En este último caso x es función del diámetro medio de los granos.

TABLA 2

Probabilidad anual (en %) de que se presente el gasto de diseño.	Coeficiente β
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

TABLA 3

Valores de X y $1/(1 + X)$ para suelos cohesivos y no cohesivos

SUELOS COHESIVOS						SUELOS NO COHESIVOS					
γ_s	x	$\frac{1}{1+x}$	γ_s	x	$\frac{1}{1+x}$	d(mm)	x	$\frac{1}{1+x}$	d(mm)	x	$\frac{1}{1+x}$
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72	0.05	0.43	0.70	40.00	0.30	0.77
0.83	0.[illegible]	0.66	1.20	0.38	0.72	0.15	0.42	0.70	60.00	0.29	0.78
0.86	0.	0.67	1.28	0.37	0.73	0.51	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74	1.00	0.40	0.71	140.00	0.27	0.79
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74	1.50	0.39	0.72	190.00	0.26	0.79
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75	2.50	0.38	0.72	250.00	0.25	0.80
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75	4.00	0.37	0.73	310.00	0.24	0.81
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76	6.00	0.36	0.74	370.00	0.23	0.81
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76	8.00	0.35	0.74	450.00	0.22	0.83
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77	10.00	0.34	0.75	570.00	0.21	0.83
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78	15.00	0.33	0.75	750.00	0.20	0.83
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78	20.00	0.32	0.76	1000.00	0.19	0.84
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79	25.00	0.31	0.76			

La variación de la velocidad media real v_r de la corriente, en función de la profundidad y para cada punto de la sección puede ser obtenida analizando una franja vertical de la sección transversal, como la mostrada en la figura 6. La hipótesis que se formula para realizar el cálculo es que el gasto unitario en cada franja permanece constante mientras dura el proceso erosivo.

Tómese la franja de espesor ΔB, y en forma hipotética considérese que el fondo se encuentra en su nivel inicial antes de que se produzca la erosión. El gasto que pasa por esa sección se puede expresar según Manning por:

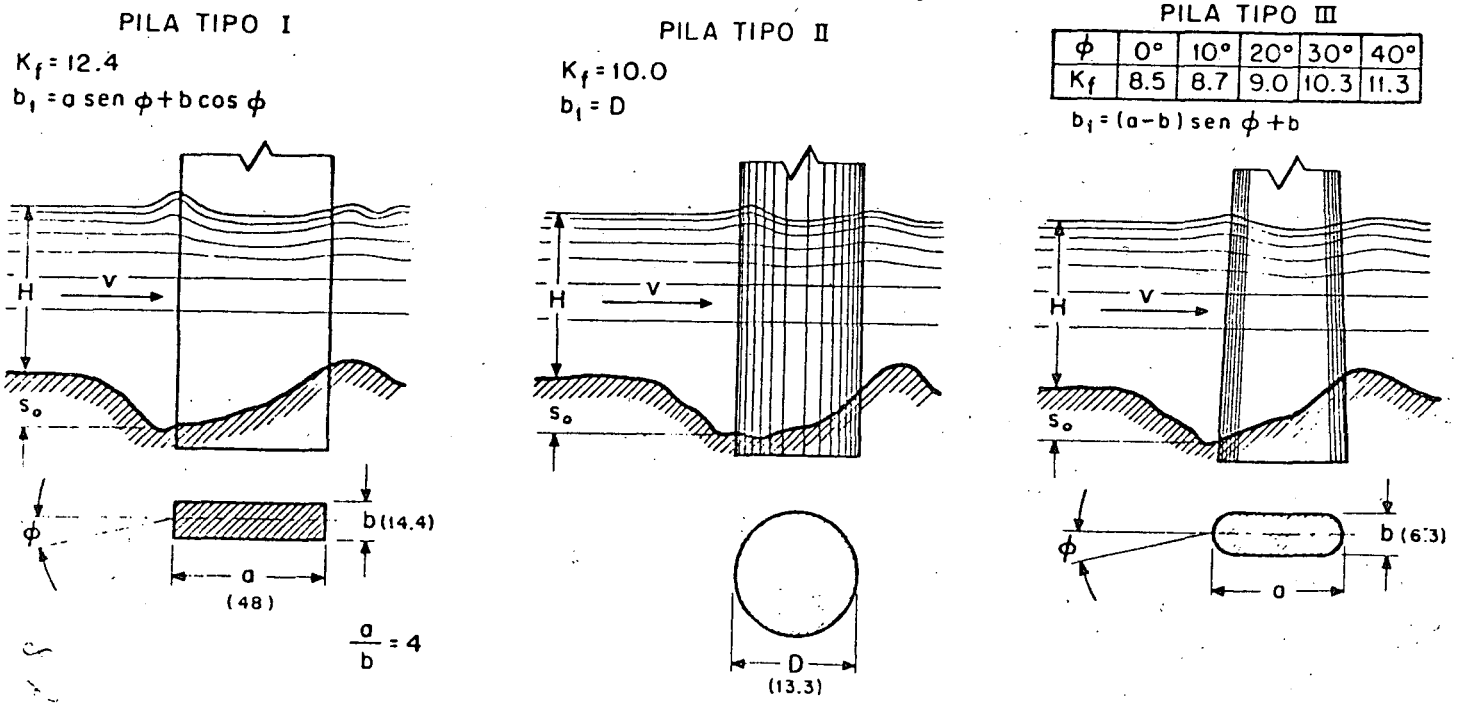
TABLA 4

COEFICIENTE DE CONTRACCION μ

VELOCIDAD MEDIA EN LA SECCION, EN M/SEC.	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS (CLARO), EN METROS												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
MENOR DE 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.50	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 ó MAYOR	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

METODO DE YAROSLAVTZIEV

EXPRESION GENERAL $S_o = K_f K_v (e + K_H)\frac{v^2}{g} - 30\, d_{85}$



ϕ	0°	10°	20°	30°	40°
K_f	8.5	8.7	9.0	10.3	11.3

Valores de K_f y b_1 para diferentes pilas y distintos ángulos de incidencia

FORMA Y DIMENSIONES DE PILAS ESTUDIADAS

Las cantidades entre paréntesis están en cm y corresponden a las dimensiones de las pilas probadas

FIG. 18a

PILA TIPO IV

ϕ	COEFICIENTE K_f					
	C/H					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
0	8.5	9.9	11.5	12.1	12.4	12.4
10	8.7	10.1	11.6	12.1	12.4	12.4
20	9.0	10.3	11.7	12.4	12.4	12.4
30	10.3	11.3	12.1	12.4	12.4	12.4
40	11.3	12.0	12.4	12.4	12.4	12.4

$b_1 = (a - b_o)\,\text{sen}\,\phi + b_o$ para $C/H \leq 0.3$

$b_1 = a\,\text{sen}\,\phi + b_o \cos\phi$ para $C/H > 0.3$

en donde $b_o = b + (b_2 - b)\,C/H$

METODO DE YAROSLAVTZIEV

EXPRESION GENERAL $S_o = K_f K_V (e + K_H)\frac{v^2}{g} - 30\,d_{85}$

PILA TIPO V

Coeficiente $K_f = 12.4$

$b_1 = a\,\text{sen}\,\phi + b_o \cos\phi$

en donde $b_o = b + (b_2 - b)\,C/H$

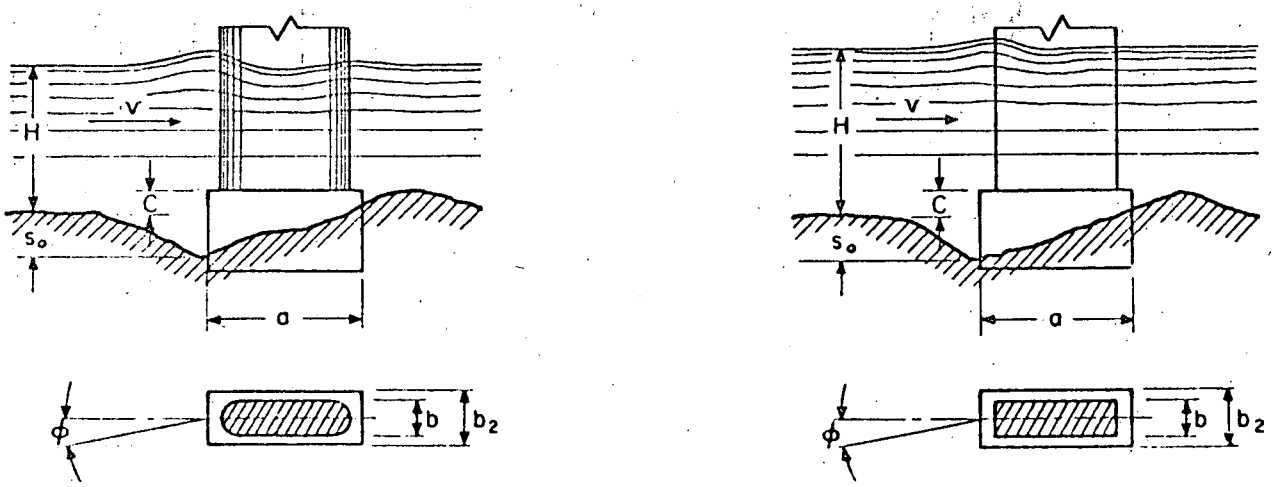


FIG. 18b Valores de K_f y b_1

METODO DE YAROSLAVTZIEV

EXPRESION GENERAL $S_o = K_f K_V (e + K_H)\frac{v^2}{g} - 30\,d_{85}$

PILA TIPO VI

$\beta°$	120	90	60
K_f	12.2	10.0	7.3

$b_1 = (a - b)\,\text{sen}\,\phi + b$

PILA TIPO VII

ϕ	COEFICIENTE K_f				
	t/b				
	0	2	4	8	12
0	8.5	7.5	6.76	5.98	5.4
10	8.7	7.7	6.80	6.10	5.5
20	9.0	7.8	7.10	6.20	5.6
30	10.3	8.6	7.50	6.30	5.7
40	11.2	9.2	7.90	6.70	5.9

$b_1 = (a - b)\,\text{sen}\,\phi + b$

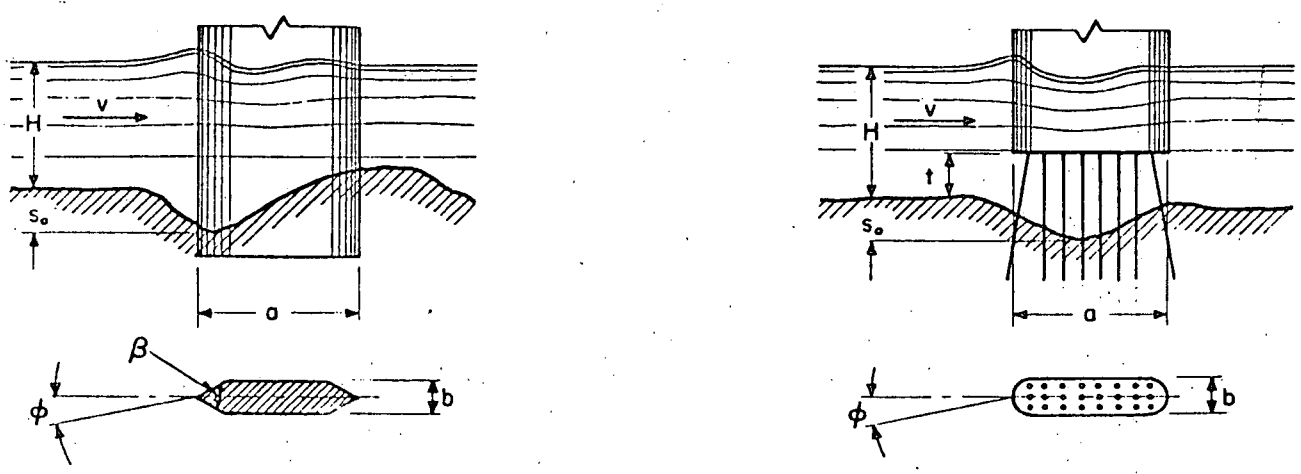


FIG. 18c Valores de K_f y b_1

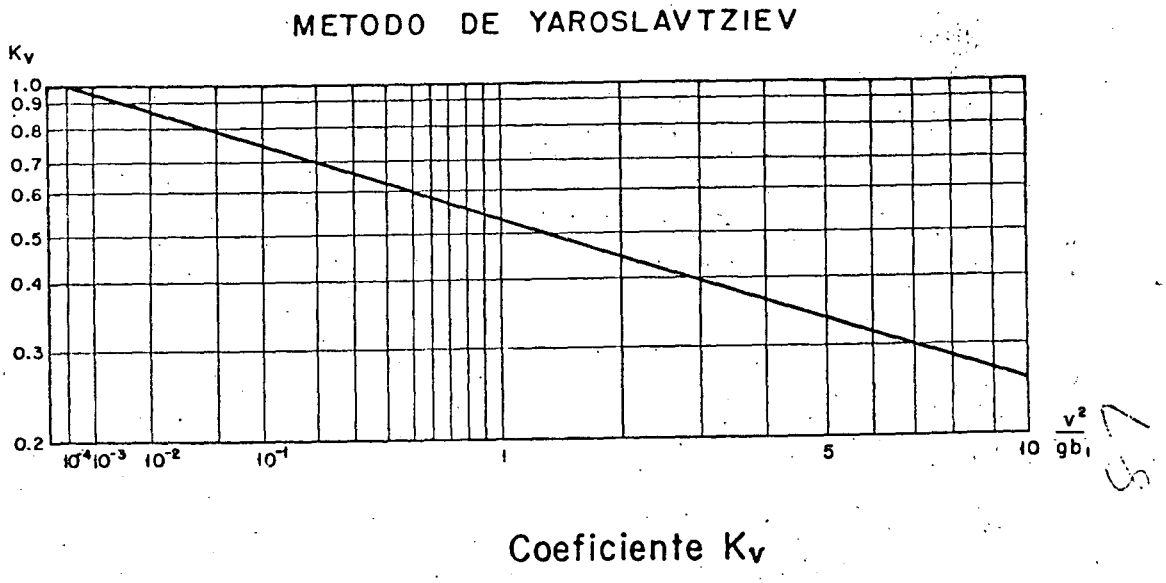


FIG. 19 GRAFICA PARA EL CALCULO DE K_v

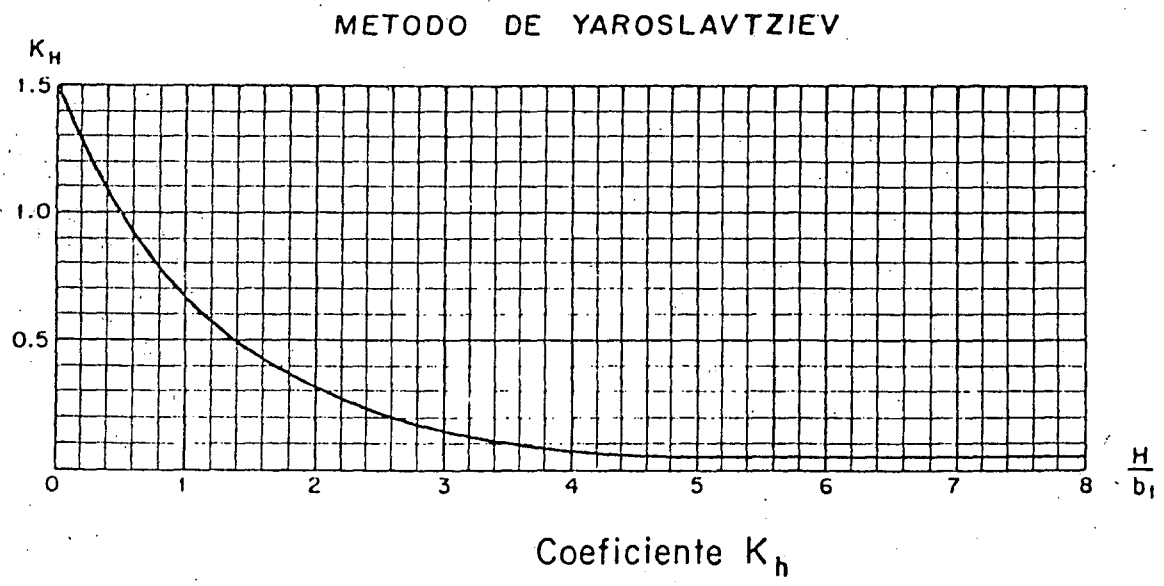


FIG. 20 GRAFICA PARA EL CALCULO DE Kh

T A B L A 10

DIAMETROS EQUIVALENTES A SUELOS GRANULARES, PARA SUELOS COHESIVOS

Característica de los suelos.	Peso volumétrico del material seco, en Ton/m3.	Dimenciones del diámetro equivalente en suelos granulares (en cm)		
		Arcillas y tierras - fuertemente arcillosas	Tierras ligeramente arcillosas	Suelos de aluvión - (arcillas margosas)
Poco compactos.	1.2	1	0.5	0.5
Medianamente compactos.	1.2 - 1.6	4	2	2
Compactos.	1.6 - 2.0	8	8	3
Muy compactos.	2.0 - 2.5	10	10	6

Lo anterior se ha presentado con el fin de redondear más el tema; sin embargo, no será discutida su validez no comparada con alguna otra, por desconocerse otro intento de valuar la profundidad de la erosión para suelos cohesivos.

Unicamente cabe aclarar que el tiempo es otro factor importante y que debe ser tomado en cuenta, ya que la degradación del fondo en un suelo cohesivo tarda más que en un suelo con material suelto. Así, es probable que durante el tiempo que tarda la avenida no se alcance la profundidad obtenida mediante el cálculo. Por este motivo conviene tomar como gasto de diseño el que se presenta durante una avenida con un periodo de retorno más bajo.

T A B L A 10'

Valores de la velocidad de caída w en función del diámetro de las partículas.

Peso específico = 2.65 Ton/m^3 y la temperatura del agua = 10°C

d (mm)	w cm/s	d (mm)	w cm/s	d (mm)	w cm/s	d (mm)	w cm/s
0.010	0.0049	0.15	1.150	1.75	17.80	15.0	52.0
0.015	0.0115	0.20	1.711	2.00	19.00	17.5	56.2
0.020	0.0198	0.30	2.831	2.50	21.25	20.0	60.20
0.030	0.0450	0.40	3.951	3.00	23.25	22.5	63.70
0.040	0.0820	0.50	5.071	4.00	26.85	25.0	67.20
0.050	0.1230	0.60	6.191	5.00	30.00	27.5	70.60
0.060	0.1840	0.70	7.311	6.00	32.90	30.0	73.60
0.070	0.2510	0.80	8.431	7.00	35.50	50.0	78.00
0.080	0.3280	0.90	9.571	8.00	38.00	75.0	95.00
0.090	0.4140	1.00	10.671	9.00	40.30	100.0	110.00
0.100	0.5120	1.20	12.911	10.00	42.50	150.0	135.00
0.120	0.7370	1.50	16.271	12.50	47.70	200.0	153.00
						250.0	170.00
						300.0	189.00

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

EL SISTEMA ECONOMICO I

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

EL SISTEMA ECONOMICO I

Este primer contacto con el sistema económico permite ver en relieve:

1.- Los elementos claves del proceso productivo, los factores y las unidades en que se organizan.,

2.- Los sectores en que la economía puede ser devidida, así como las cuestionres iniciales planteadas por la diversidad de su constitución factorial.

3.- Los flujos generados en un periodo determinado que transiten por sistema económico (Producción).,

4.- La dicotomía básica vigente en el proceso productivo, entre la corriente "real" de bienes y servicios y la corriente "nominal" de ingresos.

5.- El carácter orgánico del sistema económico cuyos elementos se muestran intimamente relacionados (gráfica)

1.- El análisis de la constitución de un sistema económico se inicia con - el desglose de sus elementos fundamentales.

1.a El Trabajo.- Primero destacan los hombres, que explican la existencia, - animan y conducen el sistema. Presentes en él, a través de su capacidad de trabajo, son los organizadores y ejecutores de la producción.

En un primer enfoque, de carácter cuantitativo puede destacarse los sec

...

tores productivo y dependiente. Con esta clasificación quedan caracterizados, el contingente de población en edad de trabajar (14 a 60 años) y la fracción de la población que todavía no participa o ya se retiró de las funciones productivas.

A partir de la población en edad de trabajar se llega a los conceptos de PEA y población ocupada.

a) Económicamente activa es la porción de la población que se encuentra efectivamente dentro del mercado de trabajo; se obtiene sustrayendo, del contingente en edad de trabajar, a los que se dedican a actividades domésticas (no remuneradas), a los estudiantes, etc. (PEA = Población en edad de trabajar - Población dedicada a actividades no remuneradas.

b) Población ocupada comprende a los individuos que ejercen una actividad profesional remunerada; excluye a los desempleados; no se refiere en consecuencia, a la población disponible para el trabajo, sino al contingente efectivamente absorvido por el sistema.

Tasa de ocupación.- El cociente que compara el monto de personas ocupadas con el total de habitantes. Este indicador señala la proporción de aquellos individuos que, por su trabajo, generan el total de la producción de que disfruta la comunidad.

La proporción de ersonas ocupadas en una comunidad se ve afectada -

...

por fenómenos económicos, sociales y demográficos, en sentido estricto.

Población total- viejos y niños = Población hábil, retirar a los aptos -- para el trabajo que no estén orientados al mercado de mano de obra - - (estudiantes, otros) = Población Ec. Activa - los que se consiguen em-- plearse = Población ocupada.

Habría que computar una serie de factores para explicar porqué la tasa - de ocupación es de cerca del 32% en una nación como Brasil y 42% en - paises como Francia e Inglaterra.

El factor trabajo se divide en dos grandes clases: calificado y no calificado.

1.b Los Recursos Naturales

Con el propósito de producir bienes, los hombres se valen de las riquezas y fuerzas que la naturaleza les ofrece. La cultivan, le extraen materias primas, explotan su potencial energético, etc. Pueden denominarse como recursos naturales los elementos de la naturaleza incorporables a - las actividades económicas. Constituyen un variado conjunto en el que destacan el suelo cultivable, los bosques, los yacimientos minerales, - los recursos hidrológicos, etc.

Dado que solamente pueden considerarse como recursos naturales aquellos elementos a que tiene acceso las actividades económicas, su volumen depende, entre otros factores de la capacidad tecnológica, del avance de la

...

ocupación territorial, de las facilidades de transporte y del monto de -- las existencias.

1.c El Capital

El trabajo humano se ejerce en un contexto económico que reúne fábricas, carreteras y una infinidad de otros elementos resultantes del propio es-- fuerzo humano de épocas pasadas.

Tales elementos constituyen ensu totalidad la reserva de capital de está dotado un sistema.

El Capital, pues, es el resultado de un proceso histórico mediante el -- cual el dinero se transforma en una categoría diferente y superior, a - - través de la acumulación. En términos esquemáticos puede decirse que el capital es un conjunto de bienes reproducibles (construcciones e ins— talaciones, maquinaría, equipo) suceptibles de emplearse como medios - de producción.

El trabajo que puede encaminarse hacia las tareas productivas, los recur sos naturales accesibles a una cierta fase del desarrollo y el capital -- disponible componen la constelación de factores con que puede contar -- un sistema. Definen su potencial productivo.

Iniciemos la explicación del proceso por el cual un sistema económico — llega a valerse de su potencial productivo para la generación de produc- tos destinados al consumo de sus miembros.

...

Un sistema económico moderno constituye un complejo tejido de relaciones directas e indirectas, por las cuales los hombres llegan a disponer de variadisima gama de bienes capaces de satisfacer sus multiples necesidades y deseos materiales. De esta forma, los hombres dividen -- socialmente su trabajo y actúan integrados mediente una extensa corriente de intercambio de productos y prestaciones de servicios

1.d La Organización

Las actividades productivas de una sociedad se distribuyen a través de inmúmeras unidades productivas, que individualmente, articulan trabajo, capital y recursos naturales, con la tendencia a obtener determinados - bienes y servicios. Las unidades productoras concretan el fenómeno - de la división social del trabajo.

La organización de los factores dentro de las unidades, así como la -- dirección de sus actividades cabe a personas o grupos de carácter público o privado, genéricamente denominados organizadores de la producción. Las combinaciones de factores realizadas por ellos se sitúan -- dentro de un cuadro de soluciones técnicas. Estos constituyen, en - realidad, una multiplicidad de procesos productivos, formas de organización, etc. accesibles a las actividades productivas de una determinada época y región.

...

2.- El análisis económico reconociendo los papeles diversos que desempeñan las unidades de un sistema productivo, clasifica sus actividades distinguiendo tres sectores:

— El sector primario; abarca las actividades que se ejercen próximas a las bases de recursos naturales.(agropastoriales y extractivas)

— El Secundario; reúne las actividades industriales, mediante las cuales los bienes son transformados; les son adicionadas características correspondientes a distintos grados de elaboración.

— El Terciario; agrupa a ciertas necesidades que son atendidas por actividades cuyo producto no tiene expresión material. La importancia de este complejo campo de actividades (transportes, educación, diversiones, justicia, etc) del cual emana al sistema una variadisima gama de servicios.

La importancia relativa de los diversos sectores, en la generación del producto total de la economía, es marcadamente variable, reflejando, entre otros fenómenos, el grado de desarrollo económico alcanzado.

La división de una economía en sectores y el estudio del peso relativo de cada uno tiene gran valor análitico si enfocamos la absorción de factores, por los tres sectores, según la etapa de desarrollo alcanzado.

...

Si encaramos al sector primario bajo el ángulo del empleo de factores su papel difiere radicalmente según se trate de naciones desarrolladas o atrasadas. En estas las actividades agropecuarias ocupan 50 al 80% de la PEA, caracterizandose, además, por el escaso empleo de equipo y por el uso extensivo y deteriorado de la tierra. Las naciones desarrolladas en contraste, dedican una parte mínima de su población ocupada a actividades agrícolas, las que, por otro lado, presenta una forma intensamente capitalizada.

En términos de composición factorial, el sector secundario está asociado al factor capital. La absorción de mano de obra por unidad de capital instalado ha variado intensamente, a lo largo del tiempo, como reflejo de la tecnología. Las relaciones entre las reservas de capital, progresivamente acumulado, por un lado y la mano de obra incrementada por la expansión demográfica o sobrante de la agricultura para ser absorvida en nuevos empleos, por el otro, constituyen una de las más graves cuestiones a que se enfrentan los sistemas económicos en la actualidad.

Dada su naturaleza, la prestación de servicios rebasa en el uso extensivo e intensivo de la mano de obra, tendiendo, en algunas de sus ramas, a absorver grandes proporciones de capital (Los modernos medios de comunicación y transportes).

En los paises subdesarrollados, el sector servicios es el sumidero a donde van a dar los grandes contingentes de mano de obra no calificada que, al --

...

dejar el campo pasan a vejetar las grandes ciudades, y buscan su subsistencia a través de actividades escasamente productivas.

El análisis del peso relativo de cada sector, en la economía, y de la composición factorial interna y comparada de los tres sectores proporciona una primera imagen de las estructuras productivas de los diversos sistemas.

Función de Producción.-

A la compleja relación que indica las proporciones en que trabajo, capital y recursos naturales se conjugan para engendrar el producto sectorial se le denomina "función macroeconómica de producción" $P_i = f_i$ (Trc, TrNC, K, Rn).- El estudio de tales relaciones, sus alternativas y tendencias permite esclarecer problemas de naturaleza estructural a los que se enfrentan los sistemas en proceso de transformación profundas.

Producción de bienes y servicios.-

Los grandes sectores de la economía comprenden numerosas ramas de actividad que, a su vez, reunen cantidades variables de empresas. Articulados los factores en el seno de las unidades productoras surge la producción de bienes y servicios que se pueden clasificar del modo siguiente:

a) De consumo.- cuando se destinan a la satisfacción directa de necesidades humanas; Ejemplo: alimentos, ropa, diversiones, etc.

...

b) De capital.- no atienden directamente a las necesidades humanas, - se destinan a multiplicar la eficiencia del trabajo, Ejemplo: herra-- mientas, maquinaria, instalaciones, obras de infraestructura, etc.

e) Intermedios.- bienes que están sujetos a nuevas transformaciones - antes de convertirse, finalmente, en bienes de consumo o de capi- tal; Ejemplo: trigo, hierro, etc.

d) Bienes finales.- las mercancias y servicios directamente destinados al consumo de la colectividad o que son incorporados a la reserva- de capital del sistema. Al monto global de bienes y servicios fina les generados en un periodo se le conoce como "producto".

Pago a los factores de la producción.-

A lo largo del proceso productivo, las unidades productoras efectúan pagos - al personal empeado, remuneración a los propietarios del capital y de los -- servicios naturales utilizados y obtienen ganancias. La totalidad de estos - ingresos constituyen el "ingreso de la comunidad". Tal agregado puede ser repartido así:

Al trabajo - sueldos y salarios

Ingreso de la propiedad de Capital y Recursos Naturales.- intere- ses, rentas, ganancias, etc.

El funcionamiento de las unidades productoras, integradas en un conjunto, el

...

aparato productivo, da origen, a dos flujos simultaneos:

El flujo real.- constituido por bienes y servicios

El flujo nominal.- los infresos distribuidos por el sistema en su operación.

Quienes detectan ingresos en busca de la satisfacción de sus necesidades y quienes ofrecen mercancias y servicios se encuentran en "el mercado", donde la producción alcanza su destino final.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

LA CIENCIA ECONOMICA

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

LA CIENCIA ECONOMICA

La economía es un tema que siempre ha estado y estará de moda, porque en-ella se funden las relaciones que entablan los seres humanos con un mismo-propósito: satisfacer sus necesidades y buscar el bienestar. Es una palabra que se antonja misteriosa, por aplicarse a una amplia maraña de conceptos,-derivados de tales relaciones.

El término tiene varios significados:

- Se refiere a la actividad que efectúan los hombres para procurarse medios de satisfacción.
- Describe la forma en que se utilizan los recursos, por parte de las per-sonas, las familias o las empresas.
- Así se llama el sistema en que se realiza la actividad mencionada.
- Es el nombre de la ciencia que estudia el funcionamiento de ese mismo-sistema.
- Es el arte o técnica que se vale de los principios aportados por la cien--cia económica para alcanzar objetivos concretos en esta materia.
- También se emplea como sinónimo de austeridad, frugalidad o ahorro.

En todas las acepciones hay dos elementos comunes: el ser humano y un vo--lumen dado de recursos, de los cuales se vale para sitisfacer sus necesida--des. En esa relación aparecen varias manifestaciones emocionales, naturales y sociales, que originan un laberinto de fenómenos. De ahí que la economía

...

sea complicada, a la vez que apasionante, y que comprenderla sea difícil, - pero indispensable.

He aquí una descripción de lo que es la economía: el sistema social en el -- cual se lleva a efecto el ciclo de producción, circulación y consumo de me-- dios de vida.

Pero, como acaba de decirse, es una mera descripción del sistema económico. La economía es más que eso: no sólo se refiere a los fenómenos que se pre-- sentan en ese ciclo, sino a su estudio y a la administración de su funciona-- miento.

Veamos lo anterior con ayuda de las etimologías que dan origen a la palabra.

Oikos: el medio social.- En la cultura griega el vocablo oikos designaba a la casa, considerada como el medio donde habita el hombre, con su familia, sus esclavos y todas sus pertenencias. (De esa palabra proviene ecología, que - se refiere al estudio de las relaciones que se establecen entre los seres vi-- vos y el medio en que se encuentran).

Desde el punto de vista social el significado de oikos es más amplio que el - de casa. Abarca el territorio donde habita un grupo, que puede ser el clan, - la tribu, el feudo, la ciudad, un estado, un país, una región, un continente o el mundo entero. Cualquiera que sea su dimensión, dentro del oikos se enta- blan relaciones de trabajo y de intercambio de satisfactores.

...

Administración del patrimonio.- La palabra nemein, del mismo origen, significa administrar. De oikos y nemein deriva economía, cuyo significado etimológico es la administración del patrimonio total contenido en el oikos, ya sea en su ámbito restringido o en el más amplio.

La economía como ciencia.- La serie de movimientos que se desencadenan alrededor de esto da origen a una intrincada red de fenómenos interrelacionados que integran una ciencia y un arte o técnica. Esto es, un conjunto de conocimientos ordenados en forma sistemática, la ciencia, y una serie de normas para organizar el empleo de los recursos de una comunidad, el arte o técnica.

Veamos primero a la economía como ciencia, con ayuda de comparaciones llanas y ejemplos accesibles.

Una sociedad funciona de manera parecida a la del ser humano, puesto que está formada por hombres y mujeres, cuyos actos individuales se reflejan en lo que pasa en ella. Esto es, desde luego, una generalización que debe ser tomada como una explicación didáctica.

Varios tipos de necesidades.- El tiene necesidades que ha de atender permanentemente, sopena de fallecer. Otras aparecen periódicamente. Unas más son eventuales.

Entre las vitales están respirar, sed, hambre, sueño, calor o frío. La primera se llena con origeno, que es libre, gratuito, por abundar en la atmósfera y no ofrece mayor preoblema. Las otras permiten seleccionar entre varías alter-

....

nativas. La sed se puede cubrir con agua, refresco o vino. El hombre con- cereales, carne, leche, mariscos, fruta o queso. Para dormir sirve desde el suelo, hasta una cama de gua. Par vestir, desde un pedazo de manta a un- abrigo de piel.

Un proceso continuo.- Véase cómo las dos sencillas definiciones de economía —la descriptiva y la etimológica— encajan en lo que sucede en un grupo so- cial. Funciona el ciclo de producción, circulación y consumo de medios de - satisfacción y se busca la forma más ventajosa de aprovechar los recursos dis ponibles.

Las necesidades del hombre son complicadas y se renuevan continuamente. Es- to da lugar a que nuca cese la actividad productiva, impulsada por una inter- minable aparición de deseos que se deben cubrir, que se multiplica por el nú_ mero de personas que componen la familia y la comunidad.

Así sucede en un grupo tan pequeño como ése. A escala nacional alcanza -- una dimensión impresionante, que crece con el tamaño del país y llega a su - máximo al hablar del mundo entero.

La sencilla interpretación de la vida social en una comunidad es suficiente -- para advertir que en el proceso económico surgen actitudes, respuestas, deci- siones y fenómenos que siguen ciertas pautas que es preciso descubrir, cono_ cer, interpretar, explicar y, si se puede, corregir.

Lo anterior se compara con los fenómenos que se dan en la naturaleza: una --

...

reacción quimica, un hecho físico, una razón matemática, se estudian y son- traducidos en principios y leyes de aplicación universal, que dan a la quimi- ca, la física y las matemáticas su carácter de ciencias.

Los estudiosos de la economía han examinado os fenómenos que se presentan en ella y han establecido principios y leyes de validez universal, que le dan también carácter de ciencia.

Desde que se inicia la producción de un artículo, se cambia y se consume, - se suceden varios eventos que han sido estudiados, analizados y ordenados,- con lo cual se ha integrado una ciencia que concreta las leyes, principios y causas que rigen el sistema económico.

Esa ciencia es la economía. Se ocupa en el estudio de los fenómenos rela-- cionados con la producción, distribución y consumo de los medios de vida en la sociedad humana.

Un arte y una técnica.- La economía no se conforma con el conocimiento de - los fenómenos. Su meta última es influir en ellos y organizar eficientemente la asignación de los recursos.

Conseguirlo impone el establecimiento de normas aceca de la tendencia que - deben seguir los hechos económicos y efectuar proposiciones que conduzcan - a fines predeterminados en aquel sentido. Es por esto que la economía es - un arte o una técnica.

...

La particularidad sobresaliente de la economía, como ciencia social, es que - el sujeto de estudio es el ser humano, que piensa y toma iniciativas con base en situaciones inesparadas, espontáneamente, inspirado en su razonamiento y en su intuición. Esto da una enorme movilidad a los fenómenos y hace que su estudio requiera no sólo elementos cuantitativos, sino que adquieren importancia mayúscula los cualitativos, que incorporan estimaciones sobre la con-- ducta previsible de los individuos ante ciertos hechos.

Lo anterior tiene por objeto asentar que el análisis económico no sólo se apoya en el rigor lógico de la ciencia, sino que requiere de un minimo de habilidad para hacer recomendaciones que permitan alcanzar el fin determinado. Es decir, es un arte.

Diagnóstico y pronóstico.- Para apreciar cómo actúa la técnica económica comparémosla con la que se aplica en medicina.

La preocupación del médico no debe ser conocer y describir el estado de sa-- lud de su paciente, sono curar las enfermedades y evitar que vuelvan a cau-- sar trastornos. Hace un diagnóstico, que muestra el cuadro de la salud del- paciente. A partir de él formula un pronóstico, en el que se apoya para or- denar un tratamiento.

En economía se hace algo parecido. Hay que conocer el cuadro general, esto es, se debe hacer un diagnóstico. Aunque éste tiene utilidad histórica, su - valor depende de que a partir de él se elabore un pronóstico, con el cual se

...

podrán aconsejar medidas para obtener una mejor asignación de recursos.

Si la economía se conformase con señalar que un país sufre miseria porque no se aprovechan bien los recursos, de muy poco serviría. Su importancia radica en que debe sugerir estrategias para terminar con ese estado de cosas.

En suma, la economía es una ciencia y un arte. Con ella se buscan combinar los recursos disponibles de una sociedad en la forma más ventajosa posible, para satisfacer las necesidades globales de la población con la mayor eficiencia.

UN CONOCIMIENTO INDISPENSABLE

Un tema de interés general.- Los conceptos vertidos en las páginas anteriores da dan una idea general del tema que trataremos y permiten definir el propósito de este curso.

En lo dicho se advierte que el sistema económico abarca a todo mundo. Algunas personas son parte activa del proceso productivo y además consumidores; otras sólo son consumidores. De cualquier manera, a todos incumbre saber qué sucede en ese ámbito donde actúan, que es la economía.

No hablemos de una materia nueva. En todas las épocas de la historia se hacen referencias a ella. El primer libro que expuso los principios y leyes en forma sistemática apareció hace dos siglos: en 1776. Sin embargo, por mucho tiempo fueron conocimientos de una minoría. Pero en el siglo XX,

...

cuando las transformaciones se han dado con velocidad extraordinaria, nació - un interés creciente por comprender la economía y lo que pasa dentro de ella.

En México se tardó un poco más en llegar a ese interés, porque el país se - caracterizaba por seguir una ruta fácilmente previsible: año con año crecía -- dentro de límites conocidos, en un ambiente de estabilidad.

Necesidad de planear.- Mas ahora el panorama se ha modificado y los negocios han padecido fluctuaciones que no se conocían: la inflación se ha desatado; la moneda se ha devaluado y ha estado en flotación; se ha complicado- el meraco, y no hay ceteza de lo que vendrá en el futuro. Se ha vuelto necesario disponer de información oportuna de lo que pasa, entenderla, prever - lo que sucederá y estar preparados para ello. Todos, el particular que opera por su cuenta, el empresario, el empleado, el profesional o el trabajador del estado, requieren estar al día en este terreno.

Para el mexicano actual la investigación económica ya tiene un valor inesta-- ble y se advierte su deseo de buscar la información más idónea para su actividad, interpretarla y tomarla en su verdadera dimensión.

LA MEDIDA DE LOS FENOMENOS

Los instrumentos.- El médico se vale de algunos instrumentos que le permiten conocer el estado de salud: usa su estetoscopio, mide la presión, coloca el termómetro, toma radiografías. En suma, obtiene información que utiliza para hacer el diagnóstico.

...

Para examinar una economía se procede igual: se localiza información para formular un diagnóstico.

En medicina una radiografía muestra el esqueleto o alguna parte de él. En economía equivale a una descripción de la infraestructura del país: de sus carreteras, puentes, vías férreas, presas, aeropuertos, capacidad de generación eléctrica y escuelas, hospitales, bibliotecas, etc., que equivale a conocer la armazón que sostiene la estructura productiva.

El ritmo y la presión con que circula la sangre en el cuerpo humano es comparable a la forma en que se fabrican y distribuyen las mercancías dentro de la nación.

Hay muchos ejemplos como éstos. Por sí mismos carecen de utilidad. Lo importante es advertir que son formas de conocer características concretas del organismo que se estudia, se el cuerpo humano o la economía.

La estadistica.- Mantener organizada a una comunidad implica conocer los fenómenos que se presentan en ella, cuantificar a sus integrantes y sus posesiones. Es una necesidad tan antigua como la aparición del Estado. De este último toma su nombre la estadística, que es el estudio y descripción numéricos de los hechos sociales. Es dificil estudiar a la economía, si no se fundamenta en hechos, expresados en cifras.

La interpretación varía según el criterio del investigador. Esto hace que haya desviaciones y manifpulaciones de datos, por lo que siempre es útil analizar las cifras que acompañan a todo estudio.

...

Los modelos matemáticos.- Uno de los mayores avances de la ciencia económica es la aplicación creciente de modelos matemáticos que expresan el comportamiento de la economía. Con su ayuda se simulan las condiciones esperadas y se puede predecir con cierta exactitud lo que ocurrirá dadas ciertas hipótesis. Los pronósticos así obtenidos son una eficiente herramienta en la que pueden apoyarse las previsiones de operación de una empresa.

En un modelo las ecuaciones funcionan en forma armoniosa: por ejemplo, la producción (PN) de un país en un año depende de la inversión del gobierno (Ig) y de los particulares (Ip). Esto se puede expresar así: PN = Ig+Ip.

La inversión está condicionada: la del gobierno depende del monto de su ingreso, que está sujeto a que se recolecten impuestos (T) y a su volumen de gastos, la de los particulares, de que exista ahorro (A). Ambas, a su vez, derivan de que la gente obtenga ingresos (Y), de donde se toman los impuestos y el ahorro.

Si se supone que en un país se va a cerrar un centro de trabajo del cual depende el grueso de la población, el ingreso de esa comunidad (Y) bajará. Por tanto se abatirá la recaudación de impuestos (T) y la inversión pública (Ig). También se reducirá el ahorro (A) y la inversión privada (Ip). Se puede anticipar que disminuirá la producción (PN).

Así de simple es el razonamiento en que se apoyan los modelos. Pero ofrecen ventajas. La más importante es que se hace explicita la definición de los da-

...

tos que intervienen en ellos, lo cual da algún grado de confiabilidad a los resultados, si bien el razonamiento en que se apoyan las relaciones depende del criterio del técnico que lo construye. A la vez, permiten simular varios escenarios en los que se modifican los supuestos, de tal manera que se puede disponer de resultados alternativos, entre los cuales se elige el más razonable.

Cuando se reúnen todas las relaciones que se establecen en la economía de un país, se integra un complejo sistema de fómulas matemáticas que sólo puede ser manejado con computadoras.

Papel de la econometría.- En un instrumento como éste se puede incluir todo tipo de datos —de variables, según el lenguaje especializado— que integran el cuadro, con objeto de lograr la mayor precisión posible. En el caso de México, verbigracia, deben incluirse cosas como la influencia del ciclo político sexenal, que durante mucho tiempo ha seguido pauta semejante; los cambios de precios internacionales de nuestras principales exportaciones; el ingreso familiar en EUA, para estimar cómo se va a comportar nuestro turismo.

El empleo de modelos en el campo de la investigación económica ha juntado al economista, el matemático, el estudistico y el programador de computadora. La novedosa técnica recibe el nombre de econometría -medida de la economía- de la cual es dificil prescindir hoy en día. Con ella tienden a ser desplazados el dedazo, la bola de cristal, el calculómetro y en cierta forma la intuición, por lo menos la que no se apoya en la técnica.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI GRUPO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

ECONOMIA POLITICA

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso México 1, D. F. Tel.: 521-40-20 5 Líneas

ECONOMIA POLITICA

Objeto de la Economía Política.- La tarea de la economía política consiste, - en descubrir y explicar las leyes que regulan la producción y la distribución de los bienes materiales en los diferentes grados de desarrollo de la sociedad humana.

El hecho que interesa a la economía politica es la producción de los bienes materiales, sin los cuales la humanidad no podría vivir; para tal producción se realiza concretamente dentro de un determinado sistema o modo de producción que - comporta ciertas relaciones de producción entre los hombres.

La economía política, reconoce algunas leyes de carácter general aplicables a -- toda la sociedad humana en sus diferentes grados de desarrollo y otras que, en- cambio, explican las relaciones económicas de producción, de cambio y de consumo, solamente dentro de un determinado modo de producción; fuera de éste, - tales leyes no tienen validez y son sustituidas por otras.

El punto de partida de toda investigación económica es el trabajo humano; que - constituye el elemento fundamental insustituible de la producción.

El trabajo es la actividad consciente del hombre dirigida a utilizar y modificar - los bienes ofrecidos por la naturaleza y aptos a satisfacer necesidades humanas. Es necesario especificar este elemento fundamental, puesto que actúa histórica-- mente en modo diverso y determina, por lo tanto, distintos modos de producción.

...

El trabajo humano se ejecuta sobre objetos de trabajo ofrecidos directamente - por la naturaleza y sometidos a una primera elaboración (materias primas), sea de manera directa o con el auxilio de los medios de trabajo.

Los medios de trabajo: están constituidos por todos los bienes económicos que - ayudan al hombre a actuar sobre el objeto de trabajo. Entre ellos se cuentan -- todos las instalaciones (edificios, canales, caminos, etc.) y los instrumentos de producción. Estos tienen una importancia determinante. En efecto, la capacidad productiva del trabajo humano depende del grado de desarrollo de tales instrumentos.

Los objetos de trabajo y los medios de trabajo forman los medios de producción.

Pero, conviene no olvidarlo, el trabajo humano no se realiza aisladamente sino - junto con otros hombres, en relación con otros hombres. Remontándonos a los - orígnes de la humanidad, observamos que el trabajo humano era escasamente productivo, que los hombres ni siquiera podían satisfacer las necesidades fundamentales de la vida. Los primeros hombres que empleaban piedras o palos para cazar sucumbían en masa frenta a las fuerzas desbordantes de la naturaleza: lo que producía entonces el trabajo humano era a veces suficiente y otras no, para llevar una existencia miserable. Estaba entonces, también, presente la necesidad de - trabajar en grupo, en común, y no existía la posibilidad de apropiarse del trabajo ajeno, todo ello debido a la baja productividad del trabajo. Para apropiarse -- del trabajo humano sólo había una manera, a saber: matar y robar a otro hombre,

...

pero esto no puede ser un sistema, es decir, una situación duradera. Si el - trabajo humano se realizaba en el marco de una comunidad (aun para defender- se de las fieras, de los rigores del frío, de las fuerzas de la naturaleza en- general), era necesario vivir en grupos; en tales grupos, el trabajo humano, - tan escasamente productivo, no podía hacer nacer relaciones de dependencia - entre los hombres. Los medios de producción que son inventados y descubier- tos (arco, flecha, fuego, metales, etc.) permiten aumentar la productividad del t trabajo y producir en un determinado momento del desarrollo histórico más de - lo necesario para subsistir. Surge así la categoría del plus-trabajo, es decir, del trabajo que excede de lo estrictamente necesario para reproducir la existen- cia humana. Entonces se origina también un cambio en la relación entre los -- hombres y nace la propiedad privada de los medios de producción (de los medios que son necesarios para producir) y la sujeción de un hombre a otro para poder- se apropiar de tal plus-trabajo y del consiguiente plus-producto. Inicialmente - dicha sujeción reviste las formas más crudas de la esclavitud, en la que el - - hombre no libre era considerado una cosa hablante; sucesivamente reviste otras- formas. Es decir, se produce la división de la sociedad en clases: libres y — esclavos, primero; señores feudales y siervos de la gleba, después; capitalis-- tas y proletarios, hoy.

La naturaleza de las relaciones de producción está determinada, por la propiedad de los medios de producción (tierra, aguas, materias primas, instalaciones, ins- trumentos de producción). Es fácil, por consiguiente, formular las siguientes - definiciones:

...

Las relaciones de producción comprenden:

a) Las formas de propiedad de los medios de producción.

b) La consiguiente posición de los grupos sociales en la producción.

c) Las formas de reparto del producto social, las cuales derivan de la propiedad de los medios de producción y de la consiguiente posición social que ocupan los hombres en la producción.

La totalidad de estas relaciones constituye la estructura económica de la sociedad dentro de la cual se realiza el proceso de producción. La producción, la distribución y el consumo forman así un todo único que deriva del modo en que se realiza el proceso fundamental de la producción.

Sobre la base de las relaciones de producción se eleva la superestructura jurídica y política de la sociedad, la cual a su vez actúa sobre el proceso económico, acelerando u obstaculizando su desarrollo.

El elemento fundamental, pues, que caracteriza las leyes del desarrollo económico, es en todo caso el modo en que es apropiado, acumulado, utilizado y distribuido el plus-trabajo, el plus-producto creado por el trabajo humano.

Fuerzas Productivas y Relaciones de Producción:

El trabajo humano es, más o menos productivo de acuerdo con los medios de producción, los instrumentos de producción que tiene a su disposición. Este conjunto constituye las fuerzas productivas:

a) Los instrumentos de producción, con la ayuda de los cuales se producen los bienes materiales.

...

b) Los hombres que ponen en movimiento tales instrumentos y producen - bienes materiales gracias a una experiencia productiva, y

c) a hábitos de trabajo.

Cuando las fuerzas productivas alcanzan un desarrollo tal que la producción no puede ser más contenida dentro de los límites puestos por la organización económica y social existente en ese momento y el ulterior desarrollo de las fuerzas productivas y de la sociedad. Obstaculizado, entonces la sociedad entra en -- crisis en una época de revolución social.

Es función de la historia de la economía esclarecer como, en este contraste entre fuerzas productivas en desarrollo y el sistema económico existente que obstaculiza la producción y el consumo, esto es, el desarrollo económico, interviene la - acción del hombre tendiente a hacer cambiar una sociedad ya anticuada, injusta, no más de acuerdo con el desarrollo de las fuerzas productivas. Este fenómeno se expresa con una ley general denominada: "Ley de la correspondencia necesaria entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción".

Esta ley económica general, válida para todos las épocas históricas, afirma que un sistema económico conserva su vigencia y sirve a sus fines hasta que las - fuerzas productivas por él creadas pueden desarrollarse denteo del sistema, es - decir, están en estrecha correlación y correspondencia con las relaciones de producción, con la organización social de la producción y la consiguiente superestructura jurídica y política: cuando las fuerzas productivas entran en contradic-- ción con las relaciones de producción, el sistema decae y llega el momento en que es necesaria una revolución de las relaciones de producción.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

ECONOMIA SOCIAL

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

ECONOMIA SOCIAL

Ingreso Personal

La corriente de pago a los factores equivale a un ingreso para los propieta-- rios de tales factores.

Esto es, la corriente de pagos equivale a una corriente de ingreso para las - familias que se denomina ingreso personal.

El ingreso personal se puede destinar al consumo o al ahorro o a ambos.

El ingreso personal consiste en la suma de pagos que reciben las familias, - como propietarios de los factores productivos, así como las transferencias de ingreso hechas a los pensionados o dependientes de familia.

Fact. de la Prod.	Percepción
Tierra	Renta
Trabajo	Sueldos, salarios y suplementos
Capital	Intereses y dividendos
Organización	Utilidades Netas
	Transferencias de ingreso
S u m a	Ingreso Personal

En México aún no se computa el ingreso personal. En EUA es uno de los conceptos que permiten prever el comportamiento de la economía.

...

Utilidades no distribuidas.-

Para tener una imagen más precisa de la corriente de ingresos hay que añadir otros pagos.

A la capacidad de organización se le atribuye la generación de utilidades netas. Son netas porque no aparecen toda la ganancia que obtienen las empresas, ya que una parte se conserva en previsión de necesidades futuras: Las utilidades no distribuidas.

Impuestos.-

Hay además una porción de ingresos generados por las empresas que no se quedan en su poder ni se canalizan a las familias: los impuestos que causan las sociedades mercantiles.

Ingreso Nacional

Es la suma de los pagos efectuados a los factores de la producción de un país por su aprovechamiento durante un periodo determinado que por lo común es un año.

Fact. de la Prod.	Percepción
Tierra	Renta
Trabajo	Sueldos, salarios y suplementos
Capital	Intereses y derivados
Organización	Utilidades netas Utilidades no distribuidas
Gobierno	Impuestos
S u m a	Ingreso Nacional

Producto Nacional

El producto nacional es el valor de todos los bienes y servicios producidos - por un país, en un año.

Existen dos maneras de calcular el PNB:

a) a través de los pagos a los factores de la producción

b) por el cálculo del valor agregado

PNB al costo de los factores.

El YN se refiere a pagos a los factores de la producción, el costo del pro-- ducto obtenido debe ser igual a la corriente de pagos, o sea igual al ingreso.

Por consiguiente se aprovecha la tabla de formación del YN, con algunas modi ficaciones:

a) La depreciación.- El capital sufre un desgaste durante el proceso productivo. Ese desgaste pasa a formar parte del valor del producto. Por tanto, la depreciación es un pago más al uso del capital.

b) Pagos al Gobierno.- El gobierno es una entidad productiva sus servicios - originan un pago, que es cubierto por la colectividad en forma de impuestos, indirectos, derechos, productos y aprovechamientos.

Formación del Producto Nacional

Factores de la Producción	Percepción correspondiente
Tierra	Renta
Trabajo	Sueldos, salarios y suplementos
Capital	Intereses y dividendos Depreciación
Organización	Utilidades netas, utilidades no distribuidas. Impuestos sobre la renta
Gobierno	Impuestos indirectos, derechos, productos y aprovechamientos
S u m a	PNB al costo de los factores

PNB a precios del mercado.

Otra forma de medir el PNB es cuantificarlo a los precios del mercado. Esto nos lleva a sumar el valor de todos los bienes y servicios producidos en el país en un año.

Con el objeto de evitar distorciones en el cálculo se debe tomar solo el valor de los bienes y servicios de consumo final, pero como es dificil precisar que bienes son de consumo final y cuales intermedios, recurrimos a resolverlo a través del valor agregado.

El Valor Agregado.-

Es el valor que se crea en cada etapa del proceso de producción.

...

Etapas	Valor de la Prod.	Costo de Bienes Intermedios	Valor Agregado
Cultivo de trigo	20	--	20
Molienda de harina	30	20	10
Horneado del pan	45	30	15
Venta del pan	50	45	5
S u m a	145	95	50

Al hacer el computo del PNB con ayuda del valor agregado se evita la multi-- plicación de valores, ya que solo se toma el que se crea en cada etapa de - producción.

1.- Se obtiene el trigo.- su costo, integro, es un valor nuevo: un valor -- agregado: si se consume o se emplea como materia prima vale 20 cts.

2.- El trigo es un producto intermedio.- los 20 cts. forman parte del valor de la harina; y se agregan 10 cts., que es el costo de la molienda.

3.- El trigo y la harina son productos intermedios.- Los 30 cts. que cuesta el trigo convertido en harina se suman el costo del pan. El valor que se agrega es de 15 cts. que se generan en el horneado.

4.- El pan está terminado.- el valor que se agrega por distribuir su precio al público es de 5 cts.

...

El resultado de sumar los valores agregados de las 4 etapas. (20 + 10 + 15 + 5) es 50 cts. que equivale al precio al público de la pieza de pan como producto de consumo final.

Producto Nacional Bruto.- Es el valor agregado total, a precios de mercado - de los bienes y servicios que un país produce en un periodo determinado, -- usualmente de un año, excluyendo lo que se transfiere al exterior.

PNN = PNB - Depreciación

YN = PNB - Depreciación-Impuestos indirecto y subsidios ó transferencias.

YN = A la suma de todos los ingresos generados en la producción.

El valor del producto de una economía puede ser medido deduciendose del valor bruto de la producción el correspondiente a la adquisición de insumos. Así, - vemos que el producto corresponde a aquello que efectivamente se adicionan - en términos de valor, o sea al valor agregado.

Este mismo valor equivale a la totalidad de los ingresos de que se apropian - los responsables o propietarios de los factores productivos. El valor agregado, consiste en el ingreso de la comunidad. El valor agregado, consiste en el ingreso de la comunidad. Así, ingreso y producto son conceptos que se identifican, a través de su origen común. El valor efectivamente adicionado al proceso productivo.

Valor agregado (VA) = Ingreso (Y) = Producto (P)

....

Producto Interno Bruto (PIB)

Una nación incluye a todos sus ciudadanos, doquiera que se encuentren. Por - eso el PNB debe incluir la producción realizada por los nacionales en el extranjero. Dos ejemplos de ello son, las compañías transnacionales y los braceros, que pertenecen a un país y obtienen sus ingresos en otro u otros. Esos ingre--- sos se registran en el PNB.

Esto se presta a que la cifra sea un tanto irreal por haber valores duplicados - a escala mundial. Para solucionar esto es preferible computar el PIB, en el -- cual se incluye exclusivamente el valor agregado dentro del territorio de una nación.

Se puede hablar de cualquiera de los conceptos expuestos (Y.N. PNB, PIB) de - dos maneras:

a) En términos monetarios o a precios corrientes y

b) En términos reales o a precios constantes.

Se dice que el PIB está en términos nominales o a precios corrientes cuando - se expresa en el valor que tenía la moneda al momento de generarse.

Es una cifra verdadera, porque en ella se cotizaban los bienes y servicios -- cuando se produjeron, vendieron y consumieron.

Los cambios de valor de la meneda distorcionan las cifras. Por ejemplo el - PIB de México fue de 418,700 millones de pesos en 1970. Paso a 1.2 billo-

...

nes en 1976., según esto, ascendió casi el triple.

Sin embargo, en ese periodo los precios se duplicarón. He ahí la razón de - que el PIB fuera tan alto.

Es necesario hacer un ajuste monetario para tener una idea real del avance - de la economía mexicana.

Una vez desinfladas las cifras tenemos que el PIB subió 37% en el mismo periodo. Este es el aumento del PIB en términos reales.

Lo recomendable, cuando se examina el PIB es calcular su movimiento en términos reales y emplear números relativos. (Las cifras absolutas son engañosas por estar desinfladas jamás existieron)

Las variaciones del PIB se dan anuales, puesto que su cómputo se hace cada año. El PIB se incremento 21% en 1975 y en 1976. En términos reales creció al rededor de 4% en ambos años.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

EL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

EL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES

El desarrollo acelerado del urbanismo constituye el fenómeno social de mayor espectacularidad de los tiempos que vivimos. Es de caracteristica dominante de la primera mitad del siglo XX; por algo, un grupo de expertos franceses en la obra - El porvenir de las ciudades, le ha llamado "el siglo del vertedero humano".

El crecimiento de las ciudades se inició en la época del nacimiento del capitalismo, para referirnos sólo a los tiempos modernos, en los países que iniciaron primero el camino de la industrialización; pero ahora es una característica también de los países en desarrollo, que les da una fisonomía especial.

Veámos los que nos dicen los autores de "El porvenir de las ciudades" sobre el particular: "En 1970" -afirman- la población urbana de Francia era del 21 por -- ciento, en 1946 del 54 por ciento; hoy en día ha pasado del 60 por ciento. Habia 548 mil habitantes en Paris, en 1801, en 1936 había 2 millones 830 mil. -- Los 900 mil habitantes censados en el departamento del Sena en 1831, eran 4 - millones 900 mil en 1936 y son casi 6 millones ahora. ¡Un crecimiento del -- 500 por ciento! Pero en el mismo lapso la población marsellesa creció en un 800 por ciento. Fenómeno idéntico se presento en Alemania, donde había 15 millones de citadinos en 1871 y 38 millones en 1921. En Gran Bretaña, los cuatro quin-- tos de la población viven en las ciudades. El Anuario Demográfico de la ONU - precisa que la tasa de urbanismo es: para Europa, sin la URSS, del 55 por ciento; para la URSS y el Asia soviética, del 40 por ciento; para América del Sur del 50 por ciento; para el Africa del 27 por ciento. El 37 por ciento de la población

japonesa es citadina y el 16 por ciento de la población del Asia sudoriental. En 900, una sola ciudad europea pasaba del millón de habitantes: era Constantinopla que renovaba asi el ejemplo hasta entonces único de la Roma imperial; ahora hay 20 ciudades de esta importancia. América del Norte cuenta con 14 y la fantástica Nueva York, la que por si sola, con sus 13 millones de habitantes, es casi dos veces más poblada que Suecia entera. Ahí hay un fenómeno de amplitud extraordinaria. Es una avalancha irreversible que rompe definitivamente un equilibrio milenario y vuelve a poner sobre el tapete, en términos a veces trágicos, la noción de ciudad con su significación social y económica. Esta puesta en el tapete - - tiene, en todas partes, el mismo origen: la industrialización".

Efectivamente este es el motor que ha impulsado a todos los países, unos des- - pués de otros. En el cuadro 45 puede verse que la urbanización que se inicia - en la gran Bretaña con la Revolución industrial, se presenta más tarde en Alemania, luego en Francia; algunos países parecen iniciarla en forma tardía, como -- los Estados Unidos, en que surge en 1920, en Japón en 1965 y la URSS en 1960. En nuestro país puede hablarse de urbanización hasta 1970 en que ya representa- el 45 por ciento del total, siguiendo el criterio de considerar como ciudades a - las localidades con 15 mil habitantes y más . Si utilizamos el criterio adoptado por la Dirección General de Estadística de 1930 a la fecha, de considerar como - población urbana a la que viven en localidades de 2 mil 500 habitantes y más, - el índice de urbanización sería de 58.7 por ciento que es la misma cifra que figura en el Anuario Demografico de las Naciones Unidas de 1971. Con este cri-

terio. la urbanización empieza en México en 1960.

Es curioso observar que la situación de urbanización de la URSS es muy seme - jante a la de nuestro país que ambos eran países de campesinos en 1900. Tam bién es interesante hacer notar que el máximo grado de urbanización entre las - naciones modernas de cierta importancia lo tiene la Gran Bretaña desde el año - de 1960 y que los países más adelantados se encuentran entre un 70 y un 75 - por ciento de urbanización con relación a los Estados Unidos, nos encontramos en el nivel de urbanización que este país registró en 1940.

Por las cifras anterioes observamos que todos los países muestran una tendencia hacia la urbanización. Unos van más aprisa que otros, pero todos se dirigen - hacia la misma meta. Resulta interesante analizar el tiempo que los países han tardado para urbanizarse. Esto lo estudia Kuznets en su obra "Crecimiento Económico de Posguerra calculando el período que taró la fuerza de trabajo en alejarse de la agricultura.

Según el cuadro 46, podemos deducir que los periodos por los que han pasado - la mayoría de los países para urbanizarse, son bastante largos. La Gran Bretaña, tardó 120 años para reducir la participación de la agricultura en la fuerza - del trabajo de 26 a 5 por ciento; Estados Unidos, 110 años para pasar de 68 - a 12 por ciento; el Japón y México han tardado más o menos los mismos años - para reducir la participación de la agricultura en la fuerza de trabajo, aunque - aquél lo hizo primero y por último el país que logró la reducción en un plazo - más rápido, fue la URSS: en 30 años.

¿Cuáles son las consecuencias de la explosión demográfica urbana?. ¿A dónde puede llegar la expansión? — preguntan los autores de El porvenir de las ciudades—. Parecería que ya se hubieran sobrepasado los limites. La industrialización ha engendrado una especie de proletarización urbana como la ha provocado también en el dominio social. Asistimos así a una verdadera degradación de las ciudades; desde hace ciento cincuenta años, no ha cesado de despersonalizarse, de deshumanizarse; se han vuelto anónimas, uniformes y, vacías de su antigua sustancia; se han transformado, de comunidades que eran, en simples colectividades. Los lazos entre el hombre y su medio se han roto. Todo el problema consiste en saber si podrán ser renovadas y cómo"

En los países en desarrollo el crecimiento urbano adopta ciertas características especiales que se relacionan con el éxodo a las ciudades, las tremendas diferencias de ingresos entre el campo y la ciudad y el subempleo en esta última que empeora las condiciones de vida urbana. De acuerdo con un articulo publicado en la revista Finanzas y Desarrollo (junio de 1973) del Banco Mundial, denominado "Necesidaes urbanas de los países en desarrollo", su autor Robert Sadove afirma que las condiciones urbanas empeorarán aún más en el próximo decenio, en que la población urbana de los países en desarrollo se levará a mil millones de habitantes. "Los barrios bajos, la escasez de viviendas, el desempleo, los sistemas de transporte deficientes y el hacinamiento —afirma este autor— amenazan por igual a los países en desarrollo y a los desarrollados. Pero los problemas urbanos son más graves en los países menos desarrollados a causa

de limitaciones de orden material y financiero". Según este autor son cuatro - los factores materiales que contribuyen a que el problema de la urbanización - de los países en desarrollo sea tan grave: el rápido crecimiento de la pobla-- ción urbana, la distribución desigual del ingreso, el creciente desempleo y el - mejoramiento de las condiciones medias de vida de la población urbana. El factor financiero del problema urbano es el de una aguda escasez de todos los recursos que pueden destinarse al desarrollo aunada a los costos elevados de - los servicios urbanos. El ingreso medio por habitante de las principales ciudades es con frecuencia de 3 a 5 veces mayor que el de las zonas rurales; de - aqui el éxodo del campo a la ciudad y la macrocefalia que padecen la mayor - parte de los países subdesarrollados.

EL PROBLEMA DEMOGRAFICO EN MEXICO

Población 48 millones (Censo de Población 1970)

Población 51 millones (Ajuste al 1o. de Junio de 1971, Banco de México)

Población 132 millones (Proyección de El Colegio de México) para el año 2 000.

La tasa demográfica (3.4% para 1970) ha venido elevándose gracias a la disminución, entre otras causas, de la tasa de mortalidad y ello en virtud del gran impulso que los diferentes regímenes han otorgado a la infraestructura básica, y a los adelantos en la ciencia médica.

De este panorama emana la gran ironía del desarrollo económico: si bien los adelantos que implica el crecimiento económico se traducen en bienestar (en teoría, desde luego), en aumentar el promedio de vida, paralelamente va aumentando el nivel de población potencialmente activa; es decir, en sentido inverso a la disminución de la mortalidad, evoluciona la FUERZA DE TRABAJO POTENCIAL y en este sentido la ironía radica en que ni la agricultura, ni la industria, pueden absorber dicha fuerza de trabajo. Si bien para el período 1960-1970 se requería la creación de 500 mil plazas ANUALES, para el período 1980-2000 la cifra correspondiente será espantable.

Lo anterior, no implica abusar de la expresión "sobre población", y no se puede hablar de ello cuando la densidad de población, a nivel NACIONAL, es del orden de 26 hab/km2. (considerando 51 millones en el cálculo).

La problemática demográfica es, en todo caso, consecuencia de la estructura económica, política y social del país. En otros términos, e independientemente de la introducción —a todas luces deseable— de una educación sexual mal llamada "Paternidad responsable", se precisa de romper la inelasticidad del aparato productivo a nivel sectorial mediante la creación de una infraestructura básica que incida directamente en la producción; consecuentemente, capacitar al sector primario en las exportaciones e importar en mejores condiciones los bienes de capital requeridos por la industria. De otra parte, es fundamental el continuar con la descentralización (aspecto administrativo) y la desconcentración (estímulos en la diversificación de las actividades económicas a nivel territorial).

Si estos aspectos no son resueltos de manera satisfactoria, el desempleo se transferirá de un sector a otro, y el subempleo incrementará las filas del sector terciario totalmente improductivo. A este respecto conviene recapacitar que si bien en la actualidad el 48% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, para el año 2000 el 52% de esa población habrá de dedicarse a este sector que nada produce.

El aspecto demográfico más relevante del desarrollo nacional en los últimos 45 años ha sido, precisamente, el proceso de urbanización.

De la situación del México de 1930, con una ciudad de un millón de habitantes y 11 poblaciones con más de 50 mil personas, en las que vivía el 12% de la población total, pasamos en 1970 a una radical modificación de la estructura demográfica del país. En ese año contábamos ya con 3 ciudades de más de un millón de habitantes y 59 centros de población de más de 50 mil moradores cada uno. El 60% de la población censada, esto es, más de 28 millones de habitantes vivían en centros urbanos, y se estima que en los próximos 25 años, será el 80% de la población el que se alojará en comunidades urbanas.

El fenómeno demográfico ha originado una gigantesca migración del campo a la ciudad, de hombres y mujeres, de familias enteras, en busca de oportunidades de subsistencia, de empleo y educación. Dos tercios de esta corriente migratoria interna, entre 1950 y 1970, se originaron en el grupo población de 10 a 29 años y, en ese sector, la más amplia y poderosa corriente migratoria fue la de los jóvenes de 20 a 24 años. Muchos de ellos buscan un empleo que, en las circunstancias urbanas presentes, dificilmente encontrarán. Cabe añadir, además, que estos jóvenes vacían del grupo poblacional más enérgico vitalmente - y el proceso se está acelerando- a entidades -

federativas que se van empobreciendo de hombres y de capacidades para un proyecto regional dinámico y viable. Esto es, en el fondo, no menos grave que la explosión urbana que nos aqueja.

Así pues, el desplazamiento masivo hacia las ciudades no ha representado una solución. Hoy padecemos desempleo y subempleo en los centros urbanos y la marginación de grandes grupos sociales que han cambiado la pobreza rural por la miseria urbana.

Por otra parte, es necesario subrayar que los países más desarrollados tuvieron dos siglos y medio, entre la revolución industrial y la explosión de la bomba atómica, para hacer frente al proceso urbano en tanto que fenómeno social incontenible. Nosotros, en sólo cuarenta años, en solamente dos generaciones, y partiendo de una gran escasez de recursos y de los demás problemas derivados de la herencia colonial y el desarrollo dispar, hemos tenido que vivir, con una aceleración sin igual en la historia humana, problemas semejantes.

El crecimiento dramático de la población en la ciudad de México, que llega a 5.5 % y el de Guadalajara y Monterrey, donde la expansión tiene un ritmo del 7% anual, apenas guarda proporción con el hecho aún más inquietante, de que cientos de ciudades perdidas que rodean al Distrito Federal incrementan su población en tasas que van del 10 al 24% anual.

El desarrollo equilibrado del país implica armonizar las relaciones

...

recíprocas entre el campo y la ciudad e integrar el crecimiento de los centros urbanos a la política global que se ha puesto en marcha para combatir el colonialismo interno, esto es, la concentración de la economía y las oportunidades sociales en 3 ó 4 capitales, a costa del empobrecimiento y la marginalidad del resto de la nación.

Un ejemplo ilustra esta situación. En 1970 en la Ciudad de México se producía el 46% del total nacional de la industria de transformación, se realizaba el 50% de la actividad comercial del país, el 82% del comercio al mayoreo y el 90% del comercio en materiales industriales.

La expansión de las áreas urbanas es, antes que nada, efecto de un problema mayor, el desequilibrio regional, el abandono en que durante muchos años estuvo el campo mexicano.

Poruqe si en el mundo industrializado el crecimiento de las ciudades fue resultado de la atracción que ellas ejercieron sobre los habitantes del campo por ofrecer mejores condiciones de vida, en nuestro país esa atracción, siendo cierta, es relativa y, en cambio, lo que opera es fundamentalmente el rechazo, la expulsión de los sitios de origien, por la falta de oportunidades de empleo, por la penuria, en suma, por la marginalidad.

Esta marea humana que se desplaza hacia las ciudades genera, a su vez, otro tipo de problemas específicamente urbanos que es preciso resolver con grandes esfuerzos económicos que difieren las soluciones

...

de fondo, al distaer un importante volumen de recursos que, de otra manera, podrían destinarse al campo.

CUADRO 3

VALOR DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO A PRECIOS DE MERCADO, POR TIPO DE ACTIVIDAD ECONOMICA, 1965-1975

(Millones de pesos corrientes)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975(p)
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	36,386	37,157	39,583	40,780	43,162	47,435	48,474	52,885	67,918	84,299	98,287
Agricultura	24,753	25,028	25,786	26,494	26,824	29,726	30,816	32,768	44,654	58,483	69,837
Ganadería	9,849	10,282	11,758	12,199	14,121	15,071	15,155	17,108	19,633	21,270	23,463
Silvicultura	1,423	1,424	1,555	1,600	1,703	1,963	1,770	1,925	2,279	2,867	3,186
Pesca	361	423	484	487	514	675	733	1,084	1,352	1,679	1,799
Explotación de minas y canteras	3,324	3,708	4,039	4,867	5,061	5,631	5,222	5,593	7,007	10,310	10,146
Explotación de minas metálicas	2,095	2,255	2,186	2,770	2,901	3,556	2,866	3,186	4,234	6,532	5,716
Explotación de minerales no metálicos	1,229	1,453	1,853	2,097	2,160	2,075	2,356	2,407	2,773	3,778	4,430
Extracción y refinación de petróleo y fabricación derivada del carbón y petroquímica básica	9,065	9,469	10,713	11,658	12,349	13,270	13,317	14,873	15,670	25,350	28,681
Extracción y refinación de petróleo y fabricación de productos derivados del carbón	8,594	8,886	9,996	10,726	11,192	12,049	12,042	13,307	13,969	22,439	25,453
Producción petroquímica básica	471	583	717	932	1,157	1,221	1,275	1,566	1,701	2,911	3,228
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	16,555	17,631	18,823	21,320	23,243	25,114	29,806	32,910	38,848	54,101	68,233
Matanza de ganado y de aves, preparación y conservación de carnes; fabricación y tratamiento de productos lácteos	1,819	1,946	1,867	2,320	2,993	3,321	3,488	4,209	4,491	5,797	7,133
Molienda de trigo y de nixtamal, manufactura de productos de panadería y pastelería, fabricación de tortillas	4,199	4,497	4,454	5,036	5,149	5,266	5,696	6,177	7,169	12,305	15,897
Manufactura de otros productos alimenticios	6,193	6,409	7,402	8,097	8,701	9,428	10,800	10,882	13,347	16,892	19,416

Continuación del Cuadro 3

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975(p)
Elaboración de bebidas	3,094	3,458	3,404	4,030	4,475	5,026	7,490	9,430	10,460	15,489	21,268
Manufactura de productos de tabaco	1,250	1,371	1,696	1,837	1,925	2,073	2,332	2,212	3,381	3,618	4,519
Fabricación de textiles, prendas de vestir y productos de cuero ...	10,381	10,921	14,430	16,489	19,938	23,878	26,580	29,713	35,967	45,378	57,623
Hilado, tejido y acabado de textiles de fibras blandas	4,223	4,264	4,963	5,481	6,841	9,038	9,450	10,246	10,942	15,128	21,481
Otras industrias textiles	829	944	697	795	694	709	705	845	1,153	1,936	1,781
Fabricación de calzado, prendas de vestir y tejidos de punto ..	4,698	5,118	7,948	9,111	11,243	12,750	14,947	16,925	21,949	26,030	32,109
Industrias del cuero y productos de cuero	631	595	822	1,102	1,160	1,381	1,478	1,697	1,923	2,284	2,252
Productos de madera, fabricación de muebles, fabricación de papel, imprenta y editorial	4,446	5,056	5,312	5,680	6,216	7,154	7,425	8,315	9,527	14,545	16,267
Industrias de la madera y del corcho	1,239	1,397	1,364	1,407	1,549	1,770	1,732	1,909	2,199	2,865	3,635
Fabricación de papel y productos de papel	1,625	1,784	1,888	2,003	2,179	2,380	2,651	3,081	3,753	6,351	6,056
Imprenta, editorial e industrias conexas	1,582	1,875	2,060	2,270	2,488	3,004	3,042	3,325	3,575	5,329	6,576
Fabricación de productos químicos, productos de caucho y material plástico	5,211	5,962	6,494	7,318	8,202	9,054	9,890	11,549	13,361	17,578	22,528
Fabricación y reparación de productos de hule	963	1,007	1,114	1,185	1,311	1,379	1,537	1,717	2,140	2,505	2,941
Fabricación de productos químicos básicos, orgánicos e inorgánicos	637	691	807	953	1,175	1,351	1,438	1,831	2,432	3,335	4,629
Fabricación de fibras sintéticas, resinas, materiales plásticos, elástómeros y hule sintético .	546	613	596	660	721	888	1,011	1,026	999	1,462	1,660
Fabricación y mezcla de abonos y fertilizantes y de insecticidas	314	380	385	441	426	352	382	357	375	480	715
Producción de jabones, detergentes y otros productos para el lavado y aseo	375	434	475	522	590	710	797	1,016	1,047	1,649	2,931
Fabricación de productos farmacéuticos medicinales	1,120	1,376	1,488	1,722	1,903	2,046	2,236	2,683	2,959	3,494	4,064

Continuación del Cuadro 3

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975(p)
Fabricación de perfumes, cosméticos y otros artículos de tocador	737	841	955	1,066	1,206	1,448	1,569	1,835	2,140	2,819	3,518
Otras industrias químicas	519	620	674	769	870	880	920	1,084	1,269	1,834	2,070
Fabricación de productos de minerales no metálicos	2,353	2,906	3,281	3,826	4,348	4,825	5,061	6,415	7,902	9,937	12,370
Fabricación de productos de minerales no metalicos	2,353	2,906	3,281	3,826	4,348	4,825	5,061	6,415	7,902	9,937	12,370
Industrias metálicas básicas	3,092	3,677	3,863	4,355	4,849	5,120	5,390	6,293	6,772	11,647	12,890
Industrias metálicas básicas, fundiciones de fierro, bronce y otros metales	3,092	3,677	3,863	4,355	4,849	5,120	5,390	6,293	6,772	11,647	12,890
Fabricación y reparación de productos metálicos	10,416	12,456	13,373	15,611	17,006	19,534	20,057	23,398	28,634	38,478	46,879
Fabricación y reparación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo de transporte	1,994	2,231	2,536	2,781	3,220	3,905	4,070	5,099	6,614	10,382	13,673
Construcción y reparación de maquinaria	1,785	2,083	2,105	2,424	2,409	2,917	3,179	3,516	4,054	4,841	6,450
Construcción y reparación de maquinaria, aparatos, accesorios y artículos eléctricos	2,703	3,204	3,129	3,817	4,051	4,512	4,326	4,949	5,753	7,181	8,389
Construcción y reparación de equipo y material de transporte	1,170	1,383	1,550	1,790	2,122	2,465	2,806	3,313	4,114	5,787	6,437
Construcción de vehículos y automóviles	1,607	2,222	2,566	3,146	3,397	3,783	3,705	4,006	5,136	6,990	8,328
Industrias manufactureras diversas	1,157	1,333	1,487	1,653	1,807	1,952	1,971	2,515	2,963	3,297	3,602
Construcción	10,131	12,758	15,257	16,103	19,022	21,401	21,507	27,308	36,264	49,574	62,886
Construcción e instalaciones	10,131	12,758	15,257	16,103	19,022	21,401	21,507	27,308	36,264	49,574	62,886
Electricidad	3,425	3,883	4,094	4,966	5,514	6,181	6,636	7,254	8,264	9,895	11,121
Electricidad	3,425	3,883	4,094	4,966	5,514	6,181	6,636	7,254	8,264	9,895	11,121
Comercio	76,334	86,479	91,389	101,343	111,636	124,125	133,807	147,970	180,894	240,411	283,394
Comercio	76,334	86,479	91,389	101,343	111,636	124,125	133,807	147,970	180,894	240,411	283,394

Continuación del Cuadro 3

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975(p)
Transportes y comunicaciones ...	7,268	7,775	8,350	9,281	10,116	11,072	12,196	14,554	16,775	21,797	28,876
Transportes	5,917	6,248	6,660	7,259	7,816	8,450	9,168	10,960	12,538	16,559	21,808
Comunicaciones	1,351	1,527	1,690	2,022	2,300	2,622	3,028	3,594	4,237	5,238	7,068
Servicios	56,153	63,269	70,735	79,065	88,307	99,508	112,476	129,634	152,906	188,547	238,444
Cinematografía y otros servicios de esparcimiento	1,728	1,848	2,011	2,354	2,458	2,787	3,205	3,483	3,682	4,021	4,604
Alquileres e inmuebles	18,249	20,031	22,740	24,184	27,364	30,115	32,686	36,412	40,563	45,146	52,776
Servicios de preparación de alimentos y bebidas y alojamiento temporal	5,964	6,581	7,321	8,387	9,200	10,543	12,764	14,459	16,551	21,199	26,567
Servicios de crédito, seguros y fianzas	4,819	5,368	5,963	6,635	7,676	8,716	10,259	11,858	13,636	17,819	21,605
Otros servicios	11,653	13,529	14,879	17,017	18,867	21,376	24,240	27,849	32,336	38,906	47,837
Gobierno general	13,740	15,912	17,831	20,488	22,742	25,971	29,322	35,573	46,138	61,456	85,055
Ajuste por servicios bancarios ...	2,512	3,067	3,419	3,517	4,069	4,602	5,444	6,364	7,109	8,147	10,925
Ajuste por servicios bancarios (—)	2,512	3,067	3,419	3,517	4,069	4,602	5,444	6,364	7,109	8,147	10,925
TOTAL	252,028	280,090	306,317	339,145	374,900	418,700	452,400	512,300	619,600	813,700	987,700

(p) Preliminar.
FUENTE: Banco de México.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI GRUPO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

LA DISTRIBUCION DEL INGRESO

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE, 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1. D. F.

LA DISTRIBUCION DEL INGRESO

Existen en el país 54.0 millones de habitantes.

El P.I.B. era de 386 000 millones de pesos.

¿Como se distribuyen?

El 70% de la población más pobre alcanza solo el 25.7% del ingreso total.

El 30% mas favorecido se lleva el 74.3 %

Resulta así que: a 38 millones de mexicanos tocan 99 000 millones de pesos y en consecuencia $ 2 610.00 o sean 209 Dlls. por habitante al año. Sólo - $ 7.15 diarios.

Los paises que tienen un ingreso anual por habitante de 209 Dlls. son pobres y atrasados.

Según O.N.U hay 1000 millones de seres con un ingreso por cabeza de --- $ 10.00 ó menos considerados al borde de la miseria.

Para dar idea de como esta el México pobre con 38 millones de habitantes, - hay que saber que su ingreso percápita es inferior al de paises como Rodesia, Zambia, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Guatemala y Jamaica.

Por otro lado, hay 16 millones de mexicanos (30 % del total) que disponen de 287 000 millones de pesos, lo que dá un ingreso anual por habitante de ---- $ 17,570.00 esto es, 1 406 Dlls. Este ingreso es superior tres veces al - - que reciben los portugueses y una vez y media al ingreso de los españoles.

...

Estos 16 millones de mexicanos tienen el mismo ingreso por cabeza que los - habitantes de paises como Japón, Austria e Israel y solo están por abajo del ingreso anual de los habitantes de paises como E.U., Francia, Alemania e - Inglaterra.

Se acepta, que la alta concentración del ingreso que se presenta en México - desde que se aceleró el crecimiento de su economía, es un mal estructural -- que condiciona las relaciones entre productores y consumidores desde hace 40 años, por lo menos. Pero si la de grandes sectores de la po-- blación que produjo el crecimiento es un grave mal, sus efectos perjudiciales se acentúan cuando existen condiciones de inflación como en la actualidad.

El peso de los precios altos gravita, sobre la clase trabajadora, porque está - sujeta a ingresos fijos. Mientras que los sectores más afortunados, que vi-- ven de las utilidades, son completamente inmunes a la inflación.

Dos factores han contribuido a la fuerte concentración del ingreso:

a) El estancamiento de los salarios

b) La ausencia de una política fiscal vigorosa con carácter redistributi- vo.

El estancamiento de los salarios con relación a las es un fenóme- no que es más visible en estos momentos de inflación.

El crecimiento del P.N.B. durante los últimos 30 años, en un 46%, se debe - al incremento del volumen del capital; en 32% a la absorción del trabajo y so-

...

lo en 22% a la productividad. Esta situación contrasta con la de los paises - desarrollados que en las ultimas 3 décadas deben entre el 50 y 70% al aumento de la productividad.

Dentro de la riqueza del país, los suelos, salarios y suplementos bajarón del 30.5% en 1939 a 23.8% en 1950; en cambio las utilidades subieron del 26.2% al 41.4 % en los mismos años.

En este período de 1939 a 1950, en que el P.N.B. en términos reales se duplicó (de 21 a 41 mil millones de pesos) el poder de la clase empresarial se consolidó; debido al aumento de las utilidades, que para 1950 ya superaban 2 veces a los ingresos obtenidos por sueldos, salarios y suplementos

Se puede afirmar, que en cada actividad concreta hay un deterioro del salario - real. Por otra parte es casi seguro que también en cada actividad ha ocurrido un aumento de eficiencia productiva. La diferencia entre el aumento de productividad y la pérdida de salario real constituye una ganancia adicional que la - inflación ha dado a los sectores patronales, restandoselo al ingreso de la po-- blación asalaríada.

La distribución mas equilibrada del ingreso en los paises desarrollados, se debe en alto grado a la política fiscal redistributiva, que dá al sector público -- una fuerte intervención en la economía mediante una carga fiscal alta.

En 1973, en E.U. la carga fiscal fue del 36.1%, en Inglaterra 42.8%; Brasil -- 27.4% y Venezuela, 22.2%. En México es de un 14.0%.

...

En economía nada funciona aislado; todo se interrelaciona. La fuerte concentración del ingreso se debe a la debilidad del sector público para obtener fondos procedentes de los sectores de más altos ingresos, que a su vez genera - los desequlibrios de productividad entre el sector agropecuario y el industrial; lo cual explica, asimismo, la desocupación en el campo y el crecimiento anárquico de las ciudades; los bajos niveles de vida del campo y de algunos sec-- tores de la población de las ciudades estimulan el incremento demográfico.

La explosión demográfica y la migración de mano de obra del campo a la ciudad, presionan los salarios a la baja; los sindicatos son débiles o están ad-- ministrados, de ahí la tendencia del atraso de los salarios con relación al crecimiento de las utilidades.

La concentración del ingreso podrá combatirse en forma afectiva si se aumentan los salarios en cada empresa donde la productividad lo permita y si se le pierde el miedo a la reforma fiscal redistributiva, gravando con rigor a ese 5% de- la población que se lleva el 30% del ingreso nacional desde hace casi más de 25 años.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

LA INFLACION EN MEXICO

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

LA INFLACION EN MEXICO

Analizando un periodo largo en el curso de los precios — de la devaluación - de 1932 a la fecha — encontramos numerosas causas que han actuado sobre - el deterioro del poder adquisitivo del peso.

Estas causas han operado dentro de una economía que ha estado sometida a - un crecimiento acelerado que comprende más de cuatro décadas. El aumento a largo plazo de los ingresos monetarios, lógicamente ha traido consigo precios más altos. Pero no debemos olvidar las carácteristicas de este creci-- miento que explican facilmente muchas de las causas que presionan sobre los precios. Se trata de un crecimiento fluctuante, es decir, que oscila, tiene - aceleraciones y desaceleraciones, es dependiente, o sea, está sometido a -- fuertes presiones externas; es desequilibrado y por último ha concentrado el - ingreso en muy reducidos sectores de la población.

Causas de la Inflación:

1. Las devaluaciones, las guerras y las presiones de la economía Norteamericana.

   Cuatro devaluaciones producidas en los años de 1932, 1938, 1948 y 1954 dieron impulso al nivel de precios, a ellas se sumaron los efectos de la II Guerra Munidal (1939-1945), y la Guerra de Corea 1951.

Las depresiones de la economía norteamericana que coinciden con las fechas de las devaluaciones en México hasta 1954, dos depresiones de 1961 y 1971 y la crisis monetaria de 1973 acompañada de una tremenda inflación, afectaron también el curso de los precios del país.

Utilizando el índice de precios al mayoreo de 210 artículos en la Ciudad de México, con base en 1939, encontramos que:

1a. Devaluación de 1932, la tasa media anual de aumento hasta 1936 fue de 5 a 6% y en 1937 de 19%.

2a. Devaluación de 1938, se registra un ritmo lento de hasta 1941. A partir de 1942, 10%, 1943, 20% y 1944, 28%. Aquí se sumó como fuerza inflacionaria la II Guerra.

3a. Devaluación de 1948 se registra una tasa media anual del 11% hasta 1953 y;

4o. Devaluación en 1954 hay un 15% de

De 1955 a 1970 hay un largo período de estabilidad de los precios en que no parece haber factores externos e internos que los modifiquen. Son excepcionales los años en que las tasas anueales alcanzan el 4 ó el 5%; lo más comun fué un del 1.5 al 3% como máximo.

En 1970 la situación cambia y los factores externos combinados con otros que luego analizaremos, acienden los precios en forma visible.

En 1971 y 1972, es evidente la influencia de los E.U. y en 1973 la inflación de esta país y de todo el mundo.

La inflación de origen externo persiste a la fecha; de acuerdo con el índice de precios al mayoreo de 210 articulos en marzo de 1974, el índice se incremento en 30.8% con relación a marzo de 1973, y de acuerdo con el indice nacional de precios el consumidor, en el mismo lapso los precios subieron a 25.6%.

2. La Explosión Demográfica.

El crecimiento acelerado de la población significa un rápido incremento de la demanda de toda clase de bienes y servicios, principalmente de alimentos.

La población ha crecido un 320% en 40 años y la presión sobre los precios se ejerce porque la mitad de la población es joven y por lo tanto no han ingresado a las actividades procutivas, y porque está mal distribuida en el país, concentrandose en las grandes ciudades.

3. El Retraso del Sector Agropecuario

Según cifras de NAFINSA, el P.N.B. del sector primario aumentó 3 1/2 veces en 54 años (1910-1964); en cambio el del sector industrial subió once veces en el mismo periodo.

De 1960 a 1970 el P.N.B del sector primario a precios de 1960 se incremento en 45%, el sector industrial subio 133%.

En 1930 cuando apenas se iniciaba el periodo de crecimiento de la economía la relación de la productividad de las actividades primarias a la del sector industrial es de $1 076.00 de 1950 por trabajador a $6 917.00.

En 1970 esa de $ 6 767.00 a $34 371.00 de 1960 por trabajaor. La productividad del sector agropecuario representa actualmente el 19.7%, menos de la quinta parte de la productividad del sector industrial.
De las actividades primarias depende el 39.5% de la población económicamente activa. (Ver cuadro 26)

4. El Gasto del Sector Público

Debido a las fuertes inversiones del Sector Público se ha logrado una infraestructura que ha hecho posible el crecimiento de la economía mexicana.

Con la inversión pública creció la inversión privada y provocó un aumento de la circulación monetaria y de los recursos bancarios, que son todos -- factores que presionan los precios al alza. Se generó un mayor ingreso - que trajo consigo, necesariamente, precios más altos.

5. Las importaciones de bienes de capital y de materias primas.
Estos son factores muy fuertes que presiona sobre los precios.

Se relacionan con la dependencia de nuestra economía de la de E.U. - país con quien realizamos en 1973 el 66% del total de nuestras exportaciones y el 61% de las

En 1973 el déficit comercial con E.U. subió en un 90% con relación a 1972, exportamos 20 900 millones de pesos e importamos $32 550 mi-- llones el déficit fue de $ 11 650 millones que representa el 53% de la Balanza Comercial del país.

6. Los cuellos de botella.

Se llaman así a los estrangulamientos en la distribución de las mercancías ó servicios por incapacidad de la producción o de los medios de - transporte que obstaculiza el flujo económico entre productores y consumidores. Naturalmente, esto produce especulación y aumento de pre-- cios. Ejemplos que vivimos en estos momentos, el caso del acero; la insuficiencia de los F.C., la crisis de la industria de autoportes, etc.

7. La influencia de los monopolios internacionales; Ejemplo reciente: La - especulación con el petróleo que generó una inflación mundial.

8. Ausencia de una política fiscal redistributiva vigorosa que cancele ingresos a los poderosos y dote al Gobierno Federal de fondos suficientes - para inversión pública.

9. Inelasticidad general de la oferta. Escacea la mano de obra calificada, el dinero es caro, no hay tecnología propia. Todo esto dificulta aumentar rápidamente la producción frente a un aumento de la demanda, y por consecuencia los precios suben.

10. La Productividad es muy baja, más en unos sectores que en otros. Esto encarece los precios.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

LA SITUACION DE LA AGRICULTURA EN 1977

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

Emilio Caballero y Felipe Zermeño

LA SITUACION DE LA AGRICULTURA EN 1977

La información oficial señala que en el año de 1977 la producción agrícola nacional se incrementó en relación con 1976 en un 3.4%, debido en lo fundamental al aumento en la superficie cosechada de casi todos los principales cultivos. Se indica también que existe un saldo favorable de la Balanza Comercial Agropecuaria de 13,432 millones de pesos que supera el de 1976. Con base en esta información, el Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos avisora los primeros síntomas de la recuperación de la crisis agrícola y la marcha hacia la autosuficiencia del país en esta materia.[1]

Sin embargo, de acuerdo a las propias cifras oficiales, desde nuestra perspectiva el comportamiento del sector agrícola en 1977 sigue manifestando la implacable presencia de la crisis al permanecer las causas que le dieron origen.

El incremento del producto interno bruto de 3.4% que se observa en 1977, no significa un avance en la situación de estancamiento de la producción, si se toma en cuenta que en 1976, el producto decreció al 3.8% en relación con 1975, lo que implica que la producción mantiene los niveles que caracterizan el periodo de la crisis.[2]

En relación con la superficie cosechada de algunos de los principales productos, la situación es similar. En el caso del maíz se cosecharon 6.74 millones de hectáreas, que significa un incremento de aproximadamente un millón y medio respecto a la superficie cosechada en 1976. Sin embargo, en comparación con la superficie cosechada 10 años antes, la de 1977 es inferior en cerca de 1.5 millones de has. (Véase el cuadro 17).

En el caso del frijol es aún más dramática la situación. En 1977 se cosecharon 1.37 millones de has., sólo 372 mil has. más que 1976, contra una disminución de 868 mil en relación con 1966.

La escasa magnitud de la superficie cosechada de estos productos no permite hablar, como lo hacen los representantes oficiales, de síntomas de superación a la crisis. Sigue presente la imposibilidad de los ejidatarios y minifundistas privados de poner bajo cultivo buena parte de las tierras que incluso en épocas anteriores lo estaban, como resultado de la gran carencia de los medios de producción que el desarrollo del capitalismo en el campo concentró en un alto grado. Las consecuencias de esta situación es la insuficiente producción alimenticia característica de este tipo de tierras.

Tal escasez, en especial del maíz, se traduce en la importación creciente que agrava la situación de la Balanza Comercial e introduce presiones inflacionarias. Durante 1977 se importaron 1.7 millones de toneladas de maíz, aproximadamente 800 mil toneladas más que en 1976,[3] Las presiones inflacionarias que provoca esta situación quedan de manifiesto al encontrar que "la mayor contribución al cambio del índice general en el periodo de diciembre de 1976 a diciembre de 1977 fue la del subíndice de alimentos, bebidas y tabaco. El incremento porcentual en el periodo fue de 21.6%, cambio anual superior al promedio general y que explica poco más del 40% del cambio total en el índice general en 1977".[4]

Por otra parte, el hecho de que para productos tales como el algodón, que se cultiva casi totalmente en las tierras de riego concentradas por un grupo reducido de terratenientes, se incrementara tanto la superficie cosechada como el volumen de producción, al pasar respectivamente de 226 mil has. y 216 mil pacas en 1976 a 360 mil has. y 355 mil pacas en 1977,[5] es el reflejo de la tendencia histórica en la que la política económica agrícola y la agraria beneficia fundamentalmente a esta clase social del campo.

El importante aumento en la producción del algodón en 1977 se debió a que en 1976, las condiciones del mercado internacional determinaron que ocupara el segundo lugar en importancia en el valor de las exportaciones, produciendo 240 millones de dólares. Sin embargo estas mismas circunstancias propiciaron que en 1977, tanto el volumen como el valor de las exportaciones de algodón disminuyeran respecto al año anterior, cayendo al tercer lugar en importancia en el valor total de las exportaciones, con lo cual se prevé una disminución en la producción para el próximo año, si las condiciones se mantienen.

La substitución de cultivos de exportación no es ninguna novedad para los capitalistas agrícolas. Se da en la medida en que el mercado internacional modifica continuamente las tasas de rentabilidad de los diferentes productos, produciéndose aquéllos que reportan tasas mayores. El algodón, que en la década de los cincuenta era el producto primordial de exportación, hoy es superado por el café y el jitomate, que ocuparon en 1977 el primero y segundo lugar respectivamente en el valor total de las exportaciones.

El café incrementó el valor de sus exportaciones de 366 millones de dólares en 1976 a 454 millones en 1977, a pesar de que el volumen de producción exportada disminuyó en ese lapso, lo cual significa que hubo aumentos importantes en los precios internacionales de este grano.[6]

En el caso del jitomate se incrementó tanto el valor como el volumen de la producción exportada, por lo que se espera un incremento de la superficie cosechada para 1978.

Es la gran concentración de los recursos del campo en las manos de este pequeño grupo de terratenientes exportadores, a quienes el Estado benefició con la política económica y protegió con una verdadera contrarreforma agraria, lo que ha permitido el incremento de la superficie cosechada y de la producción para la exportación. Ello explica que en 1977, no obstante el grave des-

---

[1] Véase SARH, "La realidad agrícola, ganadera y forestal de México en el año de 1977". *Excélsior*, jueves 9 de marzo de 1978. También el Informe del Banco de México de 1977.

[2] *Vid Supra*, p. 16.

[3] Informe Banco de México de 1977.

[4] Informe Banco de México de 1977.

[5] Véase SARH, "La realidad agrícola, ganadera y forestal...". *Op. cit.*

[6] Informe del Banco de México de 1977.

abastecimiento interno de productos alimenticios, la balanza comercial agrícola registre un saldo favorable de aproximadamente 13,000 millones de pesos.

En los términos de las clases sociales del campo y del país en su conjunto, la producción de divisas del sector agrícola beneficia fundamentalmente a la gran burguesía con empresas monopólicas nacionales e internacionales, cuyos lazos de dependencia respecto del exterior se traducen en necesidades crecientes de divisas para la importación de equipos y tecnología, cuyas características no permiten dar empleo suficiente a grandes contingentes de la fuerza de trabajo que permanecen desempleados y subempleados.

En cambio, para la población obrera en el país y aún para la pequeña y mediana empresa, las ganancias de divisas por exportaciones de productos agrícolas se traducen en graves disminuciones de los niveles de vida y quiebras de pequeñas empresas, con lo que los problemas de distribución del ingreso y empleo se recrudecen aún más. Ello es así, porque pudiendo utilizarse las mejores tierras del país para la producción de alimentos, y así atenuar los graves desabastecimientos que actualmente se padecen, estas tierras en poder de la oligarquía agrícola son destinadas a la producción para la exportación en donde sus ganancias son mayores, ocasionando con esto fuertes presiones al alza sobre el nivel general de precios.

El desabastecimiento, que eleva los precios de alimentos y materias primas agrícolas, se traduce en incrementos de costos de las empresas industriales y comerciales y reducciones de los márgenes de beneficio y conduce a que la gran empresa oligopólica, con el poder suficiente para elevar los precios de sus productos y buscando mantener y aún aumentar sus beneficios, generalice los problemas inflacionarios.

Las consecuencias de tal fenómeno para los obreros y campesinos son el deterioro de su salario real y la disminución de la ya de por sí raquítica posibilidad de encontrar empleo. Esto último porque los aumentos en los precios de los productos del monopolio reducen aún más sus mercados, y por lo tanto, la producción y el empleo, lo que es compensado en términos de ganancias con mayores incrementos de precios.

A esto hay que agregar que las empresas pequeñas, que emplean parte importante de la mano de obra en el sector industrial por sus características técnicas, ante el riesgo de perder su mercado *no tienen la capacidad de elevar sus precios*, y por lo tanto el proceso inflacionario termina por obligarlas a cerrar generando mayores niveles de desempleo.

Ante esta situación, el gobierno mexicano sigue manifestándose con meridiana claridad: por un lado López Portillo suprime los controles de precios y por el otro Merino Rábago declara: "...aún cuando los distritos de riego son los que garantizan la producción, no se pueden aplicar medidas de presión a los agricultores del tomate o la fresa por ejemplo, ya que si por una parte al destinar esas superficies de cultivos de exportación, a la producción de alimentos básicos, ésta estaría plenamente garantizada, por otra el país perdería divisas que tanto necesita".[7]

El gran optimismo que trasluce el informe del Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la gran victoria para el país producto de la acción agraria en 1977, es en realidad el triunfo de los grandes intereses de la oligarquía agraria y una derrota más de las masas campesinas, orilladas a una situación en la cual no sólo gran parte de sus tierras no pueden cultivarse, sino que además una porción de las que antes se laboraban han tenido que ser abandonadas.

Sin embargo, el mejoramiento de la Balanza Comercial Agrícola en 1977, que produce los 13,000 millones de pesos que tanto necesita el "país", no es de ninguna manera un gran avance, puede incluso significar una disminución en la capacidad del sector agrícola para proporcionar divisas, aún en relación con años anteriores dentro del periodo de la crisis. En efecto, en 1972 el saldo neto favorable de la Balanza Comercial ascendió a 10,716 millones de pesos, que representan una capacidad de compra hacia el exterior superior a los 13,000 millones de 1977 si tomamos en cuenta los agudos incrementos en los niveles de precios que se observan en el sistema capitalista a nivel mundial.

Por otra parte, la gran concentración de los medios de producción en el campo sigue generando agudas tensiones sociales. El surgimiento de nuevas y el reforzamiento de antiguas organizaciones campesinas independientes, el incremento en la frecuencia y número de invasiones agrarias y otros elementos, así lo demuestran.

Esta situación ha provocado que los terratenientes del país —que en parte han concentrado la tierra mediante el despojo ilegal a campesinos, que recurren a prestanombres y familiares para violar los límites máximos a la propiedad privada establecidos por la ley, con la anuencia del gobierno—, mantengan una actitud de fuerte presión al Estado para que legitime sus propiedades, con la legislación agraria, dejándolos así a salvo de cualquier afectación. Pero también ha significado la no utilización de dichas tierras pues no se invertirá hasta que el Estado les dé toda clase de garantías.

Ante esto y la necesidad de incorporar a la producción una parte de las tierras del minifundio ejidal, el Estado una vez más, despliega una política en contra del sistema ejidal de la estructura agrícola.

Política agraria

Madura el proyecto de reorientación a fondo de la política agraria en el actual régimen, que implica la culminación del proceso de abandono de la reforma agraria iniciado en 1940, aunque en cada sexenio se ha manifestado de manera distinta y con diferente grado de intensidad.

Desde su inicio, el actual gobierno plantea la redefinición de la política agraria para ubicarla dentro del marco de la alianza para la producción uno de cuyos objetivos centrales es "reconquistar" la confianza de los empresarios agrícolas e industriales. La ocasión es propicia para iniciar este nuevo viraje: la necesidad de recobrar dicha confianza seriamente deteriorada por las afectaciones agrarias en los últimos años del régimen de Echeverría, especialmente por las expropiaciones en los Valles del Yaqui y el Mayo. El intento campesinista de Echeverría fue duramente golpeado por la fuerza política de los empresarios agrícolas, originada en su poder económico que, como vimos, ha sido impulsado por la política económica

[7] Véase Merino Rábago. *Loc. cit.*

del Estado en la agricultura. Esto se manifiesta concretamente en el impacto de los paros agrícolas ligado al chantaje de la salida de capitales.

El propósito "estabilizador" —se ve ahora más claro que al iniciar 1977— tenía alcances mucho mayores: la consolidación política y jurídica del proceso de concentración de la producción capitalista en el campo, amparándolo en el complejo agroindustrial y en la asociación de campesinos y empresarios bajo el control del capital privado.

Esto implica cambios legales e institucionales que tienen que ver con la Ley Federal de Reforma Agraria y que ponen en entredicho las funciones y la existencia misma de la SRA.

A la luz de un conjunto de pronunciamientos y de convenios que se ha publicado a partir de la 2a. quincena de febrero de este año, es más fácil entender una política que se viene delineando desde diciembre de 1976. El pasado 26 de febrero el periódico *Excélsior* dio a conocer un convenio firmado un mes antes por los titulares de la SRA, de la SARH, del BANRURAL y de la CONASUPO, en el cual se anuncia un nuevo modelo de política agraria que llaman "organización participativa" y que será la que sustituya al del "campesinismo condescendiente", como califican a la política anterior. Con la "organización participativa" se busca dar prioridad a la eficiencia capitalista y asegurar la participación "democrática" de los productores, entendida ésta como la asociación entre poseedores de tierra y de capital, que excluye de las cuestiones agrarias a los campesinos sin tierra y a los asalariados agrícolas. De acuerdo con esta nueva concepción, el Estado tendrá que limitar su papel al de inductor, orientador y promotor de la producción agropecuaria. La tramitación agraria se hará exclusivamente por razones técnico-económicas, que sirvan a la fusión, reagrupación territorial, depuración o reconocimiento de derechos agrarios. Pero no más con fines distributivos que tengan que ver con la lucha de los campesinos por la tierra.

Cabe anotar que la información acerca de este convenio sólo fue publicada en el periódico citado, no se habló más del asunto. Queda la impresión de que no es un convenio totalmente institucionalizado. Sin embargo, esta información si no fue ratificada, tampoco fue desmentida, lo que puede significar un "tanteo político" del impacto que causarán los cambios que ya se instrumentan. Además, esto coincide con una serie de declaraciones de empresarios y funcionarios públicos que apuntan en la misma dirección: la CNG y CNPP coincidieron en demandar cambios en la Ley Federal de Reforma Agraria para que permita la utilización agrícola de tierras dedicadas a la ganadería extensiva. El propósito parece muy racional desde el punto de vista productivo: acabar con la separación de las actividades agrícola y ganadera y que los ganaderos puedan producir en sus propios terrenos granos y forrajes para hacer más intensiva la producción pecuaria. Pero la intención es otra: utilizar los certificados de inafectabilidad ganadera para amparar el latifundio agrícola, cosa que ya sucede pero que ahora se pretende legalizar y extender. La información de esta demanda de la CNG y de la CNPP apareció en los diarios el día 24 de febrero; 8 días después Merino Rábago, titular de la SAyRH manifestó que sería conveniente otorgar permisos para el uso agrícola de predios privados que por su magnitud legalmente sólo pueden dedicarse a la ganadería.

Así, se anuncia un impresionante boquete a la Ley Federal de Reforma Agraria. Días después la SRA sostuvo en un estudio que la demanda fundamental en el campo ya no es de reparto de tierra, sino de trabajo, de empleo asalariado y en consecuencia la solución es "definir una política para generarlo, organizarlo y repartirlo".

El CCE también entró al juego pidiendo cambio de política y leigslación; que el Estado defina las reglas del juego por medio de una legislación clara que ofrezca seguridad, dijo Sánchez Mejorada. Este exhorto contó con la solidaridad de la COPARMEX, cuyo presidente declaró: "La reforma agraria llegó a su fin, se debe abrir paso ahora a la capitalización e industrialización del campo".

Tan radical pronunciamiento sólo ha merecido una pálida y en el fondo cómplice respuesta de la oficialista CNC.

Un vocero de la CNC negó que la actual legislación agraria sea un obstáculo para la inversión privada aunque *admitió que deben hacérsele algunas modificaciones pues existen dudas.*

En busca de la confianza

El carácter regresivo de la política agraria del actual régimen se manifestó a lo largo de 1977 en cuatro hechos principales:

a) El resurgimiento de la Ley de Tierras Ociosas.

b) El establecimiento de los tribunales agrarios.

c) La indemnización a los latifundistas expropiados por el régimen anterior en Sonora.

d) La legislación penal antiagrarista.

a) Uno de los instrumentos más importantes que se han esgrimido para reorientar la política agraria es la Ley de Tierras Ociosas, promulgada hace 58 años y desde entonces olvidada. Esta Ley constituye una verdadera amenaza para ejidatarios y minifundistas que en diversas ocasiones por falta de recursos dejan de trabajar sus parcelas.

Será un elemento más de concentración capitalista y jugará un papel parecido al de la Ley de Desamortización en manos de las compañías deslindadoras de la época porfiriana. Y nuevamente este proceso intenta justificarse con la idea de progreso.

La medida la anunció JLP en Oaxaca y de inmediato recibió el apoyo de la CNC y de la CNPP. Como complemento de esta medida, Jorge Rojo Lugo, titular de la SRA, anunció la elaboración de un censo ejidal con fines de depuración.

b) El establecimiento de los tribunales agrarios significa dejar en manos de autoridades estatales la decisión de los problemas agrarios. Con esto se aumenta la influencia de los latifundistas en la tramitación agraria, dada la dependencia de las autoridades estatales respecto de estos grupos.

c) Uno de los hechos que con más claridad mostraron el sesgo

que tomaría la política agraria del actual régimen fue la indemnización a los latifundistas de Sonora, cuyas tierras habían sido expropiadas al final del sexenio anterior. El gobierno actual los indemnizó en agosto del año pasado, pagándoles $ 38,491.60 por hectárea expropiada, lo que hizo un total de 680 millones de pesos, de los cualess 580 se entregaron en efectivo y el resto en bonos del Banco de Crédito Rural. Esta fue la respuesta del régimen ante las crecientes presiones de los latifundistas organizados y que contaron con pleno apoyo empresarial a través del CCE.

El gobierno cedió. Intentó primero negociar devolviendo una parte de las tierras. No se aceptó, entonces JLP amenazó a los latifundistas diciendo: "En ningún caso el Ejecutivo dará un paso atrás en lo que a la dotación de tierras a los campesinos se refiere, ya que socialmente no debe hacerlo y políticamente sería una aberración que incendiaría al país". Esto fue en mayo, en agosto dio la indemnización.

Las presiones de los latifundistas llegaron al grado de utilizar su poder económico para dificultar la alianza para la producción. Finalmente, JLP se doblegó al reconocer lo incorrecto de la expropiación y pagar. Así contradijo su amenaza de mayo. Fernando Garza (Relaciones Públicas de la Presidencia) comentó que la solución al problema de Sonora "de ninguna manera sienta algún precedente, simplemente es reconocer un error y subsanarlo".

Pero en realidad ¿es el pago o la expropiación de latifundistas lo que no sienta precedente?

d) La más alarmante de las medidas tomadas por el actual régimen es la penalización legal de la lucha de los campesinos por la tierra. En el estado de Querétaro se introdujo una enmienda en el código penal, mediante la cual las invasiones agrarias serán castigadas hasta con 40 años de prisión con acumulación de otros delitos y en ningún caso podrán obtener la libertad bajo fianza. Aparentemente esto es un caso aislado, de un estado de la República (quizá por pura coincidencia el estado donde nació la actual Constitución), pero ¿una medida de tal trascendencia puede tomarse sin el apoyo del gobierno federal? Además, ya antes, Jorge Rojo Lugo, titular de la SRA, había girado una circular a los delegados agrarios del país comunicando que en lo sucesivo la invasión de tierras sea considerada delito federal ante el cual se debe proceder de inmediato. Desde luego, no se está inventando la represión a los campesinos que toman tierras muchas veces después de decenas de años de esperar el cumplimiento de fallos a su favor, simplemente se está legalizando. Si esta nueva legislación no se generaliza de inmediato, es que se está "tanteando el terreno", tomando en cuenta los peligros que el mismo JLP reconoce cuando habla de que "se puede incendiar al país".

El fin del Pacto de Ocampo

Frente a esta nueva política agraria las organizaciones campesinas se han dividido, incluso las oficialistas.

La CNC se ha quedado sola en la actitud de apoyo incondicional a esta nueva línea. Esto ha marcado el fin del Pacto de Ocampo y ha frustrado el intento de organizar una central campesina única entre las organizaciones oficialistas. Por ejemplo, ante la aplicación de la Ley de Tierras Ociosas y el censo ejidal, la CCI y la UGOCM han expresado su oposición al grado de que la UGOCM realiza en febrero una marcha campesina en la que declara a Jorge Rojo Lugo y a JLP antiagraristas por esta política de desplazamiento y depuración de ejidatarios. El CAM también se manifestó en contra del colaboracionismo de la CNC.

En lo referente a la indemnización de Sonora, la UGOCM expuso su inconformidad con esta medida del Gobierno Federal y exigió el cumplimiento de la segunda etapa de la entrega de la tierra en manos de los latifundistas de Sonora a 13 mil campesinos. Frente a la Ley Calzada —la de penalizar acciones agrarias— la CNC guardó un silencio cómplice en tanto que la UGOCM y el CAM la calificaron de fascista.

La CNC en muchos años no había tenido una dirección tan reaccionaria —quizá desde la época de Miguel Alemán— como la que encabeza Oscar Ramírez Mijares. Este llegó al extremo de declarar "estéril" la lucha de clases en el campo, hizo un llamado al "cese de la lucha entre los factores de la producción" (sic), considera inútil seguir la lucha por la tenencia de la tierra y descartó la solución del problema agrario por la vía de reducir los límites de la "pequeña propiedad". Planteó incluso la conveniencia de la intervención directa del capital extranjero en la agricultura coincidiendo plenamente con el gobernador de Baja California Norte.

La contradicción entre las distintas oragnizaciones campesinas oficialistas puede ser sólo un problema de ajuste o de reparto político, pero expresan también de algún modo, el desconcierto que entre sus mismas bases ha provocado el viraje de la política agraria del gobierno y expresan también la posibilidad de que ante el empeoramiento de la situación de las masas campesinas, las fisuras se profundicen y se acelere la quiebra del charrismo campesino.

De cualquier modo, estas contradicciones y la inconformidad que esta política provoca entre las masas campesinas, abre las mejores perspectivas de desarrollo a las organizaciones campesinas independientes.

Junto a la organización de los campesinos se fortalece ahora la organización sindical en el campo y la organización de campesinos por ramas de producción, como formas más avanzadas que corresponden al desarrollo del capitalismo en la agricultura. El reto es que estas nuevas organizaciones surjan y se desarrollen en forma independiente del control oficial. Aunque hay que tomar en cuenta que también aquí, el sindicalismo oficial ha avanzado: la CTM controla a través del SNTA a 122 mil trabajadores asalariados del campo, de los cuales 40 mil son obreros agrícolas permanentes.

Y sin embargo se muere

El hecho de que el gobierno decrete el fin de la reforma agraria y la CNC el fin de la lucha

por la tierra, no significa que el problema agrario esté resuelto, ni que haya cesado la lucha de los campesinos por la tierra.

Este régimen ha querido dar a entender que la agudización de los problemas agrarios a fines de 1976 fue una situación artificialmente provocada por el gobierno de Echeverría. Nada más falso. En realidad el gobierno del sexenio pasado no hizo más que buscar una salida de emergencia ante la presión real de las masas campesinas que en el caso de Sonora se agudizó entre otras causas por la caída del mercado del algodón, el cambio de cultivos que incrementó notablemente la desocupación en el campo. Se buscó una salida parcialmente campesinista que fracasó ante el empuje de las organizaciones empresariales y el poder económico que en la actual estructura agraria tiene el sector capitalista de la agricultura. Además, en este proceso el régimen de LEA se apoyó exclusivamente en las organizaciones campesinas oficializadas —el Pacto de Ocampo— que fueron incapaces de elevar la lucha al nivel que las circunstancias exigían, por su carácter burocrático y su larga tradición mediatizadora.

El problema de los campesinos sin tierra con derechos a salvo y del desempleo en el campo, son problemas que están muy lejos de ser resueltos por el actual régimen que sólo en base a la amenaza legal y el incremento de la represión ha logrado relativamente inhibir la lucha de los campesinos.

El movimiento real, la lucha de clases en el campo, no ha cesado. Por un lado, las tomas de tierra, las manifestaciones, las ocupaciones de oficinas de la SRA del lado de los campesinos y del otro la asociación de los latifundistas con los demás sectores capitalistas, las presiones para empujar aún más para atrás la política agraria. Por otra parte, la represión a los campesinos —por fuerzas públicas o privadas—, el asesinato, el encarcelamiento, la destrucción de poblados ejidales, etc., son hechos que no han dejado de practicarse.

Como muestra tenemos entre otros actos de represión ocurridos en 1977, la destrucción de un nuevo centro de población en Rincón del Aguilar, Baja California, el asesinato de los dirigentes campesinos Samuel Alvarado y Pablo Blanco en S.L.P. En Oaxaca, el 27 de febrero, 29 campesinos indígenas fueron asesinados por la policía. Y en Veracruz fue ametrallado un mitin de campesinos por los latifundistas resultando 6 muertos y 10 heridos, además de que fue destruído un poblado en Santiago Tuxpan. Hubo también asesinato de dirigentes campesinos en Chihuahua, Zacatecas y Puebla. Por otra parte, hubo toma de tierras en Oaxaca, 14,000 Hs., en Tlaxcala, de donde salió una "marcha de la pequeña propiedad" para protestar por las "invasiones del CIOAC". En Sinaloa, en donde el CAADES denunció la existencia de 31 predios invadidos desde 1976, en Hidalgo y en San Luis Potosí principalmente. Además, hubo invasión de oficinas de la SRA por campesinos como actos de protesta por la falta de tramitación de sus asuntos o por la represión, en Hidalgo, en San Luis Potosí, en el Distrito Federal y en Jalisco.

Perspectivas de lucha

1. La demanda de tierra no es ya la demanda fundamental, pero sigue siendo una demanda vigente para miles de campesinos sin tierra que han dedicado años de su vida para conquistarla. Y lo sigue siendo en la medida en que los propósitos distributivos de la reforma agraria no se han cumplido y subsiste el latifundio. Que no es ya suficiente solución para la creciente masa de campesinos sin tierra y sin empleo, es claro, pero ello no debe ser pretexto para consolidar el latifundio o eliminar por decreto un problema social real. ¿O sólo se concibe la industrialización en el campo sobre la base del monopolio capitalista de la propiedad de la tierra?

Aunque ahora esta lucha por la tierra se debe ubicar en un contexto más amplio de demandas campesinas: el crédito suficiente y oportuno, el seguro agrícola que garantice no sólo el crédito sino también el trabajo del campesino, la reorientación de la inversión pública en el campo que hasta ahora ha beneficiado prioritariamente al sector neolatifundista y capitalista, una política de precios adecuada tanto para los productos de los campesinos como para los insumos que necesitan y que son vendidos en gran parte por empresas trasnacionales; en contra del intermediarismo —también monopólico— que se queda con la mayor parte de los beneficios, etc. Es decir a la lucha por la tierra y por la defensa del ejido, deben agregarse estas demandas. Es cierto, el campesinismo no es el futuro en el campo, pero la lucha campesina sigue siendo un importante elemento del presente y debe alcanzar el cumplimiento de sus objetivos.

2. Junto con esa lucha, se pone hoy en el orden del día, la lucha por la organización de los asalariados agrícolas, de los trabajadores agroindustriales y de los pequeños proveedores cautivos de las empresas trasnacionales que industrializan los productos agrícolas. Culminar un proceso y desarrollar el otro, corresponde a la realidad actual. Es además, la única respuesta justa a la doble política del gobierno y los empresarios, que consiste en liquidar la lucha de los campesinos por la tierra decretando el fin de la reforma agraria y en superexplotar la abundante mano de obra rural en proyectos agroindustriales bajo control privado que se presentan ahora como novedosa solución a los problemas de producción y empleo en el campo.

3. La presencia de los grandes capitalistas en la comercialización e industrialización de los productos agropecuarios no es ninguna novedad en México. Concretamente en la industria alimenticia, las empresas trasnacionales controlan el 75% de la producción y más del 25% de las cosechas agrícolas destinadas al consumo;[8] trabajan con una rentabilidad del capital del 400%, pagan regalías por tecnología por cuatro mil millones de pesos al año y transfieren a los países donde están sus matrices, ganancias por más de 10,000 millones de pesos al año. Más que la producción agrícola directa, les interesa la industrialización y la producción de insumos.

---

[8] *Excélsior* del 2 de marzo de 1978 información sobre la presencia de las trasnacionales en la industria alimentaria del departamento de graduados en alimentos del IPN y del IIE de la UNAM.

Municipios	P.I.B. Actividades Secundarias	P.E.A. Actividades Secundarias
Distrito Federal	0.77	1.56
México	2.14	1.38
Nuevo León	1.26	1.59
Veracruz	1.27	0.65
Jalisco	0.91	1.10
Coahuila	1.07	1.19
Baja California Norte	0.55	1.05
Tamaulipas	1.23	0.97
Chihuahua	0.78	0.89
Sonora	0.48	0.74
Sinaloa	0.64	0.56
Colima	0.46	3.00
Guanajuato	1.09	0.96
Puebla	1.15	0.84
Michoacán	0.75	0.56
Morelos	0.90	0.78
San Luis Potosí	0.89	0.73
Tabasco	1.34	0.54
Zacatecas	0.63	0.57
Aguascalientes	0.69	0.90
Querétaro	1.16	0.95
Campeche	0.50	0.75
Nayarit	0.50	0.47
Hidalgo	1.03	0.67
Durango	0.92	0.64
Baja California Sur	0.68	0.78
Yucatán	0.93	0.59
Guerrero	0.39	0.49
Tlaxcala	0.78	0.89
Oaxaca	0.78	0.47
Chiapas	0.58	0.31
Quintana Roo	0.55	0.50

* Localidades mayores de 2500 habitantes.

IAAB/mf.

¿Es éste el modelo que se pretende impulsar?

4. No se pretende otra cosa que formalizar un proceso real: el creciente dominio capitalista de la producción agropecuaria.

5. Los capitalistas extenderán su actividad en el campo, pero no en todo el campo: dejarán de lado las zonas más atrasadas, las de desmonte y una gran parte de las temporaleras. Es decir, aquellas que no garanticen, por razones naturales o carencia de infraestructura, el mínimo de productividad necesaria para la extracción de plusvalía y la captación de renta diferencial. Y esto se refiere a una extensión muy importante del territorio nacional en donde el pequeño productor mercantil, el mediero y el peón lo mismo que el acaparador comercial agiotista, seguirán siendo los personajes principales. ¿Cual es la política para esta vasta región del país?

6. La alternativa entre una política que se ajuste a la realidad del predominio capitalista y la necesidad de una mayor concentración de los recursos y otra de corte reformista que impulsa la distribución de los recursos y la organización colectiva del ejido no es ya un motivo central de disputa al interior del Estado. La pugna se resolvió a favor de los "realistas" debido a que el poderío económico de éstos no fue enfrentado políticamente con suficiente fuerza de masas. Sin embargo, no son éstas las únicas posibilidades de acción, la otra es la lucha independiente y organizada de los campesinos y de los asalariados del campo frente al gobierno y los empresarios agrícolas, sean éstos tradicionales o agroindustriales, a partir de su intereses inmediatos.

OMICO DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DEL PAIS

% P.I.B.	Alfabetización	Consumo Medio de Calorias	Consumo Medio de Proteinas	Población Urbana *	S u m a
30.32	1.12	0.85	0.85	1.66	37.13
9.11	0.86	0.81	0.81	1.09	16.20
7.08	0.76	0.74	0.73	1.27	13.43
6.77	0.96	1.02	0.97	0.78	12.42
5.41	0.98	1.11	1.08	1.19	11.78
3.15	1.15	1.15	1.17	1.21	10.09
3.25	1.15	1.29	1.33	1.42	10.04
3.91	1.00	0.78	0.74	1.14	9.77
3.38	1.14	1.09	1.09	1.08	9.45
3.78	0.99	0.85	0.88	1.11	8.83
2.81	1.13	1.24	1.26	0.80	8.44
0.36	1.05	1.17	1.08	1.17	8.23
2.46	0.72	0.80	0.83	0.86	7.72
2.26	0.81	0.75	0.73	0.76	7.30
1.88	0.98	1.21	1.16	0.75	7.29
0.92	1.03	1.11	1.08	1.17	6.89
1.43	1.03	1.04	1.12	0.65	6.89
0.96	1.12	1.17	1.21	0.55	6.89
0.87	1.19	1.50	1.52	0.51	6.79
0.40	1.12	0.96	0.93	1.66	6.66
0.57	1.00	1.07	1.06	0.59	6.40
0.44	1.01	1.50	1.00	1.06	6.26
0.69	1.17	1.27	1.33	0.83	6.26
0.78	1.05	1.06	1.07	0.46	6.12
1.29	0.84	0.81	0.80	0.68	5.98
0.29	1.15	1.10	1.17	0.75	5.92
0.84	1.06	0.63	0.64	1.07	5.76
1.83	0.81	0.82	0.79	0.62	5.75
0.22	0.92	1.00	1.00	0.84	5.65
1.12	0.87	0.87	0.85	0.51	5.42
1.16	0.74	0.78	0.81	0.46	4.84
0.08	0.93	0.77	0.77	0.64	4.24

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

DESARROLLO SOCIOECONOMICO COMPARATIVO DE LAS ENTIDADES DEL PAIS

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

Desarrollo socioeconómico comparativo de las entidades del país (1940-1970)

IGNACIO AGUILAR ALVAREZ, ARTURO LAMADRID IBARRA y MARTIN LUIS GUZMAN FERRER

El propósito del presente estudio es aplicar una metodología econométrica para conocer el desarrollo socioeconómico relativo de las entidades de la república y su dinámica, con objeto de poder definir con mayor precisión las políticas de acción a nivel regional de los distintos programas que realiza la Secretaría de Recursos Hidráulicos.[1] Este trabajo será complementado con otro, de enfoque similar, sobre desarrollo agropecuario.

Es conveniente subrayar que no se pretende con este estudio medir y comparar el desarrollo de unidades regionales homogéneas, ya sea desde el punto de vista geográfico, económico o sociocultural. Las unidades que aquí se comparan son circunscripciones territoriales, entidades federativas, definidas por límites políticos. Lo anterior es reflejo tanto de la presentación general de la estadística que se maneja, como de los criterios seguidos por la política económica general y por organismos o

1 El trabajo aprovecha, en principio, el artículo de Luis Unikel y E. Victoria, "Medición de algunos aspectos del desarrollo socioeconómico de las entidades federativas de México, 1940-1960", *Demografía y Economía*, México, vol. IV, núm. 3, 1970, pp. 292-316. Para aclarar algunos conceptos se celebraron consultas con El Colegio de México sobre la materia.

expertos internacionales.[2] No obstante que se utilizan unidades heterogéneas definidas por límites políticos, puede afirmarse que cada una de ellas posee cierta uniformidad en términos de problemas de desarrollo o en potencial de desarrollo. De todas maneras, en la medida en que puedan superarse las deficiencias estadísticas, o ajustar su presentación, será posible llevar a cabo un análisis comparativo que adopte criterios regionales más refinados.

Mientras tanto, es conveniente utilizar este enfoque global, pues, como señalan Unikel y Victoria, "en el caso de México la existencia de marcados desequilibrios regionales y la necesidad de adoptar políticas enfocadas a compensarlos, justifica la elaboración de estudios comparativos sobre el grado de desarrollo socioeconómico".[3]

INDICE DE DESARROLLO DE LAS ENTIDADES

La teoría del desarrollo económico ha confirmado que resulta inadecuado e impreciso medir este fenómeno a través de un solo indicador. Durante bastante tiempo, por ejemplo, el PNB por habitante se consideró punto de comparación. En el presente estudio se emplean doce indicadores que, resumidos en uno mediante el método matemático de componentes principales, permitirá conocer, en la medida de lo posible, la dinámica del desarrollo socioeconómico de las entidades. El índice de desarrollo socioeconómico se compone de doce variables, las cuales incluyen indicadores económicos, sociales y de infraestructura.[4] Con la selección se busca ilustrar el proceso de industrialización, la modernización agrícola, la capacidad productiva por habitante, la infraestructura socioeconómica y las condiciones sociales de la población, para cada entidad federativa. Las variables empleadas son las siguientes: producto bruto por habitante, participación del sector industrial en el producto bruto estatal, participación de la población económicamente activa (PEA) en el sector industrial según la PEA total, índice de capitalización agrícola, participación del área de riego respecto a la superficie de labor, consumo de energía eléctrica por habitante, consumo de gasolina por habitante, mortalidad infantil por cada mil nacidos vivos, consumo de azúcar por habitante, porcentaje de viviendas con servicio de agua potable, porcentaje de población que usa calzado, y porcentaje de población que sabe leer y escribir.

Sin embargo, la validez de estos indicadores es, en términos dinámicos, de carácter relativo. En la medida en que van acercándose a un 100% como máximo posible, dejan de ser relevantes. Por ejemplo, ¿qué sucede cuando toda la población usa calzado? ¿Por eso se ha llegado al tope en el desarrollo socioeconómico? De ahí que los indicadores únicamente sean válidos durante un período histórico determinado y supongan una tecnología constante. Así, cuando toda la superficie potencialmente agrícola susceptible de irrigarse cuente con riego, o cuando la energía eléctrica o de hidrocarburos resulte sustituible, es previsible que los cambios tecnológicos ocurridos requieran de otros indicadores.

El resultado de la "interacción" de estas variables se refleja en el índice de desarrollo socioeconómico (ver cuadro 1 gráfica 1). Se puede advertir, como primera observación, que índice refleja la significativa dinámica del desarrollo nacional entre 1940 y 1970. Los valores del índice de todas las entidades presentaron un aumento sostenido —experiencia poco usual en el contexto del crecimiento económico—, que es indudablemente consecuencia de la elevación del nivel de desarrollo nacional y por entidades federativas.[5] Sin embargo, puntualizada la existencia conocida del desenvolvimiento del país, es preciso señalar que la estructura de dicho desarrollo es bastante rígida y estática, ocultando graves desequilibrios regionales. En esta sección se presta atención fundamentalmente al fenómeno estructural y en la siguiente al del desequilibrio.

Durante el período 1940-1970 la estructura o el rango del índice de desarrollo no se ha modificado en forma sustancial. (Véase cuadro 1.) Con variaciones ligeras, 24 entidades han ocupado la misma posición relativa. Caben señalarse ciertas excepciones que rompen tal estática estructural. Por una parte, Baja California Sur, México, Tabasco, Sinaloa y Morelos, son entidades que han ganado rango —reflejo de su desarrollo más que proporcional al promedio del país— y, por consecuencia, han alterado relativamente la estructura general; por otra parte, Yucatán, Quintana Roo y Durango han perdido peso relativo, reflejando así un retraso con respecto a la estructura general del resto de las entidades del país. Empero, como se verá a continuación, debe insistirse que las entidades avanzadas y atrasadas siempre son las mismas.

De acuerdo con el índice examinado, las entidades federativas se clasifican, para fines de comparación, de la siguiente manera: de nivel superior de desarrollo, aquellas que han tendido a permanecer a lo largo del tiempo en los 9 o 10 primeros lugares; de nivel inferior, las que ocupan los 11 últimos sitios y de nivel intermedio, aquellas que presentan un comportamiento heterogéneo, ya sea de avance, de retroceso o estático.

De acuerdo con esta clasificación, aparte de examinarse el desarrollo en el tiempo, se advierte que el cambio estructural es muy reducido o casi nulo, derivándose las siguientes observaciones:

a) El Distrito Federal siempre mantiene el mayor nivel de desarrollo;

b) Las entidades que forman el grupo superior permanecen en los primeros nueve lugares, a excepción de Aguascalientes y Baja California Sur;

c) En el grupo intermedio se refleja un cambio estructural relativo de mayor intensidad. A lo largo del tiempo por ahí pasan las entidades que ascienden al nivel superior y que vienen de un rango inferior. En general, este grupo se caracteriza por entidades en proceso de transición en cuanto a su nivel de desarrollo;

d) Para 1970 el cuadro general es de un desarrollo socioeconómico bastante dinámico, pero que no debe confundirse con uno de "desarrollo equilibrado". Así, en ese año, 14 entidades eran de nivel superior, 7 de nivel intermedio y sólo 11 de nivel inferior. No debe inferirse que las disparidades regionales se hayan reducido, pues, como se verá más adelante, el grado de distanciamiento entre el nivel superior y los demás niveles, en realidad se incrementó en el último decenio.

2 Consúltese, por ejemplo, J. L. Zimmerman, *Países pobres, países ricos*, Siglo XXI Editores, México, 1966; S. Kuznets, *Aspectos cuantitativos del desarrollo económico*, CEMLA, México, 1959, y ONU, *Informes sobre la definición y medición internacional del nivel de vida*, Nueva York, 1964.

3 L. Unikel y E. Victoria, *op. cit.*, p.

4 Las variables son las mismas empleadas en el trabajo de Unikel y Victoria y en los estudios mencionados en la nota 2.

5 Con la excepción de Quintana Roo entre 1950 y 1960.

CUADRO 1

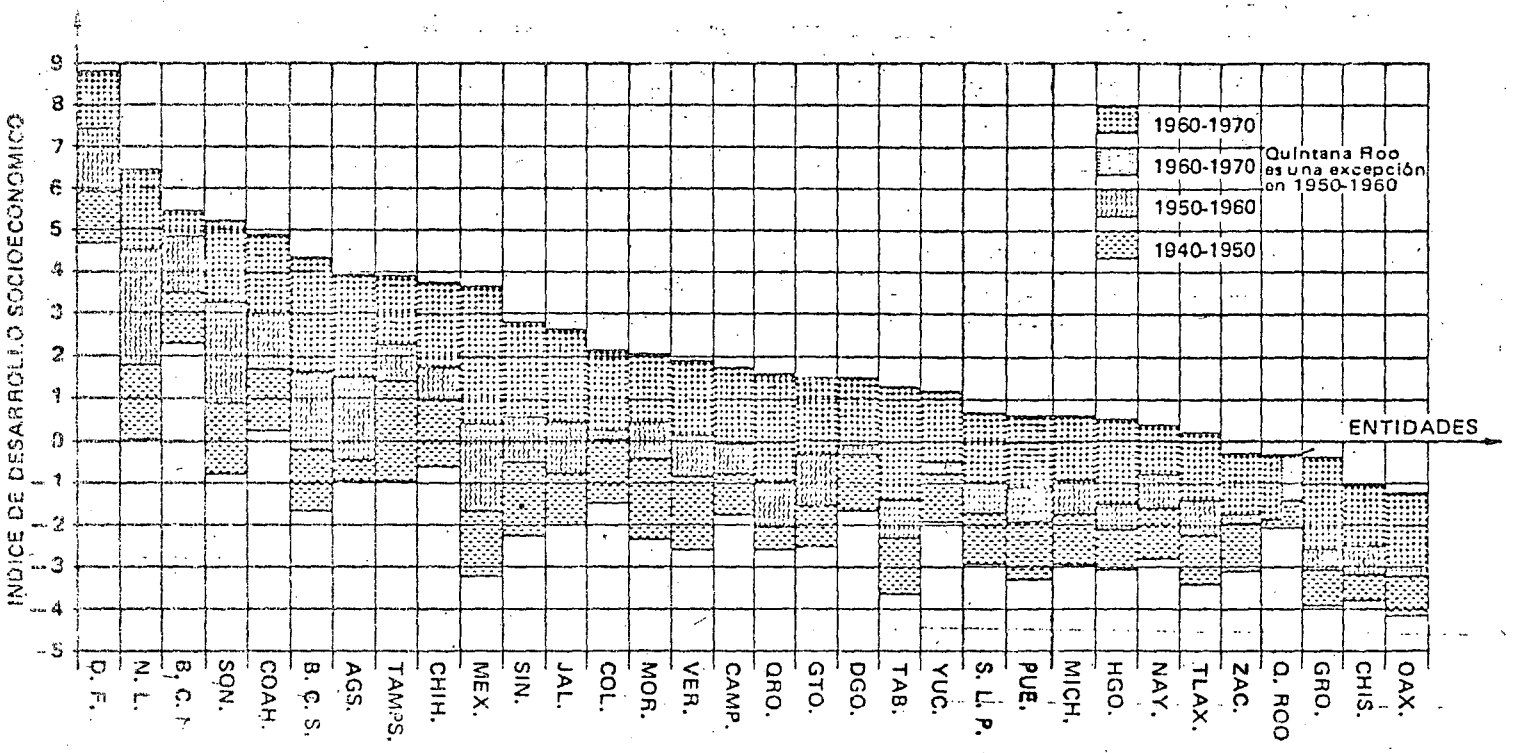
Indice de desarrollo socioeconómico por entidades y cambios en su posición relativa, 1940-1970[1]

1940			1950			1960			1970		
Rango	*Entidades*	*Indice*	*Rango*	*Entidades*	*Indice*	*Rango*	*Entidades*	*Indice*	*Rango*	*Entidades*	*Indice*
1	Distrito Federal	4.712	1	Distrito Federal	5.942	1	Distrito Federal	7.439	1	Distrito Federal	8.816
2	Baja California Norte	2.323	2	Baja California Norte	3.490	2	Baja California Norte	4.862	2	Nuevo León	6.456
3	Coahuila	0.174	3	Nuevo León	1.796	3	Nuevo León	4.577	3	Baja California Norte	5.463
4	Nuevo León	0.029	4	Coahuila	1.699	4	Sonora	3.249	4	Sonora	5.135
5	Chihuahua	−0.633	5	Tamaulipas	1.417	5	Coahuila	3.001	5	Coahuila	4.907
6	Sonora	−0.785	6	Chihuahua	0.970	6	Tamaulipas	2.284	6	Baja California Sur	4.349
7	Tamaulipas	−0.946	7	Sonora	0.953	7	Chihuahua	1.730	7	Aguascalientes	3.929
8	Aguascalientes	−0.978	8	Colima	0.037	8	Baja California Sur	1.628	8	Tamaulipas	3.898
9	Colima	−1.475	9	Baja California Sur	−0.190	9	Aguascalientes	1.534	9	Chihuahua	3.739
10	Baja California Sur	−1.658	10	Durango	−0.341	10	Sinaloa	0.782	10	México	3.645
11	Durango	−1.665	11	Morelos	−0.424	11	Morelos	0.478	11	Sinaloa	2.779
12	Campeche	−1.760	12	Aguascalientes	−0.466	12	Jalisco	0.447	12	Jalisco	2.632
13	Yucatán	−1.921	13	Sinaloa	−0.513	13	México	0.419	13	Colima	2.141
14	Jalisco	−2.002	14	Campeche	−0.775	14	Colima	0.264	14	Morelos	2.062
15	Quintana Roo	−2.070	15	Yucatán	−0.777	15	Veracruz	0.155	15	Veracruz	1.911
16	Sinaloa	−2.263	16	Jalisco	−0.778	16	Campeche	−0.026	16	Campeche	1.742
17	Morelos	−2.356	17	Veracruz	−0.844	17	Durango	−0.084	17	Querétaro	1.609
18	Guanajuato	−2.519	18	Quintana Roo	−1.426	18	Guanajuato	−0.341	18	Guanajuato	1.494
19	Veracruz	−2.585	19	Guanajuato	−1.530	19	Yucatán	−0.516	19	Durango	1.490
20	Querétaro	−2.589	20	Nayarit	−1.589	20	Nayarit	−0.805	20	Tabasco	1.311
21	Nayarit	−2.824	21	México	−1.684	21	Michoacán	−0.957	21	Yucatán	1.204
22	Michoacán	−2.864	22	San Luis Potosí	−1.711	22	Querétaro	−0.982	22	San Luis Potosí	0.683
23	San Luis Potosí	−2.943	23	Michoacán	−1.738	23	San Luis Potosí	−0.994	23	Puebla	0.620
24	Hidalgo	−3.053	24	Puebla	−1.933	24	Puebla	−1.068	24	Michoacán	0.610
25	México	−3.116	25	Zacatecas	−1.971	25	Tabasco	−1.414	25	Hidalgo	0.529
26	Zacatecas	−3.124	26	Querétaro	−2.032	26	Tlaxcala	−1.427	26	Nayarit	0.376
27	Tlaxcala	3.221	27	Hidalgo	−2.113	27	Hidalgo	−1.492	27	Tlaxcala	0.234
28	Puebla	−3.308	28	Tlaxcala	−2.263	28	Zacatecas	−1.760	28	Zacatecas	−0.287
29	Tabasco	−3.654	29	Tabasco	−2.304	29	Quintana Roo	−1.882	29	Quintana Roo	−0.320
30	Chiapas	−3.792	30	Guerrero	−3.080	30	Chiapas	−2.566	30	Guerrero	−0.400
31	Guerrero	−3.924	31	Chiapas	−3.175	31	Guerrero	−2.577	31	Chiapas	−1.037
32	Oaxaca	−4.150	32	Oaxaca	−3.223	32	Oaxaca	−2.950	32	Oaxaca	−1.226

Fuentes: Dirección de Formulación de Planes, SRH; Censos Agrícola, Ganadero y Ejidal, SIC; Anuarios Estadísticos, SIC; Dirección General de Electricidad, SIC; Censos Generales de Población, SIC; Planes Nacionales Agrícola, Ganadero y Forestal, SAG; Producto Estatal Bruto, Banco de Comercio, S. A.

GRAFICA 1

Indice de desarrollo socioeconómico por entidades y su posición relativa, 1940-1970



Por lo pronto, sobresalen los siguientes hechos:

a] A lo largo de 30 años, 8 de las entidades de mayor desarrollo se encuentran en el norte del país: Baja California norte, Nuevo León, Sonora, Coahuila, Baja California sur, Tamaulipas, Chihuahua, Aguascalientes y, en los últimos diez años, Sinaloa. El Distrito Federal en forma permanente es la entidad de mayor desarrollo relativo, aunque significativa y aceleradamente, el estado de México, como entidad colindante en donde ha continuado el desarrollo de la capital, pasa a formar parte del grupo superior. Para finales del decenio 1960-1970 se incorporan a este grupo Jalisco y Morelos, entidad esta última también adyacente al Distrito Federal.

b] En el caso opuesto, las 11 entidades de menor nivel de desarrollo relativo casi siempre se sitúan en ese grupo. Geográficamente se localizan en el sur, sureste y en el altiplano del país. En el primer caso se agrupan Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y, aunque erráticamente, Quintana Roo y Tabasco,[6] y, en el segundo, Zacatecas, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y San Luis Potosí. Para 1970 se incorpora Nayarit en lugar de Tabasco, que pasa al rango intermedio.

c] Hay un grupo de entidades que siempre han tendido a permanecer en un rango intermedio estable. En estas condiciones se encuentran Veracruz, Campeche, Jalisco, Morelos y Guanajuato. También podría incluirse en este grupo a entidades en proceso de decadencia relativa, como Durango y Yucatán y a los en proceso de ascendencia ralativa, como México y Sinaloa.

Las causas principales de carácter general que han conformado el nivel de desarrollo de cada una de las entidades federativas se pueden exponer como sigue:

En el grupo de mayor desarrollo se tiene en 1970 al Distrito Federal, los estados ubicados a lo largo de la zona fronteriza del norte del país, y las entidades de Baja California sur y Aguascalientes. La importancia y el crecimiento del Distrito Federal obedece a la concentración industrial, financiero-comercial, de servicios y del sector público. En Nuevo León, las dos primeras causas son primordiales para explicar su desenvolvimiento. En la zona norte son las actividades agropecuarias de exportación, las transacciones fronterizas, la agricultura de irrigación y moderna y, en menor medida, la diversificación de actividades, las que explican el desarrollo alcanzado hasta ahora. Finalmente, en el caso de Aguascalientes, el grado de urbanización alcanzado y su envidiable posición geográfica la hace ser centro importante de comunicaciones y núcleo comercial del centro del país, lo que explica su relativo avance económico y social respecto al resto de las entidades federativas.

En el grupo intermedio se tiene a las entidades de México, Sinaloa, Jalisco, Colima, Morelos, Veracruz, Campeche, Querétaro, Guanajuato., Durango, Tabasco y Yucatán. Dentro de este agrupamiento sobresalen Sinaloa, Tabasco, México Jalisco y Querétaro, por ser entidades en transición, con tendencia a ascender en el período examinado y que en el futuro quizá pasen a formar parte del grupo de circunscripciones territoriales más avanzadas. El crecimiento del estado de México es el reflejo de la expansión del área metropolitana de la ciudad de México hacia esa entidad. El indicador riego en la metodología explica en buena medida, dentro del modelo matemático, el crecimiento de las entidades con áreas extensas irrigadas, sobre todo la transición dinámica de Sinaloa y Tabasco. En el caso de Jalisco, la importancia de la actividad comercial e industrial fundamenta su desarrollo; y el de Querétaro se explica por ser

6 Como se dijo con anterioridad, sistemáticamente Quintana Roo pierde rango y Tabasco lo gana.

un centro geográfico importante. La permanencia de cuatro entidades en el nivel intermedio: Morelos, Veracruz, Campeche y Guanajuato, revela que posiblemente con un pequeño impulso podrían pasar a planos de desarrollo más avanzados. Yucatán, Quintana Roo y Durango, reflejan un "retroceso" relativo que debe preocupar a los responsables de la política económica y social del país.

Finalmente, el grupo de bajo nivel de desarrollo relativo está formado por las entidades de Michoacán, San Luis Potosí, Puebla, Hidalgo, Nayarit, Tlaxcala, Zacatecas, Quintana Roo, Guerrero, Chiapas y Oaxaca. En estas porciones geográficas, la agricultura subdesarrollada o las actividades extractivas estancadas parecen ser el principal factor causal común.

INDICE DE DESEQUILIBRIO REGIONAL

El segundo paso consistió en examinar la estructura socioeconómica del conjunto que, pese al desarrollo general, presenta una agudización en el desequilibrio por entidades. Para los fines de este trabajo se entiende por desequilibrio el hecho de que las entidades federativas, medidas por el índice de desarrollo, no se acercan entre sí en el tiempo, sino que más bien tienden a alejarse.

Una forma inicial de medir el desequilibrio regional consiste en partir del índice del Distrito Federal y observar si la distancia absoluta y relativa entre esta entidad, cuyo índice es el más elevado, y el resto de las entidades aumenta o disminuye. A mayor incremento es mayor el desequilibrio, y viceversa.[7]

En el cuadro 2 y en el mapa 1, pueden verse estas comparaciones para el período 1940-1970. Por otro lado, si se

[7] El índice de dispersión, con respecto a una media nacional, también se suele emplear para medir los desequilibrios regionales. Para este enfoque consúltese a E. Mendoza Berrueto, "Implicaciones regionales del desarrollo económico de México", *Demografía y Economía*, vol. III, núm. 1, México, 1969, pp. 50-51.

CUADRO 2

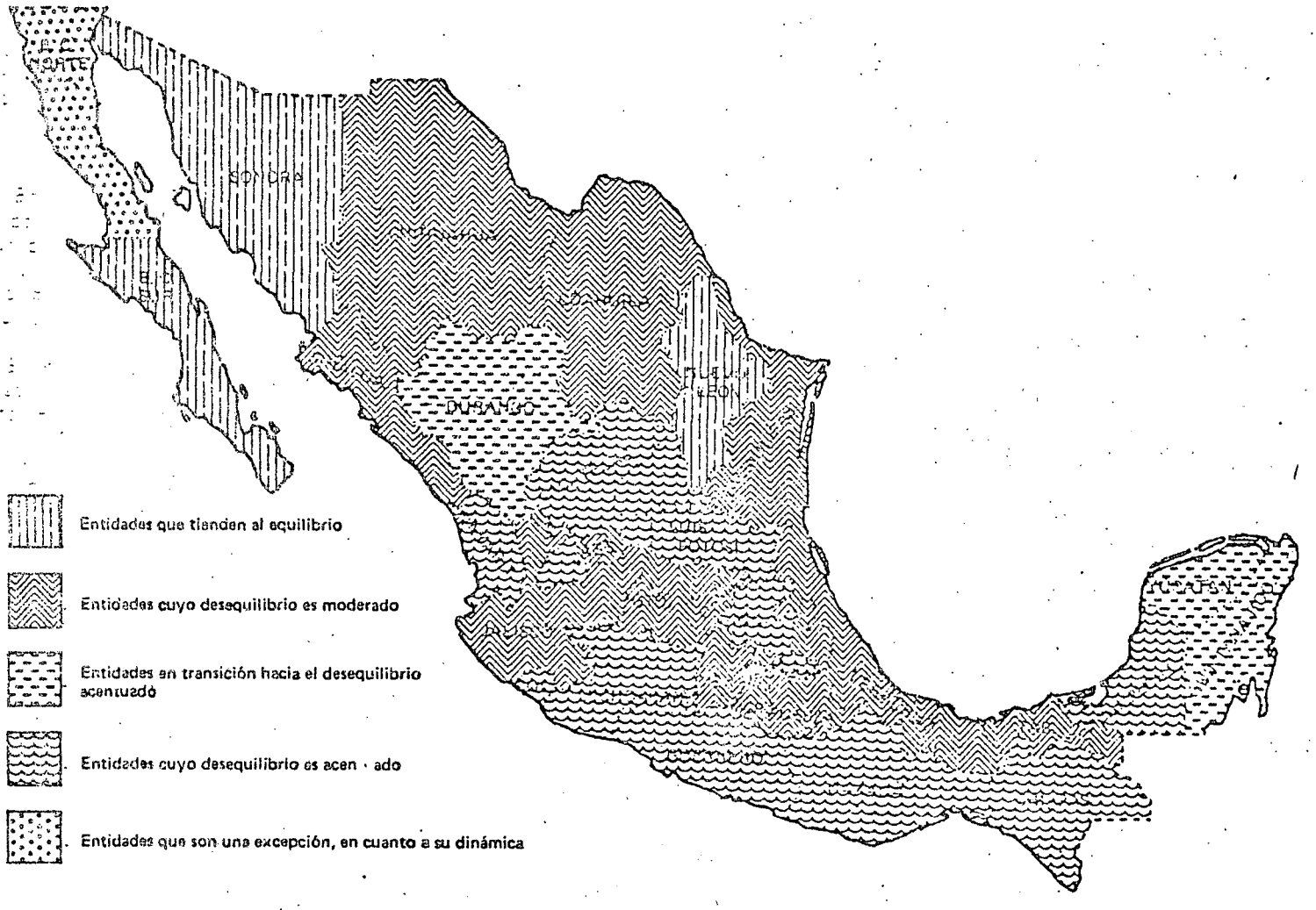
Distancia absoluta de los índices, respecto al Distrito Federal en el período 1940-1970

					Tasas de alejamiento anual (%)[a]			
Entidades	*1940 (1)*	*1950 (2)*	*1960 (3)*	*1970*[b] *(4)*	*1940-50 (5)*	*1950-60 (6)*	*1960-70 (7)*	*1940-70 (8)*
Distrito Federal	—	—	—	—	—	—	—	—
Nuevo León	4.583	4.146	2.862	3.818	−0.10	−3.64	2.92	−0.61
Baja California norte	2.389	2.452	2.577	4.811	0.26	0.50	6.44	2.36
Sonora	5.497	4.989	4.190	5.129	−0.96	−1.73	2.04	−0.23
Coahuila	4.538	4.243	4.438	5.367	−0.67	0.45	1.92	0.56
Baja California sur	6.370	6.132	5.811	5.925	−0.38	−0.54	1.94	−0.24
Aguascalientes	5.690	6.408	5.905	6.345	1.20	−0.81	0.72	0.36
Tamaulipas	5.658	4.525	5.155	6.376	−2.21	1.31	2.15	0.40
Chihuahua	5.345	4.972	5.709	6.535	−0.72	1.31	1.36	0.67
México	7.828	7.626	7.020	8.087	−0.26	−0.82	1.43	0.11
Sinaloa	6.975	6.455	6.677	7.495	−0.77	0.34	1.75	0.24
Jalisco	6.714	6.720	6.992	7.642	0.0	0.40	0.89	0.43
Colima	6.187	5.905	7.175	8.133	−0.47	1.97	1.26	0.92
Morelos	7.068	6.366	6.961	8.212	−1.04	0.90	1.67	0.50
Veracruz	7.297	6.786	7.284	8.363	−0.72	0.71	1.39	0.46
Campeche	6.472	6.717	7.465	8.532	0.37	1.06	1.34	0.93
Querétaro	7.301	7.974	8.421	8.665	0.89	0.55	0.29	0.57
Guanajuato	7.231	7.472	7.780	8.780	0.33	0.40	1.22	0.65
Durango	6.377	6.283	7.523	8.784	−0.15	1.82	1.56	1.07
Tabasco	8.366	8.246	8.853	8.963	−0.14	0.71	0.12	0.23
Yucatán	6.633	6.719	7.955	9.070	0.13	1.70	1.32	1.05
San Luis Potosí	7.655	7.375	8.433	9.591	0.0	0.98	1.30	0.75
Puebla	8.020	7.875	8.507	9.654	−0.18	0.77	1.27	0.62
Michoacán	7.576	7.680	8.396	9.664	0.14	0.90	1.42	0.81
Hidalgo	7.765	8.055	8.931	9.745	0.37	1.04	0.88	0.76
Nayarit	7.536	7.531	8.244	9.898	0.0	0.91	1.85	0.91
Tlaxcala	7.933	8.205	8.866	10.040	0.34	0.78	1.25	0.79
Zacatecas	7.836	7.913	9.189	10.561	0.10	1.51	1.40	1.00
Quintana Roo	6.782	7.368	9.321	10.594	0.83	2.38	1.29	1.50
Guerrero	8.636	9.022	10.016	10.674	0.44	1.05	0.64	0.71
Chiapas	8.504	9.117	10.005	11.311	0.70	0.93	1.23	0.96
Oaxaca	8.862	9.165	10.389	11.500	0.34	1.26	1.02	0.87

[a] Los valores negativos de las tasas de alejamiento indican que la distancia absoluta decrece al porcentaje que está precedido por tal signo negativo.
[b] Las distancias absolutas consideradas en esta columna, son las que resultan de agregar al valor del índice del Distrito Federal, el 40% del valor del índice del estado de México. Esta corrección solamente se realizó para 1970.
Fuente: Cuadro 1.

MAPA 1

Desequilibrio regional con respecto al D. F. en el período 1940-1970



considera la tasa media anual de acercamiento o alejamiento a lo largo de ese lapso de tiempo, se observa que todas las entidades se han alejado a diversos ritmos de desequilibrio del área metropolitana de la ciudad de México, con la excepción de tres entidades: Nuevo León, Sonora y Baja California sur que tienden a disminuir el desequilibrio. Este síntoma es alarmante, pues si se examina el fenómeno a partir de 1940 se observa que la situación tiende a agudizarse en los últimos años. En efecto, en el período 1940-1950, quince entidades se acercaron al Distrito Federal; en el lapso 1950-1960, sólo 5; y en el decenio 1960-1970, ninguna. Al mismo tiempo, en los decenios mencionados, se han incrementado las distancias absolutas entre el punto de referencia y las diversas entidades federativas con las excepciones señaladas anteriormente.[8]

Una segunda forma de apreciar el desequilibrio regional consiste en examinar si, atendiendo a los niveles de desarrollo establecidos en el índice superior, medio e inferior, las entidades de mayor desarrollo relativo presentan un desequilibrio menor que las entidades de desarrollo inferior.

Una vez más en el cuadro 2 se advierte, aunque es preciso escudriñar las cifras, que existe una correlación a través del tiempo. Entre mayor desarrollo, menor desequilibrio y viceversa.

Así se aprecia que la distancia absoluta del índice socioeconómico compuesto de las entidades del nivel superior, con relación al Distrito Federal, varió de un mínimo de 2.4 presentado en Baja California norte en 1940, a un máximo de 6.5 alcanzado en Chihuahua en 1970. En las entidades de nivel medio de desarrollo, la distancia mínima absoluta, con relación al Distrito Federal, fue, en 1940, de 6.2 en Colima, y l distancia máxima en 1970, de 9.1 en Yucatán. Esta distancia

8 Para 1970 se establece el siguiente supuesto: las distancias absolutas consideradas resultan de agregar al valor del índice del Distrito Federal el 40% del valor del estado de México, para obtener una medida a nivel del área metropolitana más ajustada a la situación real. Desde luego que el supuesto puede corroborarse realizando un estudio cuantitativo sobre los [illegible] de México colindantes con el Distrito Federal. El porcentaje, empero, es resultado de indicadores demográficos e industriales del estado de México. Para la selección de municipios y criterios se consultó a L. Unikel, "La dinámica del crecimiento de la ciudad de México", *Comercio Exterior*, México, vol. XXI, núm. 6, junio de 1971, pp. 507-516.

absoluta en las entidades más atrasadas varió de un mínimo de 6.8 representado por Quintana Roo en 1940, a un máximo de 11.5, representado por Oaxaca en 1970. En la columna 8, que resume el comportamiento mediante la tasa media anual de alejamiento del Distrito Federal, se observan las siguientes tendencias en cada uno de los niveles.

a] En el primer nivel, como se dijo, tres entidades tienden a disminuir el desequilibrio. El resto de las entidades presentan, en general, una tasa de alejamiento del área metropolitana menor que en los otros niveles, con la excepción de Baja California norte, cuya tasa media anual de alejamiento en todo el período fue de 2.36, superior a la de cualquier entidad, situación indicativa de la necesidad de llevar a cabo un estudio específico sobre las causas de este comportamiento. Colima también puede considerarse una excepción.

b] En el nivel inferior, las tasas de alejamiento del área metropolitana del resto de las entidades del país, son mayores; en ningún decenio se ha presentado el fenómeno de un acercamiento, y las tasas de alejamiento tienden a incrementarse con el tiempo. Existe en estas condiciones una correlación entre mayor desequilibrio y menor crecimiento del índice.

c] El nivel intermedio también parece coincidir con las apreciaciones de este desequilibrio. Las tasas de alejamiento del Distrito Federal son, en general, mayores que las del nivel superior y menores que las del nivel inferior. Sin embargo, como ya se dijo, este es un grupo "en transición" que presenta excepciones lógicas. En efecto, las entidades de México, Morelos, Jalisco y Tabasco, presentan un ritmo de alejamiento más pequeño que la mayoría de las del nivel superior. Asimismo, entidades en retroceso relativo, como Yucatán y Durango, acusan ritmos de alejamiento más grandes que la mayor parte de las entidades del grupo de nivel inferior.

En síntesis, puede afirmarse que el desequilibrio regional presenta dos características sobresalientes: aumenta en el tiempo y es mayor en las entidades de menor desarrollo relativo.

CUADRO 3

Diferencias absolutas en cada entidad del índice de desarrollo socioeconómico [a]

	Entidades	Períodos 1940-1950 (1)	1950-1960 (2)	1960-1970 (3)	1940-1970 (4)
1	Distrito Federal	1.230	+1.497	2.835	5.562
2	Nuevo León	1.767	+2.781	−1.879	6.427
3	Baja California norte	1.167	+1.372	−0.601	3.140
4	Sonora	1.738	+2.296	−1.886	5.920
5	Coahuila	1.525	1.302	1.906	4.733
6	Baja California sur	1.468	+1.818	2.721	6.007
7	Aguascalientes	−0.512	+2.000	2.395	4.907
8	Tamaulipas	2.363	0.867	1.614	4.844
9	Chihuahua	1.603	0.760	2.009	4.372
10	México	1.432	+2.103	−1.768	5.303
11	Sinaloa	1.750	1.295	1.997	5.042
12	Jalisco	1.224	1.225	2.185	4.634
13	Colima	1.512	0.227	1.877	3.616
14	Morelos	1.932	0.902	1.584	4.418
15	Veracruz	1.741	0.999	1.756	4.496
16	Campeche	0.985	0.749	1.768	3.502
17	Querétaro	−0.557	+1.050	2.591	4.198
18	Guanajuato	0.989	+1.189	1.835	4.013
19	Durango	1.324	0.257	1.574	3.155
20	Tabasco	1.350	0.890	2.725	4.965
21	Yucatán	−0.944	0.461	1.720	3.125
22	San Luis Potosí	1.232	0.767	1.627	3.626
23	Puebla	1.375	0.865	1.688	3.928
24	Michoacán	1.126	0.781	1.567	3.474
25	Hidalgo	−0.940	0.621	2.021	3.582
26	Nayarit	1.235	0.784	1.181	3.200
27	Tlaxcala	0.958	0.836	1.661	3.455
28	Zacatecas	1.153	0.221	1.463	2.837
29	Quintana Roo	−0.644	0.456	1.562	1.750
30	Guerrero	−0.844	0.503	2.177	3.524
31	Chiapas	−0.617	0.609	1.529	2.485
32	Oaxaca	−0.927	0.273	1.724	2.924

[a] El objeto de tomar estas diferencias absolutas es medir el crecimiento del índice. Los ritmos anuales de crecimiento son comparables, de estado a estado, mediante el cálculo de la tasa de crecimiento de las diferencias absolutas. El punto de partida para medir ritmos de crecimiento es 1950, ya que en este año se tiene la primera diferencia absoluta del índice. No fue posible calcular tasas de crecimiento directas, debido a los cambios de signo de los índices de algunos estados.
Fuente: Cuadro I.

CAMBIOS EN EL INDICE DE DESARROLLO

Estimar directamente el crecimiento relativo del índice de desarrollo socioeconómico de cada una de las entidades presenta una dificultad insalvable, ya que la mayoría de los índices parte de una cifra negativa. Hubo pues que conformarse con medir los incrementos absolutos (ver cuadro 3).

El índice de desarrollo, medido por el incremento absoluto del índice de cada entidad de un decenio a otro, permite únicamente deducir lo siguiente: en el nivel superior los aumentos absolutos son mayores que en las entidades de nivel inferior, fluctuando respectivamente de 3.1 a 6.4 y 1.7 a 3.9 (columna 4); sin embargo, las excepciones en el grupo intermedio y aun en el propio inferior hacen difícil las generalizaciones. Estudiando cuidadosamente el cuadro 3 se observa que el crecimiento en el lapso 1940-1950 y en el 1960-1970, tendió en general a ser más rápido que entre el período 1950-1960.

El primer decenio 1940-1950, se caracteriza porque los incrementos comparativamente tendieron a ser elevados. Una vez más destacan las entidades del norte de la república, el Distrito Federal y las entidades contiguas a la capital, como México, y Morelos y Veracruz. Los estados de menor incremento fueron en orden creciente, Aguascalientes, Querétaro, Chiapas, Quintana Roo, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo, Yucatán, Campeche y Guanajuato.

El decenio 1950-1960, por lo contrario, presenta una reducción casi general del incremento absoluto del índice. En efecto, 23 entidades acusan una disminución en el ritmo de su desarrollo, estando las excepciones otra vez en el Distrito Federal y en las entidades del norte, con la particularidad de que Coahuila, Tamaulipas y Chihuahua disminuyen su ritmo y México, Querétaro y Guanajuato lo aumentan, lo cual no evita concluir una vez más, que se presenta un mayor distanciamiento entre los grupos opuestos de entidades, acentuándose los desequilibrios regionales.

El decenio 1960-1970 registra una recuperación general muy significativa en toda la república, con excepción de Baja California norte y en menor grado, Nuevo León, Sonora y México.

COMPORTAMIENTO DE LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)

El índice de la "actividad económica predominante" se utiliza en el análisis regional para explicar la dinámica del desarrollo de las regiones de un país o para hacer comparaciones entre países.[9] Actividad económica predominante es aquella cuya participación relativa, con respecto a la PEA total, es mayor que la correspondiente a esa misma rama de actividad a nivel nacional. El concepto se mide a través del "índice de trabajadores excedentes", cuando es positiva dicha actividad es predominante con respecto a la media nacional respectiva.

En consecuencia se examinó el comportamiento de las entidades con respecto a la PEA, resumiéndose esa experiencia en términos del índice de desarrollo socioeconómico y del desequilibrio regional.

El índice de actividad económica predominante se divide en 8 ramas de actividad: agropecuaria (A), extractiva (M), industria de transformación (I), construcción (K), electricidad (E), comercio (C), comunicaciones y transportes (T), y servicios (S). Cad entidad puede tener como mínimo una actividad predominant y ocho como máximo. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

De acuerdo con la información examinada se aprecia que la PEA conserva una estructura sumamente rígida a lo largo de 30 años. Esta rigidez se caracteriza porque permanentemente las entidades unifuncionales y bifuncionales lo fueron exclusivamente en la ocupación agrícola, y más de la mitad de ellas en la actividad extractiva. Esto es reflejo del predominio que ha tenido el sector primario —subdesarrollado o de subsistencia en la mayoría de los casos— en las entidades de nivel de desarrollo socioeconómico inferior y donde la agricultura y minería se caracterizan por emplear la mano de obra en forma intensiva, en gran parte subempleada y de baja productividad.

Las entidades diversificadas, por el contrario, se caracterizan porque sus actividades predominantes no sólo son mayores de tres, sino sumamente heterogéneas (véase el cuadro 4). En este grupo aparecen entidades donde se genera un excedente agrícola significativo —reflejo de una agricultura de riego, moderna y de alta productividad— y donde la ocupación agrícola no es significativa en términos relativos, es decir, aunque el empleo en las actividades agropecuarias es considerable, la estructura ocu-

[9] Consúltese W. Isard, *Methods of Regional Analysis*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1969, capítulos 6 y 7.

CUADRO 4

Actividades predominantes y clasificación funcional de las entidades, 1940-1979

Entidades	Actividades predominantes[a]				Clasificación funcional[b]			
	1940	1950	1960	1970	1940	1950	1960	197
1. Aguascalientes	T-CIKSE	T-ICKE	I-TKCE	T-CK	D	D	D	S
2. Baja California norte	S-CKEM	S-CKET	S-CKTEI	S-CIKTE	D	D	D	D
3. Baja California sur	M-ST	T-MS	S-MATK	S-MCKTE	S	S	D	D
4. Campeche	T-SIKE	I-TK	T-KAI	A-T	D	S	D	B
5. Coahuila	I-SMTK	M-CITKE	M-ITSCKE	M-SCTIK	D	D	D	D
6. Colima	S-CTKE	S-AT	S-TK	A-STK	D	S	S	D
7. Chiapas	A	A	A	A	U	U	U	U
8. Chihuahua	M-CKTE	M-KTS	M-SKCTE	S-CMTKE	D	D	D	D
9. Distrito Federal	S-ICTKE	S-ICKTE	S-ICKTE	S-ICTKE	D	D	D	D
10. Durango	A-M	A-M	A-M	A-M	B	B	B	B
11. Guanjuato	A-IM	A-I	A-I	A-IM	S	B	B	S
12. Guerrero	A	A	A	A	U	U	U	U
13. Hidalgo	A-M	A-ME	A-M	A-M	B	S	B	B
14. Jalisco	I-KCE	I-AKC	I-CKT	I-CKTS	D	D	D	D
15. México	A	A-E	A-IKE	I-KECT	U	B	D	D
16. Michoacán	A	A	A	A	U	U	U	U
17. Morelos	A-K	A-K	A-K	A-KS	B	B	B	S
18. Nayarit	A	A	A	A	U	U	U	U
19. Nuevo León	I-CTKE	I-CKTSE	I-CSKTE	I-SKCT	D	D	D	D
20. Oaxaca	A	A	A	A	U	U	U	U
21. Puebla	A	A	A	A	U	U	U	U
22. Querétaro	A	A	A	A-KM	U	U	U	U
23. Quintana Roo	A-STE	A-ST	A	A-KE	D	S	U	S
24. San Luis Potosí	A-MT	A-M	A-M	A-MT	S	B	B	S
25. Sinaloa	A-M	A-T	A-T	A	B	B	B	U
26. Sonora	M-TSCK	K-TMSTE	T-CSKM	S-CTKME	B	B	B	D
27. Tabasco	A	A	A-M	A-M	U	U	B	B
28. Tamaulipas	S-MTCKE	M-CSTKE	C-STM	S-MCKT	D	D	D	D
29. Tlaxcala	A-I	A	A	A-I	B	U	U	B
30. Veracruz	A-T	A-M	A-M	A-M	B	B	B	B
31. Yucatán	C-AT	A-CKT	A-C	A	A	D	B	U
32. Zacatecas	A-M	A-M	A-M	A-M	B	B	B	B

[a] Las actividades están ordenadas de izquierda a derecha, de acuerdo con el valor decreciente del índice de trabajadores excedentes. El significado de las letras es el siguiente: A, agropecuario; M, extractivas; I, industria de transformación; K, construcción; E, electricidad y gas; C, comercio; T, comunicaciones y transportes y S, servicios.

[b] U, unifuncionales; B, bifuncionales; S, semidiversificadas (hasta tres ramas de actividad); D, diversificadas (cuatro y más ramas de actividad).

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio, censos generales de población.

CUADRO 5

Indice de desarrollo socioeconómico y actividades económicas predominantes por entidades; cambios en su posición relativa, en el período 1940-1970

		1940			1950			1960			1970		
Rango*	Entidades	Indice	Número de actividades	Clasificación funcional	Indice	Número de actividades	Clasificación funcional	Indice	Número de actividades	Clasificación funcional	Indice	Número de actividades	Clasificación funcional
1	Distrito Federal	4.712	6	D	5.942	6	D	7.439	6	D	8.816	6	D
2	Nuevo León	0.029	5	D	1.796	6	D	4.577	6	D	6.456	5	D
3	Baja California norte	2.323	5	D	3.490	5	D	4.862	6	D	4.463	6	D
4	Sonora	−0.785	5	D	0.953	6	D	3.249	5	D	5.135	6	D
5	Coahuila	0.174	5	D	1.690	6	D	3.001	7	D	4.907	6	D
6	Baja California sur	−1.658	3	S	−0.190	3	S	1.628	5	D	4.349	6	D
7	Aguascalientes	−0.978	6	D	−0.466	5	D	1.534	5	D	3.929	3	S
8	Tamaulipas	−0.946	6	D	1.417	6	D	2.284	4	D	2.898	5	D
9	Chihuahua	−0.633	5	D	0.970	4	D	1.730	6	D	3.739	6	D
10	México	−3.116	1	U	−1.684	2	B	0.419	4	D	3.645	5	D
11	Sinaloa	−2.263	2	B	−0.513	2	B	0.782	2	B	2.779	1	U
12	Jalisco	−2.002	4	D	−0.773	4	D	0.447	4	D	2.632	5	D
13	Colima	−1.475	5	D	0.037	3	S	0.264	3	S	2.141	4	D
14	Morelos	−2.356	2	B	−0.424	2	B	0.478	2	B	2.062	3	S
15	Veracruz	−2.585	2	B	−0.844	2	B	0.155	2	B	1.911	2	B
16	Campeche	−1.760	5	D	−0.775	3	S	−0.026	4	D	1.742	2	B
17	Querétaro	−2.589	1	U	−2.032	1	U	−0.982	1	U	1.609	3	S
18	Guanjuato	−2.519	3	S	−1.530	2	B	−0.341	2	B	1.404	3	S
19	Durango	−1.665	2	B	−0.341	2	B	−0.084	2	B	1.490	2	B
20	Tabasco	−3.654	1	U	−2.304	1	U	−1.414	2	B	1.311	2	B
21	Yucatán	−1.921	3	S	−0.774	4	D	−0.516	2	B	1.204	1	U
22	San Luis Potosí	−2.943	3	S	−1.711	2	B	−0.994	2	B	0.683	3	S
23	Puebla	−3.308	1	U	−1.933	1	U	−1.068	1	U	0.620	1	U
24	Michoacán	−2.864	1	U	−1.738	1	U	−0.957	1	U	0.610	1	U
25	Hidalgo	−3.053	2	B	−2.113	3	S	−1.492	2	B	0.529	2	B
26	Nayarit	−2.824	1	U	−1.589	1	U	−0.805	1	U	0.376	1	U
27	Tlaxcala	−3.221	2	B	−2.263	1	U	−1.427	1	U	0.234	2	B
28	Zacatecas	−3.124	2	B	−1.971	2	B	−1.750	2	B	−0.287	2	B
29	Quintana Roo	−2.070	4	D	−1.426	3	S	−1.882	1	U	−0.320	3	S
30	Guerrero	−3.924	1	U	−3.080	1	U	−2.577	1	U	−0.400	1	U
31	Chiapas	−3.792	1	U	−3.175	1	U	−2.566	1	U	−0.307	1	U
32	Oaxaca	−4.150	1	U	−3.223	1	U	−2.950	1	U	−1.226	1	U

* Este rango de las entidades, es el correspondiente al año 1970.
Fuente: Cuadros 1 y 4.

pacional es diversificada, reflejo indudablemente de la demanda efectiva. Tal es el caso de Sonora, Chihuahua, Tamaulipas y Coahuila.

El grupo unifuncional está formado, durante todo el período analizado, por Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Nayarit y Puebla, todas ellas de actividad agrícola predominante. Se incorporó al grupo Yucatán y, sorprendentemente, Sinaloa. El atraso de Yucatán es reflejo de su retroceso, pero el caso sinaloense resulta excepcional y merece un estudio particular, pues, cosa extraña, su desarrollo considerable no ha resultado en una diversificación de la actividad económica general.

El grupo bifuncional y semidiversificado se caracteriza por dos cosas: primero, pertenecen a él en forma permanente las entidades atrasadas y con actividades minero-agrícolas —Zacatecas, Tlaxcala, Hidalgo, Durango, San Luis Potosí— y también las de rápido desarrollo agrícola o primario —Morelos, Veracruz, Campeche y Sinaloa—, salvo en 1970. Segundo, por este grupo "pasan" entidades en proceso de transformación hacia estructuras diversificadas. Los más claros ejemplos son México, Querétaro y Tabasco. Los dos primeros reflejan el inicio y la continuación del proceso de industrialización y el segundo, la importancia del petróleo y las obras hidráulicas. Asimismo, dentro de esta categoría está Baja California sur. Quintana Roo es una excepción errática poco ilustrativa.

El grupo de entidades diversificadas está compuesto esencialmente por las mismas entidades ya diversificadas desde 1940. Destacan el Distrito Federal, Jalisco y las seis entidades de la frontera norte. En 1960, habían ingresado también al grupo, el estado de México y Baja California sur.

En conclusión, la estructura ocupacional de la república a nivel regional, con las salvedades apuntadas, ha permanecido estática a lo largo del período 1940-1970, es decir, la clasificación funcional ha permanecido constante, síntoma de un desequilibrio regional serio cuando se considera la dinámica general del desarrollo socioeconómico sostenido. Un poco más del 75% de las entidades —de 22 a 20— siempre ha sido no diversificada, mientras que el resto —de 10 a 12 entidades—, cerca del 25% del conjunto, siempre ha tenido una diversificación.

Con este antecedente, el siguiente paso fue comprobar si existe relación entre la estructura ocupacional, el índice y los rangos de desarrollo socioeconómico.

En la teoría del desarrollo económico se acepta generalmente que existe una relación entre el nivel de desarrollo de una unidad territorial y la diversificación de su actividad económica.

Al examinar el cuadro 5 se advierte enseguida una elevada correlación de rangos entre ambos índices. Esto puede considerarse como una prueba estadística de la interrelación entre el nivel de desarrollo y el grado de diversificación, es decir, a mayor desarrollo socioeconómico mayor diversificación, y viceversa.

En efecto, la clasificación según el nivel de desarrollo coincide con la clasificación de la PEA. En el grupo inferior, se advierte que las entidades de menor desarrollo —Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Zacatecas, Tlaxcala, Nayarit, Hidalgo, Michoacán, Puebla y San Luis Potosí— con la excepción errática de Quintana Roo y parcialmente de San Luis Potosí —son unifuncionales o bifuncionales a lo largo del período. Asimismo, en su mayoría muestran un crecimiento lento y son la parte menos dinámica del país, localizada principalmente en las regiones sur, sureste y centro.

Precisamente lo contrario ocurre en el nivel superior, donde el rápido ritmo de desarrollo coincide en todos los casos con una PEA diversificada. Baja California sur no es excepción, pues a partir de 1960, cuando figura entre las 10 primeras entidades del país, su actividad también se vuelve diversificada.

El grupo de nivel medio de desarrollo presenta un comportamiento muy heterogéneo. Sin embargo, se advierten los siguientes lineamientos que apoyan las conclusiones arriba señaladas. A medida que aumenta el nivel de desarrollo socioeconómico de las entidades (México, Jalisco, Colima, Querétaro, Guanajuato, Morelos) también la actividad económica tiende a diversificarse. La excepción singular sorprendente, como se señaló, es Sinaloa. Por el contrario, entidades que han mostrado retroceso, como Yucatán, también han pasado de diversificadas a semifuncionales. Por último, las dos excepciones a esta regla parecen ser Veracruz (algo similar al caso sinaloense) y Campeche. La primera, pese a su desarrollo y rango importante, no se ha diversificado. Campeche, por el contrario, pasó de economía diversificada a economía bifuncional.[10]

ANALISIS COMPARATIVO Y CONCLUSIONES

Por último, es conveniente resumir el estudio y sus deducciones comparando los indicadores básicos (ver cuadro 6): *a)* rango e índice de desarrollo; *b)* desequilibrio regional; *c)* crecimiento absoluto, y *d)* clasificación funcional.

La comparación de los índices permite reafirmar las diferentes modalidades del desarrollo regional y de su desequilibrio durante el período 1940-1970. En el resumen de los cuatro indicadores se observa una relación bastante clara entre los grupos de desarrollo superior e inferior y ligeramente menor en el grupo intermedio.

a] Si bien es cierto que todas las entidades del país presentaron un ritmo continuo de desarrollo socioeconómico, las 9 entidades de mayor nivel siempre fueron las mismas. En este grupo se encuentran las 3 únicas entidades que tendieron a disminuir el desequilibrio regional; en el resto, los ritmos relativos de desequilibrio regional son más moderados que en las otras entidades de los demás niveles. En consecuencia, sus crecimientos absolutos son los mayores del país y la actividad económica es siempre diversificada.

b] La excepción parcial a esta regla es Baja California norte. Su crecimiento es francamente lento y su tendencia hacia el desequilibrio muy aguda, síntomas que revelan la necesidad de un estudio particular para investigar las causas peculiares de este fenómeno. Asimismo, no estaría por demás advertir las causas de una cierta atonía en el crecimiento de Chihuahua y Tamaulipas.

c] En el polo opuesto, las once entidades más atrasadas del país también fueron las mismas a lo largo del período examinado. Además, sus desarrollos absolutos son los menores, su desequilibrio regional suele ser el mayor y su PEA es unifuncional o bifuncional.

d] Las entidades de nivel intermedio presentan una situación heterogénea que, sin embargo, es compatible en cuanto a las características de los indicadores.

10 Es recomendable realizar estudios socioeconómicos más profundos sobre las excepciones Sinaloa, Campeche y Veracruz, a fin de conocer con mayor detalle las causas de este comportamiento.

i) Un grupo —formado por México, Sinaloa, Jalisco y Morelos— tiende a integrarse con las entidades que forman el nivel superior. Su crecimiento es considerable, tienen un desequilibrio moderado y la actividad, con la excepción de Sinaloa, es bastante diversificada. A este grupo hubiese pertenecido Colima de no ser por la lentitud de su crecimiento.

ii) Otro grupo formado por Yucatán, Durango y Campeche, tiende a integrarse con los del grupo inferior. Estas entidades han sufrido un deterioro en su crecimiento que se refleja en el índice de su desarrollo, en el desequilibrio que acusan y en la actividad ocupacional poco diversificada.

iii) Por último, hay ciertas entidades "en transición" que reflejan un avance considerable, aunque no son diversificadas: Veracruz, Querétaro, Guanajuato y Tabasco.

e] Puede afirmarse que existe una regionalización relativamente clara en la cual las entidades desarrolladas son el Distrito Federal y su área de influencia y las entidades del norte de la República. En el otro extremo se encuentran las entidades del sur y el sureste y algunas del Altiplano, especialmente aquellas donde predominan las actividades agropecuarias y mineras.

f] El resultado final de este estudio es la sistematización y cuantificación relativa del grado de desarrollo y de sus desequilibrios. Este resultado permite adoptar un criterio general para la asignación de la inversión pública por entidades, es decir, puede señalarse cuál podría ser la asignación de inversión si se pretende aprovechar los polos de desarrollo ya existentes; si se pretende incorporar a las entidades empobrecidas y que se alejan de las desarrolladas; si se pretende fomentar el desenvolvimiento de posibles polos de desarrollo, o si se pretende acudir en auxilio de entidades cuya participación relativa tiende al retroceso.

g] El sistema empleado para obtener conclusiones es convincente, ya que de los diferentes indicadores resultaron las mismas observaciones.

h] Finalmente se tiene una conclusión que no por sencilla deja de ser cierta: las entidades más atrasadas del país se caracterizan por una agricultura subdesarrollada. Incorporarlas al desarrollo de las de nivel superior significa también dotarlas, mediante el riego y otras medidas de fomento, de una agricultura moderna, que sea la base de una economía diversificada, dinámica y en verdadero proceso de desarrollo socioeconómico.

CUADRO 6

Conclusiones sobre el desarrollo socioeconómico de las entidades en el período 1940-1970 según el nivel de desarrollo alcanzado en 1970

Rango	Entidades	Indice de desarrollo 1940	Indice de desarrollo 1970	Distancia absoluta al D. F. Crecimiento anual 1940-70 %	Crecimiento absoluto 1940-70	Clasificación funcional 1940	Clasificación funcional 1970
1	Distrito Federal	4.712	8.816	—	5.562	D	D
2	Nuevo León	0.029	6.456	−0.61	6.427	D	D
3	Baja California norte	2.323	5.463	2.36	3.140	D	D
4	Sonora	−0.785	5.135	−0.23	5.920	D	D
5	Coahuila	0.174	4.907	0.56	4.733	D	D
6	Baja California sur	−1.658	4.349	−0.24	6.007	S	D
7	Aguascalientes	−0.978	3.929	0.36	4.907	D	S
8	Tamaulipas	−0.946	3.898	0.40	4.844	D	D
9	Chihuahua	−0.633	3.739	0.67	4.372	D	D
10	México	−3.116	3.645	0.11	5.303	U	D
11	Sinaloa	−2.263	2.779	0.24	5.042	B	U
12	Jalisco	−2.002	2.632	0.43	4.634	D	D
13	Colima	−1.475	2.141	0.92	3.616	D	D
14	Morelos	−2.356	2.062	0.50	4.418	B	S
15	Veracruz	−2.585	1.911	0.46	4.496	B	B
16	Campeche	−1.760	1.742	0.93	3.502	D	B
17	Querétaro	−2.589	1.609	0.57	4.198	U	S
18	Guanajuato	−2.519	1.494	0.65	4.013	S	S
19	Durango	−1.665	1.490	1.07	3.155	B	B
20	Tabasco	−3.654	1.311	0.23	4.965	U	B
21	Yucatán	−1.921	1.204	1.05	3.125	S	U
22	San Luis Potosí	−2.943	0.683	0.75	3.626	S	S
23	Puebla	−3.308	0.620	0.62	3.928	U	U
24	Michoacán	−2.864	0.610	0.81	3.474	U	U
25	Hidalgo	−3.053	0.529	0.76	3.582	B	B
26	Nayarit	−2.824	0.376	0.91	3.200	U	U
27	Tlaxcala	−3.221	0.234	0.79	3.455	B	B
28	Zacatecas	−3.124	−0.237	1.00	2.837	B	B
29	Quintana Roo	−2.070	0.320	1.50	1.750	D	S
30	Guerrero	−3.924	−0.400	0.71	3.524	U	U
31	Chiapas	−3.792	−1.307	0.96	2.485	U	U
32	Oaxaca	−4.150	−1.226	0.87	2.924	U	U

Fuente. Ver cuadros 1, 2, 3, y 4.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI GRUPO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

TEORIA DE LA DEMANDA

LIC. JOSE ANTONIO AYSA BERNAT
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

3.- LA TEORIA DE LA DEMANDA

En este capítulo se hace una descripción general del mercado y de los tipos de competencia que se dan, los cuales van de la competencia pura al monopolio puro desde el lado de la oferta o al monopsonio puro, desde el lado de la demanda, pero que en la práctica se resumen en una competencia entre monopolios.

Lo anterior sirve de introducción al examen de una de las dos fuerzas del mercado: la demanda, que consiste en una relación de las cantidades de mercancias que los compradores están dispuestos a adquirir a cada precio posible.

Esa relación se altera si se modifican las condiciones que se conjugan en el funcionamiento, que son una compleja red de factores subjetivos y objetivos.

Los factores subjetivos se resumen en los gustos, que a su vez se asocian directamente con el grado de satisfacción que obtiene el individuo con los bienes que consume y le sirve de base para integrar su escala de preferencias, en la que se fundamenta su actuación como demandante.

Varios factores objetivos influyen en ese comportamiento: uno es el precio; el otro es el ingreso, del cual depende el volumen de compras y, por consiguiente, el grado de bienestar que se puede alcanzar.

Puesto que el tema es la demanda, el capítulo estaría incompleto si no se hiciere una referencia preliminar al concepto de demanda agregada, que equivale a la demanda global de bienes y servicios que se establece en el sistema económico en su conjunto.

El mercado.- En el mercado se sintetizan la demanda y la oferta, fuerzas que se conjugan para determinar los precios.

El sistema económico se integra por infinidad de empresas dedicadas a la producción de bienes y servicios, cuyo intercambio se establece en el mercado, donde se sintetizan las relaciones entre productores y consumidores.

El lugar donde convergen quienes ofrecen y demandan, es decir, donde concurren la oferta y la demanda, es el mercado. Allí vendedores y compradores realizan sus respectivas transacciones y ejercen la influencia que determina el precio del mercado, es decir, el precio promedio al que efectivamente se realizan las operaciones.

La ubicación física del mercado no tiene mayor importancia. La condición es que conecte a vendedores y compradores. Puede ser una casa, una oficina, una tienda, un tianguis, una colonia, una ciudad, una región, un grupo de naciones o el mundo entero. En otras palabras, puede ser local, regional, nacional, internacional o mundial. Su ámbito está dado por la existencia de oferentes, demandantes y transacciones entre ellos.

Además, el término no sólo se aplica al intercambio de bienes, sino de cualquier cosa: de trabajo, de dinero, de capital o de servicios.

Vendedores ~~y compra~~dores actúan bajo el influjo del principio económico fundamental, obviamente. Se esfuerzan en obtener el mayor provecho posible.

Ese esfuerzo significa competencia, importante característica del mercado, que

...

presenta varias formas entre la competencia pura y el monopolio o el monopsonio.

La competencia pura se refiere a una situación en la cual concurren un número amplio de vendedores y de compradores, de tal manera que ninguno en lo individual puede influir predominantemente en los precios.

Los productos que se comercian son idénticos y, por lo tanto, sustitutos perfectos. Así, si algún vendedor pone el precio encima del de mercado, los clientes dejan de comprarle.

Además, quienquiera, vendedor o comprador, puede participar en este tipo de mercado y operar con absoluta libertad, así como dejar de hacerlo.

El monopolio.- El monopolio se da cuando sólo hay un vendedor, frente a un número vasto de compradores. Esto le da la oportunidad de mover el precio según le convenga, dentro de ciertos límites determinados por las características de la demanda y por las condiciones de producción.

El monopsonio.- Existencia de un comprador frente a un gran número de oferentes.

Duopolio y oligopolio.- En forma similar funcionan el duopolio y el oligopolio en donde hay dos vendedores en el primero y un pequeño grupo de ellos en el segundo, frente a un número alto de compradores en ambos casos.

Duopsonio y oligopsonio.- Sus contrapartes son el duopsonio y el oligopsonio en los cuales dos compradores o un pequeño grupo de ellos se efrentan a un amplio número de vendedores.

...

Combinaciones.- Se pueden dar combinaciones. Monopolio-monopsonio: un vendedor, frente a un comprador. Monopolio-duopsonio: un vendedor frente a dos compradores. Monopolio-oligopsonio: un vendedor, frente a un grupo pequeño de compradores. Monopsonio-oligopolio: un comprador, frente a un pequeño grupo de vendedores. En fín, tantas como se le ocurran.

La diferenciación.- En las economías modernas el mercado se distingue por situaciones donde se combinan varios de los elementos citados. Para aclarar esto pensemos que hay varios fabricantes y vendedores de agua envasada, que compiten.

Si todos ellos ofrecen bienes de la misma calidad, con rasgos homogéneos, utilizan envases idénticos, se ubican en el mismo sitio y compiten por un número enorme de clientes, deben poner a su mercancía el precio que fijan las fuerzas del mercado, pues si lo suben, aunque sea un poco, nadie está dispuesto a comprar, porque a un precio menor se puede adquirir un bien idéntico a otro vendedor. Habría tipificación del producto. Así funcionaría, si se diera, la competencia pura.

Sin embargo, cada empresario trata de tener alguna ventaja sobre la competencia.

Imaginemos que un productor abre un local en un sitio frecuentado por mucha gente. Agrega al agua alguna cualidad especial: un sabor agradable. Usa botellas que después pueden tener otro destino: floreros. Contrata como vendedora a una dama hermosa y simpática. Y, claro, le pone un precio mayor al del mercado.

...

Agrega a su producto una diferenciación.

Ante esos atractivos hay clientes que prefieren el agua especial aunque tengan que pagar más que por otros productos parecidos. Así, la empresa productora es un pequeño monopolio, puesto que sólo él ofrece esa mercancía particular, diferente de las otras.

Los demás empresarios incorporan su propia diferenciación a sus productos, para convencer a ciertos compradores, por lo que también constituyen pequeños monopolios.

El mercado de la vida real se forma por multitud de unidades que ofrecen una mercancía diferenciada. Aún la pequeña miscelánea de la esquina expende un bien especial, ya que está allí, en la esquina, mientras su competidor más próximo está a varias cuadras. Eso le confiere un atractivo especial, puesto que el comprador quizá pague unos centavos más para evitarse la caminata.

En la práctica hay grandes corporaciones que responden a la difinición de monopolio. Petróleos Mexicanos (PEMEX) tiene aquí la exclusividad para explotar los hidrocarburos. Empero, se aleja de la concepción teórica por estar sujeto a competencia, pues alguno de sus clientes puede en algún momento sacrificar su compra de gasolina a cambio de adquirir un traje nuevo. Así la tienda de ropa compite con el monopolio oficial.

Hay varios grupos de vendedores y compradores que equivalen a duopolios, oligopolios, duopsonios y oligopsonios y se dan mezclas como las que se vieron antes. De cualquier forma, siempre hay competencia con las demás unidades-

...

del aparato económico, ya que los deseos y caprichos del hombre son tan fluctuantes que hacen a todos los bienes sustituibles.

En consecuencia, la oferta se compone de infinidad de empresas que presentan rasgos de monopolio, pues compiten con productos diferenciados y tienen cierta capacidad para influir en los precios.

Competencia monopolistica.- En el otro lado está un amplio número de compradores, efectivos y potenciales, que actúan bajo el influjo de razones subjetivas y objetivas que determinan sus gustos y les hacen cambiar de hábitos entre infinitas alternativas, algunas comprensibles, como cambiar de carne de res a carne de pollo, mas algunas caen en la excentricidad, como sacrificar la alimentación para mantener un auto de lujo.

La situación descrita equivale a una lucha entre monopolios. Por eso se llama competencia monopolistica. Cada vendedor da la pelea a base de calidad, servicio, arte de venta, publicadad. Se agrede al adversario para ganarle clientes. Asi es el mercado del mundo capitalista.

El mercado en el socialismo.- En los paises socialistas la producción y distribución están controladas por el Estado. La venta la efectúan monopolios oficiales. Pero los compradores pueden sustituir un producto por otro, según se modifiquen sus preferencias. Tan es cierto que también allá se recurre a la publicidad comercial, no sólo con fines informativos, sino para establecer un marco de competencia entre monopolios, no muy distinto al que conocemos.

En la economía mixta.- Nuestra economía mixta funciona bajo las normas de las naciones capitalistas. Si bien muchas empresas estatales disfrutan de ventajas, como no pagar impuestos, restricciones generales a su favor, privilegios especiales y otras, deben competir con los particulares con sus mismas técnicas de venta.

Efecto demostración.- Figurémosnos a una familia de clase media en nuestra época. Sus necesidades son complejas, originadas en hábitos, caprichos y costumbres. Parte de ellas son vitales; pero la mayoría surgen de imposiciones de la vida moderna. Influye mucho el deseo de quedar bien en sociedad, de demostrar que se vive bien, de imitar el consumo de los paises más ricos. A esto se le llama por eso, efecto demostración.
Tal comportamiento tiene una repercusión directa en el mercado.

La escala de preferencias.- Todos los hechos mencionados crean un cuadro de preferencias que guía la conducta de los consumidores. Dicho cuadro se forma por los bienes y servicios que ellos eligen de una gama. Responde a una evaluación de los grados de satisfacción que les brindan.

El concepto de utilidad marginal, expuesto en el capítulo dos sirve para comprender cómo se forma esa escala de preferencias, que se rige por la utilidad decreciente, en vista de que a medida que es mayor la disponiblidad de un satisfactor tiende a disminuir su utilidad marginal.

Imaginemos cómo actúa una persona en este sentido que produce agua; la utili...

...

en su pripio consumo y la cambia por otros bienes. Puede hacer varias combinaciones de agua y otros bienes. Trata de lograr el mayor provecho posible con los medios de que dispone, por lo que sólo acepta alternativas que le permitan cumplir ese propósito.

Supóngase que una persona produce 8 baldes de agua. Quedarse con todos le proporciona 10 grados de satisfacción. No dispone de otros bienes.

Si cambia parte de su agua por carne y trigo puede optar por varias combinaciones.

Una sería reservar 7 baldes de agua y obtener 1 kilogramo de carne y trigo a cambio del balde que sacrifica. Como tiene mucha agua, acepta una cantidad relativamente pequeña de los otros bienes, cuyo valor es alto, por no poseerlos.

Otra sería reservar 4 baldes de agua y obtener 10 kilos de carne y trigo a cambio de los otros 4 baldes. Como su reserva de agua es más baja, valora menos alto a la carne y el trigo.

En los dos casos su satisfacción es de 10 grados.

Una más sería reservar un balde de agua y obtener 28 kilos de carne y trigo a cambio de 7 baldes. Ahora su tenencia de liquido es limitada. Sólo acepta una cantidad elevada de los otros bienes, con objeto de mantener los 10 grados de satisfacción.

En todos los casos logra el mismo resultado, en términos de bienestar: 10 grados. Y en los tres la persona tiene capacidad para hacerlo, pues se basa en su producción de agua.

...

Expresemos en la siguiente tabla estas alternativas y algunas más.

Tabla 20

TABLA DE INDIFERENCIA

Combinaciones de agua y carge-trigo que brindan el mismo grado de satisfacción

Combinaciones	Número de Baldes de agua	Km.de carne de pollo y trigo	Grados de satisfacción que brinda cada combinación.
Combinación A	8	0	10
Combinación B	7	1	10
Combinación C	6	3	10
Combinación D	5	6	10
Combinación E	4	10	10
Combinación F	3	15	10
Combinación G	2	21	10
Combinación H	1	28	10

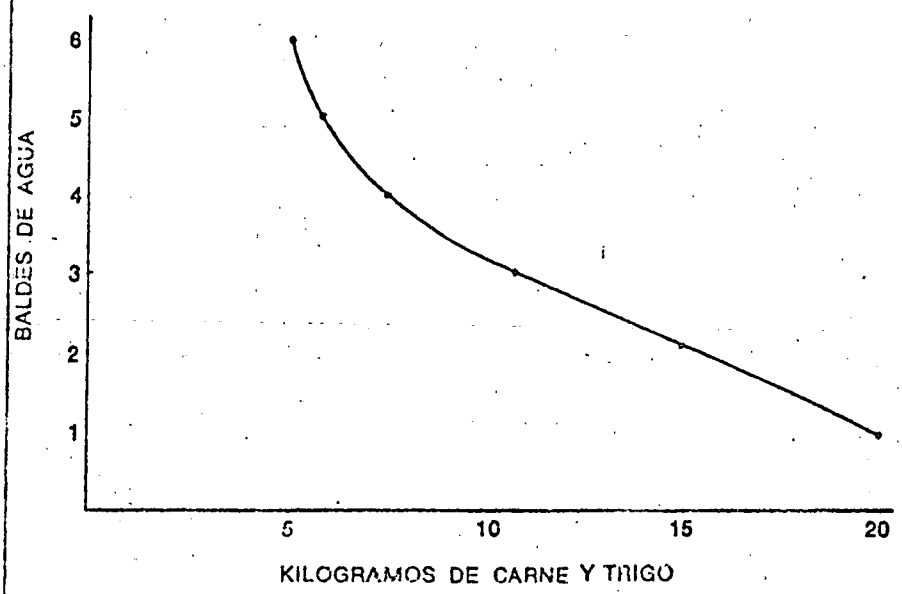
Adán dispone de un ingreso que le permite elegir alguna de las alternativas que aparecen en el cuadro. Todas les brindan 10 grados de satisfacción.- Así le resulta indiferente escoger cualquiera de ellas.

Los datos pueden ser expresados en la gráfica, en una curva de indiferencia.

La tabla de indiferencia se apoya en una valoración del grao de satisfacción - que brindan los bienes en cada una de las combinaciones. Entre una y otra alternativa aumenta la cantidad de un bien a cambio del descenso de los otros.-

...

GRAFICA 19
CURVA DE INDIFERENCIA



La curva de indiferencia indica en cada uno de sus puntos combinaciones de bienes que brindan al individuo el mismo grado de satisfacción, por lo que le resulta igual elegir cualquiera de esas alternativas.

La sustitución se efectúa de modo que no se altera el grado de satisfacción. La alternativa A implica no tener carne ni trigo, lo cual les confiere alto valor. Adán mantiene su bienestar porque tiene agua en abundancia.

En una segunda alternativa B Adán sacrifica un balde de agua, que sustituye con un kilo de carne y trigo. Estos tienen elevado valor de sustitución, por su escasez.

A medida que las combinaciones presentan menor volumen de agua y más carne y trigo, el agua adquiere mayor valor de sustitución porque tiede a ser escasa. En las combinaciones G y H del cuadro el sacrificio de un balde más de agua es sustituido por cantidades grandes de carne y trigo.

...

La relación entre el sacrificio de uno de los bienes a cambio del incremento en otro u otros se denomina tasa marginal de sustitución (véase tabla 2). Indica la relación entre la utilidad de la carne-trigo y la del agua.

Tabla 21

TABLA DE INDIFERENCIA Y TASA MARGINAL DE SUSTITUCION

	Número de Baldes de agua	Kilogramos de carne de pollo y trigo	Tasa marginal de sustitución de carne-trigo por agua
Combinación A	8	0	1/1
Combinación B	7	1	1/1
Combinación C	6	3	2/1
Combinación D	5	6	3/1
Combinación E	4	10	4/1
Combinación F	3	15	5/1
Combinación G	2	21	6/1
Combinación H	1	28	7/1

La tasa marginal de sustitución es la relación entre el aumento relativo de carne y trigo y la baja relativa en la cantidad de agua.

Mapa de Indiferencia.- El gua que produce Adán equivale a su ingreso, por ser el elemento que le capacita para disponer de los otros bienes que consume. -- En el ejemplo su producción o ingreso le permite realizar combinaciones de carne-trigo y agua que le brindan 10 grados de satisfacción.

...

Es una posibilidad entre otras. Si obtiene una cantidad diferente de agua será distinta su tabla: las combinaciones tandrán mignitudes más grandes si cuenta con más agua; derán más pobres si su disponibilidad del liquido se reduce.

Una satisfacción alta.- En otras palabras, si su ingreso es mayor obtiene mayores cantidades de bienes; por tanto, alcanza una satisfacción alta. En cambio, si su ingreso es pequeño las cantidades son bajas y menor su grado de satisfacción.

Imaginemos cinco posibilidades, condicionadas por la altura de la producción de agua o, lo que es lo mismo, el ingreso de Adán.

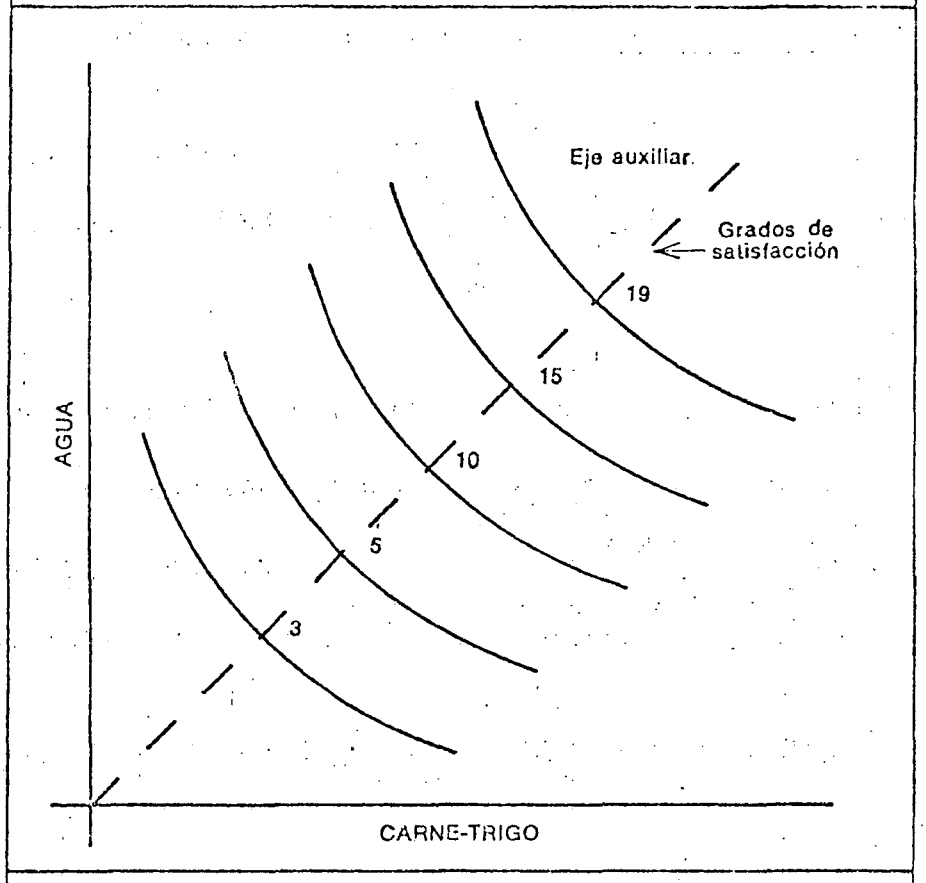
El conjunto de curvas que aparece en la gráfica 20 forma un mapa de indiferencia. Indica varias posibilidades de combinar los productos y alcanzar sendos grados de satisfacción.

Una de las curvas de ese mapa señala las combinaciones que brindan los 10 grados de satisfacción a que nos habiamos referido. Es la que corresponde a Adán cuando produce 8 baldes de agua.

...

GRAFICA 20

MAPA DE INDIFERENCIA



Este es un mapa de indiferencia, formado por varias curvas de indiferencia. Imaginemos que tiene tres dimensiones: una en el eje vertical, que mide volúmenes de agua; dos, en el horizontal, cantidades carne y trigo; tres, grados de satisfacción, representados por el eje auxiliar del centro.
Cada curva representa combinaciones de productos que brindan un mismo grado de satisfacción a todo lo largo. El grado de satisfacción se mide por la altura de la curva respecto al plano en que se hallan los ejes horizontal y vertical. El eje auxiliar, que representa la altura, debe imaginarse perpendicular a los otros dos: hacia los ojos del lector.
Entre más se alejan las curvas significa que están más cerca del lector; están más arriba.

Con menor producción dispone de menos agua y por tanto sus posibilidades de - combinarla con provisiones de trigo es menor. Con mezclas inferiores de bienes alcanza un grado más chico de satisfacción. Este caso se describe en las dos- curvas de la izquierda, las más bajas, que rinden 3 y 5 grados de satisfacción, respectivamente.

Por lo contrario, si produce mucha agua tiene alto poder de negociación, puede hacer combinaciones grandes de bienes y logra satisfacción elevada. Las cur--

vas superiores revelan esa posibilidad: apuntan 15 y 19 grados.

Combinación de dinero y bienes.- El agua que obtiene constituye su ingreso.- La emplea para adquirir a cambio trigo y carne. Midamos ese ingreso en dinero.

El dinero tiene también utilidad marginal, dada por la cantidad disponible de dinero y por el grado de bienestar que proporcionan las cosas que se pueden comprar con él o incluso por el placer que da poseerlo. En tal virtud, hay una tasa marginal de sustitución del dinero por los bienes y servicios que desea Adán.

Utilicemos un diagrama como el que ya vimos, donde las combinaciones se refieren a dinero y bienes.

Cada curva de este mapa expone combinaciones de dinero y de satisfactores que puede hacer Adán.

Entre menor es su ingreso dispone de menor cantidad de dinero. Por ende, es menor la cantidad de bienes y servicios que puede comprar. Obtiene poca satisfacción. Eso indican las curvas inferiores.

Si cuenta con un ingreso alto puede comprar muchas cosas, llenar más necesidades y alcanzar alto grado de satisfacción. Es lo que pasa en las curvas superiores.

La colina del placer.- Las curvas más cercanas a los ejes están más abajo. Es menor el grado de satisfacción que expresan. A medida que se alejan están --

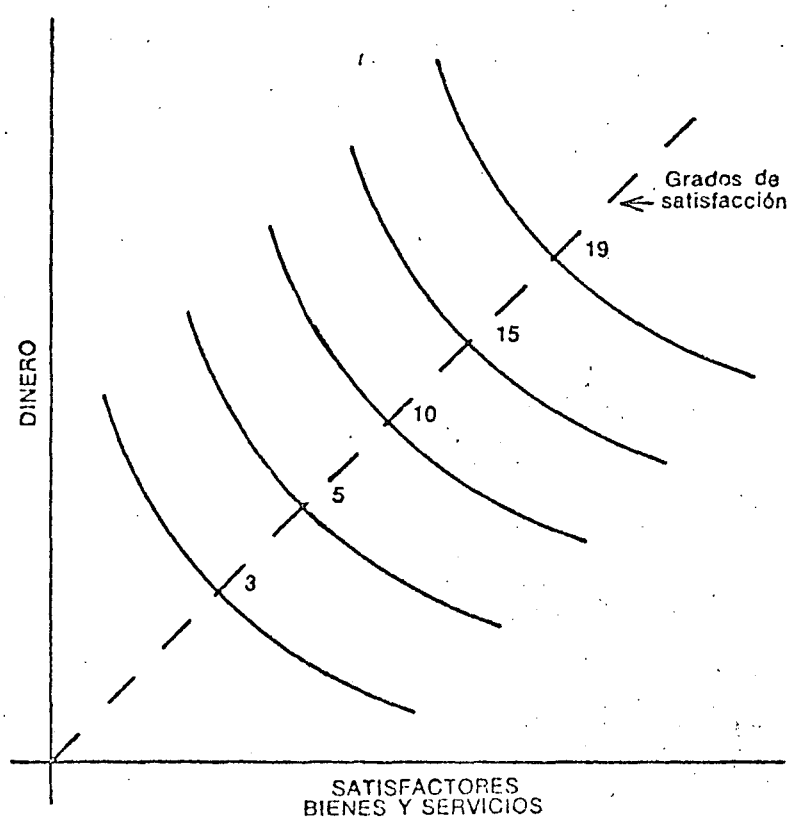
...

más arriba. Si se alcanzare la cumbre se tendría el grado sumo de satisfacción.- Por eso se le llama colina del placer. En ese punto el individuo carecería de necesidades.

Sin embargo, es dificil que el ser humano alcance ese punto, porque su naturaleza le impide estar conforme. Por más riqueza que posea, siempre busca nuevas formas de obtener satisfacción.

¿Qué curva elegir?.- A Adán le interesa tener el mayor bienestar posible. Lo conseguiria en la curva más lejana al origen: la que le brinda 19 grados de satisfacción. Sin embargo, hay algo que se le limita: su ingreso. Según la cantidad de dinero que tiene es la curva que alcanza. Entonces, el ingreso determina el volumen de sus compras.

GRAFICA 21
MAPA DE INDIFERENCIA

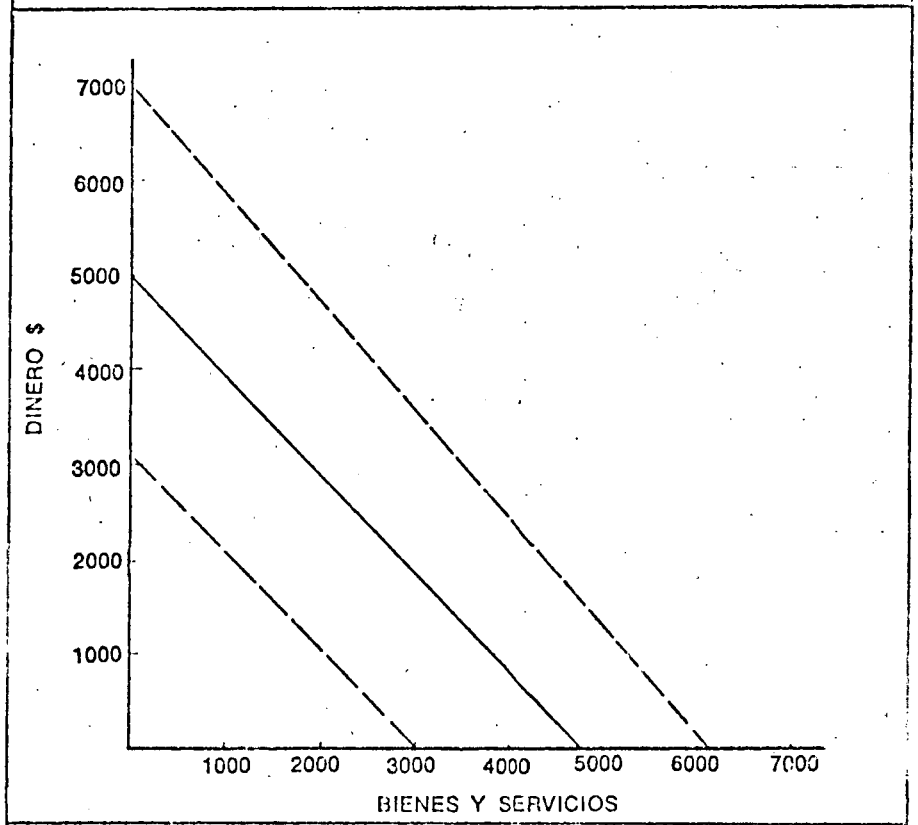


En este mapa de indiferencia aparecen varias curvas de indiferencia.
El eje horizontal mide la cantidad de todos los satisfactores que adquiere Adán. El eje vertical su ingreso, expresado en dinero.
Cada curva indica combinaciones de dinero y satisfactores que le brindan el mismo grado de bienestar. Por eso le es indiferente elegir entre una y otra.
El eje auxiliar mide el grado de satisfacción.

Debemos hacer intervenir este factor en la gráfica, para explicar cómo elije - una de todas las curvas (gráfica 22)

En este diagrama aparece la cantidad de dinero de que dispone Adán en el eje vertical. Si lo guarda integro no obtiene bienes. A medida que lo gasta en- mercancías baja su disponibilidad, hasta llegar a cero. Se forma así la línea de los precios, que mide su capacidad de compra.

GRAFICA 22
LINEA DE LOS PRECIOS



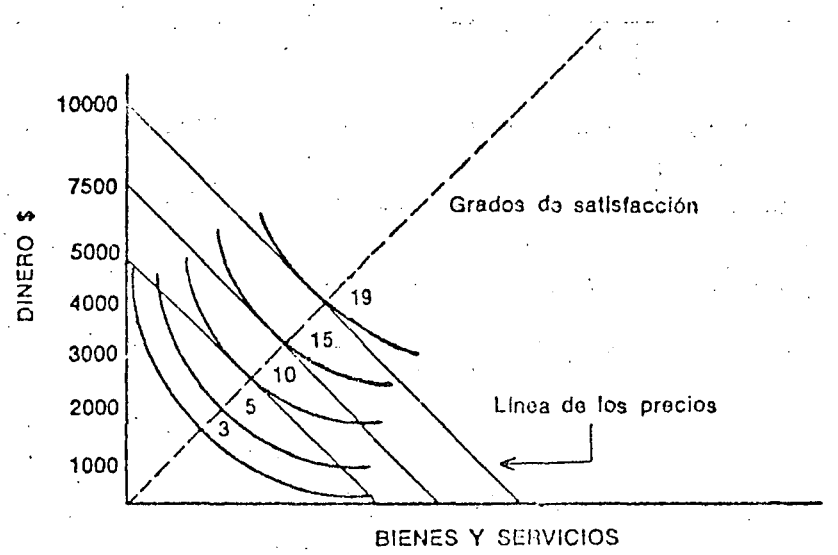
La línea de los precios indica las proporciones en que se cambian dinero por mercancías. También se aprecia la capacidad de compra del sujeto.

Figuremos que su ingreso mensual es 5,000 pesos. Su linea de los precios - es la central. Mide su poder adquisitivo y determina la curva de indiferencia que puede alcanzar.

Si empleamos la línea de los precios en un mapa de indiferencia tendremos el siguiente diagrama (gráfica 23), donde se observa que lo más que logra Adán - con un ingreso de 5,000 pesos es 10 grados de satisfacción, dado por la tangencia de la línea de los presios y la curva de indiferencia del centro.

Aumenta el ingreso.- Su su ingreso se eleva a 7,500 pesos Adán puede adquirir mayores montos de mercancías, cubrir más necesidades y lograr una satisfacción más alta. Su línea de los precios se desplaza hacia arriba y alcanza una curva de indiferencia más alta.

GRAFICA 23
MAPA DE INDIFERENCIA Y LINEA DE LOS PRECIOS



En este mapa de indiferencia se observa que con un ingreso de 5,000 pesos mensuales Adán alcanza la curva del centro, donde obtiene 10 grados de satisfacción.
El resultado está dado por el punto de tangencia de la línea de los precios y una curva de indiferencia.
Si el ingreso crece, la línea de los precios se traslada hacia arriba, con lo que se alcanza una curva de indiferencia más elevada y por tanto mayor bienestar.

Si el ingreso llega a 10,000 se repite el proceso, hacia una curva más alta.

Baja el ingreso.- Con menor ingreso la línea de los precios se va abajo, a una curva inferior de indiferencia. Significa que pierde bienestar.

Este ejemplo teórico contempla la realidad. El individuo no racionaliza su conducta; pero por intruición programa sus compras según lo que gana, en busca del mayor bienestar posible.

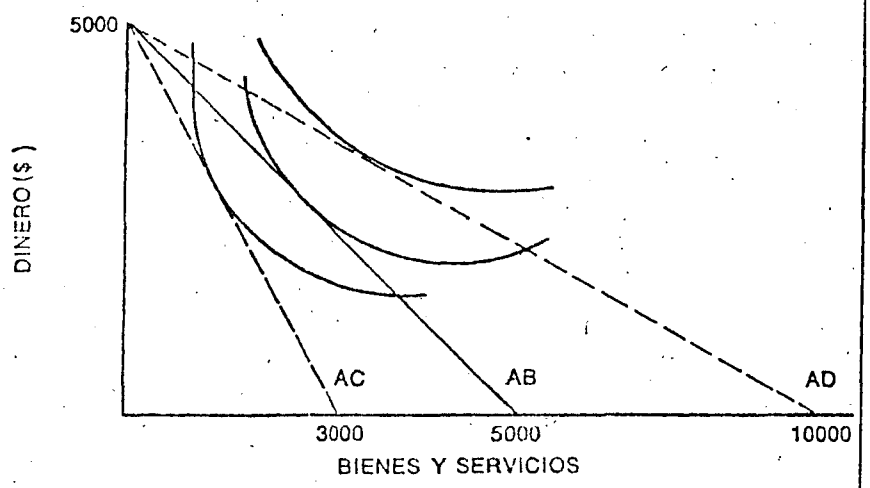
La relación de precios.- En la línea de los precios hay una relación de cambio entre el dinero y las mercancías. Equivale a decir que hay una relación de precios, dada por las proporciones de bienes que se obtienen a cambio del dinero.

Cuando los precios de todas las mercancías suben —como cuendo se vive en inflación— sobreviene una caída del poder adquisitivo del ingreso y por tanto se puede comprar menor cantidad de mercancías.

En la gráfica 24 se aprecia lo que sucede cuando la relación de cambio pasa de línea de los precios AB a AC. Al irse abajo se desplaza a una curva de indiferencia menor, con lo que se pierde bienestar. Tan sencillo movimiento explica cómo repercute la inflación en las compras.

...

GRAFICA 24
MAPA DE INDIFERENCIA Y LINEA DE LOS PRECIOS



La línea de los precios representa la cantidad de dinero disponible —medida en el eje vertical— y las cantidades de mercancías que con ella se pueden adquirir —en el otro eje.
Puesto que se establece una relación de cambio entre el dinero y las mercancías, también mide los precios, las proporciones en que se intercambian uno por otras.

Si la línea de los precios pasa de AB a AD ante la caída de precios se alcanza una curva de indiferencia más alta.

Dos efectos.- Los fenómenos que pueden modificar la curva de indiferencia de Adán son el efecto ingreso y el efecto precio, que se explican en las gráficas 25 y 26.

La Demanda Individual

El Consumidor.- El consumidor jamás dibuja su mapa de indiferencia ni se imagina siquiera que exista. Se guia por su instinto y su experiencia. A pesar de ello, sigue una conducta semejante a la que simulan las gráficas anteriores.

Pensemos en Adán y su familia, como si vivieran en el presente. Dispone de un ingreso, derivado de las operaciones de su empresa, el cual le permi-

...

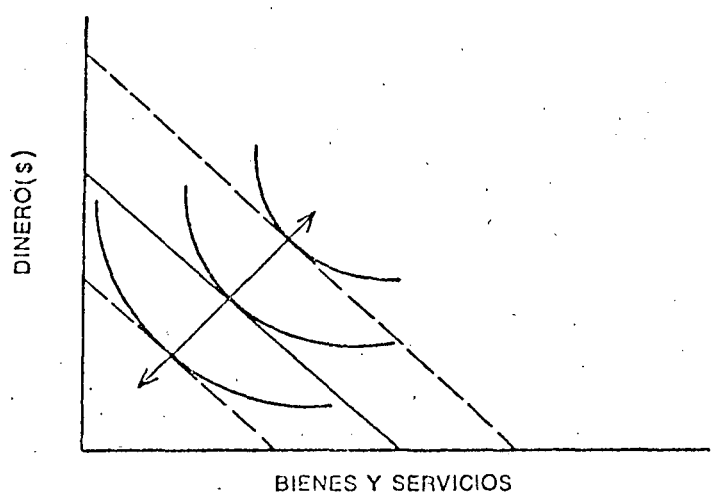
te llevar un tren de vida equivalente al de la clase media de la ciudad de - México. El se dedica a atender sus negocios y Eva se encarga de las compras para el consumo familiar.

A la hora de hacer la elección de la comida del dia Eva puede pensar en varias alternativas: sopa de pasta o de arroz; carne de res, de pollo o pescado; verduras o papas; pan o tortillas. Esta lista deriva de sus gustos. Todas - esas cosas le agradan .

Tambien debe hacer un cálculo del dinero con que cuenta para hacer su elección. Ha de considerar el ingreso.

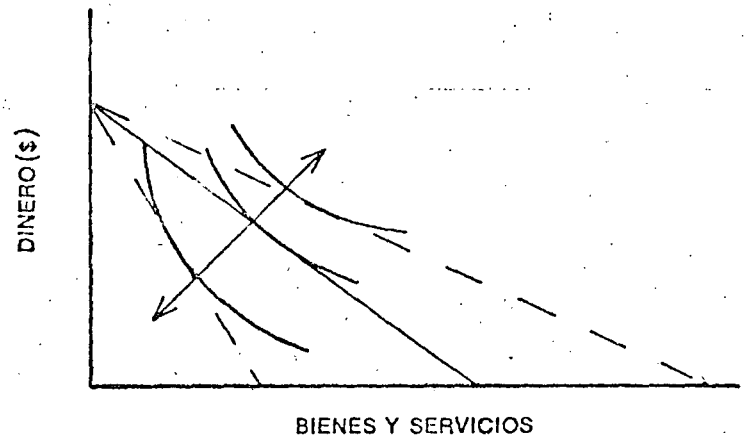
Asimismo, tiene que comparar su disponibilidad de dinero con el valor de -- los productos. Debe atender a los precios. Su decisión se apoya en tres - elementos: sus gustos, su ingreso y los precios.

GRAFICA 25
EL EFECTO INGRESO



Este diagrama expresa lo que sucede en el mapa de indiferencia cuando se modifica el ingreso.
Al cambiar el ingreso la línea de los precios se desplaza. Cuando aumenta se va a la derecha, arriba de su posición anterior. Esto permite alcanzar una curva de indiferencia más alta, donde se obtiene mayor grado de satisfacción. Cuando baja, se mueve a la izquierda y alcanza una curva de indiferencia más baja y se logra un grado de satisfacción más bajo.
A este movimiento se le llama efecto ingreso.

GRAFICA 26
EL EFECTO PRECIO



En esta gráfica se describe lo que pasa al presentarse una variación de precios.
Cuando aumentan los precios, la línea correspondiente se va a la izquierda, ya que con el mismo ingreso se adquiere un monto menor de productos. Es preciso desplazarse a una curva de indiferencia más baja. Es decir, cae el grado de satisfacción.
Una baja de precios indicaría lo opuesto: habría la posibilidad de alcanzar una curva de indiferencia más elevada.
A tal fenómeno se denomina efecto precio.

TABLA 22
DEMANDA DE CARNE DE POLLO DE EVA

PRECIO POR KILOGRAMO (Pesos)	CANTIDAD DEMANDADA (Kilogramos)
20	9
40	8
60	7
80	6
100	5
120	4
140	3
160	2
180	1
200	0

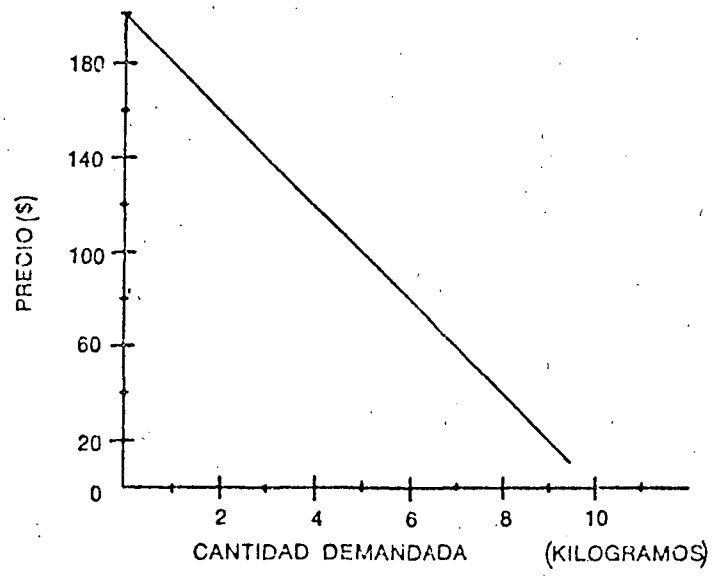
Digamos que se inclinó a adquirir pollo. Veamos como actúa en el mercado.

Dentro de ciertos límites —fijados por sus necesidades y deseos— comprará una cantidad grande si los precios están bajos o una pequeña si están altos. Sin darse cuenta, en su mente hay una lista como la de la tabla 22.

Eva está dispuesta a comprar ciertas cantidades de carne de pollo en función de us precio. Las slternativas que se presentan integran una función matemática, como la que aparece en la tabla 22. Es lo que los economistas llaman demanda.

La misma función puede expresarse también en una curva, como la que aparece en la gráfica 27.

GRAFICA 27
CURVA DE LA DEMANDA



La curva de la demanda expresa las cantidades de una mercancía que serían demandadas por el consumidor a cada uno de los precios posibles.
Su forma y posición obedecen a que la cantidad de mercancía que se demanda tiende a variar en sentido inverso a los precios.

Una demanda individual.- Tanto la tabla como la curva indican las cantidades de carne de pollo que demandaría Eva a cada precio posible. Es una demanda individual.

Ley fundamental de la demanda.- La curva de la demanda individual tiene pendiente negativa —de arriba abajo, de izquierda a derecha— porque la cantidad de mercancía que una persona está dispuesta a comprar se modifica en sentido opuesto a las variaciones del precio.

En términos generales la actuación de los consumidores se rige por ese principio o ley fundamental de la demanda, que en el lenguaje corriente se expresa así: "a mayor precio, menor demanda".

Es una de las dos leyes que rigen el comportamiento del mercado y el establecimiento de los precios.

Su tendencia se explica por la que sigue la utilidad, que como se vio, es decreciente, ya que el individuo asigna mayor valor a las cosas entre más escasas son.

Movimientos de la Demanda

Es importante insistir en que todos los datos de la tabla y de la curva expresan la función llamada demanda. Se mantiene igual mientras no se modifiquen los datos que la forman, lo cual está sujeto a las condiciones que los originan, es decir, los gustos y el ingreso.

La contracción.- Cuando el precio pasa de 80 a 100 pesos, la cantidad demandada se contrae de 6 a 5 kilos. Este movimiento no significa una varia-

ción, puesto que se refiere a cantidades de la misma función. Es una contracción que se presenta a lo largo de la misma curva.

La extensión.- En el caso contrario, si el precio pasa de 100 a 80 pesos, la cantidad demandada se extende de 5 a 6 kilos. Es un movimiento como el descrito en el párrafo anterior: no se produce cambio alguno en la demanda. Simplemente se da una extensión sobre la curva.

El aumento.- Puesto que la demanda es toda la lista de precios y cantidades consignadas en la tabla, sólo cuando los datos son sustituidos por otros puede decirse que ha variado la demanda. Es obvio, se modifica el cuadro.

En el supuesto de que aumente el ingreso de 5,000 a 6,500 pesos mensuales, habría un cambio en las normas de consumo de su familia, que alteraría la lista de compras, como se aprecia en la tabla 23.

TABLA 23
DEMANDA DE CARNE DE POLLO

DEMANDA ORIGINAL (Con ingreso mensual de 5000 pesos)		DEMANDA NUEVA (Con ingreso mensual de 6500 pesos)	
PRECIO ($)	CANTIDAD DEMANDADA (Kilogramos)	PRECIO ($)	CANTIDAD DEMANDADA (Kilogramos)
20	9	20	14
40	8	40	13
60	7	60	12
80	6	80	11
100	5	100	10
120	4	120	9
140	3	140	8
160	2	160	7
180	1	180	6
200	0	200	5

Al poner los datos de la tabla en un diagrama (gráfica 28) se advierte que - la curva se mueve a la derecha, arriba de la original. El aumento de la demanda se registra como un desplazamiento de la curva en ese sentido.

En este caso el aumento proviene de que la familia recibe mayor ingreso. -- También puede deberse a otros factores, por ejemplo, un nuevo habitante en la casa; que se modifican los gustos; que se anticipan las compras en previsión de algo; que se quiere presumir.

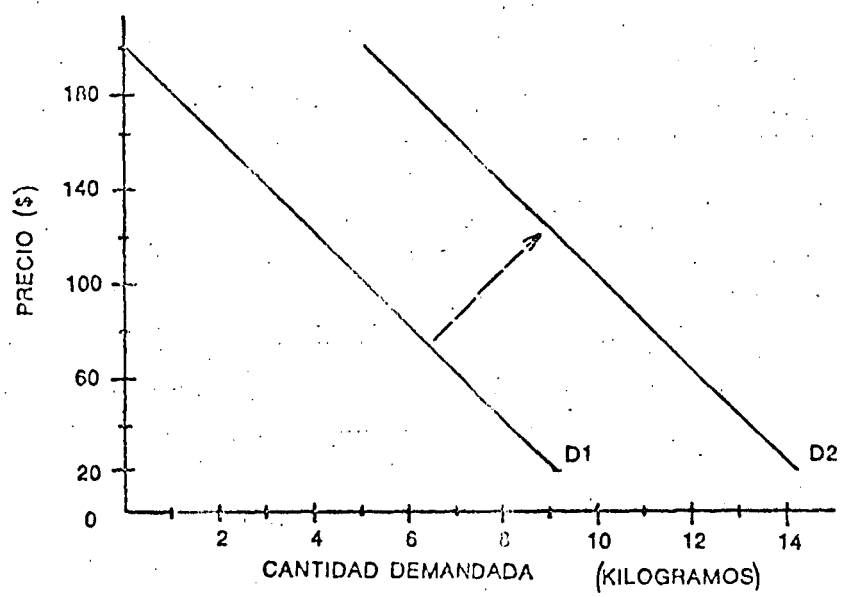
Es común que se presenten elementos que llevan al consumidor a comprar - mayores cantidades de un producto al mismo precio o a adquirir igual volu-- men aunque aumente el precio. Ambos fenómenos implican un aumento de la demanda.

La disminución.- Voltéese el ejemplo. Figurémonos que Adán gana al inicio 6.500 pesos. Su demanda es la alta, a la derecha en la tabla 23.

Si bajare su ingreso a 5,000 pesos, habría que suponer que actuaría en - - otra forma. Eva sacrificaría parte de la compra de carne de pollo. En suma, bajaría su demanda, ya que al mismo precio estaría dispuesta a adquirir una cantidad menor. Igual acontecería si comprara la misma cantidad-- cuando bajara el precio.

....

GRAFICA 28
AUMENTO DE DEMANDA



Aquí se tienen dos curvas de demanda. La primera, con el símbolo D1, equivale a la que ya conocemos. Señala el comportamiento de Eva, cuando el ingreso familiar es de 5,000 pesos al mes.
La otra curva, D2, aparece a la derecha y arriba de la otra, porque se registra un aumento de la demanda, derivado de que creció el ingreso de Adán a 6,500 pesos.

La disminución de la demanda se registra en el diagrama como un desplazamiento de la curva a la izquierda, atrás de su posición anterior (gráfica 29).

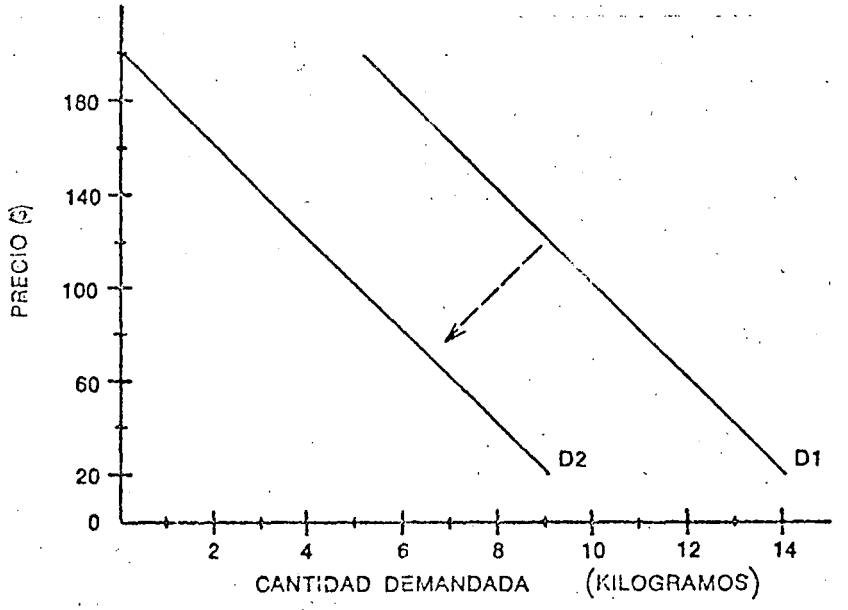
Es obvio que la baja de la demanda, al igual que su aumento, se origina por cambios en los factores que la originan, que son, reptimos, los gustos y los ingresos.

La Demanda del Mercado

La suma de demandas.- Las tablas y curvas que se han menejado hasta aqui corresponden a demandas individuales:

...

GRAFICA 29
DESCENSO DE DEMANDA



En este diagrama aparece una disminución de la demanda.
La curva D1 muestra la situación original, la que se ejercería con un ingreso mensual de 6,500 pesos.
La curva D2 representa la caída de la demanda, que se dio al bajar el ingreso a 5,000 pesos.
Es decir, la baja de la demanda se expresa por un desplazamiento de la curva que la simboliza hacia atrás, a la izquierda de su sitio original.

Si sumamos las demandas que hacen cada familia, conoceremos la lista de compras que a cada precio posible estarían dispuestos a adquirir todos los miembros de la comunidad.

Esa suma es la demanda del mercado. (Tabla 24).

Vaciemos los datos de la última columna en una gráfica. He ahí la curva de la demanda del mercado. Asume forma y tendencia semejantes a la individual, pues que se rige igual que ésta (gráfica 30).

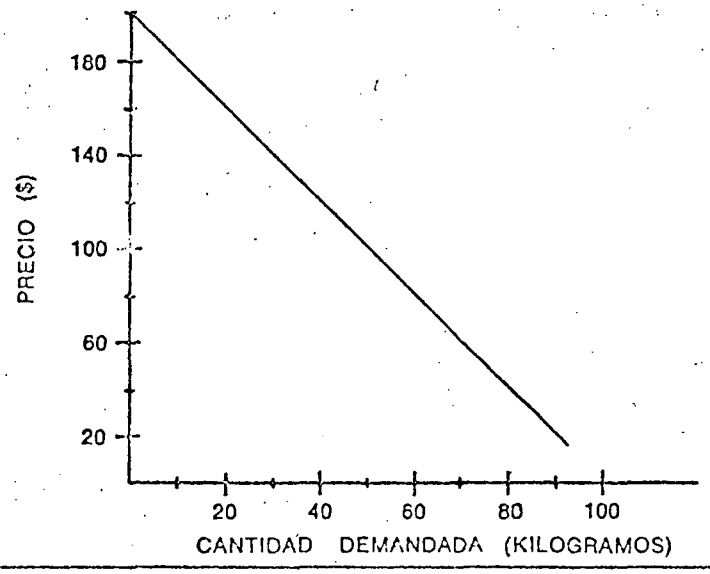
...

TABLA 24
EDEN: DEMANDA DEL MERCADO DE CARNE DE POLLO

(Kilogramos)

PRECIO ($)	Demanda de Eva	Demanda de Caín	Demanda de Abel	Demanda del mercado (suma)
20	9	36	45	90
40	8	32	40	80
60	7	28	35	70
80	6	24	30	60
100	5	20	25	50
120	4	16	20	40
140	3	12	15	30
160	2	8	10	20
180	1	4	5	10
200	0	0	0	0

GRAFICA 30
CURVA DE LA DEMANDA DEL MERCADO



Esta es una curva de la demanda del mercado. Tiene inclinación negativa, ya que sigue la ley fundamental de la demanda, que asienta que la cantidad que los compradores están dispuestos a adquirir a cada precio posible varía en sentido opuesto a las variaciones del precio.

El aumento

Imagínese que por alguna razón extraordinaria aumentan los ingresos de uno o varios de los jefes de familia (del Edén) y que como consecuencia están dispuestos a comprar mayor cantidad de carne de pollo a cada uno de esos precios o a comprar lo mismo aunque suba el precio. Se elevarían las cifras; aumentaría la demanda, en forma en que se ilustra en la tabla 25 y en la gráfica 31.

TABLA 25
AUMENTO DE LA DEMANDA DEL MERCADO DE CARNE DE POLLO DEL EDEN

PRECIO ($)	DEMANDA ORIGINAL (Kilogramos)	DEMANDA AUMENTADA (Kilogramos)
20	90	140
40	80	130
60	70	120
80	60	110
100	50	100
120	40	90
140	30	80
160	20	70
180	10	60
200	0	50

La disminución

Si sobreviniere el suceso contrario, el movimiento de la demanda sería al revés. Bajarían las cantidades de carne que a cada precio estarían dispuestos a adquirir los consumidores. La tabla y la curva se moverían a la izquierda. Se presentaría una baja de la demanda, igual a la que se describió al hablar de demanda individual.

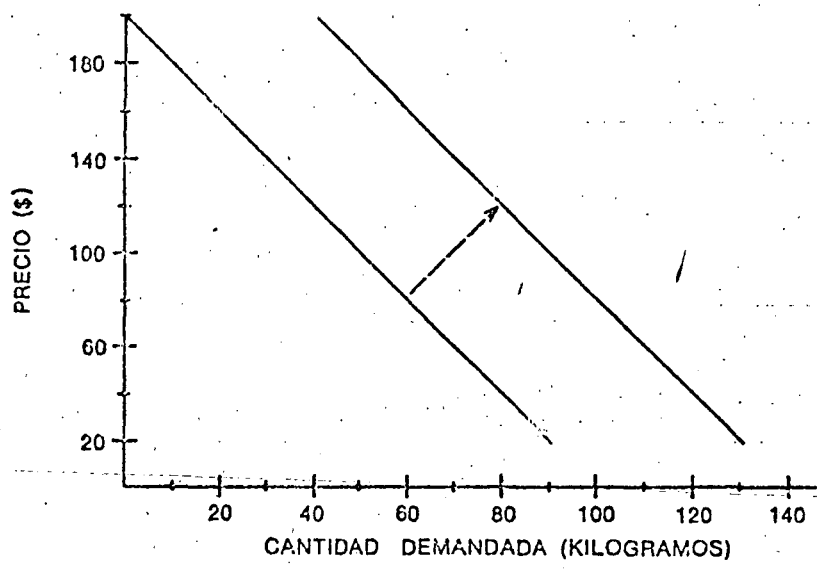
Factores de la demanda

Puesto que la demanda del mercado se compone de las demandas individuales, reacciona de la misma manera. Es decir, responde a la ley fundamental que la rige y se altera cuando cambian los factores subjetivos y objetivos que la determinan.

Hemos dicho que la demanda depende básicamente de los gustos, el ingreso y los precios. En términos generales así es. Sin embargo, hay hechos que tienen influencia directa en esos tres elementos, que conviene señalar, porque se conjugan para definir la tabla y la curva.

Hay varias cosas que intervienen en los gustos, como son la calidad del bien, la de los sucedáneos y aun la de todos los demás productos. Las preferencias, además, se ven afectadas por las cam-

GRAFICA 31
AUMENTO DE LA DEMANDA DEL MERCADO



Ante un aumento general del ingreso la demanda del mercado de carne de pollo del Edén aumenta. Este fenómeno se registra como un desplazamiento de la curva correspondiente hacia la derecha, arriba de su posición original. Si se presentare una caída general del ingreso, bajaría la demanda. En ese caso la curva se iría a la izquierda, atrás de su sitio original.

pañas de promoción, venta y publicidad, que pueden modificar y crear deseos.

Ligados con el ingreso hay otros elementos. De la situación general de la economía dependen el empleo, la distribución del ingreso, la masa de dinero en circulación, la capacidad de ahorro, la tasa de interés, las previsiones para el futuro y varios más.

En cuanto a los precios no sólo deben considerarse los de la mercancía en cuestión, sino los de los sucedáneos próximos y aún los lejanos. En suma, los precios de todo el resto de bienes.

Tantos factores entran en juego en la actuación de los compradores que tomaría varios tomos explicarlos e intervendrían varias doctrinas, ya que responden a motivos políticos, sociales, sicológicos, biológicos, de todos tipos.

LA CURVA DE LAS VENTAS

Curva del ingreso medio

La curva de la demanda individual de carne de pollo consiste en una lista de las cantidades que compra Eva según sea su precio.

La Curva de las Ventas

La curva de la demanda individual consiste en una lista de las cantidades - que compran las familias según sea su precio.

Pensemos qué significa esa misma curva de la demanda para quien vende una mercancia cualquiera. Básicamente dos cosas: una relación de las ventas que puede efectuar a cada precio y una descripción del ingreso que puede obtener de esas ventas.

Vista así, esa curva puede llamarse curva de las ventas o curva del ingreso medio, puesto que consigna ambos datos. Desde tal perspectiva la demanda es un elemento de planeación para la empresa.

Estimación del ingreso.- El precio multiplicado por la cantidad vendida da el ingreso que a un precio dado se puede recibir (tabla 26). En el supuesto de que el mes pasado se hubieran colocado 7 kilogramos a 60 pesos cada uno,- el ingreso sería 420 pesos. El empresario utiliza los datos de la demanda - para conocer el comportamiento de su mercado en el pasado.

Aún más interesante es aprovechar esos datos para anticipar la demanda futura, el volumen de ventas y el ingreso. Sirven para prever el volumen de producción conveniente.

...

TABLA 26
ABEL: INGRESO TOTAL POR VENTA DE CARNE DE POLLO, ESTIMADO CON BASE EN SU DEMANDA

PRECIO ($)	CANTIDAD DEMANDADA (VENTAS) (Kilogramos)	INGRESO TOTAL ($) (Precio por cantidad)
20	9	180
40	8	320
60	7	420
80	6	480
100	5	500
120	4	480
140	3	420
160	2	320
180	1	180
200	0	0

El empresario referido es un monopolista casi perfecto, pues su competencia se reduce a dos productos. Eso le brinda libertad para fijar el precio dentro de los límites establecidos por el mercado: de 20 a 180 pesos según el cuadro.

Un vendedor novato se iría al precio más alto: 180 pesos, con el que podría colocar 1 kilogramo de carne, que le dejaría ingreso de 180 pesos.

A un precio más bajo, a 160 pesos, se demandan 3 kilogramos, que rinden más: 320 pesos en total.

El empresario hace pruebas y comete errores para saber qué precio y cantidad son los más provechosos. Así llega a 100 pesos, precio al que compran 5 kilogramos de carne, y recibe 500 pesos. lo máximo a que puede aspirar en las condiciones imaginadas.

...

Llega al precio que más le conviene mediante un lento proceso, a partir del mínimo, de 20 pesos, donde obtiene 180 pesos. Lo sube a 40 pesos y recibe 300. A 60 pesos, le tocan 420. A 80 son 480. A 100, son 500. Al subirlo a 120, su ingreso es menor: 480. Se para en cuanto nota que recibe menos. No le conviene vender a 120 pesos. Es mejor a 100.

El ingreso marginal.- Sin darse cuenta calcula la relación entre la venta de una unidad adicional del producto y la variación del ingreso total derivada de esa venta.

Mientras el ingreso aumenta el colocar una unidad más de mercancía está dispuesto a venderla. Pero en cuanto la venta adicional da un ingreso menor prefiere quedarse con ella.

La serie de variaciones del ingreso total que resultan ante modificaciones del monto vendido recibe el nombre de ingreso marginal. Deriva de la demanda.- Es fácil calcularlo en la tabla 27 con ayuda de los datos de la tabla 26.

La expresión gráfica del ingreso merginal es muy sencilla si se trabaja con líneas rectas: se origina en el eje vertical en el mismo punto del que arranca la curva de la demanda y cruza el eje horizontal en el centro exacto de la base del triángulo que forma dicha curva de demanda, como se aprecia en seguida (gráfica 32).

Con este aparato es fácil definir el monto de ventas más favorable, sin necesidad de un proceso de prueba y error como el que describimos antes.

Puesto que se pretende conocer el punto donde deja de aumentar el ingreso total por la venta de una unidad más de mercancía, hay que buscar el punto en que el ingreso marginal es cero.

...

TABLA 27
ABEL: INGRESO MARGINAL POR VENTA DE CARNE DE POLLO. ESTIMADO CON BASE EN SU DEMANDA

PRECIO ($)	CANTIDAD DEMANDADA (Kilogramos)	INGRESO TOTAL ($)	INGRESO MARGINAL (Variación del ingreso total) ($)
0	10	0	0
20	9	180	180
40	8	320	140
60	7	420	100
80	6	480	60
100	5	500	20
120	4	480	—20
140	3	420	—60
160	2	320	—100
180	1	180	—180
200	0	0	0

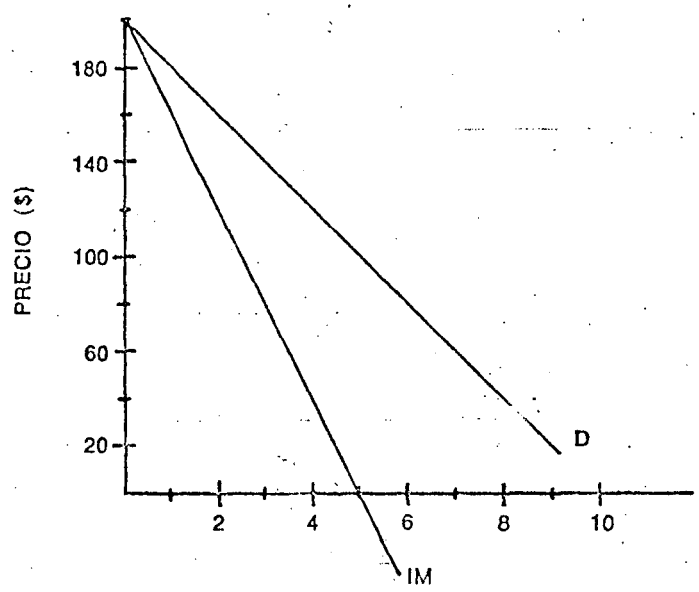
¿Por qué? Porque antes de ese punto todavía asciende el ingreso. Después del cruce de ambas líneas empieza a caer, como lo indica el diagrama y la línea se va abajo del eje, lo que significa cifras negativas: disminuciones del ingreso total.

Por consiguiente, Abel elige el precio y el monto de ventas determinados por el punto en que el ingreso marginal es igual a cero —aquel donde corta el eje horizontal— el cual le brinda el mayor ingreso que puede conseguir dada la situación de su demanda. Es decir, precio de 100 pesos, al que se adquieren 5 kilogramos, lo que significa ingreso total de 500 pesos (gráfica 33). Alrededor de esa cifra el ingreso marginal es cero.

Una explicación matemática corrobora lo anterior. Está demostrado que el rectángulo de mayor superficie que puede inscribirse dentro de un triángulo es el definido por la mitad de la base del triángulo. Veámoslo en forma práctica: tomemos datos de la tabla 27 y hagamos las gráficas correspondientes (gráfica 34).

Es patente, entonces, que el vendedor encuentra la posición más ventajosa cuando su ingreso marginal es cero, porque así consigue el mayor ingreso total que puede obtener, mientras no se modifique el cuadro en que actúa.

GRAFICA 32
DEMANDA E INGRESO MARGINAL



La línea que aparece en el centro del diagrama es la curva del ingreso marginal, la cual mide las variaciones del ingreso total a medida que se modifica el volumen de las ventas.
Nace en el mismo punto donde se origina la demanda. Cruza el eje horizontal en la parte media de la base del triángulo formado por la curva de la demanda.

ELASTICIDAD DE LA DEMANDA

Varias formas y posiciones

Hasta ahora hemos descrito a la demanda como una línea recta de pendiente negativa, que obedece fielmente a la ley que la rige, lo cual ejemplifica situaciones normales.

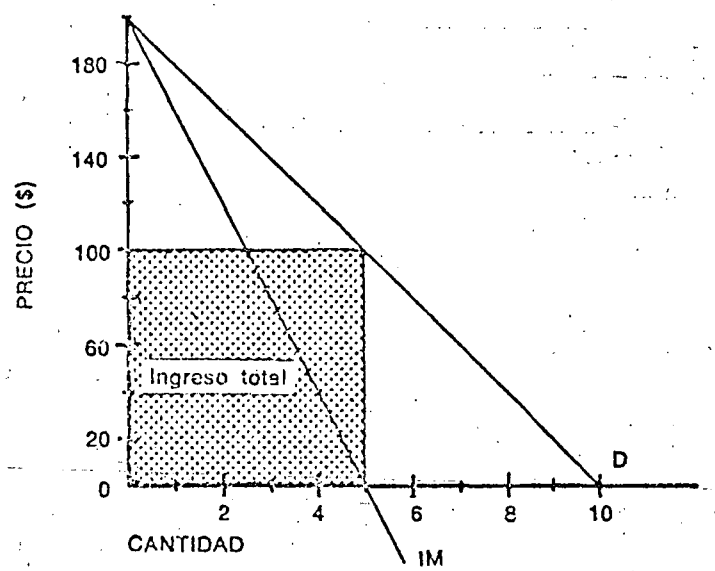
Empero, una curva real de demanda puede asumir infinidad de posiciones dentro de los ejes: de vertical a horizontal, con cualquier inclinación y varias formas.

La elasticidad

En esto tiene significación importante la elasticidad de la demanda. Es decir, la intensidad con que responden las cantidades demandadas ante modificaciones de los precios.

Imaginemos que la cantidad demandada responde como lo haría una liga de goma: al jalar los precios, la liga se estira. Ahora bien, el hule puede ser más o menos tenso. Si es muy flexible, la reacción será pronunciada. Si es rígido, la respuesta será leve.

GRAFICA 33
EL INGRESO MARGINAL



La curva del ingreso marginal sirve para determinar el precio y el monto de ventas más favorables; es decir, donde se obtiene el ingreso total más elevado en las condiciones imperantes.
La definición de esos datos se obtiene a partir del punto en que la línea del ingreso marginal es cero, o sea donde cruza el eje horizontal.

La posición de la curva de demanda se subordina a la flexibilidad o rigidez.

Expliquémoslo con algunos ejemplos.

Elasticidad absoluta

Digamos que la demanda de chicles va de cero a infinito, mientras se ofrezcan al precio de mercado o a uno menor. O sea que a 80 centavos o menos —verbigracia— los compradores estarían dispuestos a llevarse una cantidad ilimitada. Pero si sube el precio, aunque sea un poco, dejarían de comprar, pues es un bien que carece de utilidad real.

Lo dicho se expresa en una línea horizontal, como la que aparece en la gráfica 35.

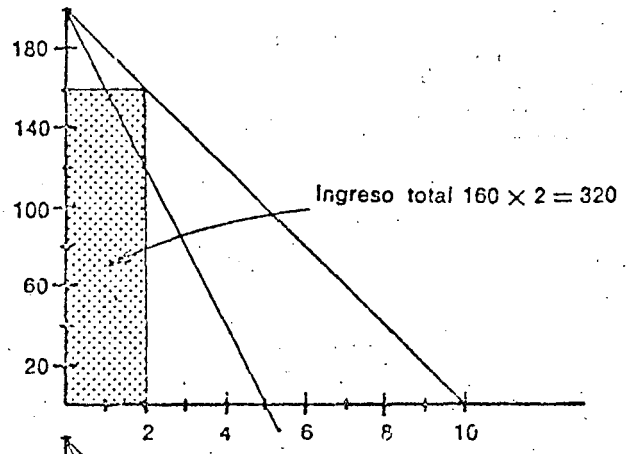
Lo que pensamos para los chicles sucedería si se diera la competencia pura como la define la teoría. Existiría un precio de mercado que regiría el comportamiento de los consumidores, quienes harían sus compras a ese precio o a uno más bajo, pero jamás a

GRAFICA 34

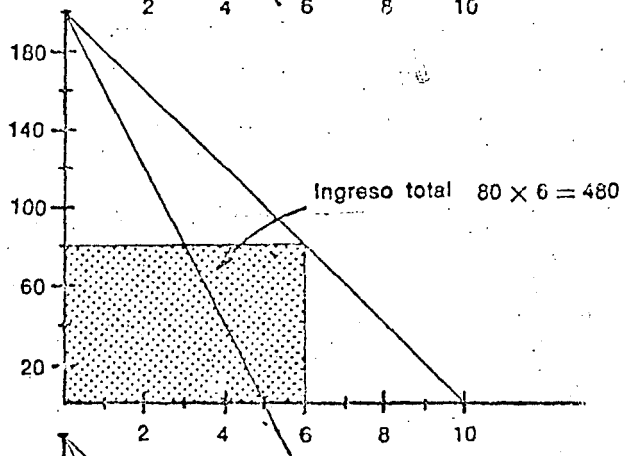
DEFINICION DEL MAYOR INGRESO

En este diagrama aparecen tres combinaciones de precio y cantidad de ventas, con objeto de definir la más conveniente, en términos de ingreso total.

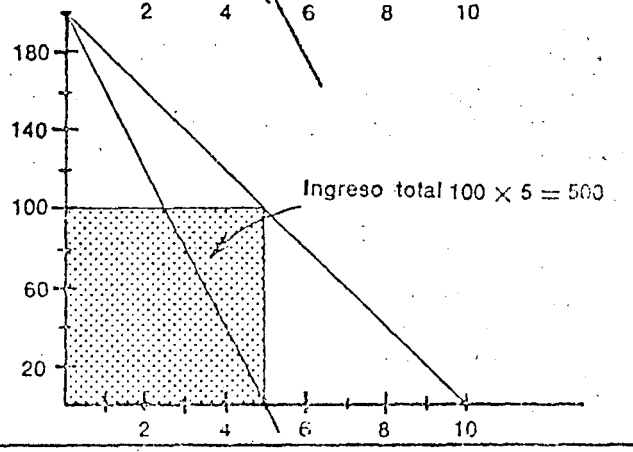
La primera se refiere a un precio alto, que restringe la cantidad demandada. En consecuencia, es bajo el ingreso total. Como la curva del ingreso marginal aún no cruza el eje horizontal significa que hay posibilidad de que crezca el ingreso.



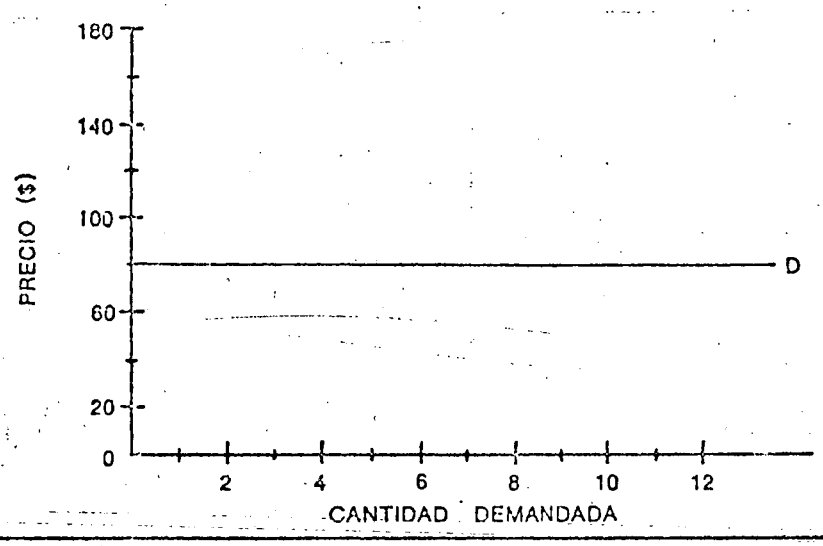
En el segundo diagrama se establece un precio bajo que favorece un amplio volumen de venta. Empero, como el precio es bajo se obtiene un corto ingreso total. La curva del ingreso marginal en este caso muestra que el ingreso total cae ante aumentos de las ventas, ya que está debajo del eje.



La última figura indica la posibilidad más provechosa. El ingreso total es el mayor que puede lograrse en las condiciones descritas. El ingreso marginal cruza el eje horizontal; quiere decir que antes de ese punto aún crecería el ingreso; después empezaría a ser menor.



GRAFICA 35
ELASTICIDAD PERFECTA



Esta es una curva de demanda de elasticidad perfecta. Indica que el sujeto está dispuesto a adquirir una cantidad infinita del bien, siempre que se le ofrezca al precio del mercado —señalado en el eje vertical— o a uno inferior. Pero si se alzara, aunque fuere un poco, dejaría de comprar.

uno superior, ya que preferirían adquirir el mismo bien a otro vendedor.

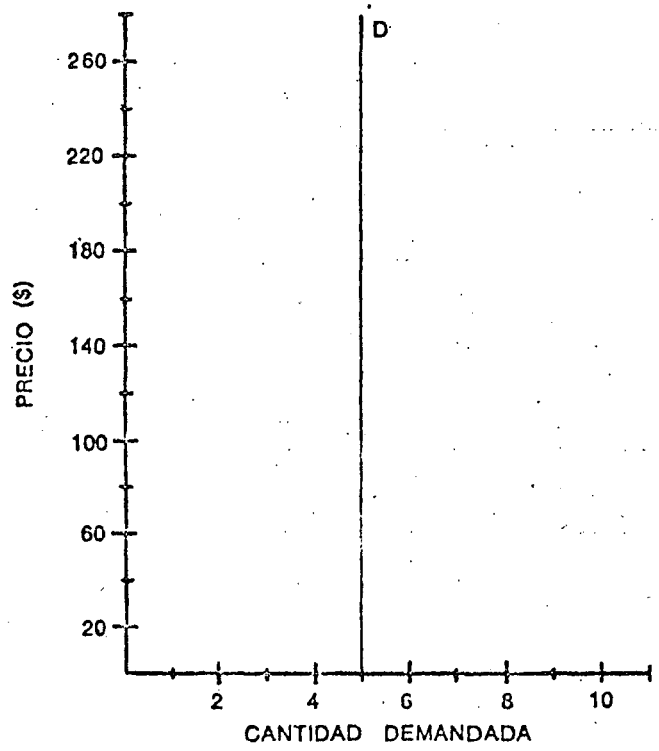
En este caso la liga es tan sensible que el alza de precio ocasiona un cambio drástico en el monto. Es decir, la demanda es absolutamente elástica.

Inelasticidad absoluta

El caso de la sal es el opuesto. Es un bien del que no se puede prescindir, porque desmerecería el sabor de los alimentos. Además, se adquiere una cantidad tan pequeña, que el gasto es irrelevante. Eva compra 250 gramos que le cuestan un peso cada dos meses. Si el precio se duplica o aun si se reduce a la mitad, es difícil que reforme su patrón de compras y se llevará de todos modos los 250 gramos al bimestre. Como es el caso contrario, la demanda de la sal se expresa en una línea vertical (gráfica 36).

Quiere decir que la liga es tan rígida que no se estira cuando se jala. Aunque se modifique el precio no hay cambio en la cantidad demandada. La demanda es absolutamente inelástica.

GRAFICA 33
INELASTICIDAD PERFECTA



Esta es una curva de demanda inelástica. Indica que cualquiera que sea el precio que se fije al producto —en el eje vertical— los consumidores adquieren el mismo monto —expresado en el eje horizontal.

Medida de la elasticidad

La elasticidad de la demanda se mide con una sencilla fórmula:

$$\text{Elasticidad de la demanda} = \frac{\text{\% de variación de la cantidad demandada}}{\text{\% de variación del precio}}$$

Los resultados de aplicar la fórmula varían de cero, como sucede cuando la demanda es absolutamente inelástica —caso de la sal— a infinito, como pasa al haber elasticidad absoluta —ejemplo del chicle— o puede incluso ser negativa, si el monto adquirido sube al crecer el precio— lo que se ve con la especulación de acciones en el mercado de valores.

La elasticidad determina la posición de la curva en un diagrama. Entre más se aproxima al plano horizontal es más elástica. Cuanto más tiende a ser vertical presenta mayor rigidez.

Qué la determina

Veamos de qué depende la elasticidad, vista desde el punto de vista del consumidor individual.

Adán, como jefe de familia, debe satisfacer antes que nada las necesidades vitales de los suyos. Da prioridad, por tanto, a la compra de alimentos, habitación, ropa, médico y medicinas, de los que no se puede prescindir, si está en sus manos evitarlo. Aunque los precios de esas cosas se eleven, procura mantener el mismo volumen de consumo, incluso a costa de otros productos. La demanda de esa clase de bienes y servicios es de baja elasticidad. La liga de que hablábamos sería rígida. Si se aplica la fórmula, su medida es de una fracción; es decir, menor que la unidad.

Bienes básicos

Hay necesidades que a pesar de ser menos importantes que las básicas no pueden sacrificarse con facilidad. Citemos aquí educación, transportes, algunas diversiones mínimas, como ir al campo o al cine de vez en cuando, y alimentos de cierto lujo, como conservas, golosinas o refrescos. Hacen falta pero no son imprescindibles. Si se elevan sus precios, la cantidad demandada se contrae en la misma proporción, de tal forma que al aplicarse la fórmula el resultado es uno.

Bienes suntuarios

Entre más suntuarios son los bienes hay más posibilidad de que se suprima su consumo ante las alzas de precios. En una situación inflacionaria Adán y muchos otros padres dejan de comprar artículos como joyas, licores, perfumes o discos y posponen el cambio de mobiliario, de automóvil o de televisor, con tal de cubrir las necesidades fundamentales. Tales cosas presentan alta elasticidad: mayor a uno. La liga es muy flexible: las cantidades demandadas responden con sensibilidad a los cambios de precio. El resultado de la fórmula es mayor a uno.

En estos ejemplos que representamos en la gráfica 37 se señalan contracciones del monto como respuesta a un alza de precio. También se da lo contrario: extensión de la cantidad comprada ante caída de los precios, que responde en alguna de las formas citadas: con rigidez, en forma proporcional o con suma elasticidad.

Por lo demás, el examen que se acaba de hacer respecto a curvas de la demanda en general, también puede hacerse respecto a tramos de una misma curva, ya que aún en líneas rectas se modifica la elasticidad a lo largo de su trayectoria.

Instrumento de análisis

Pensemos en Adán como empresario. Le es importante conocer la elasticidad que tiene la demanda de su producto, porque con ella prevé las consecuencias que podrían derivar de un cambio de

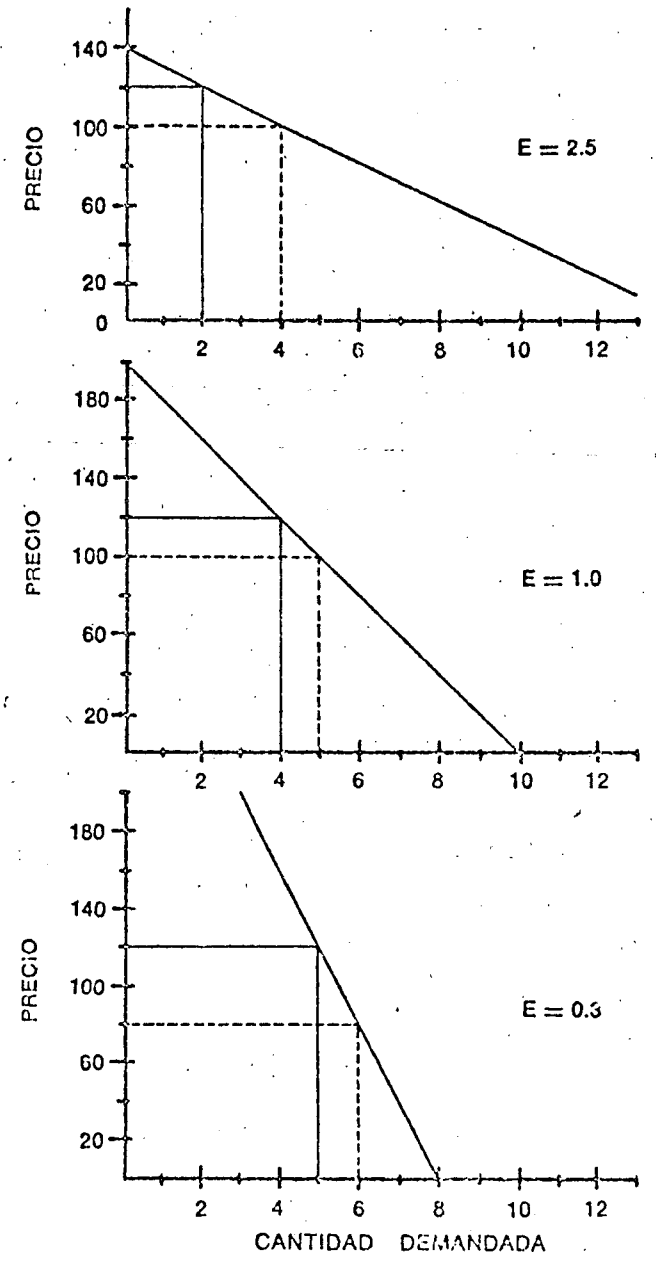
GRAFICA 37
MEDIDA DE LA ELASTICIDAD

Estas gráficas ilustran los tres tipos de elasticidad de la demanda que suelen darse en condiciones normales.

Una demanda es elástica, cuando la cantidad demandada responde con sensibilidad a los cambios de precio. Su medida en este caso es de más de uno: E = 2.5.

Cuando el monto comprado se modifica en la misma proporción que las variaciones del precio, la elasticidad de la demanda es igual a uno: E = 1.0.

Si las cantidades demandadas se mueven muy poco como respuesta a los cambios de precios significa que la demanda es inelástica: menor a uno: E = 0.3.



precio, de la aparición de un sucedáneo o de las campañas de venta que él o sus competidores emprendan.

Démosle el papel de embotellador de refresco. Supongamos que hay muchos competidores y que la elasticidad de la demanda es mayor a uno, ya que se trata de un bien ligeramente suntuario, del cual se puede prescindir y sustituirse con aguas preparadas en casa a base de frutas o polvos especiales.

En este esquema le conviene fijar un precio igual al que tengan los demás refrescos; andar con cuidado de no subirlo, porque podría ser sustituido, y mantener campañas permanentes de venta y de publicidad para sostener o aumentar la demanda.

Es más, sería bueno tener un departamento de comercialización que le informe de lo que pasa en el mercado, de la demanda, de los sustitutivos inmediatos y próximos, sus elasticidades y haga el perfil de los consumidores.

Demanda agregada o global

Con tal descripción se puede introducir un nuevo concepto: el de demanda agregada, que quedó definido en el párrafo anterior: es la demanda global de bienes y servicios que se hace en la economía en su conjunto. (Agregada equivale a global, íntegra.) Depende del monto del ingreso y de la forma en que éste se canaliza al consumo.

Por consiguiente, la demanda agregada es una función donde las variables son el ingreso y el consumo totales de bienes y servicios.

Entre mayor es el ingreso disponible la gente tiende a dedicar una cantidad más grande a su consumo. Significa que la demanda agregada tiene tendencia inversa a la de la demanda individual o del mercado, que es función del precio. La curva que la expresa es de inclinación positiva, porque responde a las variaciones del ingreso y no a las de los precios.

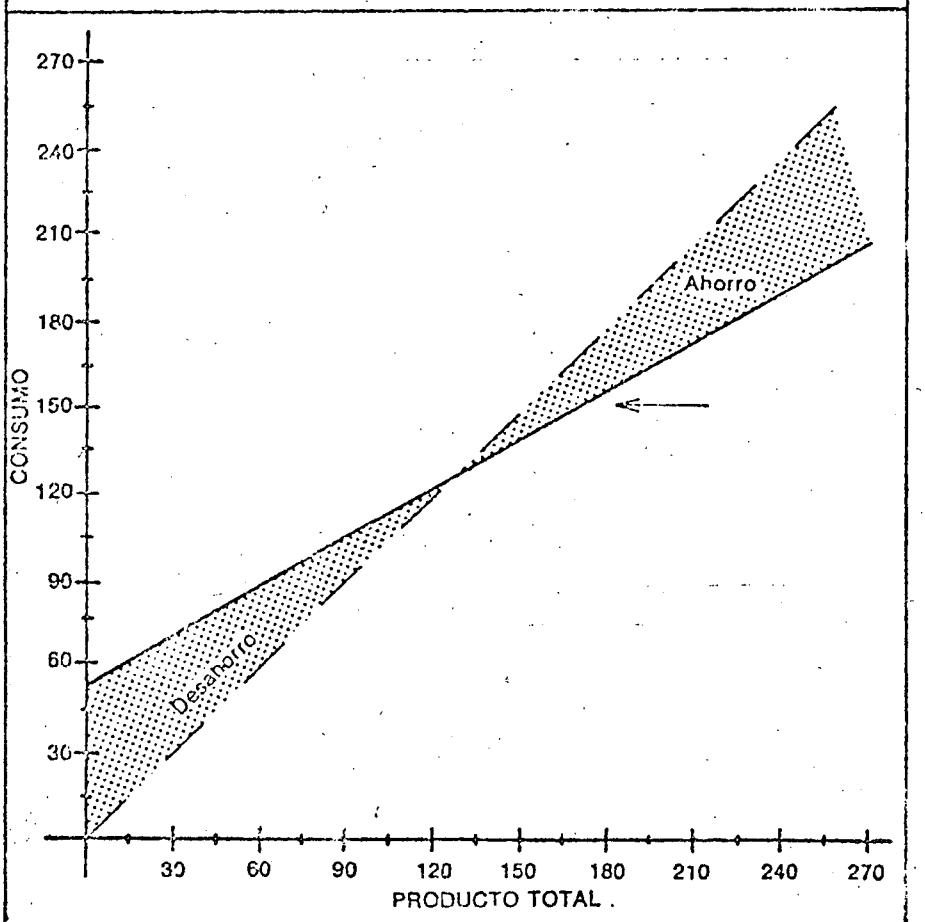
Adán y sus hijos obtienen un ingreso total de 200,000 pesos entre todos. Supongamos que dadas sus normas de consumo, sus hábitos de ahorro y sus necesidades de inversión destinan al consumo 170,000 y guardan 30,000. Cuando cambie su ingreso variarán estos datos. Formulemos una relación de lo que sucedería en unos cuantos casos (tabla 28).

TABLA 28
DEMANDA AGREGADA EN EL PARAISO

	(Pesos)	
INGRESO TOTAL (Producto total)	CONSUMO	AHORRO
50 000	80 000	—30 000
75 000	95 000	—20 000
100 000	110 000	—10 000
125 000	125 000	
150 000	140 000	10 000
175 000	155 000	20 000
200 000	170 000	30 000
225 000	185 000	40 000
250 000	200 000	50 000
275 000	215 000	60 000
300 000	225 000	75 000

Traslademos ahora los datos de la tabla 28 a un diagrama (gráfica 38). Obtenemos la curva de la demanda agregada, que

GRAFICA 38
LA DEMANDA AGREGADA



Esta es la curva de la demanda agregada. En el eje vertical se consigna el consumo total, en dinero. En el horizontal el ingreso total —equivalente al producto— también en dinero.
Hay un eje auxiliar, que corta por el centro el diagrama, el cual indica lo que sucede si el ingreso se destina íntegro al consumo.
Las diferencias entre ese eje y la curva de la demanda agregada muestra el ahorro (o desahorro) que hay en la sociedad en conjunto.

indica la forma en que se utiliza el ingreso total entre consumo y ahorro (en el Paraíso.)

Se advierte en el cuadro y la gráfica que el gasto en consumo crece a medida que es mayor el ingreso. Sin embargo, no lo hace en la misma proporción, como sucedería si la curva de la demanda

agregada coincidiera con el eje auxiliar de 45° que aparece en el centro del diagrama.

Tendencia del consumo

Su inclinación es menor que dicho eje porque el gasto en consumo tiende a crecer en menor proporción que el ingreso.

En la primera etapa de la curva de la demanda agregada —la que se halla a la izquierda, arriba del eje auxiliar— el gasto excede al ingreso. Corresponde a comunidades pobres, donde lo ganado no alcanza para llenar las necesidades y debe echarse mano de ahorros o de préstamos. Se dice que en esas circunstancias hay desahorro.

El punto de intersección señala que se igualan las cifras de los dos ejes. Se gasta íntegro el ingreso.

Formación de ahorro

De ahí hacia arriba hay una porción del ingreso que no se consume. Es el ahorro, de donde proviene la inversión, la formación de capital. Con base en la tendencia general de la curva entre mayor es el ingreso, mayor capacidad de ahorro existe.

No debe confundirse

Se habla aquí de la demanda agregada para que no haya confusión con la demanda del mercado. Como se dijo corresponden a dos ámbitos. La primera es un concepto macroeconómico. La segunda entra en la microeconomía.

La demanda agregada se estima en función del ingreso. Por eso su pendiente es positiva. La demanda del mercado es función de los precios. Así, su pendiente es negativa.

Elasticidad ingreso
Elasticidad precio

Ambas reaccionan ante cambios en las variables que las determinan. Es decir, las dos presentan elasticidad. La de la demanda agregada deriva de los cambios de ingreso: es la elasticidad ingreso. La del mercado responde a los precios: es la elasticidad precio.

Una y otra son instrumentos útiles en la planeación de las operaciones de una empresa.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP

MECANICA DE SUELOS

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

ING. GABRIEL MORENO PECERO
OCTUBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Por(+)

GABRIEL MORENO PECERO.

GENERALIDADES.

Dentro del curso de Cimentaciones Superficiales corresponde tratar en esta parte el análisis de capacidad de carga, es decir, se trata por lo tanto de responder a la pregunta: ¿qué esfuerzo permite el suelo que le imponga un cimiento superficial de manera que la estructura de la que forme parte ese cimiento, se comporte adecuadamente?.

Los anteriores expositores han comentado ya, los tipos de cimentación superficial que se emplean comúnmente y los estudios previos que se requieren hacer para determinar el cimiento más conveniente a una estructura dada, que comprende tanto al aspecto técnico de determinar las características mecánicas (resistencia, deformabilidad, etc.) del material o los materiales en que se efectuará el apoyo de los cimientos, así como la consideración de los aspectos económicos, de manera que mediante el conocimiento de los resultados de esos estudios previos, se puede ahora pasar a determinar la llamada capacidad de carga del cimiento elegido.

(+) Ingeniero Civil.-Maestría en Ingeniería.-Profesor de Mecánica de Suelos en la U.N.A.M. y en la Universidad Iberoamericana.-Jefe de la Oficina de Mecánica de Suelos de la Secretaría de Obras Públicas.

INTRODUCCION.

Antes que nada, conviene hacer una definición de lo que se entenderá en esta exposición, por capacidad de carga del material de apoyo de un cimiento; al respecto, existen en los diferentes tratados, definiciones más o menos detalladas del concepto; como siempre, en ellas se tienen virtudes y defectos, por lo que el hecho de dar aquí una definición, es con el exclusivo propósito de entendernos. Tomando en cuenta lo anterior, se puede considerar que la capacidad de carga de un material de apoyo de un cimiento, es la magnitud del esfuerzo que transmite el cimiento al material y que produce en éste, su rotura. La capacidad de carga así definida, puesto que produce la falla del material de apoyo, se denomina capacidad de carga a la falla, desde luego en la práctica se afecta de un cierto factor de seguridad que determina la capacidad de carga admisible de proyecto o de diseño. Si se quisiera dar una definición aclaratoria de la capacidad de carga admisible, se podría proponer como tal: "es el esfuerzo que proporciona el cimiento de una estructura al material en que se apoya, de manera que el comportamiento del cimiento resulte adecuado a la función de la estructura". En esta definición habría que discutir qué es lo que se considera comportamiento adecuado de la estructura. En él, están implícitas dos condiciones a cumplir por el cimiento; primera, que no se produzca la rotura del material de apoyo, y segunda, que bajo la acción de las cargas impuestas por el cimiento, no se produzcan en el material de apoyo deformaciones considerables. En esta exposición, y tal como se ha dado la definición de capacidad de carga a la falla, se tratará exclusivamente del primer aspecto, ya que el segundo, será objeto de la exposición que seguirá a la presente.

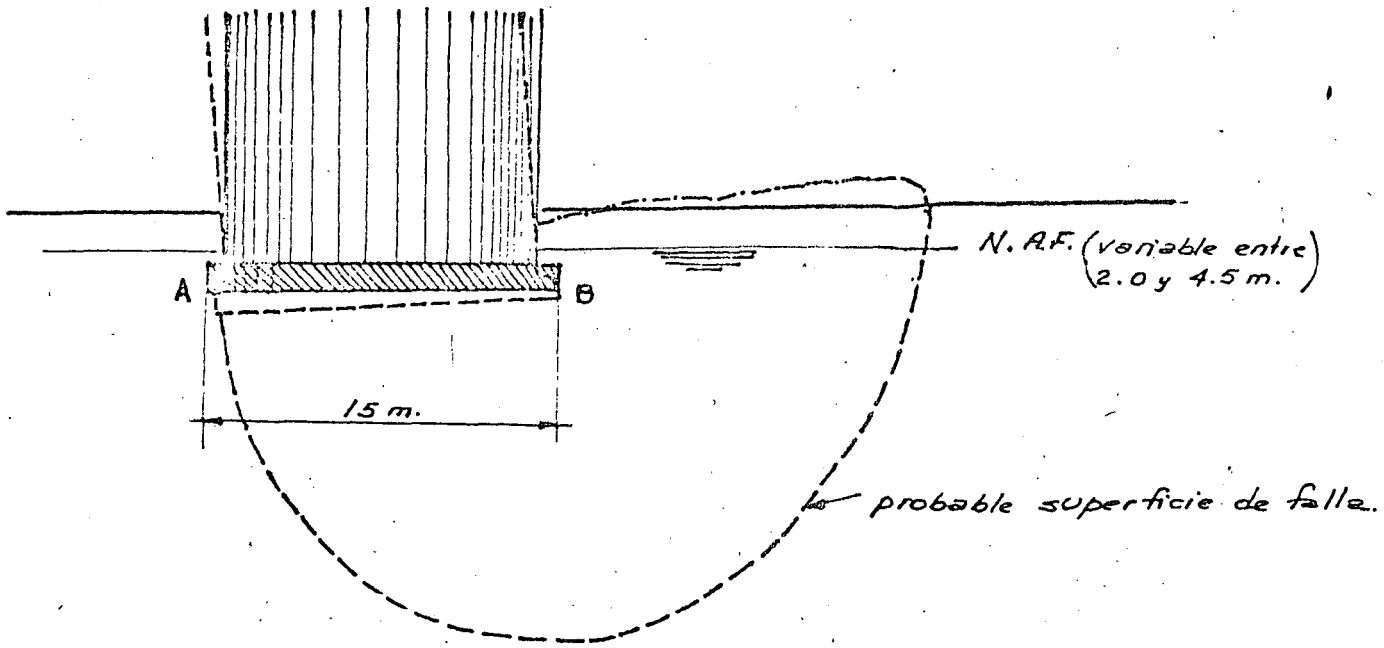
Es conveniente mencionar que a pesar de la importancia innegable de este aspecto de las cimentaciones superficiales, en los primeros días de la ingeniería de las cimentaciones, el valor de la capacidad de carga se seleccionaba de acuerdo al criterio del ingeniero, basado en su "experiencia". Así, en el pasado, los ingenieros usaron simples reglas empíricas; muchos ingenieros que estudiaron en las décadas de los treintas y los cuarentas, en la entonces Escuela Nacional de Ingeniería de la U.N.A.M., mencionan que, en aquellas épocas se les enseñaba que para determinar la capacidad de carga de un terreno, debía de colocarse sobre él, una mesa de cuatro patas, cargarla y medir los asentamientos de la misma. De la relación entre estos asentamientos y las cargas aplicadas, se obtenían los datos que se consideraban los adecuados para determinar la capacidad de carga del terreno. Otro método que en aquella época se comentaba, era el del famoso "Barretón", en él se tomaba un barretón, se levantaba unos dos metros y se dejaba caer verticalmente; el barretón penetraba varios centímetros en el terreno en que se quería determinar la capacidad de carga y se suponía que la distancia penetrada, multiplicada por la resistencia, se igualaba con el peso del barretón multiplicado por la altura de caida, y en esta forma se obtenía lo que pretenciosamente se llamaba la capacidad de carga del suelo, para resistir el peso de un edificio cuyas características geométricas no se tomaban en cuenta. Se mencionaba también, lo que se llamaba "fatiga de resistencia del terreno", siendo ésta la misma para un edificio que tuviera diez por diez metros de área o cien por cien metros, esta idea se enseñaba como una evidencia en los años comentados. Ahora, a un geotecnista que proceda de esta manera, se le considera que lo que determina no tiene nada que ver con la capacidad de carga de un material de apoyo.

Desde luego, el interés en el análisis de la capacidad de carga de las cimentaciones no es reciente, se inició en el año de 1857, con un trabajo teórico muy meritorio de Rankine.

Lo que podría considerarse como el inicio de la investigación moderna del problema, principia con un trabajo teórico del profesor Ludwing Prandtl, en 1921, quien estudió el fenómeno de la identación de metales; este estudio teórico fué tomado en cuenta por Reissner, quien en 1924, estudió el caso de materiales sin peso y con fricción interna. En 1934 y 1935, Caquot y Buisman respectivamente, aplicaron las soluciones teóricas antes mencionadas al análisis de cimentaciones; y en el año de 1943 apareció un trabajo de Terzaghi que conjuntó lo que hasta esa fecha se tenía, en forma tal, que su contribución ha sido básica. A partir de entonces, muchos ingenieros investigadores han tratado este tema con la idea de obtener resultados más próximos a la realidad. En el presente escrito se mencionarán sólo aquellas teorías y criterios que ya han sido calibrados en la práctica diaria de manera que, puedan servir de base para entrar a los refinamientos mencionados.

Con el objeto de visualizar la importancia del tema, se presenta a continuación el caso de una falla típica, por capacidad de carga, de un depósito de granos que ocurrió en Canadá hace tiempo.

Un silo de 15 metros de ancho, 24 metros de altura y 70 metros de longitud, descansando sobre una arcilla laminada muy sensitiva, sufrió un colapso debido a la rotura por resistencia al corte del estrato de suelo colocado debajo, como se muestra en la figura.



La cimentación estaba constituida por una losa corrida apoyada a 3.0 metros bajo el nivel del terreno natural; el nivel de aguas freáticas aparecía a profundidades que variaban entre 2.0 y 4.5 metros. Antes de la construcción de la estructura, se llevó a cabo un ensayo de carga superficial, sobre un cimiento de 30 por 30 cm. por un corto tiempo con resultados aparentemente satisfactorios. Puesto que la resistencia a la compresión simple q_u, de la arcilla cercana a la superficie, fue casi dos veces tan grande como el valor promedio obtenido para el depósito entero, el comportamiento satisfactorio del cimiento de ensayo, no es sorprendente e ilustra como pueden ser engañosos los resultados de tal ensayo, a menos que sean completados por otros resultados y apropiadamente interpretados. Posteriores investigaciones revelaron que la resistencia a la compresión simple, bajaba de 2.0 $^{Kg}/cm^2$ al nivel de la losa de cimentación,

a 1.0 $^{Kg}/cm^2$, a una profundidad de 5.5 metros bajo ella. El conte-- do de agua correspondiente aumentaba con profundidad de 34 a 46%. - La sensibilidad de la arcilla aumentaba de 2.0 a 5.0, lo que indi-- caba la gran dependencia que tenía la resistencia de la arcilla de- su estructura. Los valores promedio de la resistencia a la compre- sión simple, fueron de 1.5 $^{Kg}/cm^2$ por encima de los seis metros y - 0.8 $^{Kg}/cm^2$ para los siguientes 12.0 metros. La profundidad total - afectada por la falla era aproximadamente 18.0 metros. La presión- impuesta por el silo vacío, fué de 0.9 $^{Kg}/cm^2$ y de 3.0 $^{Kg}/cm^2$ cuan- do se llenó con el grano.

El peso del silo vacío había producido un asentamien- to muy pequeño, de 3 mm en el punto A y 1.5 mm en el punto B. Se - comenzó la operación de llenado del silo, la presión ejercida sobre el suelo alcanzó en un mes, el valor de 2.5$^{Kg}/cm^2$ y los asentamien- tos en el mismo período, fueron de 2.5 cm en el punto A y 4.0 cm en B. Los siguientes seis meses, los silos permanecieron parcialmente llenos y la presión ejercida sobre el suelo, varió entre 2.5 $^{Kg}/cm^2$ y 2.1 $^{Kg}/cm^2$. Pero el asentamiento durante el período de seis me-- ses aumentó rápidamente y alcanzó los valores de 26.0 cm en A y 22. cm en B. El asentamiento total estimado debido a la consolida--- ción de la arcilla era solamente de 12.0 cm. Por lo tanto, el --- asentamiento observado al final de este período no podía haber sido causado solamente por consolidación. Más de la mitad del asenta--- miento medido durante este período de seis meses, podía haber sido- causado por deformación provocada por esfuerzos tangenciales. cuan- do se intentó llenar los silos, la presión transmitida al suelo --- aumentó, en un mes, de 2.1 $^{Kg}/cm^2$ a su valor final de 3.0 $^{Kg}/cm^2$. - Justamente antes de la falla, los asentamientos fueron de 35.0 cm - en A y 29.0 cm. en B. Los silos fallaron súbitamente en dos minu-- tos, tomando la posición mostrada en el esquema de la figura.

El ejemplo anterior y muchos otros informes similares, indican la importancia de hacer el análisis de capacidad de carga. Si la arcilla laminada subyacente a la losa de cimentación de los silos antes mencionados, hubiera sido estudiada dentro de la profundidad a la cual la superficie de falla tuvo lugar, la rotura del suelo y el colapso de los silos se hubiera podido evitar.

La capacidad de carga a la falla del material que sirve de apoyo al cimiento, se puede determinar del análisis teórico, considerando las propiedades físicas reales de ese material, o en algunos casos, de una apropiada interpretación de ensayos de carga adecuados. Para encontrar la capacidad de carga a la falla, pueden emplearse las propiedades promedio del material de apoyo para depósitos uniformes, para cada zona de variación regular. Para depósitos de variación errática, un criterio puede ser el emplear en el análisis el valor de la resistencia más bajo obtenido.

Otro hecho importante es la selección del factor de seguridad, selección que depende de que tan bien son conocidas las propiedades del suelo, del tipo de carga y del peligro impuesto por una falla completa de la cimentación. Para la mayoría de las estructuras donde no hay posibilidad de tolerar la falla del material de apoyo y cuando se conocen razonablemente bien las propiedades mecánicas de ese material, así como las cargas en cuanto a magnitud y distribución, un factor de seguridad del orden de 2.5 puede emplearse para la consideración de cargas totales. Si hay una componente grande de la carga viva, que es improbable que se desarrolle, un factor de seguridad de 2 puede ser empleado para la carga total. Cuando las condiciones del material de apoyo no están bien establecidas, un factor de seguridad de 3 puede emplearse, y si hay condiciones sospechosas, el valor del factor de seguridad debe elevarse a 4.

Para estructuras de tipo provisional, donde algún riesgo de una falla por capacidad de carga puede ser tolerado, se puede usar un factor de seguridad de 1.5.

En los sitios en que el nivel de aguas freáticas está a baja profundidad, conviene calcular la capacidad de carga con la consideración de que ese nivel se puede levantar hasta la base de la cimentación o aún más arriba.

En el estudio de una cimentación de una estructura importante, las propiedades mecánicas del material de apoyo y la magnitud y distribución de las cargas, son los factores dominantes para determinar la capacidad de carga y el factor de seguridad apropiado.

En lo anterior, se ha hecho una semblanza del análisis de la capacidad de carga de un cimiento; por lo que se ha escrito dicha capacidad de carga depende entre otras cosas de la resistencia del material de apoyo, y esta resistencia está en función de la falla de ese material, es decir, el material resiste bajo la acción de cargas hasta que falla, por ello, resulta conveniente mencionar los tipos de falla que comúnmente se presentan para el caso de cimientos superficiales.

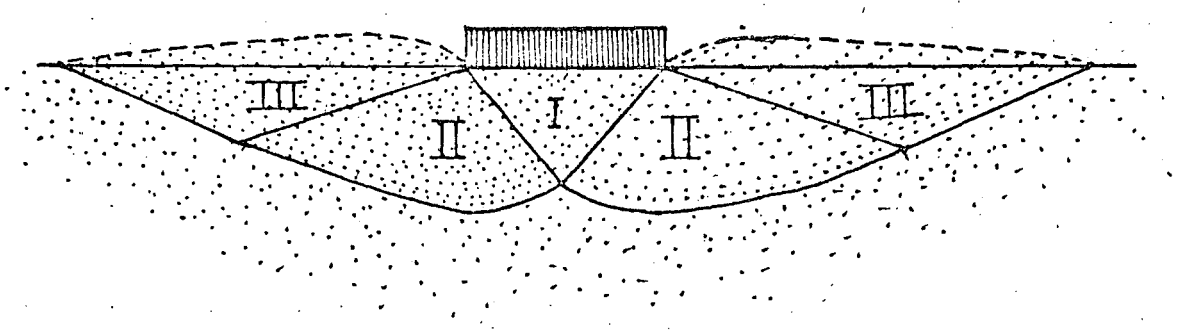
TIPOS DE FALLA.

Para determinar los tipos de falla que ocurren por capacidad de carga se puede recurrir como siempre, al análisis teórico, con la consideración de hipótesis simplificatorias y/o a la observación del comportamiento de cimentaciones. Cualquiera que sea el caso, se puede concluir que la falla ocurre por rotura del material de apoyo, debido a la aparición de esfuerzos cortantes por la acción de la sobrecarga impuesta por la cimentación.

En términos generales se pueden distinguir tres tipos de fallas:

A).- Falla por corte general.
B).- Falla por corte local.
C).- Falla por punzonamiento.

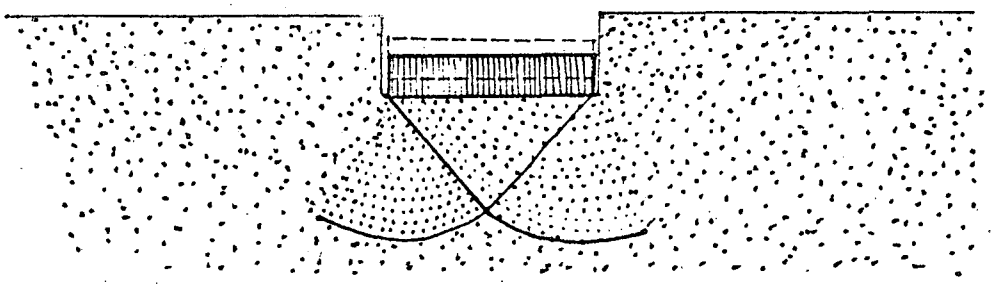
La falla por corte general se caracteriza por la -- aparición de una superficie de deslizamiento continua, desde un -- borde de la cimentación hasta la superficie del terreno, como puede observarse en la figura.



FALLA GENERAL.

En términos generales la falla es súbita y catastrófica, la cimentación se inclina y existe una tendencia al bufamiento en el suelo adyacente a los lados de la cimentación, aunque -- el colapso final del suelo se produce de un solo lado.

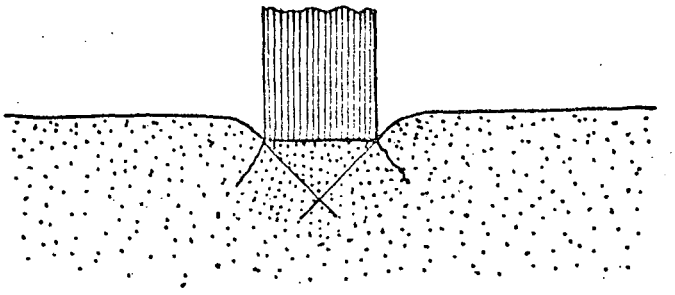
La falla por corte local es aquella en que la superficie de falla sólo se define claramente en la inmediata vecindad del cimiento. En general, existe una marcada tendencia al bufamiento del material de apoyo, a los lados de la cimentación y un hundimiento de la misma, tal que si se llega a valores del orden de la mitad del ancho o diámetro del cimiento, puede lograrse que la superficie de falla se desarrolle hasta la superficie exterior del terreno de apoyo, es decir, para pasar de una falla de corte local a una de corte general, en este caso, se requiere provocar un hundimiento considerable. En este tipo de falla, no se produce colapso catastrófico ni inclinación de la cimentación, la que más bien se empotra en el terreno movilizando la resistencia de los estratos más profundos.



FALLA LOCAL.

La falla por punzonamiento significa un movimiento vertical de la cimentación, debido a la compresión del terreno inmediatamente debajo del cimiento. Este tipo de falla no es

fácilmente observable, la penetración subsecuente de la zapata, — se debe a la rotura por corte alrededor de la cimentación. El terreno fuera del área de carga casi ni se entera de la presencia -- del cimiento. Con excepción de pequeños y bruscos movimientos verticales de la cimentación, no se observa en esta inclinación.



FALLA POR PUNZONAMIENTO.

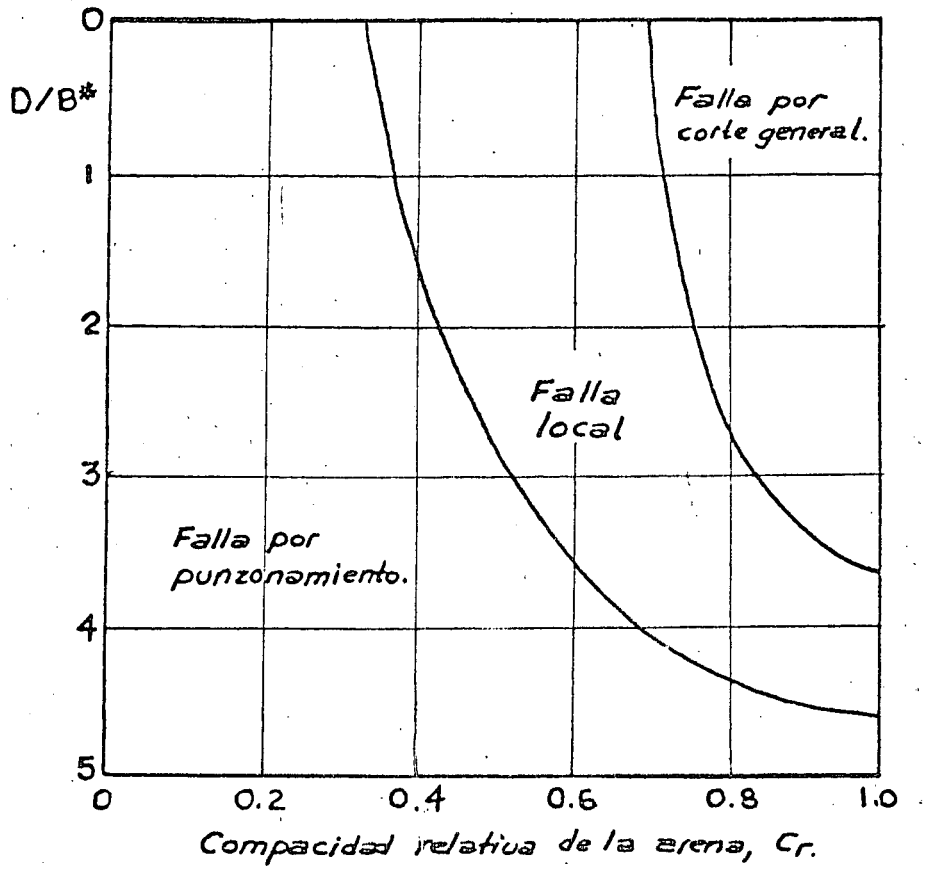
Una cuestión que surge de inmediato, es el determinar los factores de los que depende el que se presente en la práctica un cierto tipo de falla. Si se analizan todos ellos, se llega a la conclusión de que el más importante, en el sentido de que su influencia es fundamental, es la compresibilidad relativa del - suelo donde se efectúa el apoyo. En términos generales, si por -- ejemplo, se tiene un suelo incompresible, la falla será de tipo — general, si por el contrario el suelo es muy compresible, (con respecto a su resistencia) la falla que se presentará será por punzonamiento. Un hecho que en primera instancia no se siente muy lógico, pero que las experiencias al respecto así lo han determinado,- es el de que la clase de suelo no es un factor que influya en el -

tipo de falla que se presente. Las experiencias que existen, indican que si se tiene un cimiento sobre arena compacta, lo común es que se produzca una falla de tipo general, mientras que, la misma zapata apoyada en arena suelta provocará una falla por punzonamiento, sin embargo, si la zapata se coloca sobre la arena compacta pero a una cierta profundidad, la falla ocurrirá por punzonamiento o también si bajo la arena compacta existe un estrato de suelo deformable.

También se ha observado que una cimentación en una arcilla saturada y compresible, puede fallar por corte general si el procedimiento constructivo que se siga es tal que no se genere cambio de volumen en el suelo, en tanto que, en el mismo suelo, la falla puede ser por punzonamiento si se permite cambio de volumen del suelo de cimentación, por ejemplo, si la carga se aplica con relativa lentitud en la práctica.

Lo anterior no deja de ser cualitativo, por ello, los investigadores han tratado de introducir algunos parámetros tales como el llamado índice de rigidez que constituye un intento de tener ciertos parámetros que al cuantificarlos puedan determinar el tipo de falla que puede presentarse.

En la figura se muestran gráficamente los resultados de una serie de experiencias realizadas por Vesić, en el caso de arenas, para determinar el tipo de falla que puede presentarse en función de la compacidad relativa de la arena y de una relación en que interviene la profundidad de desplante.



$B^* = B$ para zapatas cuadradas o circulares.

$B = 2BL/(B+L)$ para zapatas rectangulares.

(Ref. Vesić, A. Capacidad de carga de cimientos profundos en arena).

Resulta entonces evidente que la capacidad de carga del material de cimentación, dependerá del tipo de falla que se presente y que la "falla" sólo se define con claridad en el caso de falla por corte general, puesto que, en los otros tipos de falla se lleva implícita la variable deformación, por ello, han surgido algunos criterios para determinar la carga límite de falla, por ejemplo, aquel que la define como el punto en que la pendiente de la curva esfuerzo-asentamiento se vuelve horizontal.

Por lo antes escrito, es necesario determinar de qué magnitud son las deformaciones que producen las fallas por corte local y por punzonamiento.

Algunas experiencias al respecto, debidas a Skempton, indican que en arcillas saturadas los asentamientos pueden ser del 3 al 7 por ciento del ancho de la zapata, valores que se aumentan hasta un 15% a medida que las zapatas son más profundas. En el caso de arenas, De Beer, Meyerhof, Muhs y Vesić, han encontrado que en el caso de zapatas superficiales los asentamientos necesarios para llegar a las cargas límites de falla, varían del 5 al 15%, magnitudes que pueden alcanzar el 25% para zapatas profundas. Se ha encontrado que a medida que las zapatas aumentan de tamaño, los valores antes mencionados tienden a sus magnitudes máximas.

DETERMINACION DE LA CARGA LIMITE DE FALLA.

Existen algunas teorías en relación al cálculo de la carga límite de falla, todas están limitadas casi exclusivamente a soluciones obtenidas haciendo la hipótesis de tener un sólido rígido plástico, que no muestra ninguna deformación antes de que se produzca la falla por corte, y después de ella se supone que se produce un flujo plástico a esfuerzo constante. Las teorías también contemplan casi siempre, el caso de falla general, modificando los resultados para tomar en cuenta el caso de materiales de apoyo compresibles. En términos generales, las teorías mencionadas, suponen un material de apoyo homogéneo y ocupando un semi-espacio con resistencia:

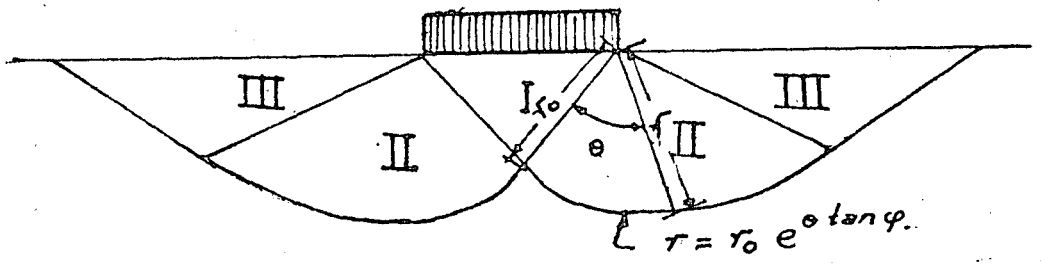
$$s = c + \sigma \operatorname{Tan} \varphi$$

Y de comportamiento rígido plástico. Se considera además, que el ancho B de la cimentación, es bastante mayor a su longitud L (problema bidimensional), que se desprecia la resistencia al esfuerzo cortante del material de apoyo, arriba del nivel de desplante y se considera que no existe fricción entre el material de apoyo y la cimentación.

En términos generales, estas hipótesis no son inadecuadas para el caso de que la profundidad de apoyo sea menor o igual al ancho del cimiento (cimentación superficial) también para el caso de que la longitud L del cimiento sea mayor a cinco veces su ancho B. Reissner y Prandtl resolvieron el problema empleando la teoría de la plasticidad. En su planteamiento, se considera que el material de apoyo sujeto a falla, consiste de tre zonas. La primera sujeta a un estado de empuje activo de Rankine, la segunda que sufre un estado de corte radial y finalmente las zonas terceras que reciben un empuje pasivo de Rankine. En la figura se observa que las superficies de falla en las zonas primera y tercera, son planas mientras que en las zonas segundas, constituyen dos familias: una de curvas y otra de superficies planas. Las trazas de los fragmentos curvos de las superficies de falla, resultan ser espirales logarítmicas de ecuación:

$$r = r_o \, e^{\theta \tan \varphi}$$

En la figura se puede ver el significado de las literales que aparecen en la fórmula.



Podemos concluir que en el caso de tener un material de apoyo de comportamiento exclusivamente cohesivo, es decir, $\varphi = 0$, $c \neq 0$, los tramos curvos tienen por ecuación:

$$r = r_o$$

lo que significa que resultan ser curvas circulares de radio r_o.

Prandtl y Reissner en su análisis consideraron primero, que el material de apoyo no tenía peso y encontraron que la fórmula teórica de la capacidad de carga era:

$$q_f = c\, N_c + \gamma D_f\, N_q$$

donde:

q_f = Capacidad de carga a la falla, en unidades de esfuerzo.

c = Cohesión.

γ = Peso volumétrico de material de apoyo.

D_f = Profundidad de desplante.

N_c y N_q, factores de capacidad de carga adimensionales cuyo valor depende exclusivamente del ángulo φ.

Para el caso de considerar un material friccionante ($c = 0$) y apoyado en la superficie del material de apoyo ($D_f=0$) se puede obtener:

$$q_f = 1/2 \ \gamma \ B \ N_\gamma$$

donde:

q_f = Capacidad de carga a la falla en unidades de esfuerzo.

B = Ancho del cimiento.

N_γ = Factor de capacidad de carga, adimensional.

Para los casos de materiales de apoyo de comportamiento intermedio ($c \neq 0$, $\varphi \neq 0$) se acepta la superposición de causas y efectos y se llega a la ecuación:

$$q_f = c \ N_c + D_f \ \gamma \ N_q + 1/2 \ B \gamma \ N_\gamma$$

Ecuación que se conoce como de Terzaghi.

El hecho de aceptar superposición de causas y efectos presupone que la forma de la superficie de falla va a ser la misma en el caso de un material de apoyo de comportamiento friccionante y en el de uno de comportamiento cohesivo y aún en el de material de comportamiento cohesivo-friccionante. Esta hipótesis -- que desde luego no es correcta, conduce a errores que dejan un margen de seguridad que no pasa de 17 a 20% para φ comprendido entre 30° y 40° y que es igual a cero para $\varphi = 0$.

La observación de los valores de los ceoficientes de capacidad de carga, permite hacer algunas conclusiones interesantes.

Así se tiene:

φ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	N_c/N_γ	N_q/N_γ
0°	5.14	1.0	0	0.20	∞	∞
15°	10.98	3.94	2.65	0.36	4.14	1.48
30°	30.14	18.4	22.4	0.61	1.34	0.82
45°	133.88	134.88	271.76	1.01	0.40	0.49

Primera.- En suelos de comportamiento cohesivo no se incrementa notablemente la capacidad de carga si se profundiza el cimiento, en cambio esto sí se logra si se incrementa aunque sea poco, la resistencia del material de apoyo.

Segunda.- En suelos de comportamiento cohesivo, la capacidad de carga en unidades de esfuerzo, no depende del ancho B del cimiento.

Tercera.- En suelos de comportamiento friccionante la capacidad de carga depende tanto del ancho del cimiento como de la profundidad de desplante, casi en la misma proporción, para ángulos φ del orden de 30° (arenas secas relativamente sueltas). Para ángulos φ del orden de 45° (arenas secas relativamente compactas) el incremento de capacidad de carga por profundización del cimiento es casi el doble del que se logra por incremento en el ancho del cimiento.

En la tabla que se anexa a estas notas, aparecen indicados los valores de los coeficientes de capacidad de carga que se han obtenido para diferentes valores del ángulo φ.

Al hacer el exámen de las variaciones de los coeficientes N_c, N_q, y N_γ, obtenidos en diferentes soluciones teóricas del problema, se encuentra que es el tercero el que sufre mayor variación en su magnitud, ya que se encuentran valores de la tercera parte al doble de los que se indican en la tabla mencionada.

Actualmente continúa la investigación del problema de la evaluación de la capacidad de carga y existe tendencia a unificar el criterio en el sentido de utilizar los valores de los coeficientes de capacidad de carga que aparecen en la tabla anexa.

En lo que sigue se harán algunos comentarios respecto a factores que influyen en la determinación de la capacidad de carga, que son:

a).- Dimensiones del cimiento.

b).- Compresibilidad del material de apoyo.

c).- Rugosidad de la base del cimiento.

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	tan ϕ
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00
1	5.35	1.09	0.07	0.20	0.02
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47
26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19

d).- Cimientos adyacentes.

e).- Nivel de aguas freáticas.

f).- Velocidad de aplicación de la carga.

DIMENSIONES DEL CIMIENTO.

Como se comentó, la determinación teórica de la capacidad de carga, se ha hecho sobre la base de análisis bidimensional, lo que exige que el cimiento sea bastante más largo que ancho y que el material de apoyo sea homogéneo en cuanto a resistencia. En relación al primer hecho, se ha encontrado que debe cumplirse el que la relación L/B sea mayor de 5. Investigaciones tanto teóricas como de pruebas de campo, indican que los coeficientes de capacidad de carga, pueden modificarse en función de otros coeficientes llamados de forma, tal como se indica en la siguiente expresión;

$$q_f = c\, N_c \zeta_c + \gamma D_f\, N_q \zeta_q + \frac{B}{2} \gamma N_\gamma \zeta_\gamma$$

Algunos resultados experimentales han determinado valores para los coeficientes de forma que pueden obtenerse si se manejan las fórmulas que se anotan en seguida.

Forma de la base.	ζ_c	ζ_q	ζ_γ
Rectangular.	$1+(B/L)(N_q/N_c)$	$1+(\frac{B}{L})\tan\phi$	$1-0.4\,B/L$
Circular o cuádrada.	$1+(N_q/N_c)$	$1+\tan\phi$	0.60

COMPRESIBILIDAD DEL MATERIAL DE APOYO.

Otra de las hipótesis que se hizo en la determinación de la capacidad de carga, fué la de considerar el material de apoyo incompresible, lo que en cierta forma fué motivada por la aceptación de que la falla se produciría en forma general. Cuando se tiene un material de apoyo compresible, como ya se comentó, la falla es de tipo local y la capacidad de carga se reduce. Uno de los criterios más aceptados para efectuar la reducción, es el debido a Terzaghi quien propone disminuir los parámetros de resistencia de manera de considerar en los cálculos los siguientes valores:

$$C_r = \frac{2}{3} c$$

$$\phi_r = \text{ang}\tan \frac{2}{3} \tan \phi$$

donde:

Cr = Cohesión reducida.

ϕr = Angulo de fricción interna reducida.

En general, este criterio resulta ser bastante conservador en casos de suelos de comportamiento friccionante y también, aunque no tanto, en el caso de suelos de comportamiento cohesivo, quizá debido entre otras cosas a que la compresibilidad relativa de un suelo, tiende a disminuir a medida que aumenta el tamaño del cimiento. Existen algunas investigaciones interesantes que toman en cuenta esta influencia pero ellas no han conducido a criterios que puedan a plicarse con suficiente seguridad en los cálculos que ahora se hacen en la práctica, por lo que se recomienda, mientras tanto seguir con el criterio de Terzaghi.

RUGOSIDAD DE LA BASE DE LA CIMENTACION.

Evidentemente entre cimiento y material de apoyo, se producen esfuerzos cortantes que pueden considerarse que incrementan la capacidad de carga. Las investigaciones que se han hecho al respecto, sugieren que la capacidad de carga de una cimentación lisa sobre la superficie de un suelo de comportamiento no cohesivo, debe ser sólo la mitad de la capacidad de una cimentación rugosa, pero otros hechos experimentales han mostrado un efecto casi nulo de la rugosidad, al menos para cargas verticales. Mientras se dilucida esta cuestión, se sugiere seguir utilizando los factores anotados que no consideran este efecto.

CIMIENTOS ADYACENTES.

En general, las expresiones y teorías al respecto indican que en suelos friccionantes sueltos, bajos valores de φ) la influencia de cimentaciones adyacentes es despreciable, lo que no sucede para suelos friccionantes compactados (altos valores de φ).

Los efectos aún disminuyen más cuando la forma del cimiento tiende a tener una área de apoyo cuadrada, por ello, no se recomienda tomar en cuenta los efectos de la interferencia en los cálculos de la capacidad de carga.

NIVEL DE AGUAS FREATICAS.

La presencia del nivel de aguas freáticas en el material de apoyo, es un factor que sí requiere tomarse en cuenta en el caso de la determinación de la capacidad de carga.

Para suelos gruesos, la presencia del agua puede -- anular la llamada cohesión aparente, lo que produce una considerable disminución de la resistencia. También los tres términos de - la ecuación de la capacidad de carga, pueden sufrir disminución -- considerable. Por ello, se recomienda hacer el cálculo de la capacidad de carga considerando el nivel freático más alto posible, -- durante la vida útil de la estructura.

Una ecuación que se propone para tomarla en cuenta en los cálculos de la capacidad de carga, es la siguiente:

$$\gamma = \gamma' + (z_w/B)\ (\gamma_m - \gamma')$$

γ = Peso volumétrico del material de apoyo, por considerar en los cálculos de capacidad de carga.

γ_m = Peso volumétrico del material de apoyo con su humedad natural.

γ' = Peso volumétrico del material de apoyo sumergido.

z_w = Profundidad del nivel de aguas freáticas respecto al nivel de desplante.

B = Ancho del cimiento.

Desde luego, existe también el efecto de las fuerzas de filtración que en este caso, se consideran despreciables.

VELOCIDAD DE CARGA.

Las teorías de capacidad de carga, se han desarrollado bajo la hipótesis de que las solicitaciones son estáticas, sin embargo, existen casos reales en que no se cumple esta condición, por lo que es conveniente hacer algunos comentarios respecto a cómo se modifica la capacidad de carga al incrementarse la velocidad de aplicación de los esfuerzos. En términos generales, la velocidad de aplicación de la carga, modifica la capacidad de carga sólo en la medida en que puede relacionarse con la disipación de la presión que aparece en el agua del suelo, generada por la misma aplicación de la carga. Bajo esa consideración, se han hecho experiencias, encontrándose los siguientes resultados:

a).- Cuando se pasa de una carga estática a una de impacto, las cimentaciones apoyadas en arena compacta o en arcilla dura, cambian de tipo de falla, de corte general a punzonamiento.

b).- Cuando se pasa de una carga estática a una de impacto, se produce una ligera disminución inicial en la capacidad de carga de cimentaciones en arena compacta.

c).- Todas las cimentaciones en arcillas muy duras, muestran un aumento muy considerable en su capacidad de carga, al cambiarse la carga, de la condición estática a la de impacto.

Estas notas dan un panorama general, acerca del análisis de capacidad de carga de cimentaciones superficiales, y en ellas se ha puesto espacial énfasis en las limitaciones que tienen las formas teóricas que existen al respecto, para que en su aplicación práctica, se logren los mejores resultados.

México, D. F., Septiembre de 1976.

REFERENCIAS.

1.- Bjerrum, L. y Overland, A., "Foundation Failure of an Oil Tank in Fredrikstad, Norway", Procs, IV International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, Londres -- (1957), pp 287-290.

2.- Brinch Hansen, J., "Simpel beregning af fundamenters baereevne Ingenieren", Vol 64, No 4 (1965), pp 95-100.

3.- Buisman, A. S. K., "De weerstand van paalpunten in zand", de - Ingenieur 50 (1935), pp Bt. 25-28, 31-35.

4.- Buisman, A. S. K., "Grondmechanica", Waltman, Delft (1949), -- pág 190.

5.- Caquot, A., "Equilibre des massifs a frottement interne", Gauthier-Villars, París (1934), pp 1-91.

6.- Caquot, A y Kérisel, J., "Traté de Mécaniques des Sols", Gau-- thier-Villars, París (1956).

7.- De Beer, E. E., "Grondmechanica, Deel II", Fundering N.V. Standard Boekhandel, Antwerpen (1949), pp 41-51.

8.- De Beer, E. E., "Bearing Capacity and Settlement of Shallow -- Foundations on Sand, Bearing Capacity and Settlement of Foundations", Procs., Symposium held al Duke University (1965), pp - 15-34.

9.- De Beer, E. E. y Vesić, A., "Etude expérimentale de la capacité portante du sable sous des foundations directes établies en surface", Annales des Travaux Publics de Balgique 59, N° 3 — (1958), pp 5-58.

10.- Meyerhof, G. G., "An Investigation of the Bearing Capacity of Shallow Footings on Dry Sand", Procs., II International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, Rotterdam (1948), pp 237-243.

11.- Meyerhof, G.G., "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations", Geotechnique, Vol 2 (1951), pp 301-332.

12.- Meyerhof, G.G., "Influence of Roughness of Base and Ground --- Water Conditions on the Ultimate Bearing Capacity of Founda--- tions", Geotechnique, Vol 5, N° 3 (1955), pp 227-242.

13.- Skempton, A.W., "An Investigation of the Bearing Capacity of a Soft Clay Soil", Journal of the Institution of Civil Engineers, Vol 18, Londres (1942), pp 307-321.

14.- Skempton, A.W., "The Bearing Capacity of Clays", Procs., Building Research Congress, Londres (1951), pp 180-189.

15.- Terzaghi, K., "Erdbaumechanik auf Bodenmechanischer Grundlage", Wien (1925).

16.- Terzaghi, K., "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley and Sons, Nueva York (1943)

17.- Terzaghi, K,. y Peck, R.B., "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley and Sons, 2a. ed. (1966), pág. 729, Nueva --- york (1948).

18.- Tschebotarioff, G.P., "Soil Mechanics, Foundations and Earth - Structures", McGraw-Hill Book Co. Inc., Nueva York (1951).

19.- Vesić, A., "Bearing Capacity of Deep Foundations in Sand", National Academy of Sciences, National Research Council, Highway Research Record, N° 39 (1963), pp 112-153.

20.- Vesić, A., "Análisis de la Capacidad de carga de Cimentaciones Superficiales", (1974), Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.

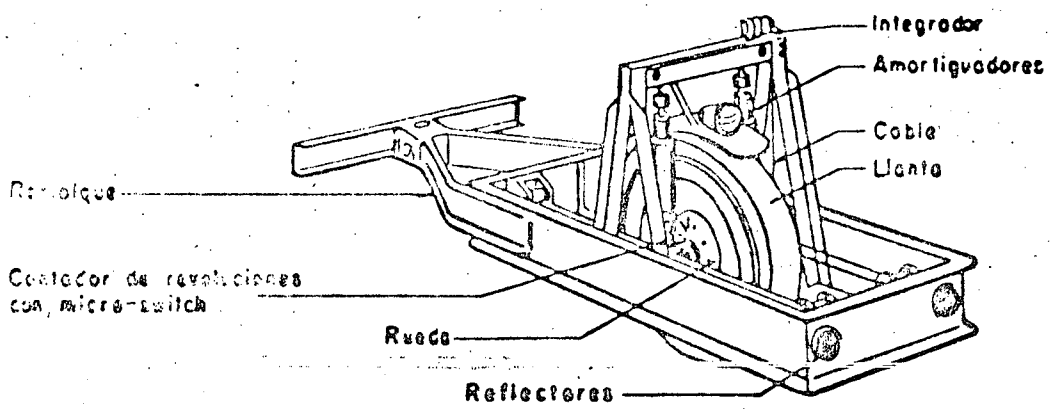
centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

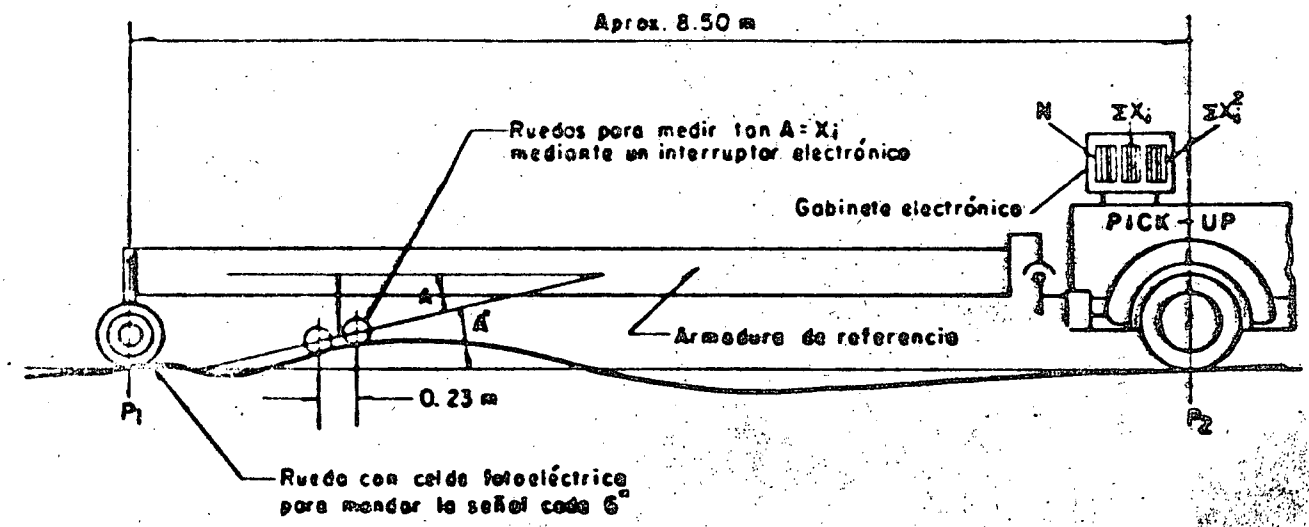
PAVIMENTOS FLEXIBLES DISEÑO DE SOBRECARPETAS. CARRETERAS

METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Octubre,1978.

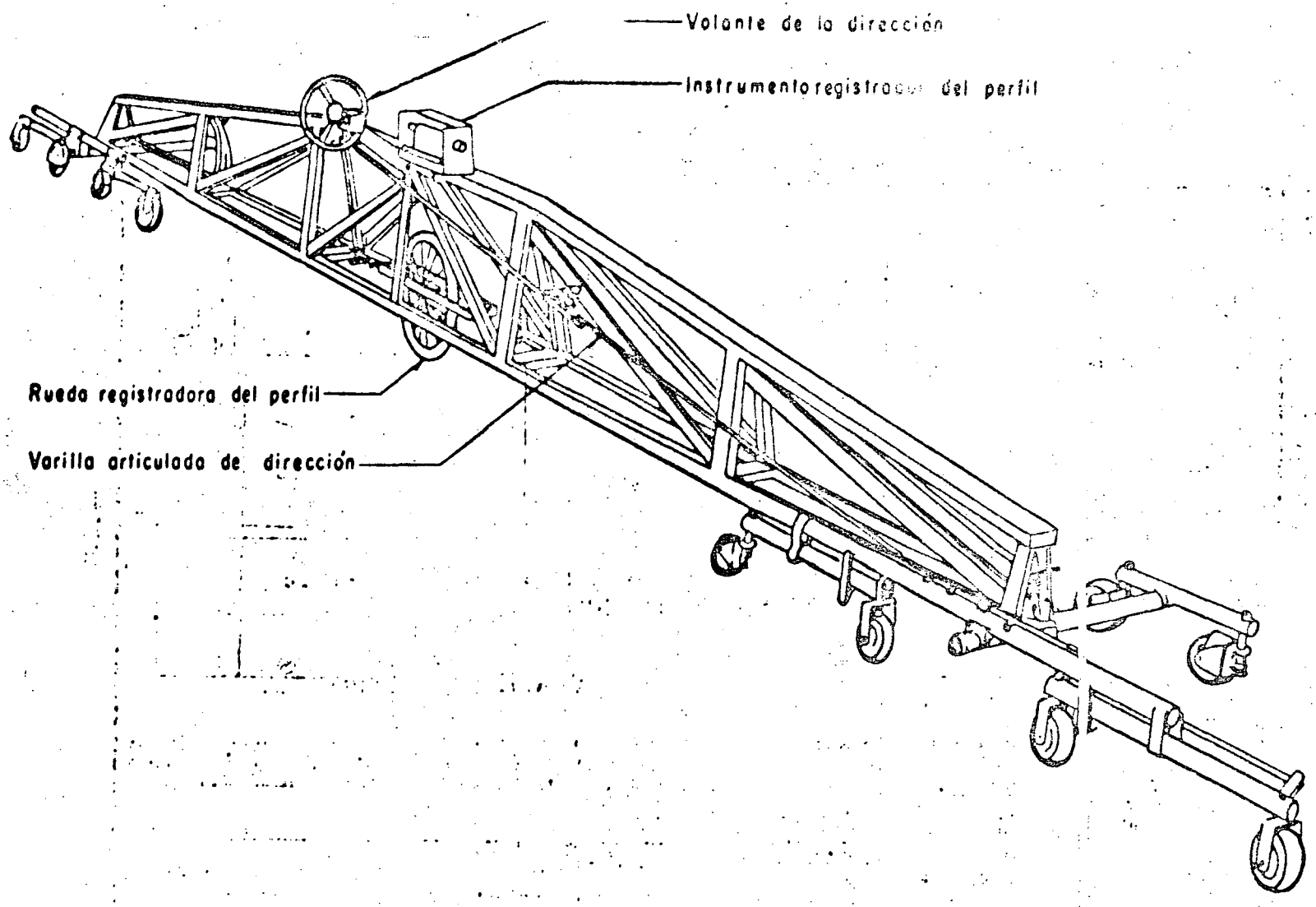


a.- CROQUIS DEL RUGOMETRO DE LA OFICINA DE CARRETERAS PUBLICAS (mm)



b.- CROQUIS DEL PERFILOMETRO SIMPLIFICADO "CHLOE" (cm)

FIGURA No 16



PERFILOGRAFO LONGITUDINAL TIPO HYEEM (400)

FIGURA Nº 19

PERFILOGRAFO TRANSVERSAL DE LABORATO[illegible] DE PARIS (212)

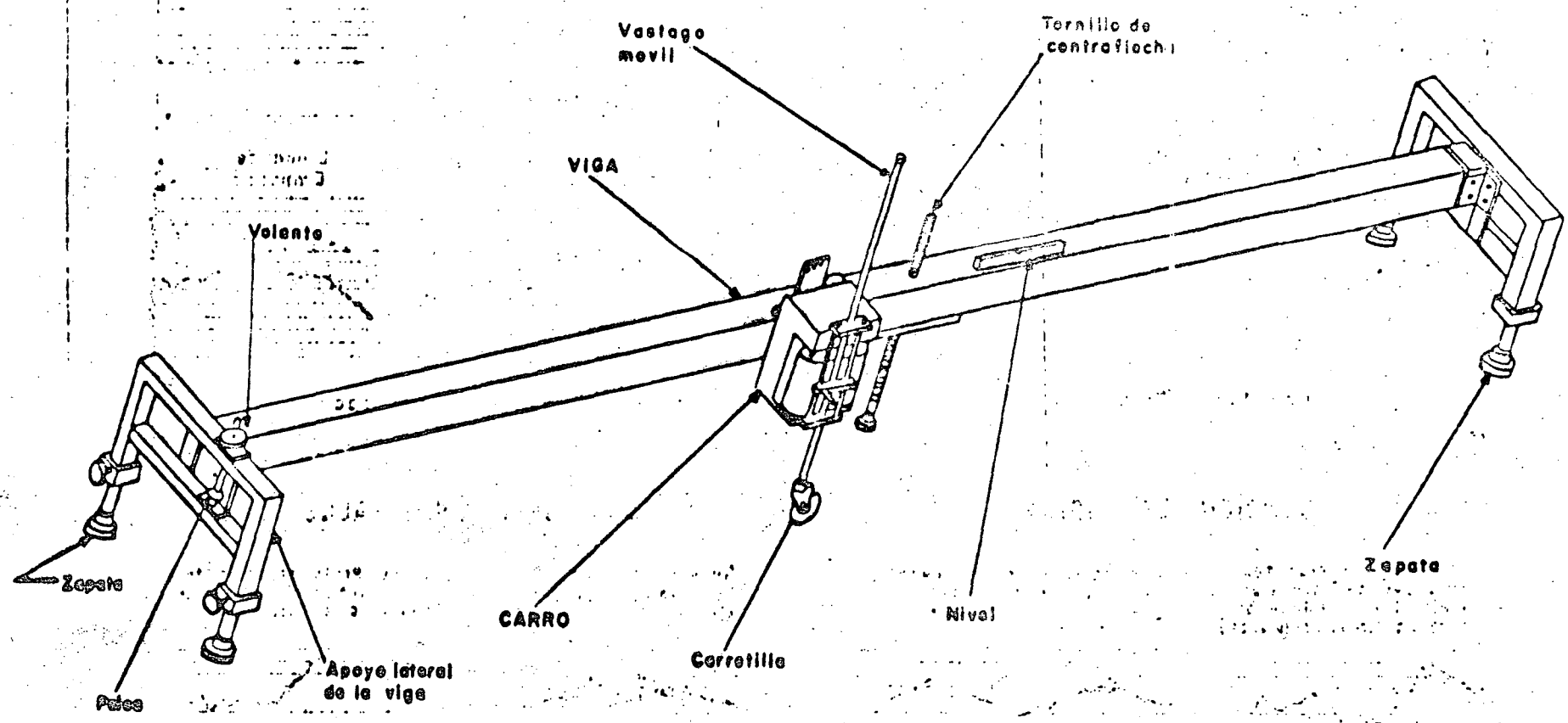
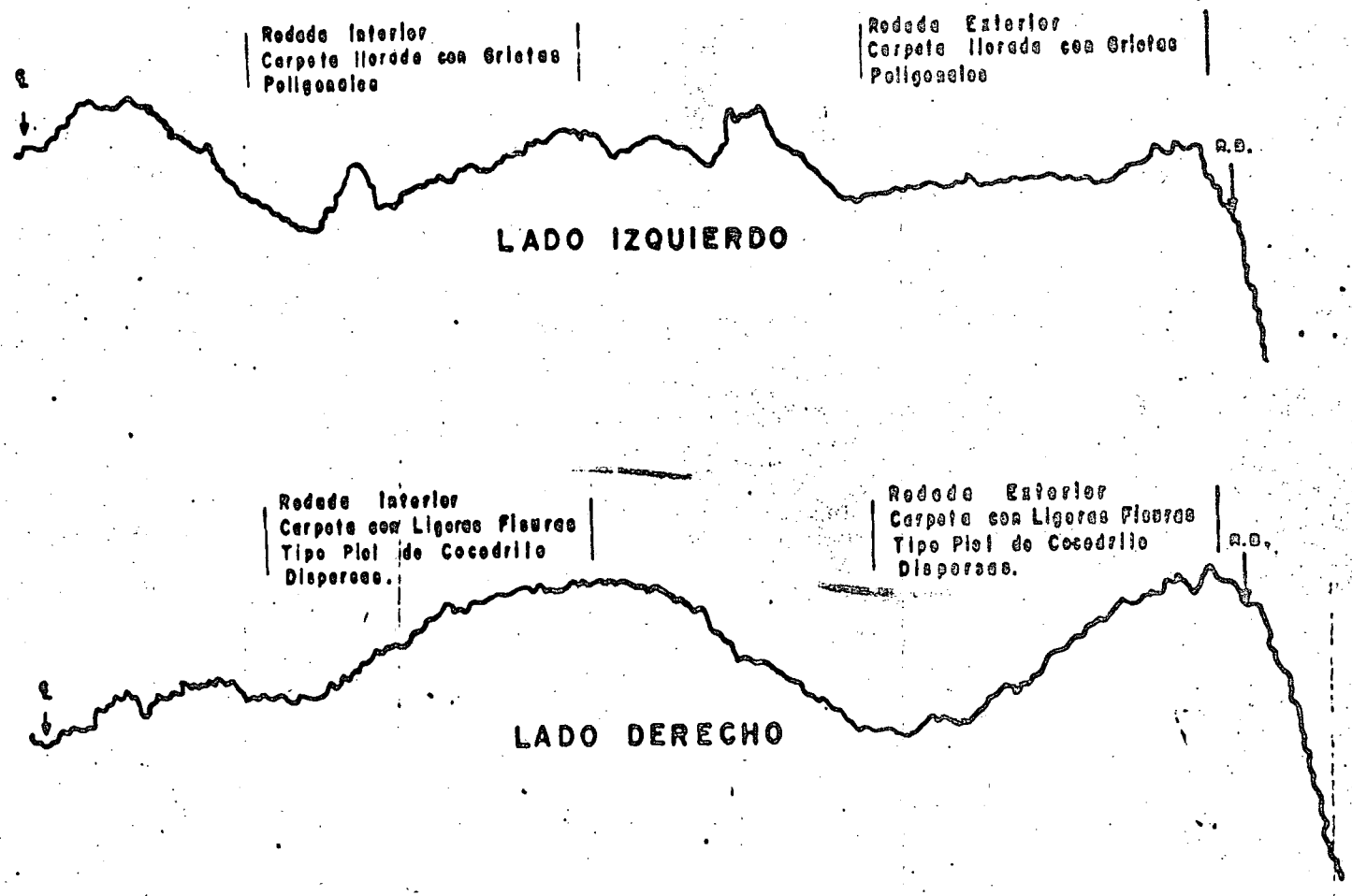


FIGURA Nº 21

PERFILES TRANSVERSALES



ESCALA : HORIZONTAL 1 : 100
VERTICAL : NATURAL

FIGURA Nº 22

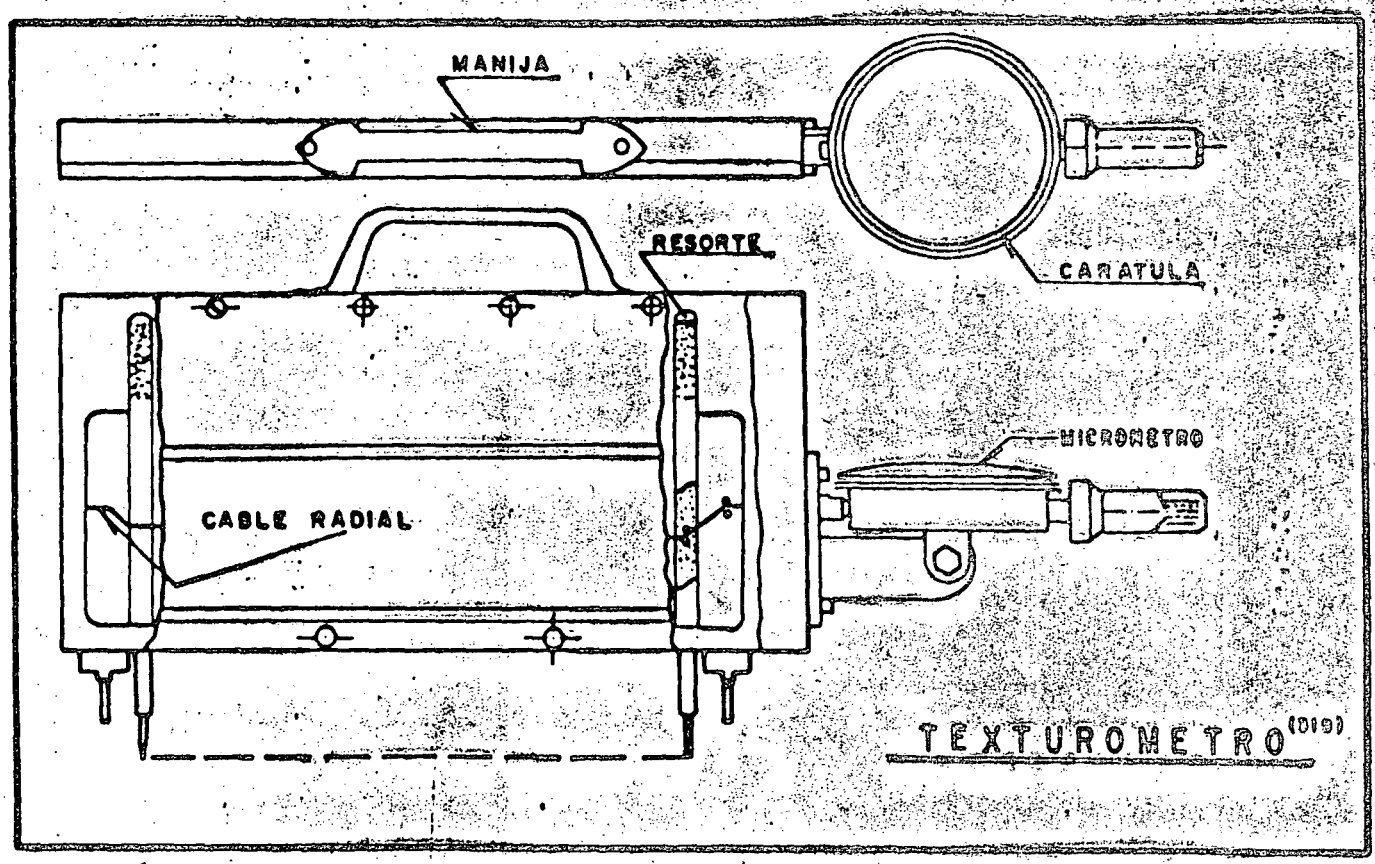

MANIJA
RESORTE
CARATULA
MICROMETRO
CABLE RADIAL
TEXTUROMETRO (D19)

FIGURA Nº 18.

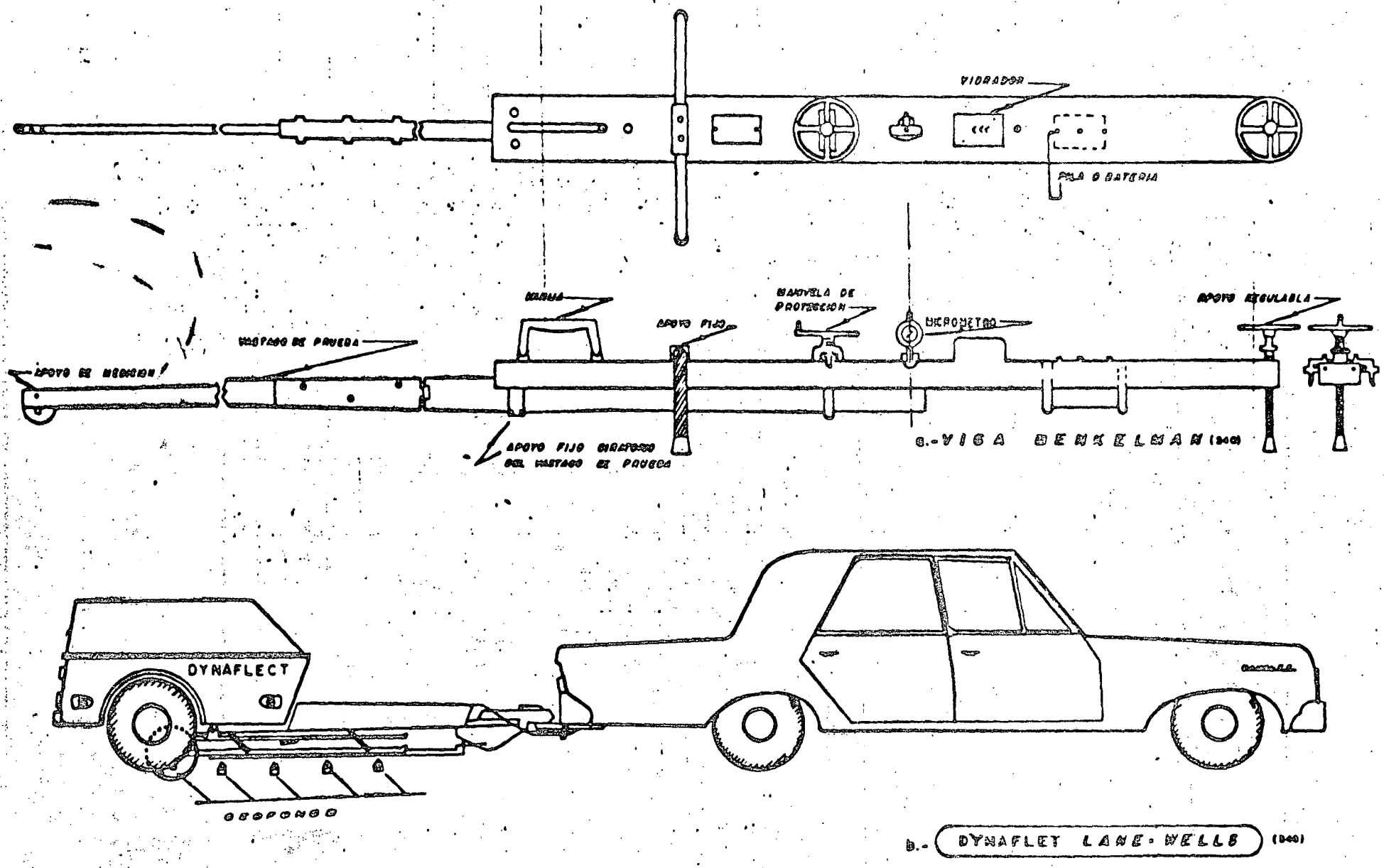

VIBRADOR
PILA O BATERIA
MANIVELA DE PROTECCION
MICROMETRO
APOYO REGULABLE
APOYO FIJO
VASTAGO DE PRUEBA
APOYO DE MEDICION
APOYO FIJO GIRATORIO DEL VASTAGO DE PRUEBA
a.- VIGA BENKELMAN (BMC)
DYNAFLECT
GEOFONOS
b.- DYNAFLET LANE-WELLS (BMC)

FIGURA Nº 23

COMPARISON OF DYNAFLECT AND TRAVELING DEFLECTOMETER

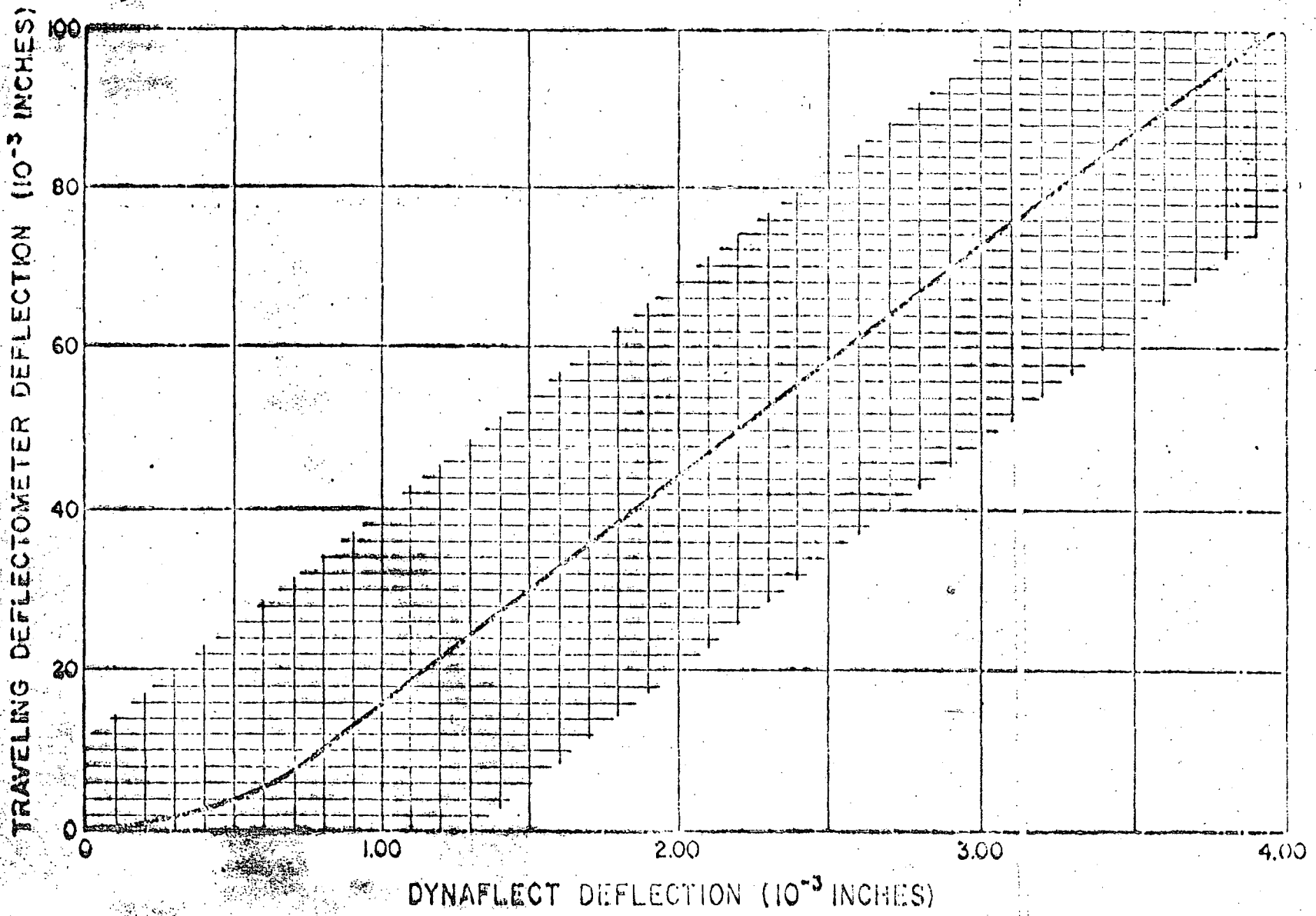


FIGURE X

RADIUS OF CURVATURE (CURVATURE METER)
V.S.
DEFLECTION
FOR ASPHALT CONCRETE OVER CEMENT TREATED BASE

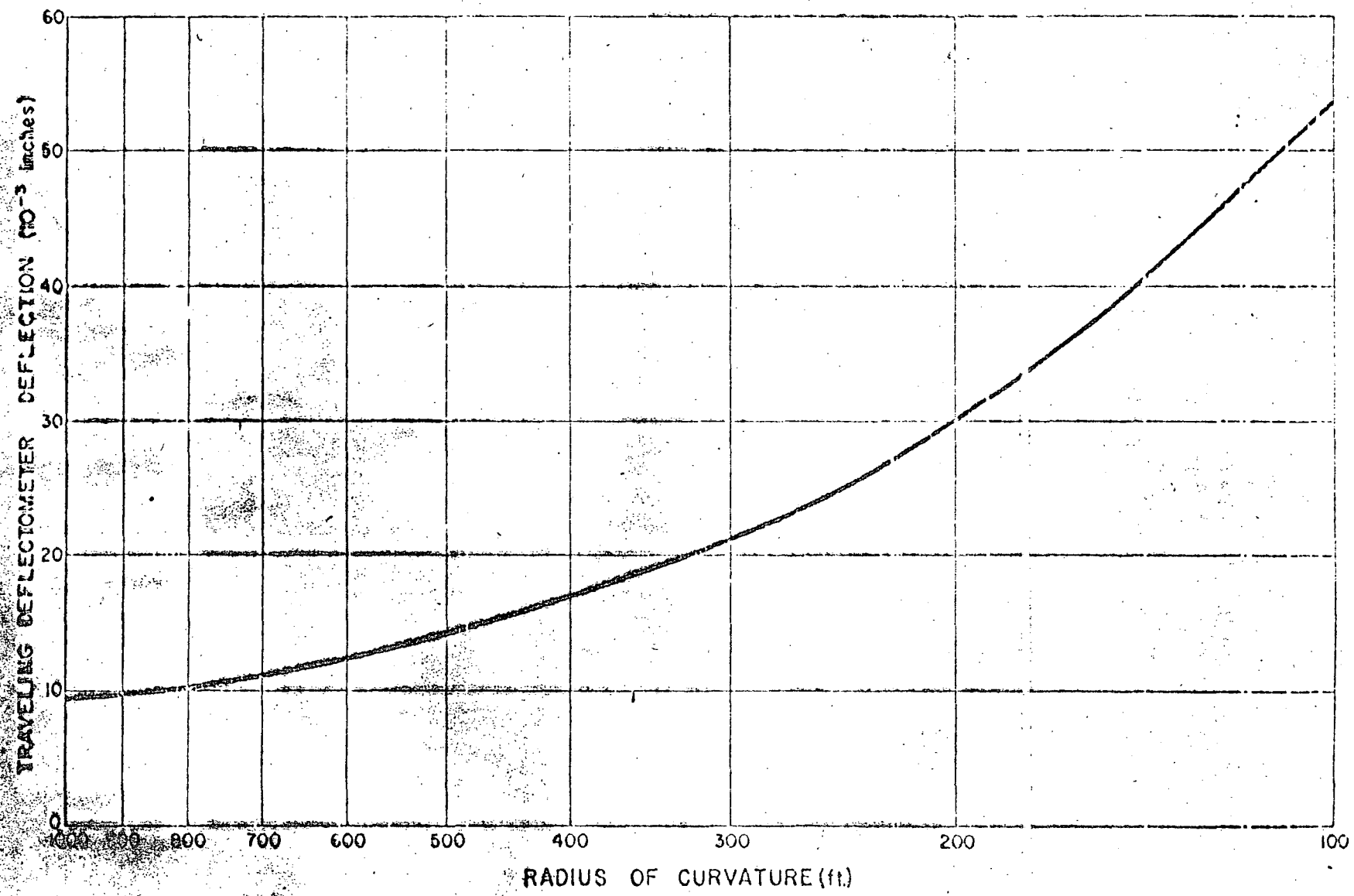


FIGURE XII

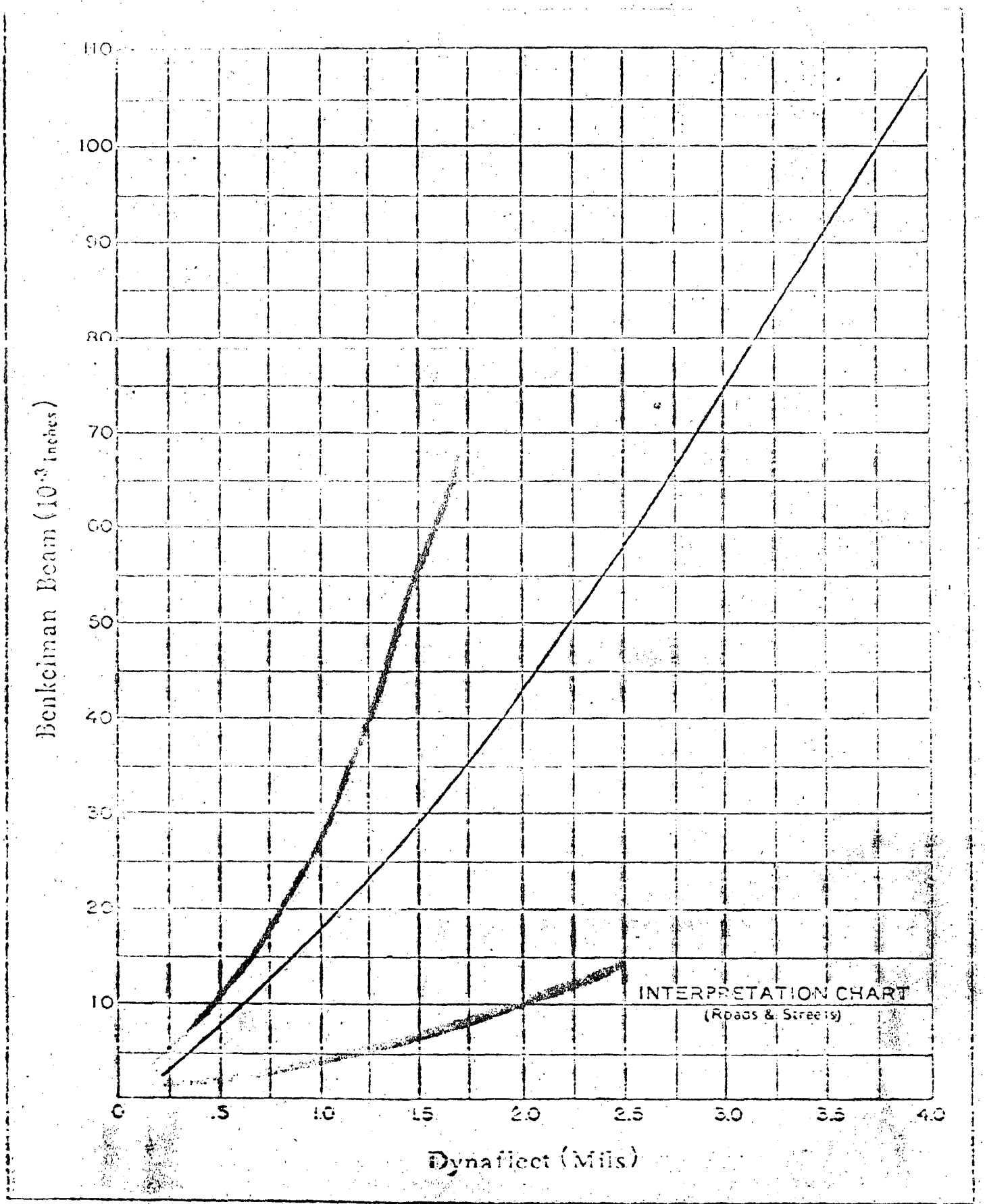
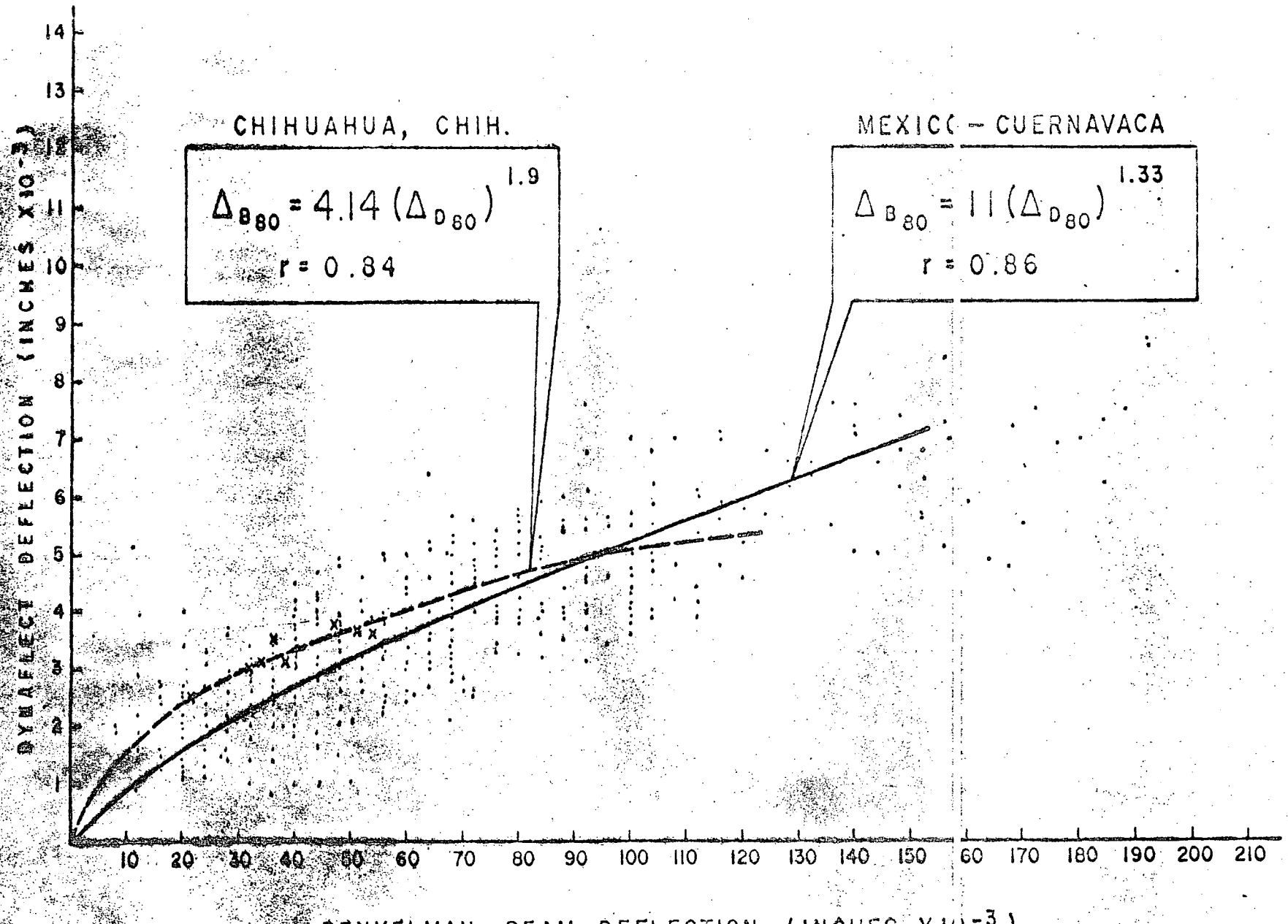
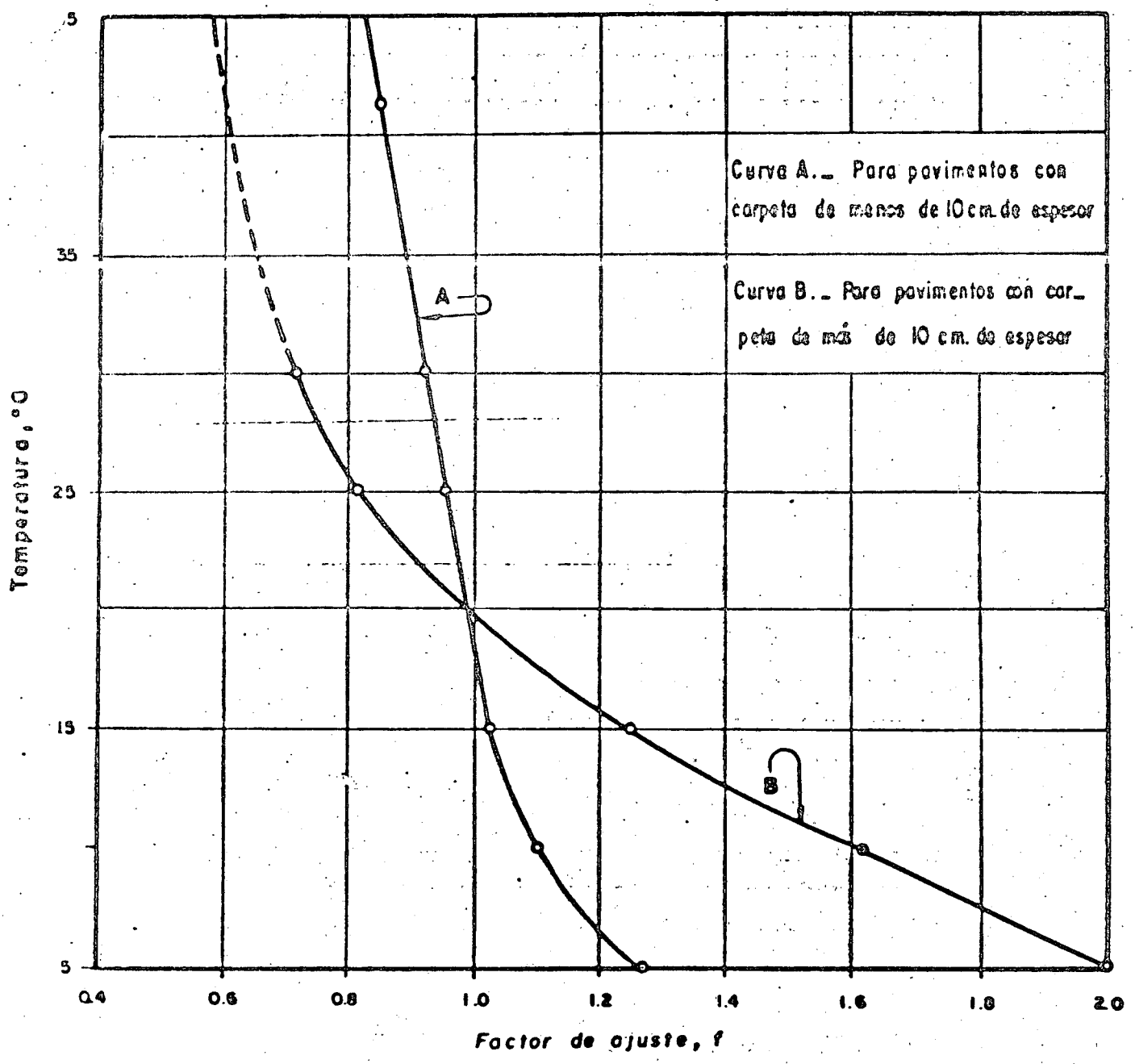


Figure 2 Conversion of Benkelman Beam to Dynaflect


CHIHUAHUA, CHIH.
$\Delta_{B80} = 4.14 (\Delta_{D80})^{1.9}$
r = 0.84
MEXICO – CUERNAVACA
$\Delta_{B80} = 11 (\Delta_{D80})^{1.33}$
r = 0.86
DYNAFLECT DEFLECTION (INCHES X10^{-3})
BENKELMAN BEAM DEFLECTION (INCHES X10^{-3})
TEMPERATURE CORRECTED



Factores de corrección por temperatura en las deflexiones de Viga Benkelman. Método de Valuación del Instituto Norteamericano de Asfalto.[27]

FIGURA Nº 25

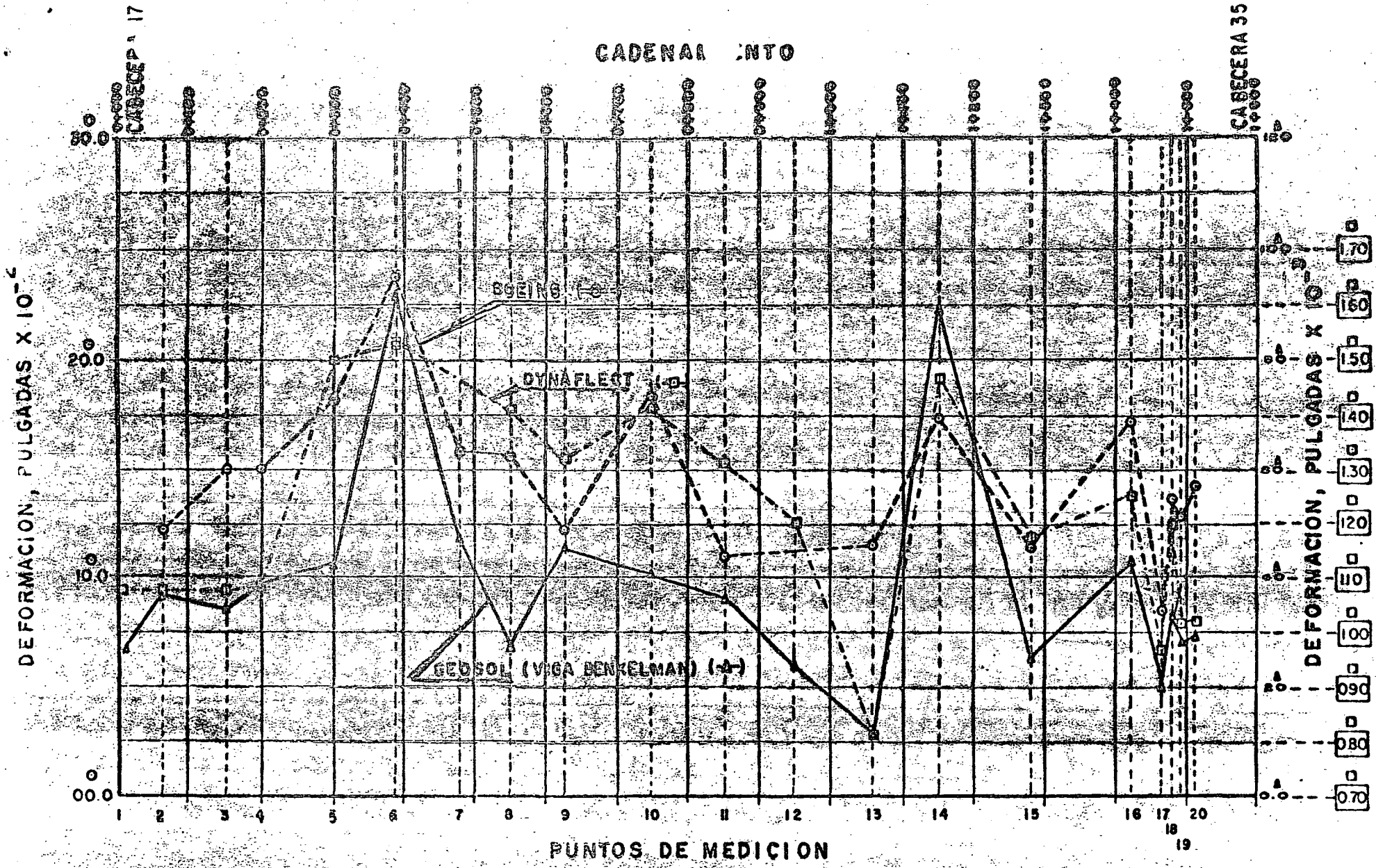


DIAGRAMA COMPARATIVO DE LAS DEFORMACIONES PRODUCIDAS EN EL PAVIMENTO DE LA PISTA 17–35 DEL AEROPUERTO DE TUXTLA GUTIERREZ.

-o-BOEING 727–100, W= 140 000 LB, P= 200 PSI.
-Δ-EJE CON CARGA DE 18 000 LB, P= 80 PSI.
-□-DYNAFLECT, SENSOR I

GEO SOL, S.A.

FIGURA 2

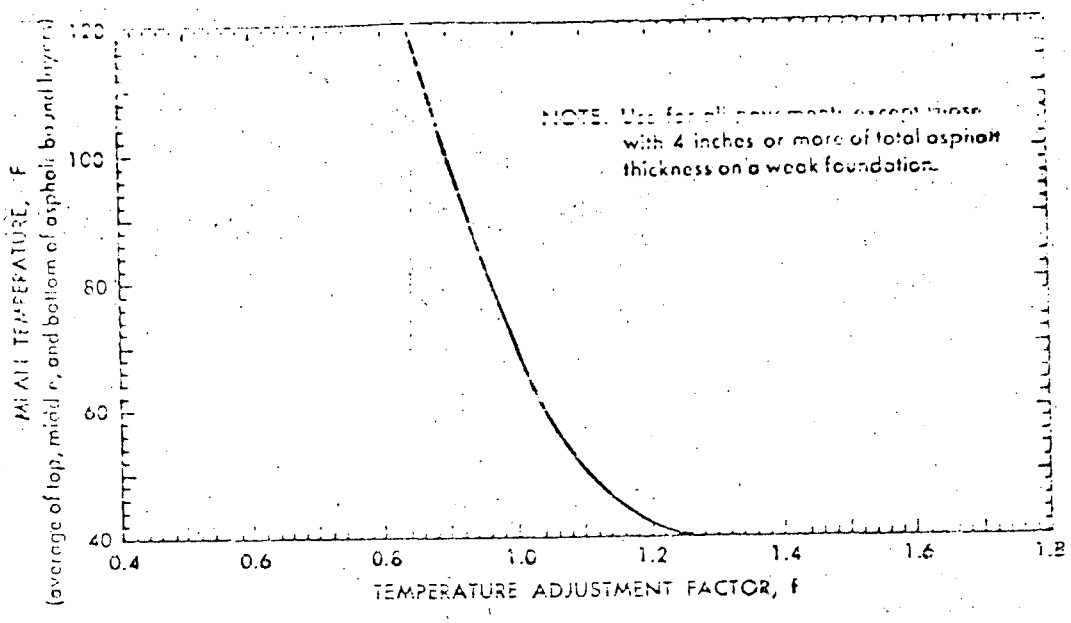


Figure III-4—Temperature adjustment factors for Benkelman Beam deflections (refer to Chapter XII, "Method of Predicting Temperature Distribution," for the method of determining the mean pavement temperature)

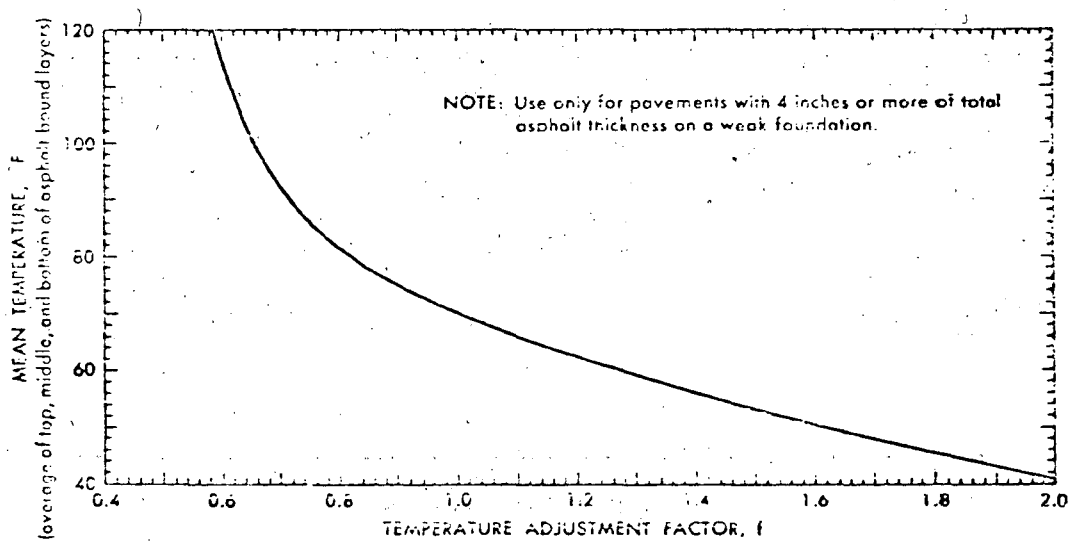


Figure III-5—Temperature adjustment factors for Benkelman Beam deflections (refer to Chapter XII, "Method of Predicting Temperature Distribution," for the method of determining the mean pavement temperature)

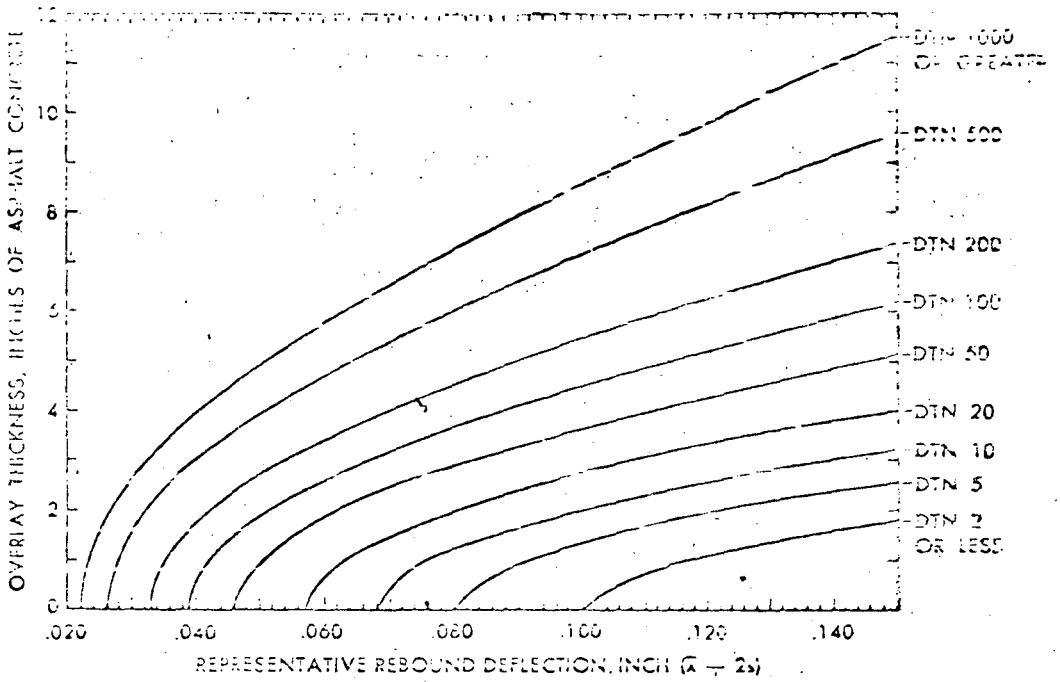


Figure IV–3—Asphalt concrete overlay thickness required to reduce pavement deflection from a measured to a design deflection value (rebound test)

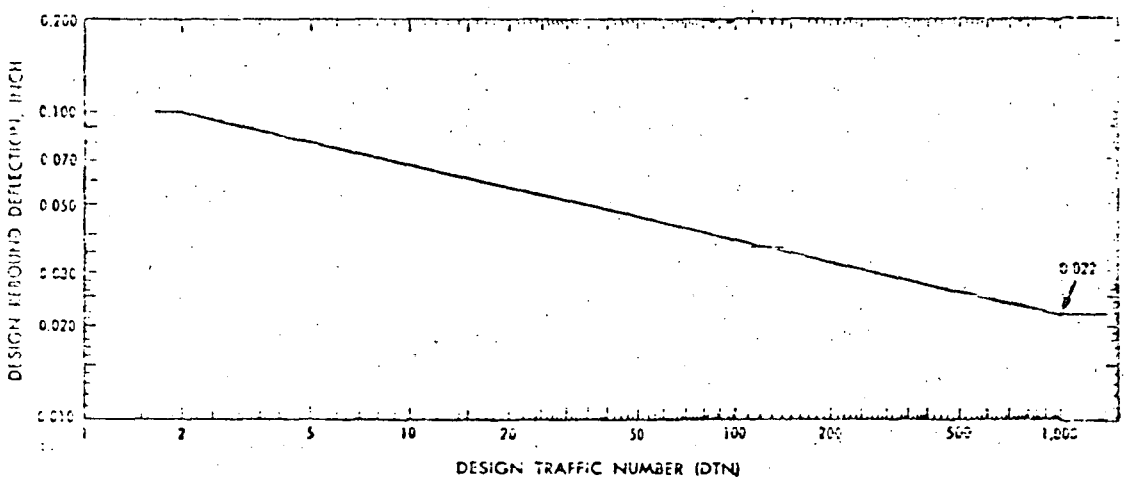


Figure III–6—Design rebound deflection chart

EXAMPLE

1. Given: Seven CBR test values (9, 7, 12, 8, 11, 9, 11) from a roadway section.

1. CBR 7, 8, 9, 9, 11, 11, and 12

2.

CBR	Number equal to or greater than	Percent equal to or greater than
7	7	(7/7) 100 = 100
8	6	(6/7) 100 = 85.7
9		
9	5	(5/7) 100 = 71.4
11		
11	3	(3/7) 100 = 42.9
12	1	(1/7) 100 = 14.3

3.

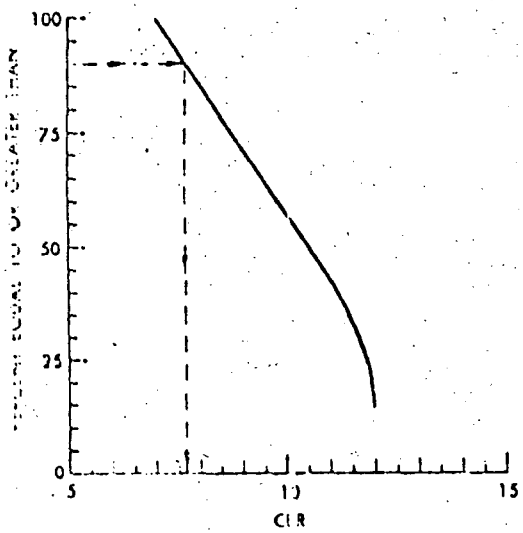


TABLE III–1—CONVERSION FACTORS FOR CONVERTING THICKNESS OF EXISTING PAVEMENT COMPONENTS TO EFFECTIVE THICKNESS (T_e)

(These conversion factors apply ONLY to pavement components for overlay design. In no case are they applicable to original thickness design.)

Classification of Material	Description of Material	Conversion Factors*
I	Native Subgrade in all cases	0.0
II	(a) Improved Subgrade—Predominantly granular materials—may contain some silt and clay but have P.I. of 10 or less (Improved Subgrade = any course or courses of improved material between the native subgrade soil and the pavement structure.)	0.0 – 0.2
	(b) Lime modified subgrade constructed from high plasticity soils—P.I. greater than 10. (Lime modified subgrade = A prepared and mechanically compacted unhardened or semihardened intimate mixture of lime, water and soil below the pavement system.)	
III	(a) Granular Subbase or Base—Reasonably well-graded, hard aggregates with some plastic fines and CBR not less than 20. Use upper part of range if P.I. is 6 or less; lower part of range if P.I. is more than 6.	
	(b) Cement modified subbases and bases constructed from low plasticity soils—P.I. of 10 or less. (Cement modified subbase = An unhardened or semihardened intimate mixture of pulverized soil, portland cement and water, used as a layer in a pavement system between the subgrade and the base course. Cement modified base = An unhardened or semihardened intimate mixture of pulverized soil, portland cement and water, used as a layer in the pavement system to reinforce and protect the subgrade or subbase.) #	0.2 – 0.3

TABLE III-1 (Continued)

Classification of Material	Description of Material	Conversion Factors*
IV	(a) Granular Base—Nonplastic granular material complying with established standards for high quality aggregate base. Use upper part of range.	
	(b) Asphalt surface mixtures having large well defined crack patterns, spalling along the cracks, exhibit appreciable deformation in the wheel paths showing some evidence of instability.	
	(c) Portland cement concrete pavement that has been broken into small pieces, two feet or less in maximum dimension, prior to overlay construction. Use upper part of range when subbase is present; lower part of range when slab is on subgrade.	0.3 – 0.5
	(d) Soil-cement bases that have developed extensive pattern cracking, as shown by reflected surface cracks, may exhibit pumping, and pavement shows minor evidence of instability. (Soil-cement base — A hardened material formed by curing a mechanically compacted intimate mixture of pulverized soil, portland cement and water used as a layer in a pavement system to reinforce and protect the subgrade or subbase.) #	
V	(a) Asphalt surfaces and underlying asphalt bases** that exhibit appreciable cracking and crack patterns, but little or no spalling along the cracks, and while exhibiting some wheel path deformation, remain essentially stable.	

[*Continued overleaf*]

* Values and ranges of Conversion Factors are multiplying factors for conversion of thickness of existing structural layers to equivalent thickness of asphalt concrete.

\# "Definition of Terms Relating to Soil–Portland Cement Stabilization," *Highway Research Abstracts*, Vol. 29, No. 6, June 1959, Highway Research Board, Washington

** Asphalt concrete base, asphalt macadam base, plant-mix base, asphalt mixed-in-place base.

TABLE III-1 (Continued)

Classification of Material	Description of Material	Conversion Factors*
	(b) Appreciably cracked and faulted portland cement concrete pavement that cannot be effectively undersealed. Slab fragments, ranging in size from approximately one to four square feet, are well seated on the base or subgrade.	0.5 – 0.7
	(c) Soil-cement bases that exhibit little cracking, as shown by reflected surface crack patterns, and that are under stable surfaces. (See definition of soil cement base under IV d.)	
VI	(a) Asphalt concrete surfaces that exhibit some fine cracking, small intermittent cracking patterns and slight deformation in the wheel paths but remain stable.	
	(b) Liquid asphalt mixtures that are stable, generally uncracked, show no bleeding, and exhibit little deformation in the wheel paths.	0.7 – 0.9
	(c) Asphalt treated base, other than asphalt concrete.**	
	(d) Portland Cement concrete pavement that is stable and undersealed has some cracking but contains no pieces smaller than about one square yard.	
VII	(a) Asphalt concrete, including asphalt concrete base generally uncracked, and with little deformation in the wheel paths.	
	(b) Portland cement concrete pavement that is stable, undersealed and generally uncracked.	0.9 – 1.0
	(c) Portland cement concrete base, under asphalt surface that is stable, non-pumping and exhibits little reflected surface cracking.	

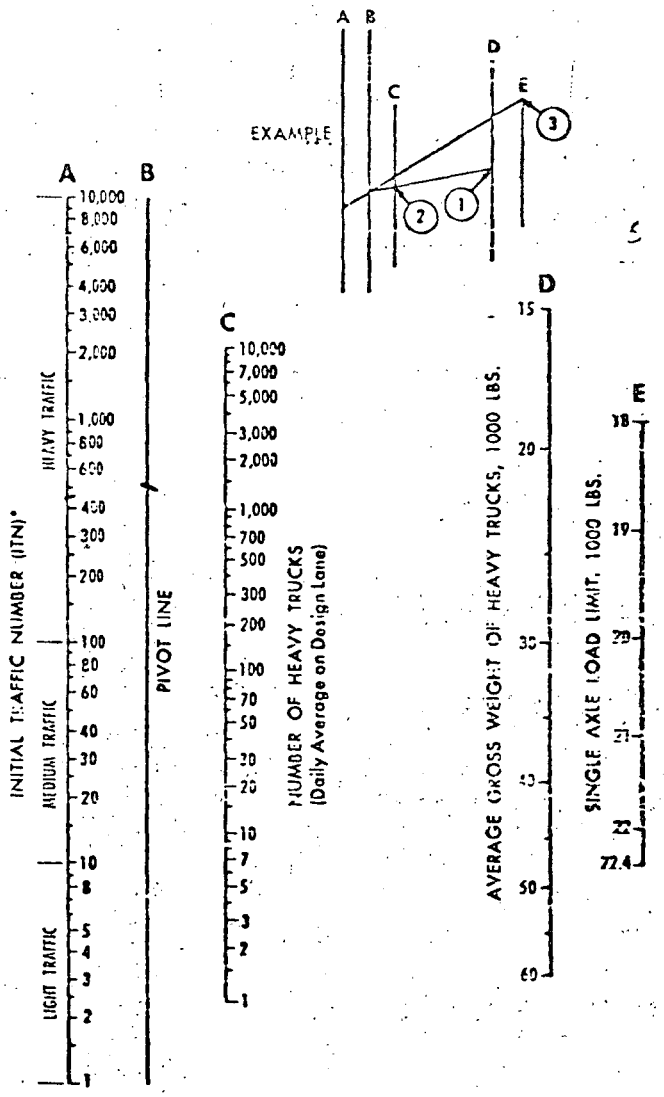
* Values and ranges of Conversion Factors are multiplying factors for conversion of thickness of existing structural layers to equivalent thickness of asphalt concrete.

** Asphalt concrete base, asphalt macadam base, plant-mix base, asphalt mixed-in-place base.

TABLE III-2—PERCENTAGE OF TOTAL TRUCK TRAFFIC (TWO DIRECTIONS) IN DESIGN LANE

Number of Traffic Lanes (Two Directions)	Percentage of Trucks in Design Lane
2	50
4	45 (35-48)[1]
6 or more	40 (25-48)[1]

[1] Probable range.



* ITN value may require correction where the IDT of automobiles and light trucks is relatively high. See Figure III-2

Figure III-1—Traffic analysis chart

TABLE III-4—INITIAL TRAFFIC NUMBER ADJUSTMENT FACTORS

Design Period, Years (n)	Annual Growth Rate, percent (r)					
	0	1	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{Factor} = \frac{(1 + r)^n - 1}{20r}$$

where r = annual growth rate
n = design period, years

NOTE: Truck growth rate, which includes both number and weight of trucks, may increase faster than overall traffic growth rate, particularly on roads with large volumes of heavy trucks. Growth rates for these roads should be determined from truck weight study data, if possible.

NOTE

The traffic information used to establish Table III-2, Table III-4, Figure III-1, and Figure III-2 is based on traffic throughout the United States and is for average conditions. Data for specific locations may be more or less than the averages used in this manual.

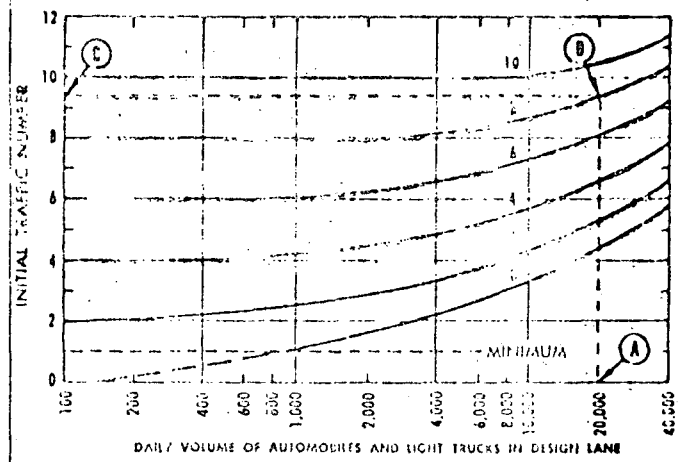


Figure III-2—Chart for adjusting Initial Traffic Number (ITN) for daily volume of automobiles and light trucks

Enter Figure III-2 on the horizontal scale at a point representing the Daily Volume of Automobiles and Light Trucks in the Design Lane. Move vertically to the curve representing the Initial Traffic Number (ITN) based on heavy trucks, determined previously. Read the corrected ITN on the Initial Traffic Number scale. An example of this correction is illustrated on Figure III-2, assuming the following: Daily Volume of Automobiles and Light Trucks in Design Lane = 20,000 vehicles; ITN (based on heavy trucks) = 8. Enter the chart at Daily Volume = 20,000 (Point A) and move vertically to ITN 8 line (Point B). The corrected ITN is 9.5 (Point C).

NOTE: The Thickness Design Charts, Chapter IV, are based on a 20-year Design Period. For a design period of less, or more, than 20 years, an adjustment must be made to reflect the fewer, or additional, equivalent 18,000 pound single-axle loads. This adjustment is made by multiplying the Initial Traffic Number (ITN) by the proper factor from Table III-4. The DTN obtained, then, is the average daily number of equivalent 18,000 pound single-axle load applications for the selected Design Period expressed as a Design Traffic Number for a 20-year Design Period.

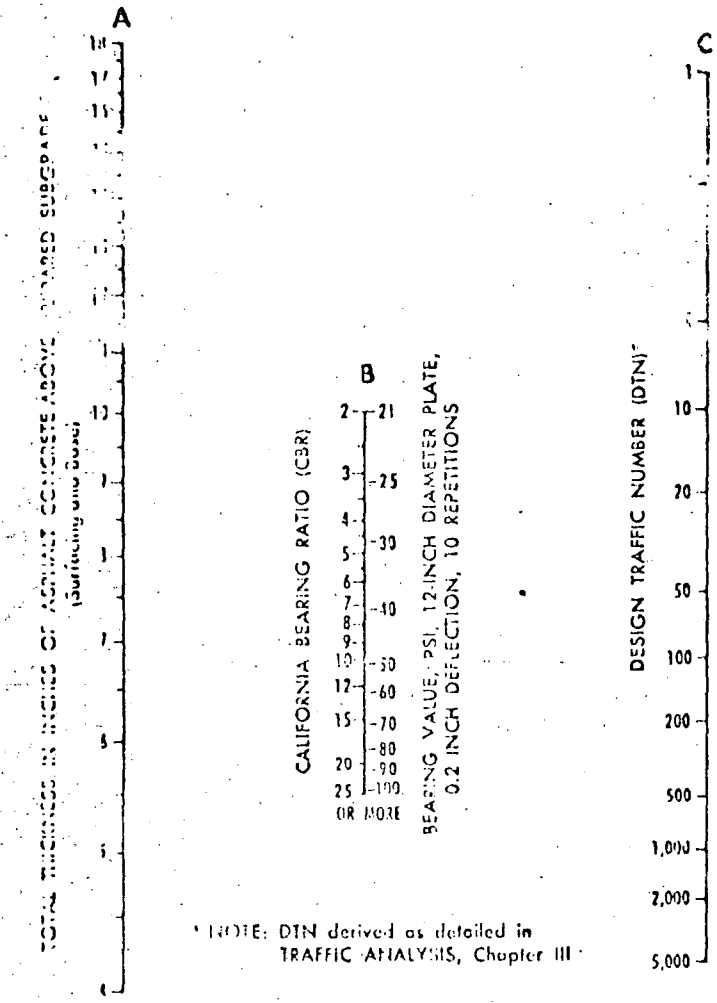


Figure IV-1—Thickness requirements for asphalt pavement structures using subgrade soil CBR or plate-bearing values

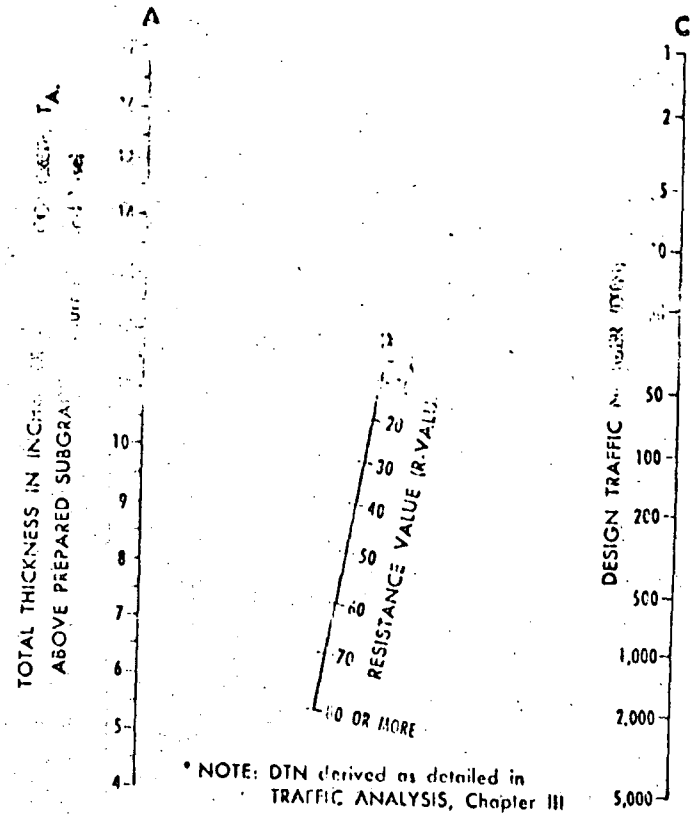


Figure IV-2—Thickness requirements for asphalt pavement structures using subgrade soil resistance value

existing pavement consists of 3 inches of asphalt concrete surface and 8 inches of crushed stone base. The pavement is in generally good condition but evaluation indicates need for strengthening to handle increasing traffic. Find overlay thickness for 20-year Design Period. Also, find overlay thickness for 5-year Design Period in Planned Stage Construction.

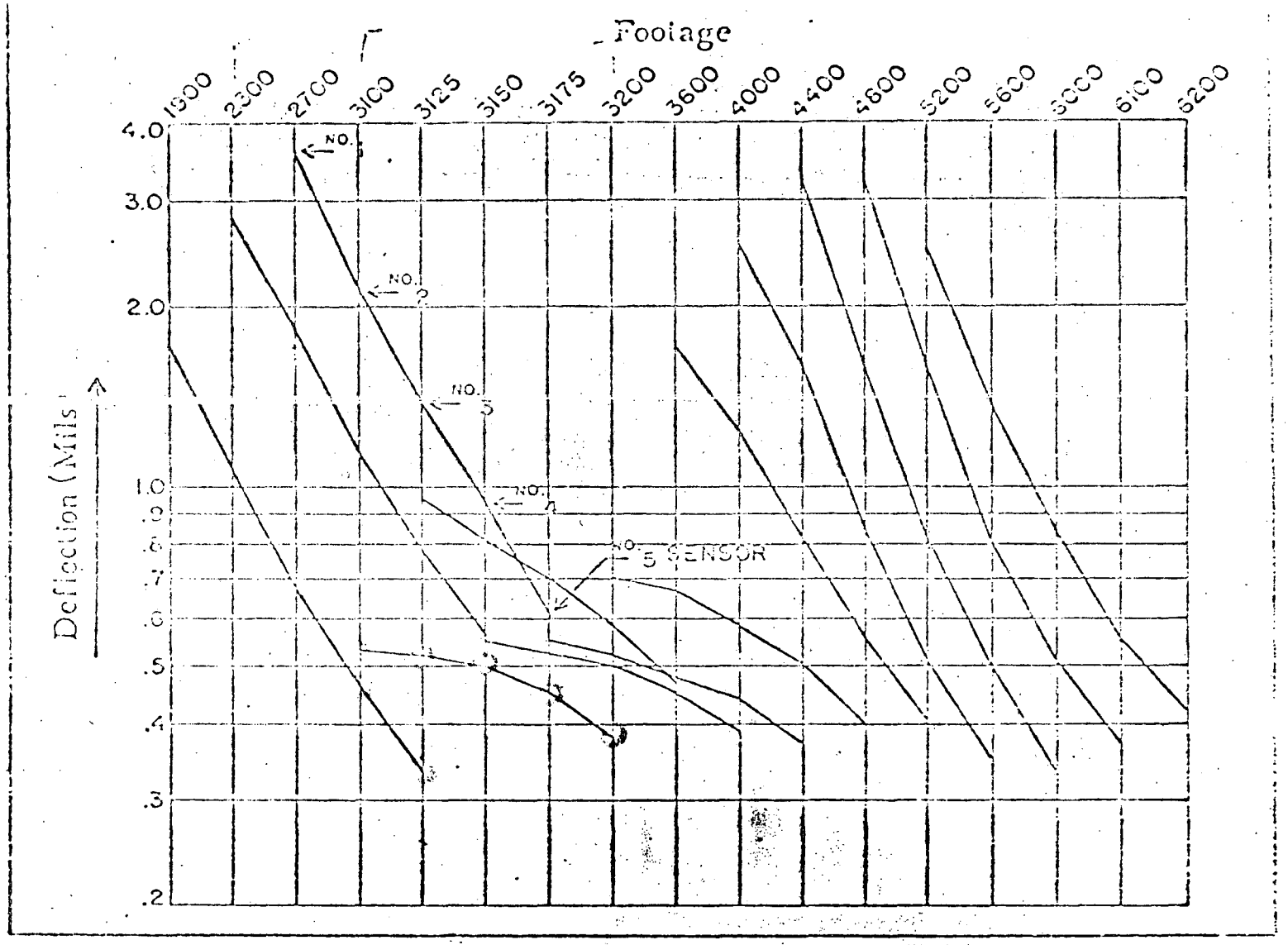


Exhibit D – Airport Runway weakness at two areas near 2300' and 2700'. A strong section in the middle of the runway 3100 to 3200' occurs due to underlying concrete (width of taxiway) – low maximum deflection and flat profiles.

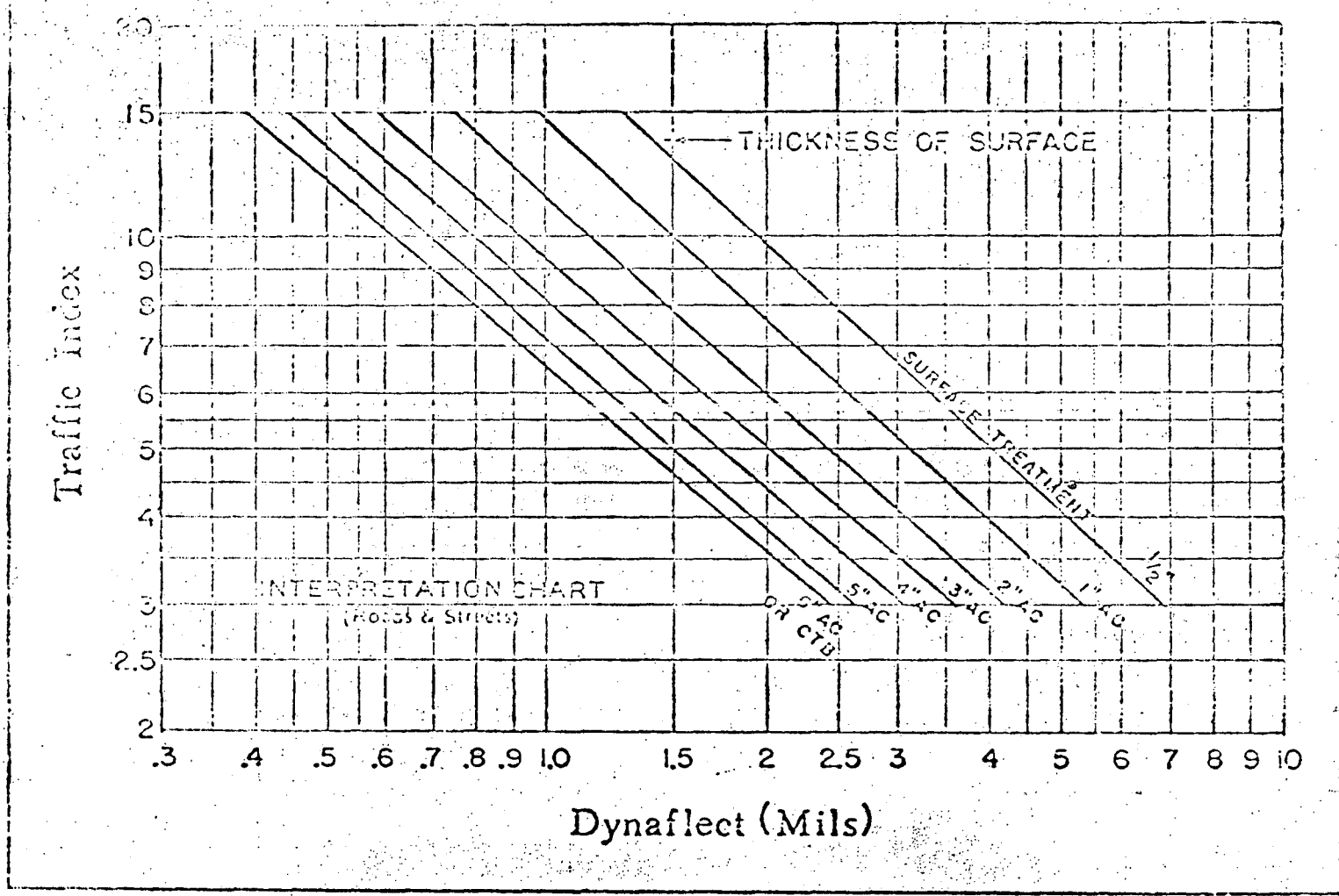


Figure 4 Relationship of Traffic Index to permissible Dynaflect maximum reading for various surface layers. Each surface thickness of A/C will tolerate a certain amount of deflection for a given Traffic index before fatigue causes cracking.

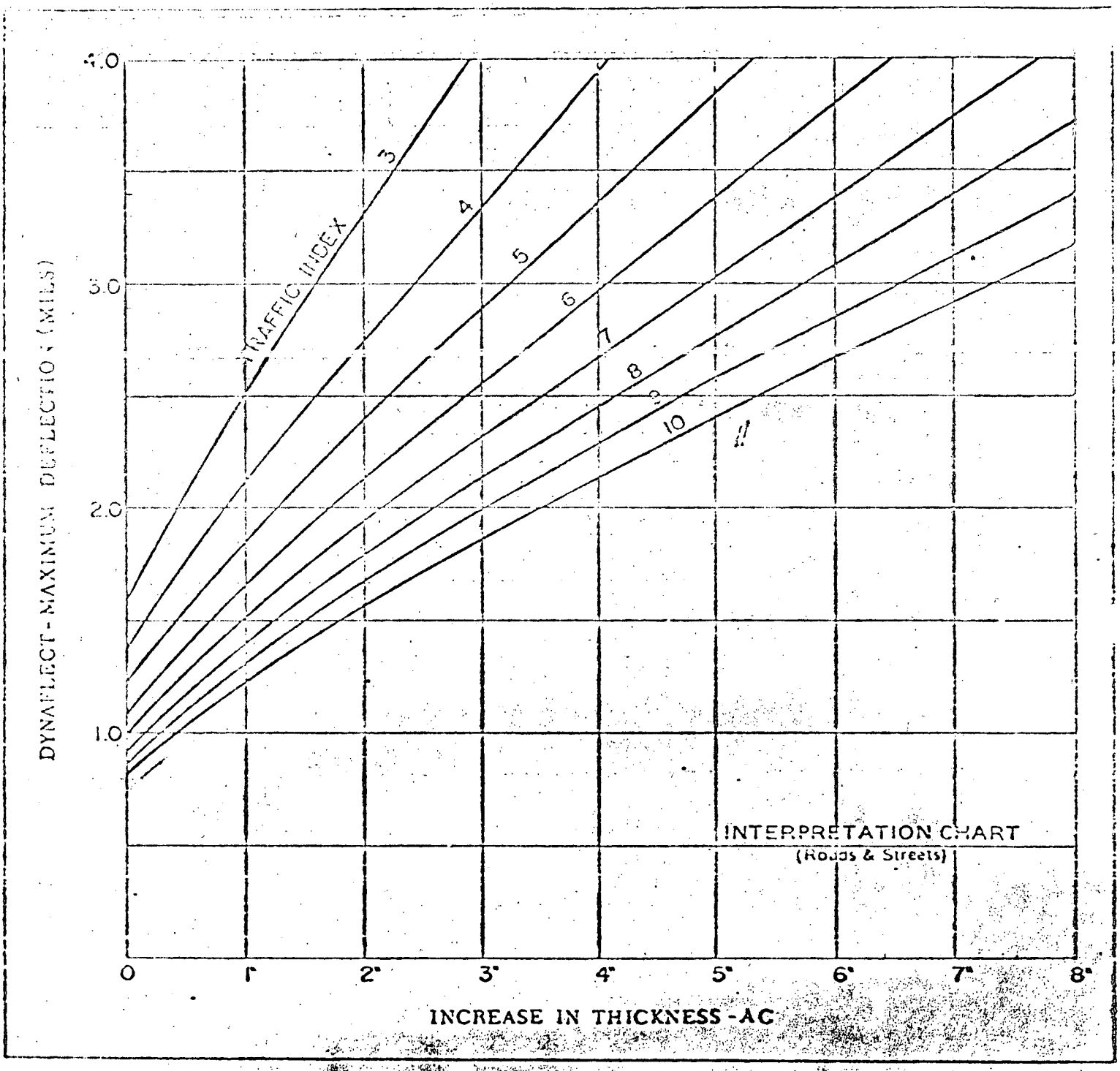


Figure 5 Recommended thickness of A/C overlay using Dynaflect maximum reading and a given Traffic Index.

Note: When Maximum Deflection and Relative Bearing Capacity information do not recommend reconstruction or overlay, then a thin seal coat for riding quality and sealing is indicated.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL

S A H O P

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. AEROPUERTOS
METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

OCTUBRE 1978

AEROPISTAS

METODO INST. DEL ASFALTO.

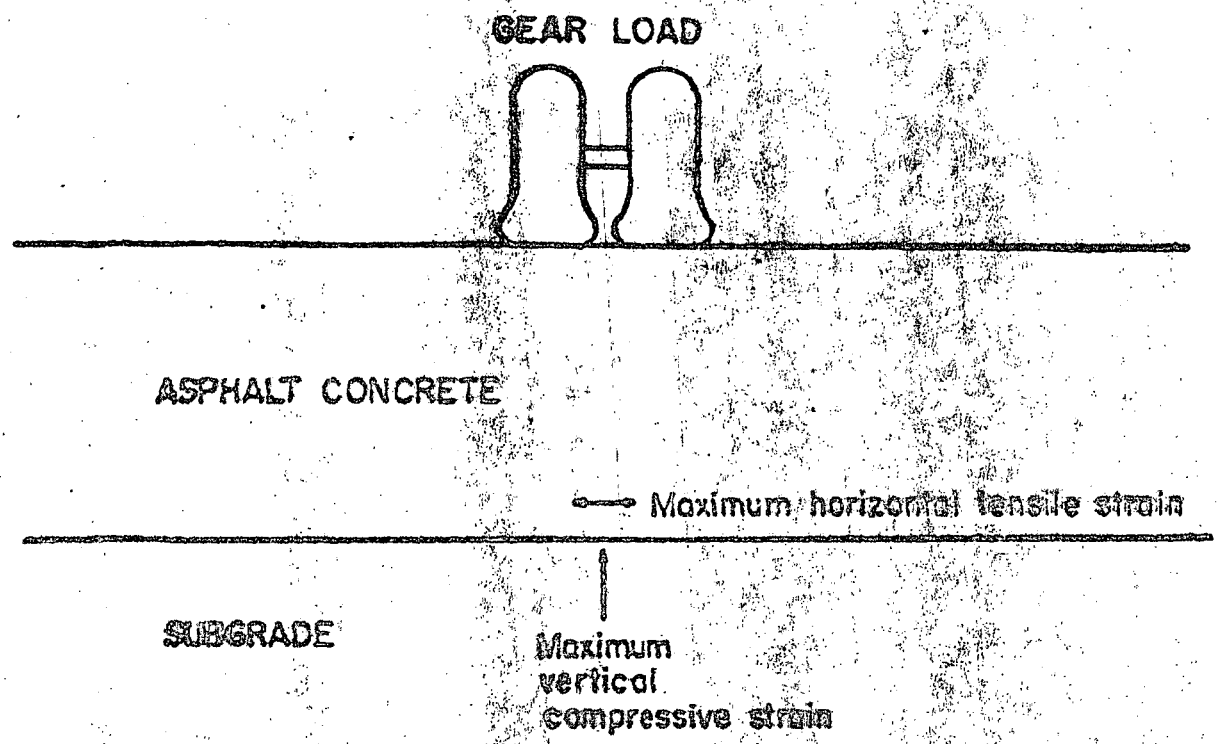


Figure III-6—Location and direction of tensile and compressive strains in a Full-Depth asphalt pavement system

concrete mixes have determined modulus-temperature-frequency relationships for typical mixes. The modulus relationship used in the pavement thickness design method was developed at a design frequency of two (2) hertz (Hz)—typical of a dual tandem aircraft gear traveling at a taxiing speed of approximately 10-20 miles (16-32 kilometers) per hour.

3.04 DESIGN LOCATION.—Within any airport there exists a certain pavement area that receives more traffic than any other. This area is subjected to more aircraft movements, greater aircraft weights at departure, slower aircraft speeds, and a greater degree of traffic channelization. Each of these factors has a complex but direct bearing on the pavement thickness requirements. This area, then, should be selected as the design location for determining the maximum thickness of pavement for the airport. Invariably, the design location for an air carrier airport will be on a taxiway. Consequently, the design procedure described here considers the *critical design location* as the taxiway with the largest number of departures and arrivals, expressed as a percentage of the total operations for the airport.

At airports with multiple runways there usually is one runway (and its taxiways) that serves more traffic than any of the others. In these cases, it will be more economical to make separate pavement thickness designs for each runway-taxiway systems.

Also, an important factor effecting the transverse thickness requirements across any given pavement area is the lateral distribution effects of aircraft along the pavement. For example, it would be more probable for a taxiway or runway to receive a greater number of stress (or strain) repetitions against the central portion of the pavement than at the edges. As thickness requirements are directly related to repetitions of strain, substantial savings can be realized by using variable cross sections (keel sections).

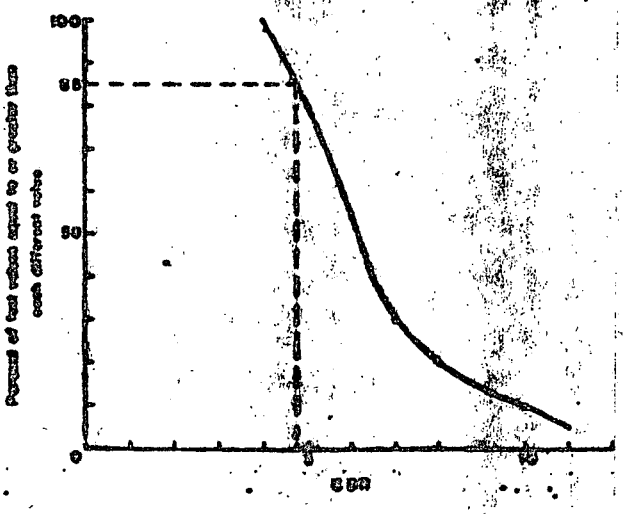
Variable thickness designs for any desired airport pavement area (taxiway, runway, apron) may be determined with the aid of thickness percentages. The thicknesses for these areas are obtained by solving for the Full-Depth asphalt pavement thickness for the critical (taxiway) area and then using a specific thickness reduction factor for the pavement area in question.

1. CBR = 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 10, and 11.

2. Percent of CBR values equal to or greater than each different value:

CBR	Number equal to or greater than each different value	Percent equal to or greater than each different value
4		
4		
4		
4	20	(20/20)100=100
5		
5		
5		
5		
5	16	(16/20)100= 80
6		
6		
6		
6		
6	11	(11/20)100= 55
7		
7	6	(6/20)100= 30
8		
8	4	(4/20)100= 20
10	2	(2/20)100= 10
11	1	(1/20)100= 5

3. Plot results on cross-section paper:



4. Design Subgrade Value. E, (psi) = 4.7 × 1,500 = 7,050 or E, (kN/m²) = 4.7 × 10,342 = 48,600 approximately.

4.06 ENVIRONMENTAL EFFECTS.—In strength evaluation of untreated subgrade materials, factors that may adversely affect the load-supporting properties of the materials must be considered. The most critical factors are moisture, volume change, and frost. The resilient modulus, M_r, test and the soaked CBR method take into account the critical effects of strength loss due to degree of saturation and swelling of the soils.

Frost action can be evaluated on the basis either of heaving during the freezing period or weakening of the soil during the frost melting period. The design method in this manual recognizes reduced supporting capacity of the subgrade in environments where frost may be a problem.

B. ASPHALT-AGGREGATE MIXTURES

4.07 TYPES OF ASPHALT-AGGREGATE MIXTURES.—The thickness design procedures detailed in this manual are for Full-Depth asphalt pavement structures composed entirely of asphalt concrete mixtures.

For airport pavement base courses, dense-graded asphalt concrete mixes—ASTM D 1663 Mix Designations 3A through 6A, or similar—are recommended. See Table IV-2.

For airport pavement surface courses, dense-graded asphalt concrete mixes—ASTM D 1663 Mix Designations 4A through 6A, or similar—are recommended. See Table IV-2.

For STOL ports and heliports, several types of asphalt mixtures other than asphalt concrete often are suitable for the base under certain economic, traffic, climatic and construction conditions. They include hot-laid sand-asphalt mixes, cold-laid plant mixes, and hot mixes not meeting asphalt concrete criteria [see *Construction Specifications for Asphalt Concrete and Other Plant-Mix Types*, Specification Series No. 1 (SS-1), The Asphalt Institute].

4.08 MIX DESIGN CRITERIA.—Because air carrier airport pavements must support extremely heavy loads, the asphalt-aggregate mixtures used must have well-defined mix design criteria. This holds particularly for the surface courses. Table IV-3 tabulates the suggested materials criteria for design of base and surface mixtures recommended for air carrier airport Full-Depth asphalt pavement structures. Table IV-4 tabulates suggested criteria for the Marshall and Hveem methods of mix design. Table IV-5 tabulates the suggested minimum percent voids in mineral aggregate (VMA) required in the Marshall Method of mix design to ensure sufficient asphalt in the paving mixture.

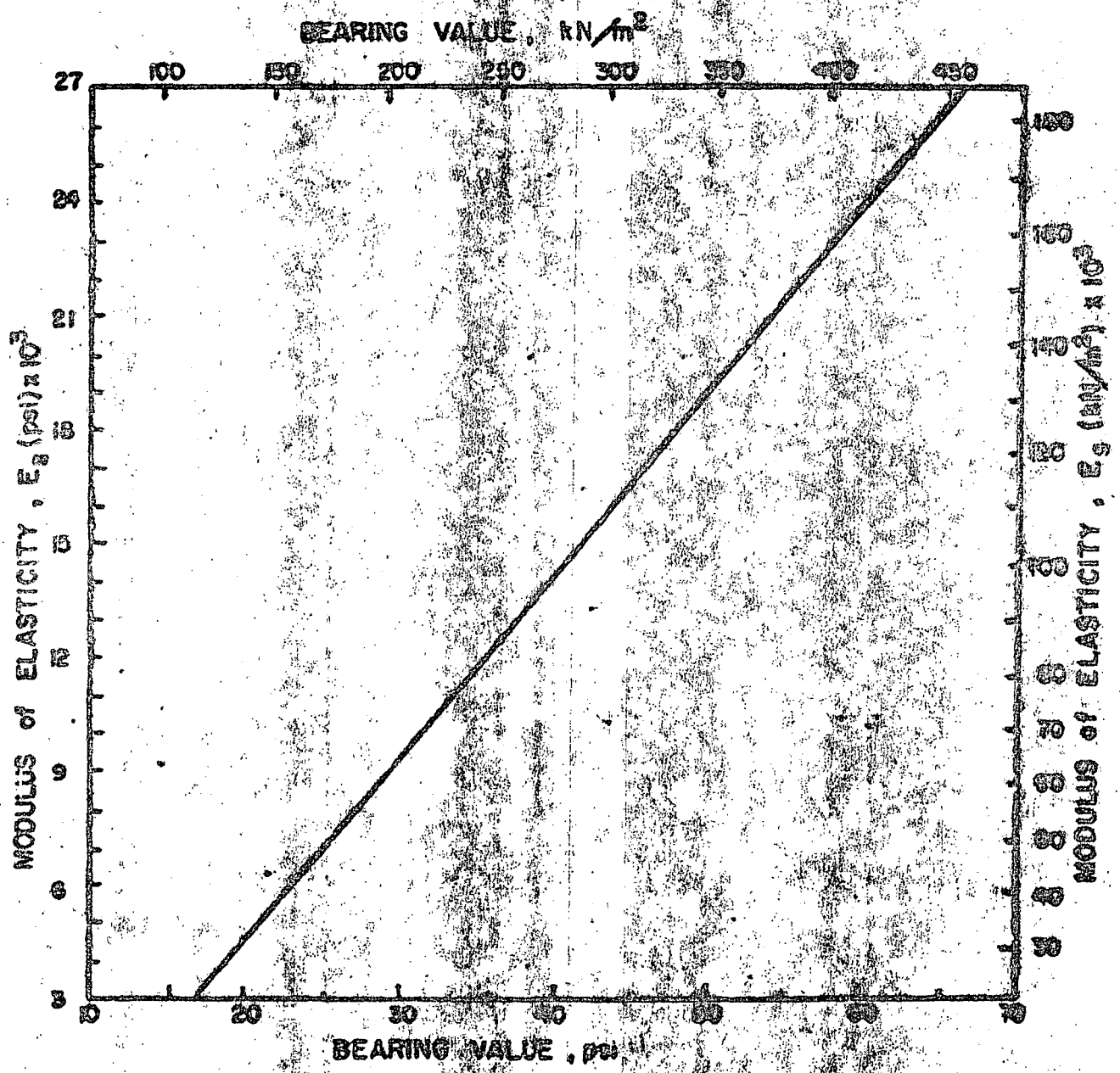


Figure IV-1—Approximate relationship between Plate Bearing Value and Modulus of Elasticity, E_s

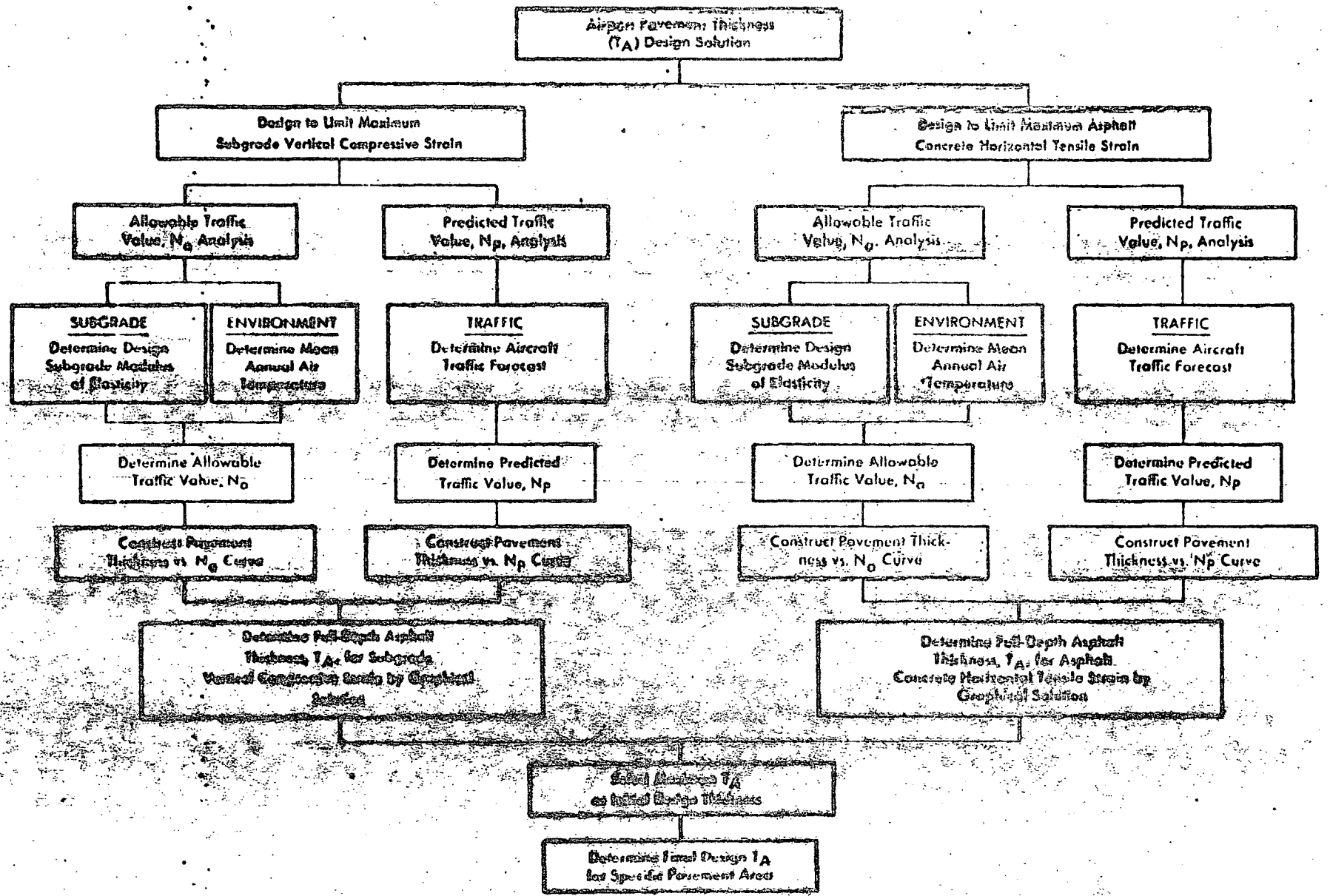


Figure V-1—Airport pavement thickness design flow chart

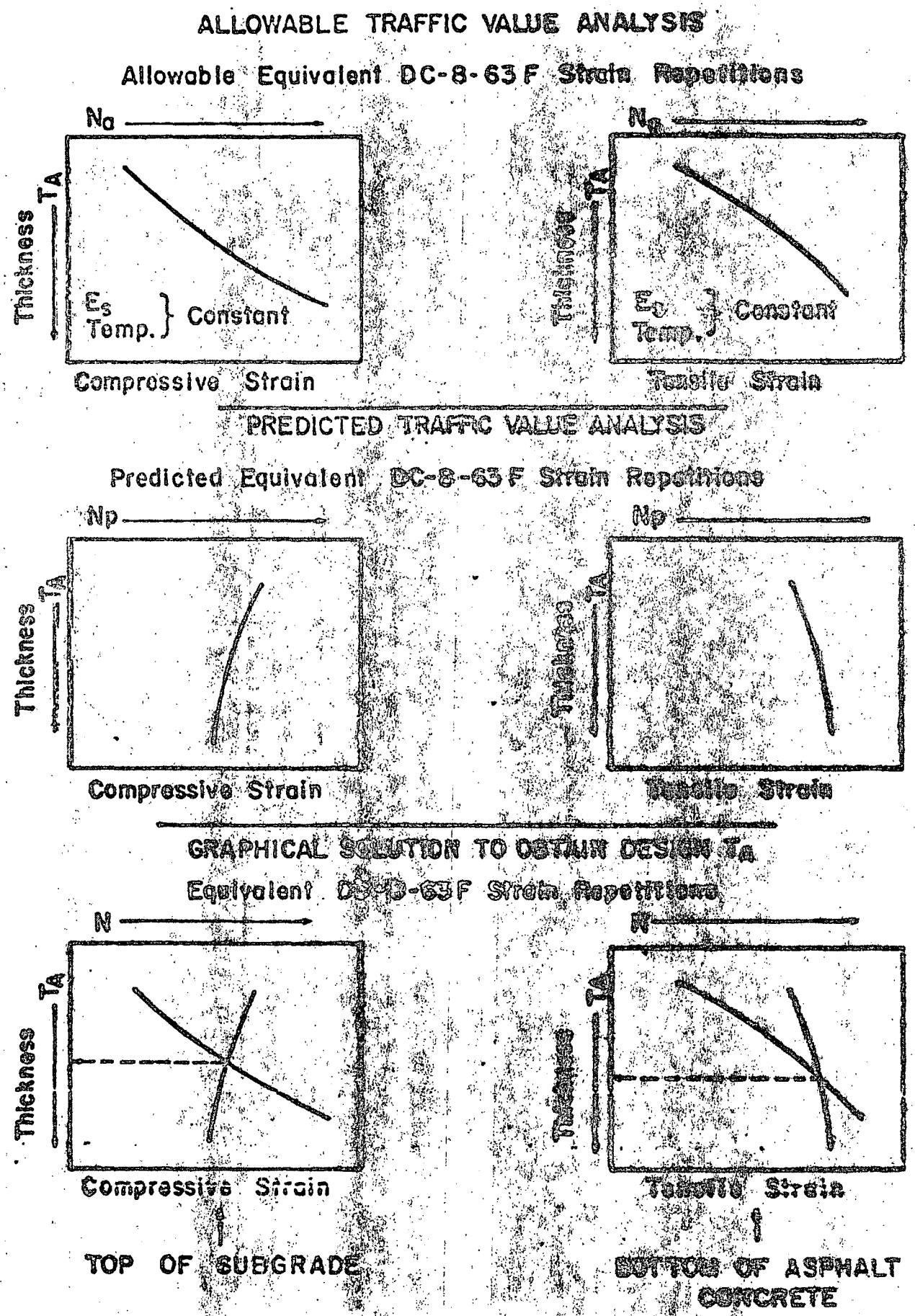


Figure V-2—Steps used to determine design thickness

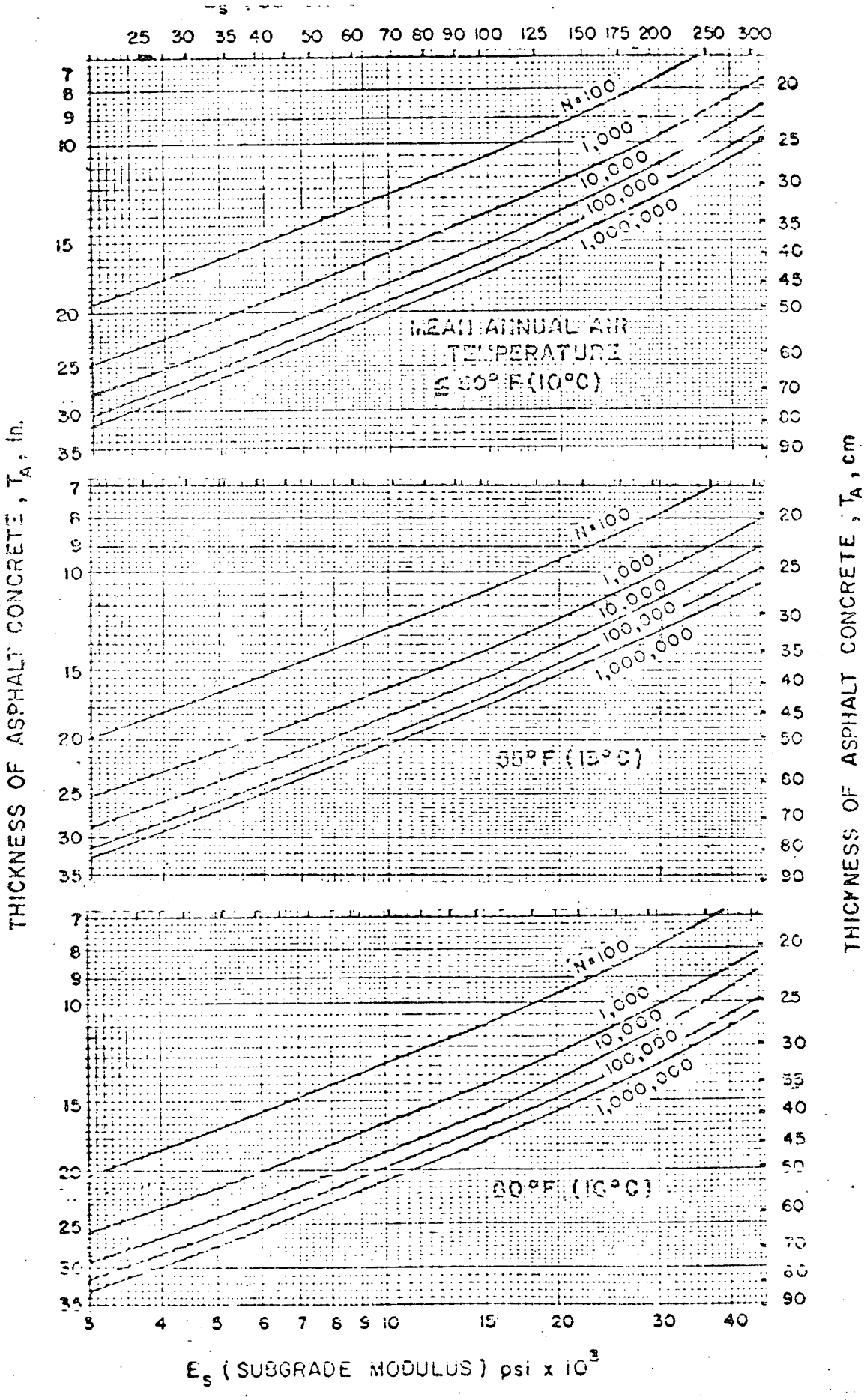


Figure V-3—Pavement thickness to limit subgrade vertical compressive strain, ϵ_c, under DC-8-63F load repetitions for different environments

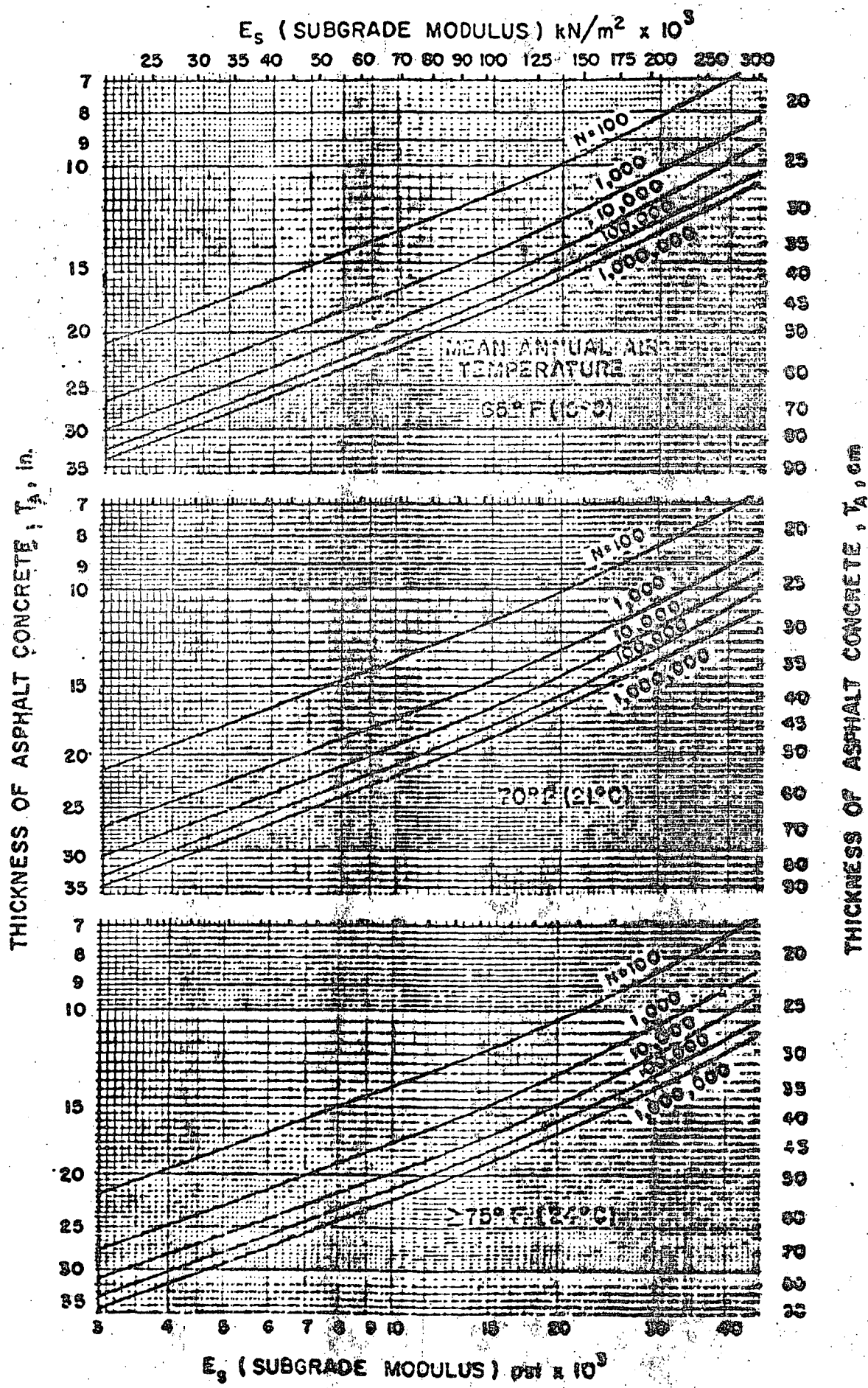


Figure V-3 (continued)—Pavement thickness to limit subgrade vertical compressive strain, ϵ_v, under DC-8-63F load repetitions for different environments.

TRAFFIC FORECAST WORKSHEET

Critical Design Location (taxiway) Movements, 5-year Periods

	0-5		5-10		10-15		15-20	
Aircraft	Col. A	Col. B	Col. A	Col. B	Col. A	Col. B	Col. A	Col. B
1. B-707-320C	7,300	7,300	21,900	29,200	43,800	73,000	73,000	146,000
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								

Col. A = Estimated number of movements for each aircraft type within the 5-year period indicated.
Col. B = Cumulated number of movements for each aircraft type through maximum time period indicated.

NOTE : Record cumulated number of movements for each aircraft type (Col. B) for the selected design period on Aircraft Worksheet No. 2.

Figure V-5—Aircraft Traffic Worksheet No. 1

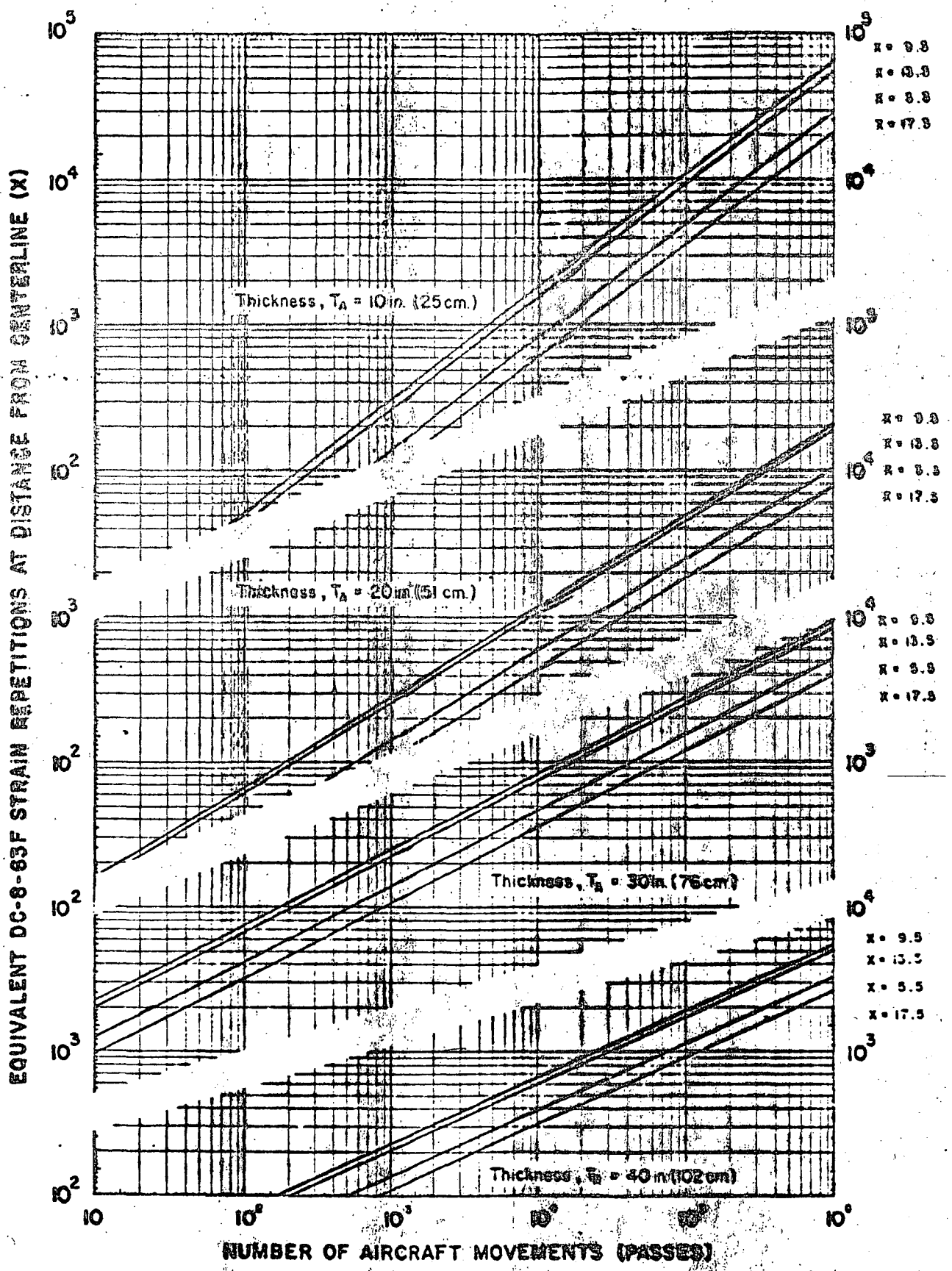
NUMBER OF EQUIVALENT DC-8-63F STRAIN REPETITIONS

TYPE OF STRAIN: ϵ_c DESIGN PERIOD 20 YEARS

AIRCRAFT	MOVEMENTS IN DESIGN PERIOD	DISTANCE FROM CENTERLINE				
		5.5 ft (1.7m)	9.5 ft (2.9m)	13.5 ft (4.1m)	17.5 ft (5.3m)	21.5 ft (6.6m)
THICKNESS, T_A = 10 in. (25 cm)						
1. B-707-320C	146,000	6,500	15,000	12,000	4,700	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		6,500	15,000	12,000	4,700	—
THICKNESS, T_A = 20 in. (51 cm)						
1. B-707-320C	146,000	3,100	6,100	5,500	2,200	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		3,100	6,100	5,500	2,200	—
THICKNESS, T_A = 30 in. (76 cm)						
1. B-707-320C	146,000	1,800	3,400	3,000	1,400	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		1,800	3,400	3,000	1,400	—
THICKNESS, T_A = 40 in. (102 cm)						
1. B-707-320C	146,000	1,300	2,200	2,000	1,100	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		1,300	2,200	2,000	1,100	—

NOTE: Circle the maximum sum for each thickness. Each circled number and its corresponding thickness is used to plot one point of the Actual Traffic Value Curve.

Figure V-6—Aircraft Traffic Worksheet No. 2. Subgrade vertical compressive strain, ϵ_c



AIRCRAFT: B-707-320 C STRAIN CRITERION: ϵ_c

Figure X-6

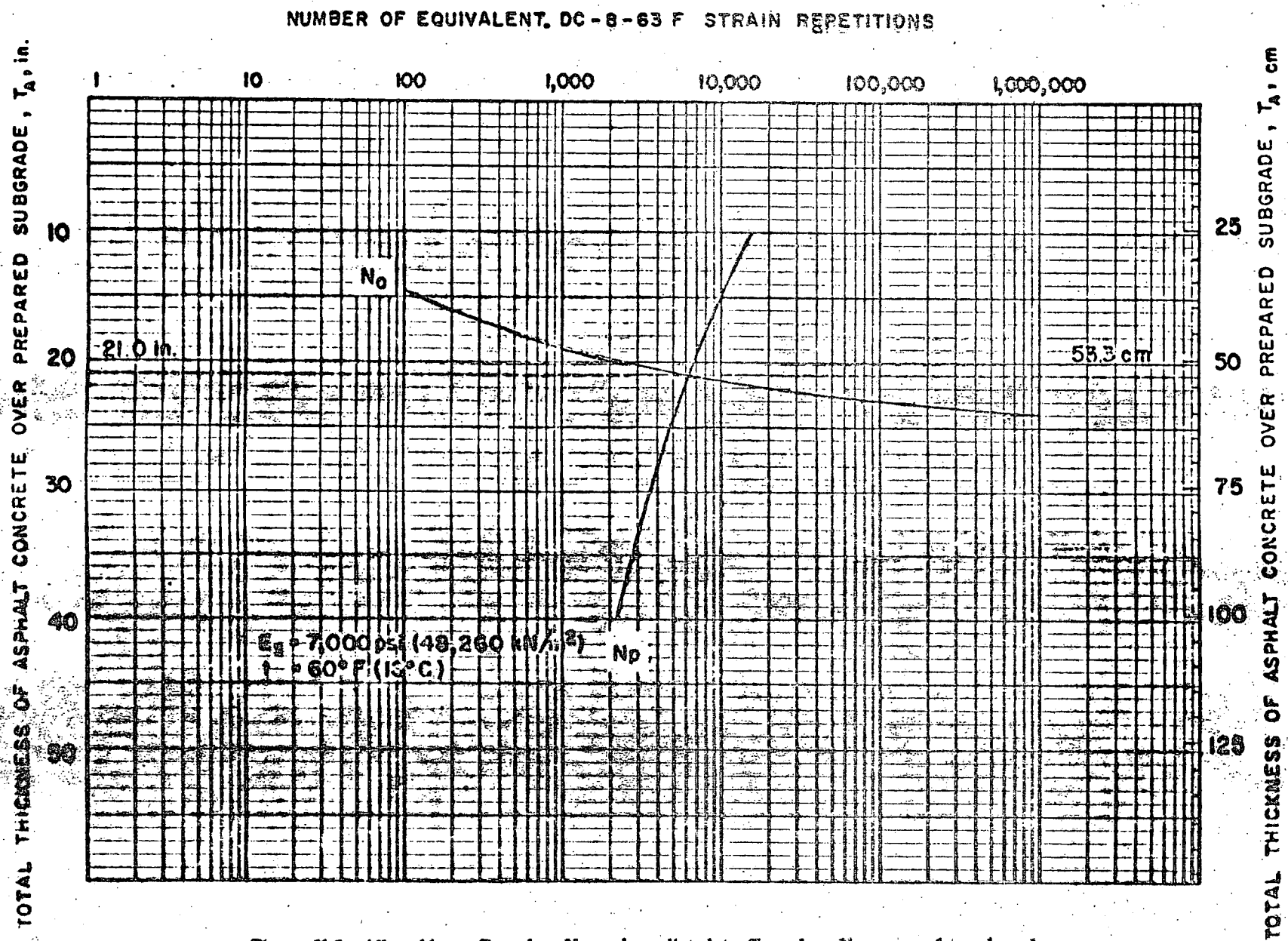


Figure V-7—Allowable traffic value, N_a, and predicted traffic value, N_p curves for subgrade vertical compressive strain, ϵ_c

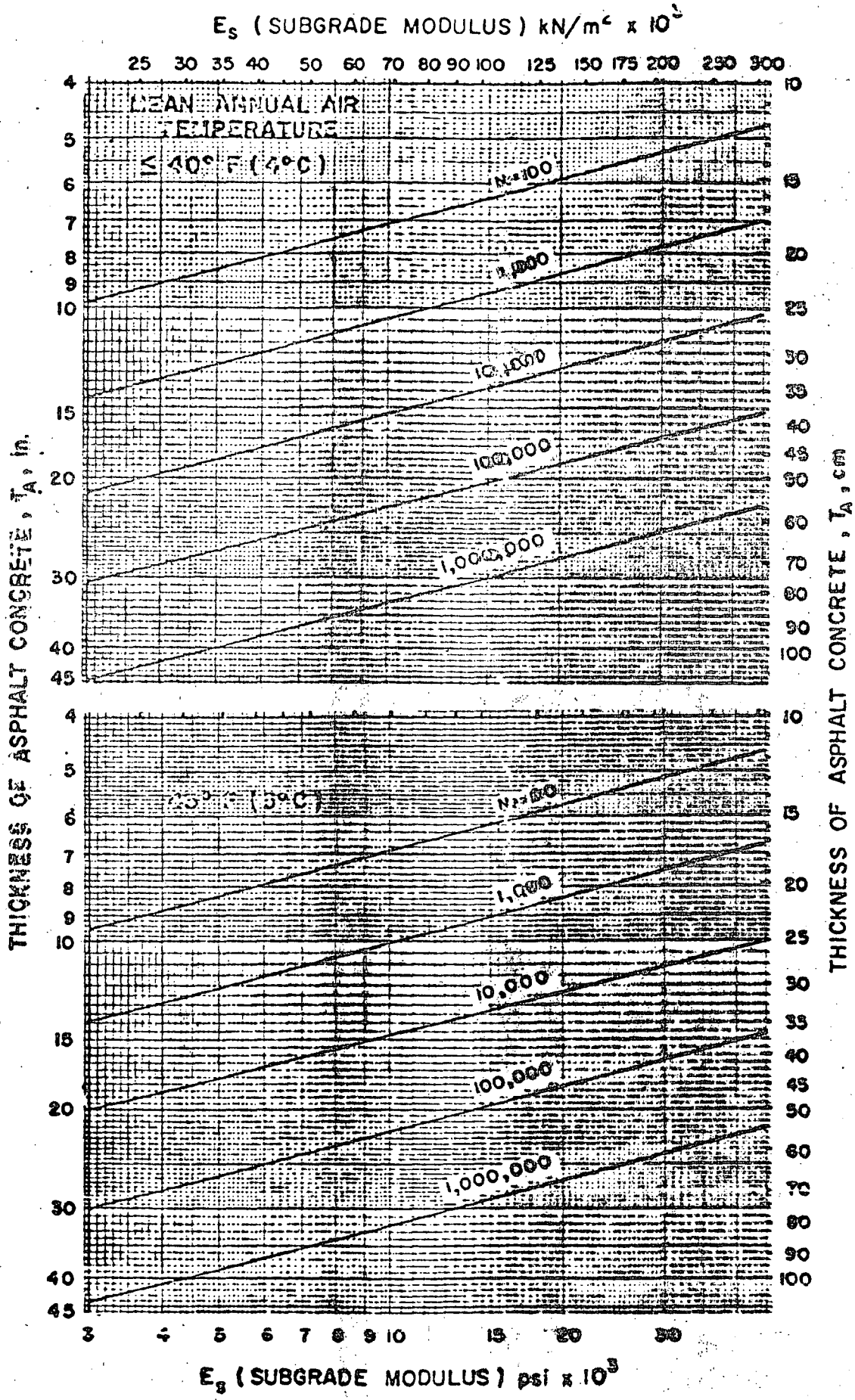


Figure V-4—Pavement thickness to limit asphalt concrete horizontal tensile strain, ϵ_t, under DC-8-63F load repetitions for different environments

— (Figure continued on pages 24 and 25)

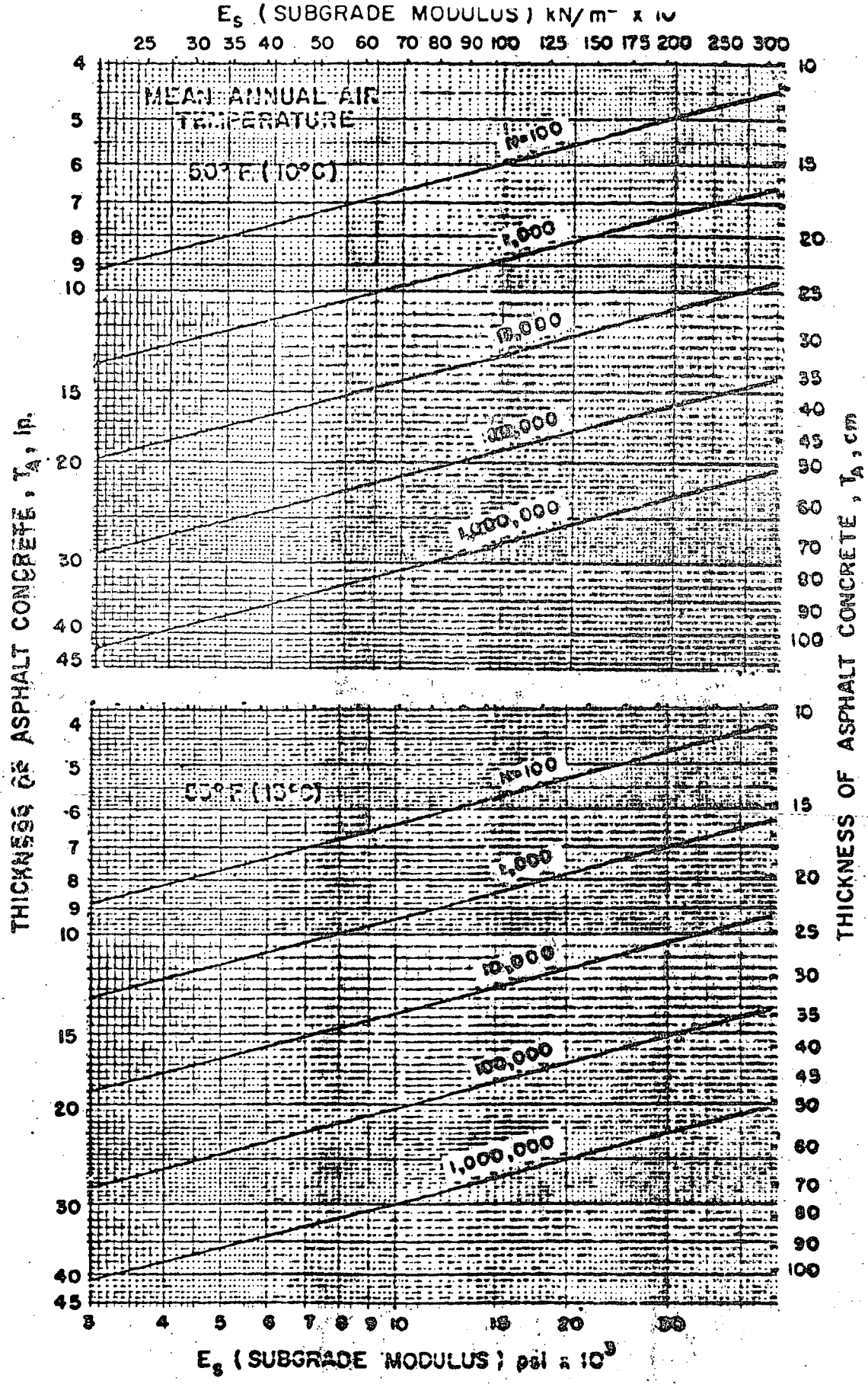


Figure V-4 (continued from page 23)—Pavement thickness to limit asphalt concrete horizontal tensile strain, ϵ_t, under DC-8-63F load repetitions for different environments (continued on page 25)

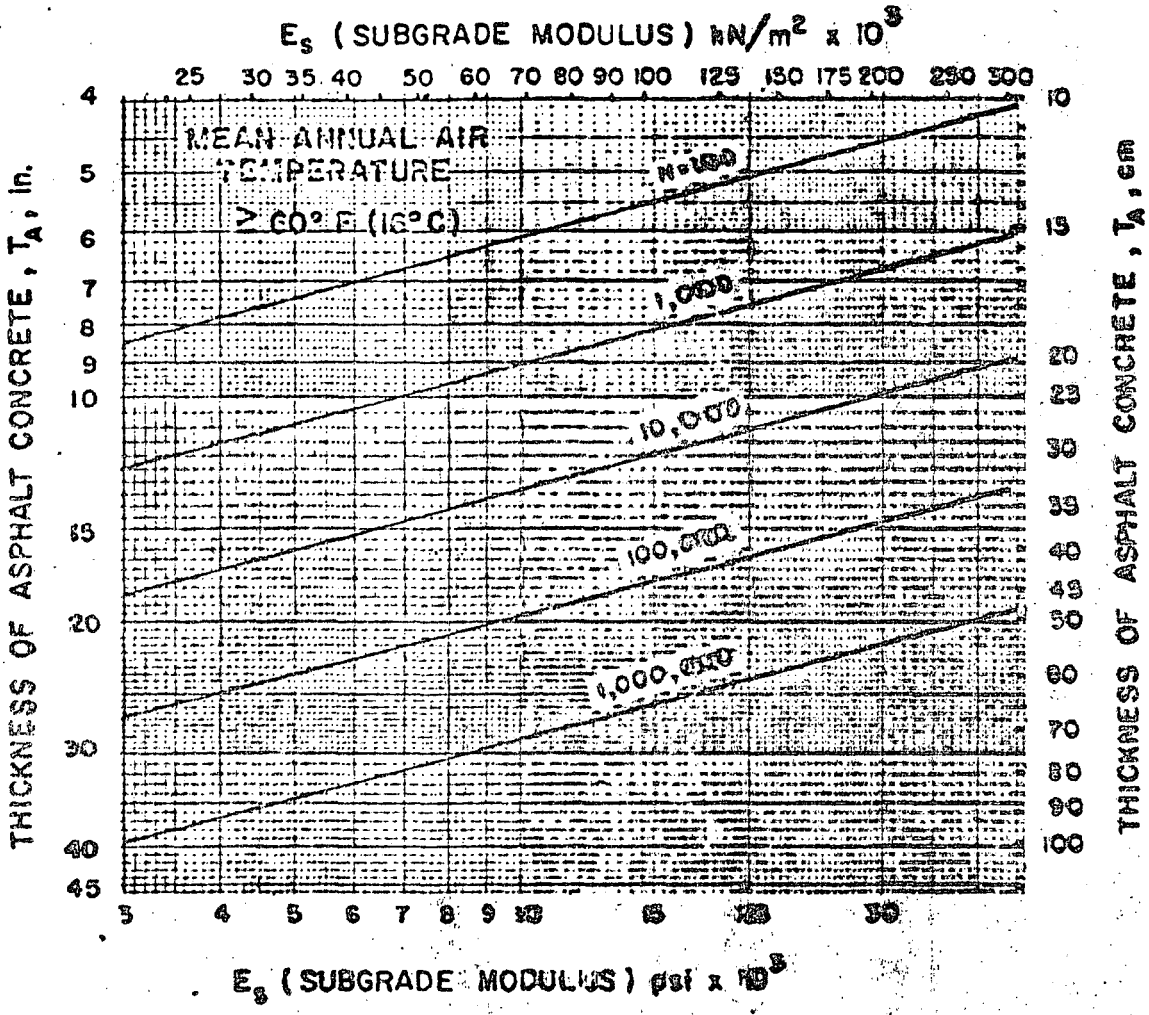


Figure V-4 (continued from pages 23 and 24)—Pavement thickness to limit asphalt concrete horizontal tensile strain, ϵ_t, under DC-8-63F load repetitions for different environments

6. Using the proper chart, record on Worksheet No. 2, for each distance-from-centerline, x, the equivalent DC-8-63F strain repetitions determined from the number of movements recorded on the worksheet for the aircraft in question.
7. Repeat Steps 5 and 6 for each aircraft shown on the worksheet.
8. Determine and record on Aircraft Traffic Worksheet No. 2, for each thickness, the *sum* of the equivalent DC-8-63F strain repetitions at each distance-from-centerline.
9. Circle the maximum sum for each thickness, T_A, (see Figure V-6).
10. For each type of strain and design period, plot on the same semilogarithmic graph paper on which was plotted the Allowable Traffic Value, N_a, curve the maximum values for each assumed thickness, T_A. (An arithmetic T_A vs. logarithmic N_p plot is recommended.) This curve represents the solution for the desired Predicted Traffic Value, N_p, for one type of strain. See Figure V-7.
11. Repeat Steps 3 through 10 for the other type of strain. See Figures V-8 and V-9.

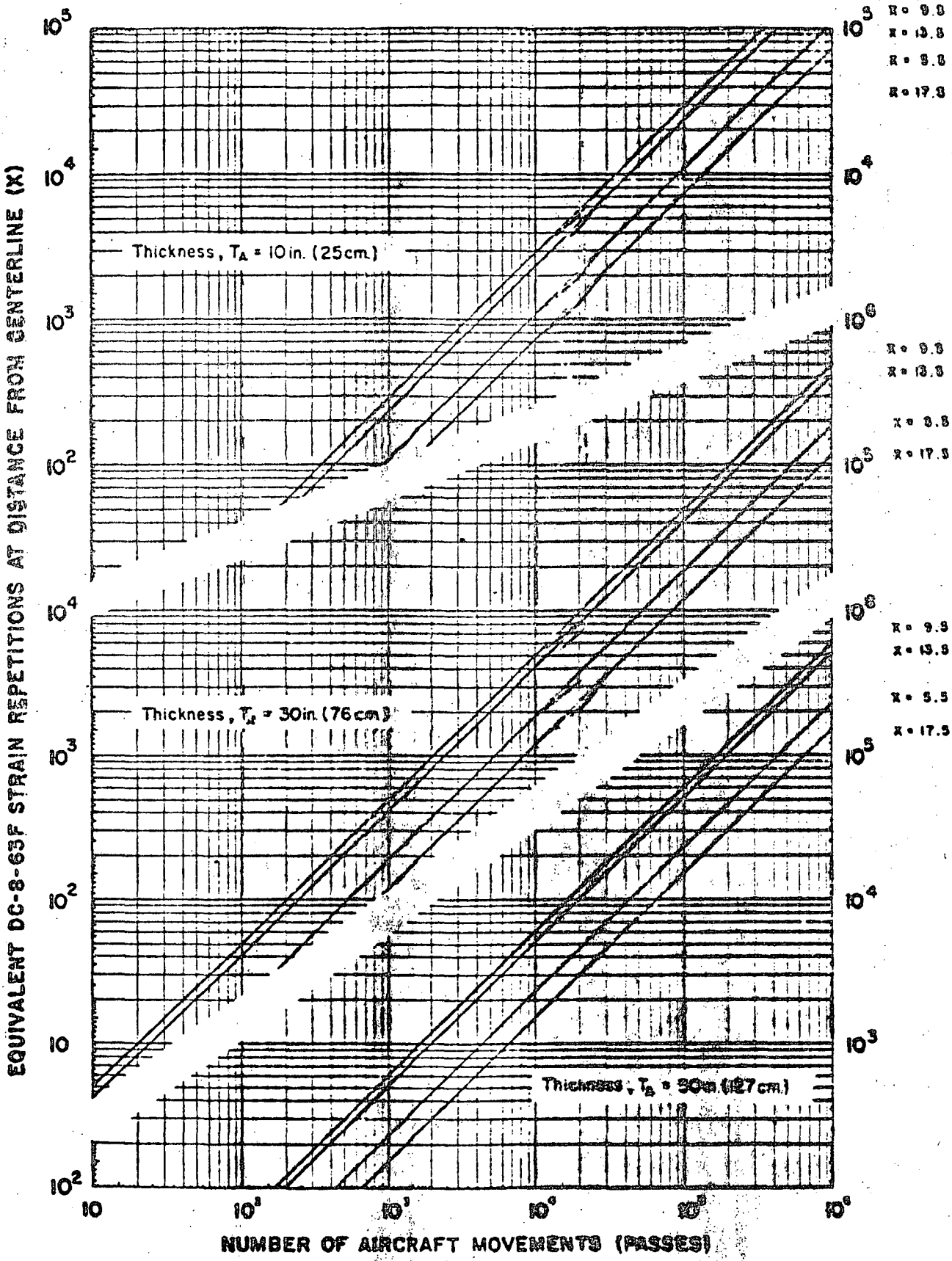
NUMBER OF EQUIVALENT DC-8-63F STRAIN REPETITIONS

TYPE OF STRAIN: ϵ_t DESIGN PERIOD 20 YEARS

AIRCRAFT	MOVEMENTS IN DESIGN PERIOD	DISTANCE FROM CENTERLINE				
		5.5 ft (1.7m)	9.5 ft (2.9m)	13.5 ft (4.1m)	17.5 ft (5.3m)	21.5 ft (6.6m)
THICKNESS, T_A = 10 in. (25 cm)						
1. B-707-320 C	146,000	17,000	44,000	36,000	11,000	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		17,000	144,000	36,000	11,000	—
THICKNESS, T_A = 30 in. (76 cm)						
1. B-707-320 C	146,000	26,000	60,000	60,000	17,000	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		26,000	60,000	60,000	17,000	—
THICKNESS, T_A = 50 in. (127 cm)						
1. B-707-320 C	146,000	35,000	95,000	75,000	22,500	—
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM		35,000	95,000	75,000	22,500	—
THICKNESS, T_A = in. (cm)						
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
SUM						

NOTE: Circle the maximum sum for each thickness. Each circled number and its corresponding thickness is used to plot one point of the Actual Traffic Value Curve.

Figure V-8—Aircraft Traffic Worksheet No. 2. Asphalt concrete horizontal tensile strain, ϵ_t



AIRCRAFT: B-707-320 C STRAIN CRITERION: ϵ_1

Figure X-33

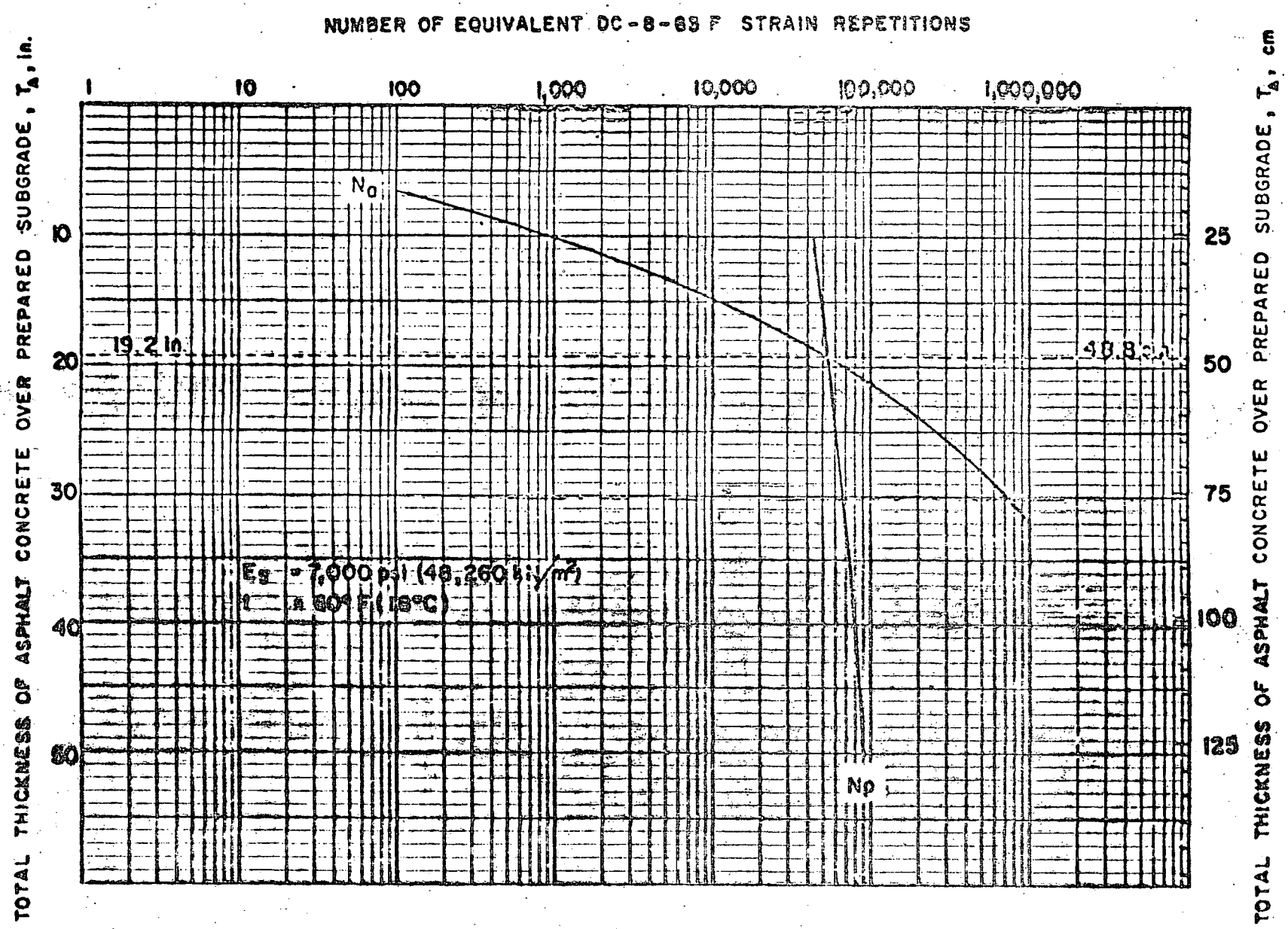


Figure V-9—Allowable traffic value, N_a, and predicted traffic value, N_p, curves for asphalt concrete horizontal tensile strain, ϵ_t

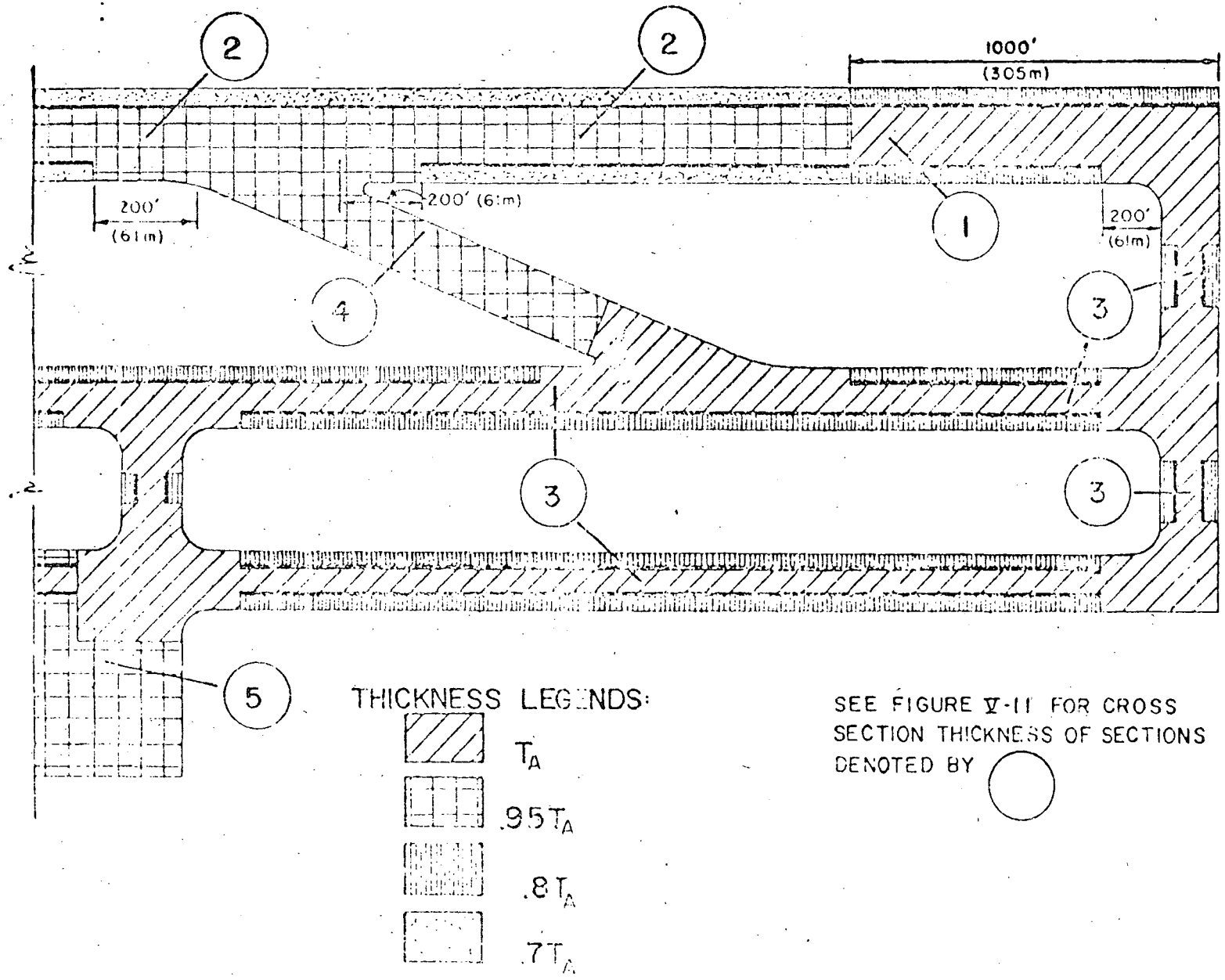


Figure V-10—Airport pavement thickness areas

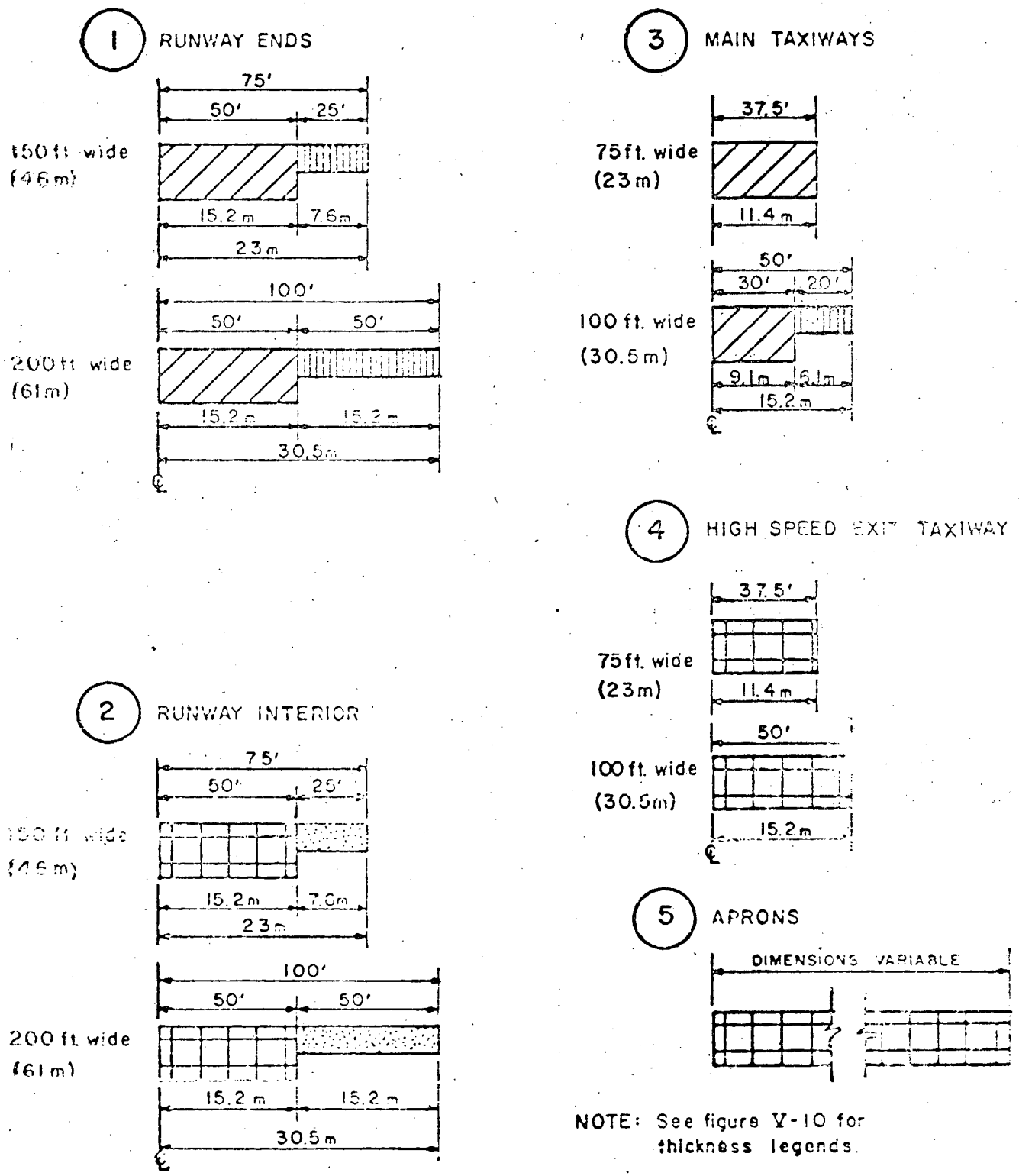


Figure V-11—Pavement area cross sections

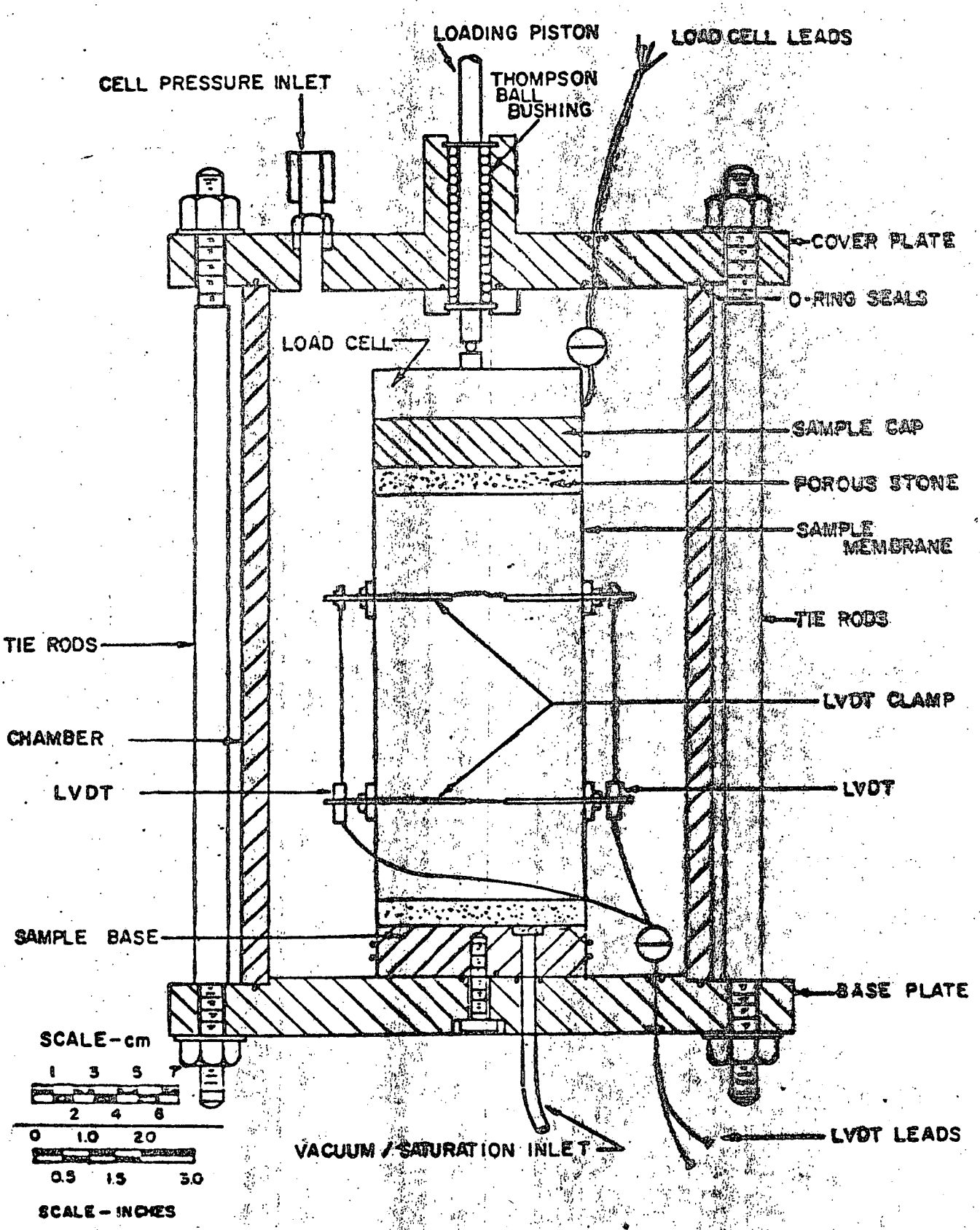


Figure C-1—Apparatus for resilient modulus testing of soil

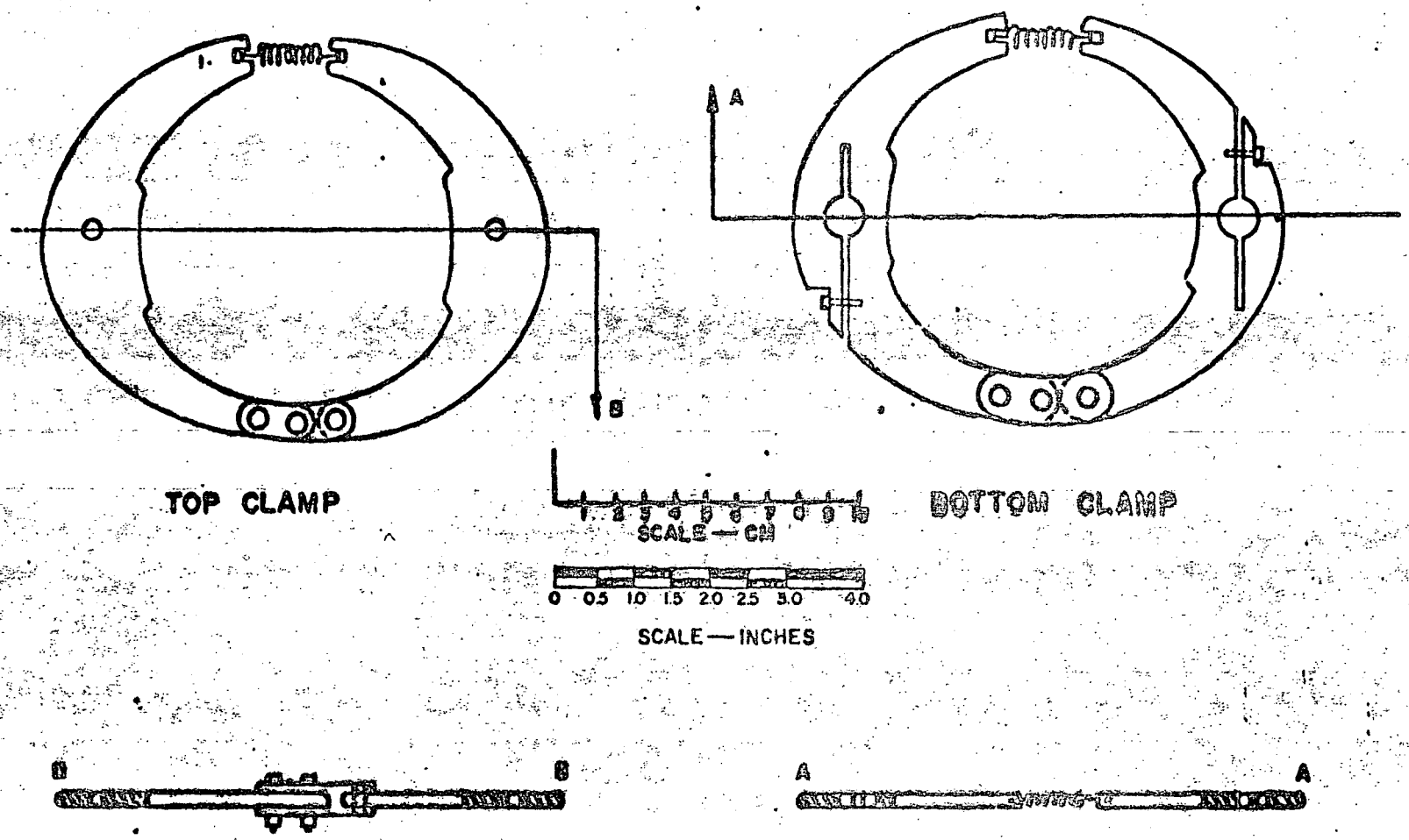


Figure C-8—LVDT holders

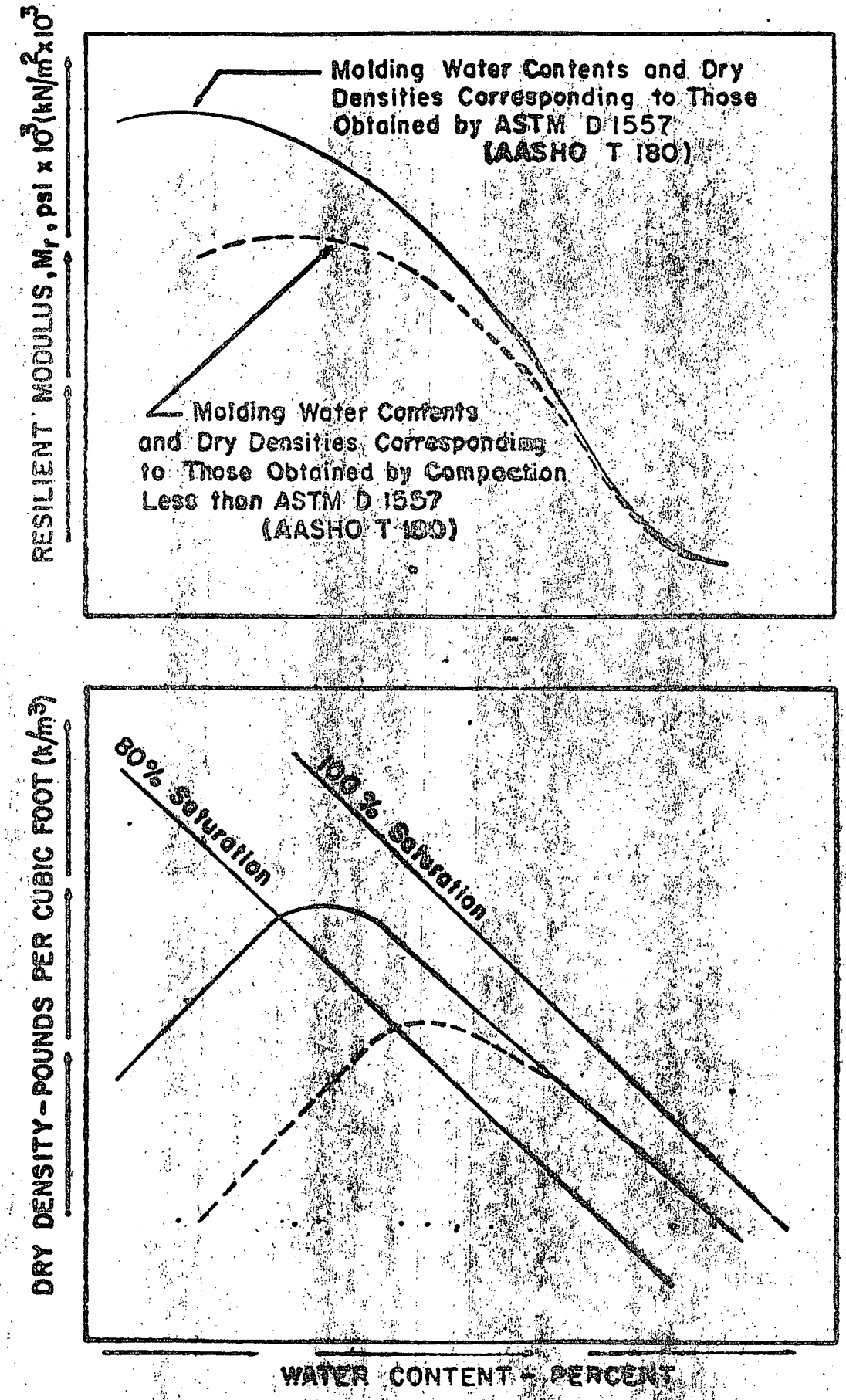
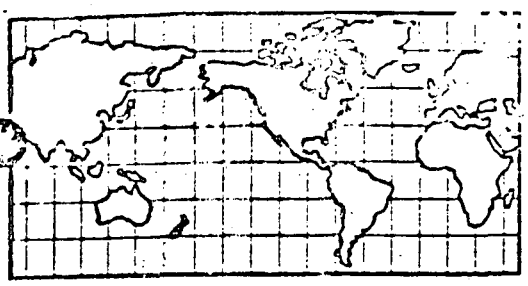
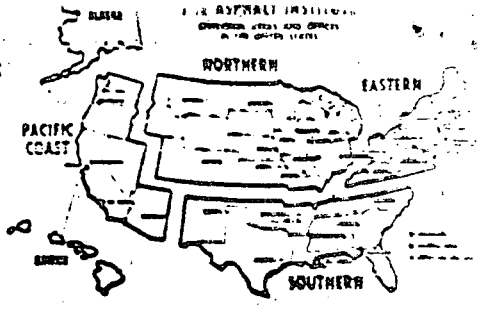


Figure C-3—Presentation of resilient modulus



THE ASPHALT INSTITUTE

EXECUTIVE OFFICES AND RESEARCH CENTER
Asphalt Institute Building
College Park, Maryland 20740



MEMBERS OF THE ASPHALT INSTITUTE (As of November 1, 1972)

The Asphalt Institute is an international, nonprofit association sponsored by members of the petroleum asphalt industry to serve both users and producers of asphaltic material, through programs of engineering service, research and education. Membership is limited to refiners of asphalt from crude petroleum.

Institute members provide quality products and advocate quality construction and timely maintenance. A total of 49 Members have headquarters offices in:

United States	33	Europe	[illegible]
Canada	8	Middle East	[illegible]

ALLIED MATERIALS CORPORATION, Oklahoma City
AMERICAN OIL COMPANY, Chicago
APCO OIL CORPORATION, Oklahoma City
ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A., Madrid, Spain
ASHLAND OIL, INC., Ashland, Kentucky
ATLANTIC RICHFIELD COMPANY, Los Angeles
BP OIL LIMITED, Montreal, Quebec, Canada
BRITISH PETROLEUM COMPANY, LTD., London, England
BYERLYTE COMPANY OF KOPPERS COMPANY, INC., Pittsburgh
CAPLIN PETROLEUM COMPANY, Fort Worth, Texas
CHEVRON ASPHALT COMPANY, San Francisco and Baltimore
CHEVRON OIL EUROPE, INC., Brussels, Belgium
COMPANIA ESPAÑOLA DE PETROLEOS, S.A., Madrid, Spain
CONTINENTAL OIL COMPANY, Houston
DOUGLAS OIL COMPANY OF CALIFORNIA, Los Angeles
EDDINGTON OIL COMPANY, Long Beach, California
EXXON COMPANY, U.S.A., Houston
EXXON CORPORATION, New York
FARMERS UNION CENTRAL EXCHANGE, INC., Laurel, Montana
GULF OIL CANADA LIMITED, Toronto, Ontario, Canada
HUNT OIL COMPANY, Dallas
HUSKY OIL COMPANY, Cody, Wyoming
HUSKY OIL OPERATIONS LTD., Calgary, Alberta, Canada
IMPERIAL OIL LIMITED, Toronto, Ontario, Canada
KERR-McGEE CORPORATION, Oklahoma City
KOCH REFINING COMPANY, Minneapolis
LION OIL COMPANY, El Dorado, Arkansas
MARATHON OIL COMPANY, Findlay, Ohio
MOBIL OIL CORPORATION, New York
MOBIL OIL CORPORATION, International Division—New York
MURPHY OIL CORPORATION, El Dorado, Arkansas
NESTE OY, Helsinki, Finland
NEWHALL REFINING CO., INC., Newhall, California
A. B. NYNAS-PETROLEUM, Nynashamn, Sweden
PAZ OIL COMPANY LIMITED, Haifa, Israel
PETROFINA CANADA LTD., Montreal, Quebec, Canada
PHILLIPS PETROLEUM COMPANY, Bartlesville, Oklahoma
SEMINOLE ASPHALT REFINING, INC., St. Marks, Florida
SHELL CANADA LIMITED, Toronto, Ontario, Canada
SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM COMPANY, LTD., London, England
SHELL OIL COMPANY, Houston
SOUTHLAND OIL COMPANY, Yazoo City, Mississippi
STANDARD OIL COMPANY OF BRITISH COLUMBIA LTD., Vancouver, B.C., Canada
THE STANDARD OIL COMPANY (An Ohio Corporation), Cleveland
TOTAL LEONARD, INC., Alma, Michigan
UNION OIL COMPANY OF CALIFORNIA, Los Angeles
UNION OIL COMPANY OF CANADA LIMITED, Calgary, Alberta, Canada
U.S. OIL AND REFINING COMPANY, Los Angeles
WITCO CHEMICAL CORPORATION, Golden Bear Division—Los Angeles; Pioneer Division—New York

ASPHALT INSTITUTE ENGINEERING OFFICES (As of November 1, 1972)

EASTERN DIVISION

WASHINGTON, D.C. 20014—4700 Bethesda Ave., Connecticut, Delaware, District of Columbia, Kentucky, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Ohio, Pennsylvania, Rhode Island, Vermont, Virginia, West Virginia
NEW YORK, N. Y.—(Address: 20 Evergreen Place, East Orange, N. J. 07018), New York City, Westchester Co., Long Island, New Jersey
ALBANY, N. Y. 12203—50 Colvin Ave., New York State (except New York City, Westchester Co. and Long Island)
SYRACUSE, N. Y. 13202—1004 James St., Northwestern Mutual Ins. Bldg., Western New York
BOSTON, MASS.—(Address: 2001 Worth Ave., Wakefield 01880), Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island, Vermont
HARRISBURG, PA. 17102—800 S. Second St., Pennsylvania
COLUMBUS, OHIO 43215—50 W. Broad St., Ohio
LOUISVILLE, KY. 40207—4050 Westport Rd., Kentucky, West Virginia
RICHMOND, VA. 23219—Travelers Bldg., Maryland, Virginia

SOUTHERN DIVISION

NEW ORLEANS, LA. 70130—John Hancock Bldg., Alabama, Arkansas, Florida, Georgia, Louisiana, Mississippi, New Mexico, North Carolina, Oklahoma, South Carolina, Tennessee, Texas
HOUSTON, TEXAS 77027—5100 West Loop South, Texas
OKLAHOMA CITY, OKLA. 73118—2525 North Hudson, Oklahoma, Northern Texas
NORTH LITTLE ROCK, ARK. 72116—P.O. Box 4007 (5308 John F. Kennedy Blvd.), Arkansas, Northern Louisiana
SANTA FE, N. MEX. 87501—[illegible] Palace Ave., New Mexico, Western Texas
MONTGOMERY, ALA. 36104—[illegible] Commerce St., Alabama, Tennessee
ATLANTA, GA. 30326—3384 Peachtree Road, Georgia
TALLAHASSEE, FLA. 32304—2025 Greenwood Dr., Florida
RALEIGH, N. C. 27605—[illegible] St., North Carolina, South Carolina

NORTHERN DIVISION

CHICAGO, ILL. 60655—4950 N. Harlem Ave., Colorado, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Michigan, Minnesota, Missouri, Montana, Nebraska, North Dakota, South Dakota, Utah, Wisconsin, Wyoming
SPRINGFIELD, ILL. 62703—2604 S. Sixth St., Illinois (except Chicago), St. Louis County, Mo.
INDIANAPOLIS, IND. 46250—1010 E. 86th St., Indiana
EAST LANSING, MICH. 48823—1019 Trowbridge Road, Michigan
MADISON, WIS. 53711—4333 Nakoma Rd., Wisconsin
MINNEAPOLIS, MINN. 55422—6100 Golden Valley Rd., Minnesota
AMES, IOWA 50010—P.O. Box 575 (430 Fifth St.), Iowa
BISMARCK, N. DAK. 58501—208 N. First St., North Dakota, South Dakota
HELENA, MONTANA 59601—1212 Helena Ave., Idaho, Montana
KANSAS CITY, KAN.—(Address: 13001 West 95th St., Lenexa 66215), Kansas, Missouri (except St. Louis Co.)
JEFFERSON CITY, MO. 65101—1804 Southwest Blvd., Missouri (except St. Louis Co.)
OMAHA, NEBR. 68122—6001 Dodge St., Nebraska
DENVER, COLO. 80215—1401 Salisbury, Colorado, Utah, Wyoming

PACIFIC COAST DIVISION

BERKELEY, CALIF. 94710—810 University Ave., Alaska, Arizona, California, Hawaii, Nevada, Oregon, Washington
LOS ANGELES, CALIF.—(Address: 4201 Long Beach Blvd., Long Beach, 90807), Southern California
SACRAMENTO, CALIF. 95814—1107 9th St., Central and Northern California, Nevada
PHOENIX, ARIZ. 85016—3625 N. 16th St., Arizona
PORTLAND, ORE. 97225—4475 S.W. Scholls Ferry Rd., Oregon
OLYMPIA, WASH. 98501—120 Union Avenue Building, Alaska, Washington

Printed in U.S.A.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

M en I. CARLOS FERNANDEZ LOAIZA
Octubre 1978

CONVERSION CHART
AVERAGE DAILY TRAFFIC TO TRAFFIC INDEX

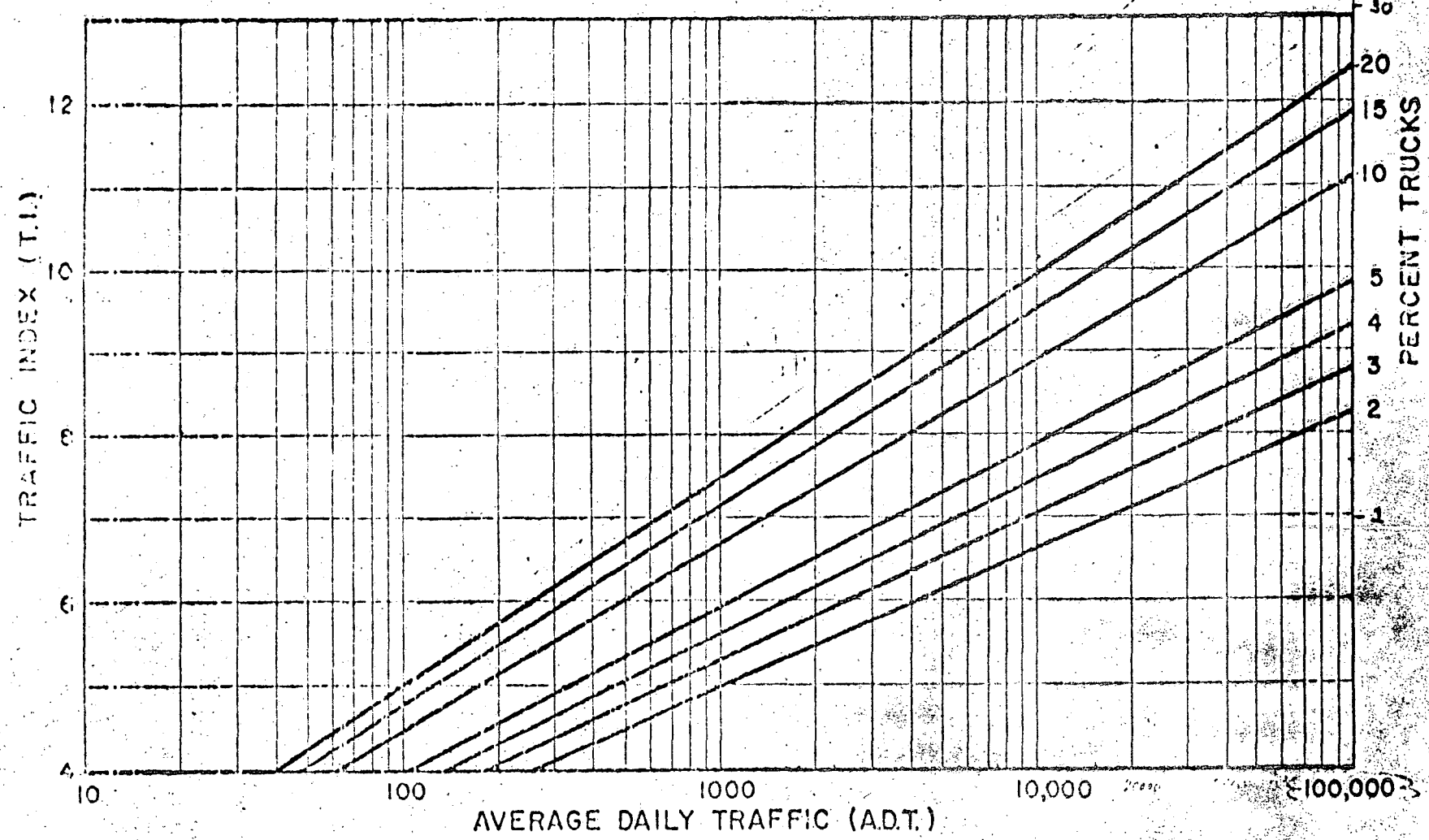
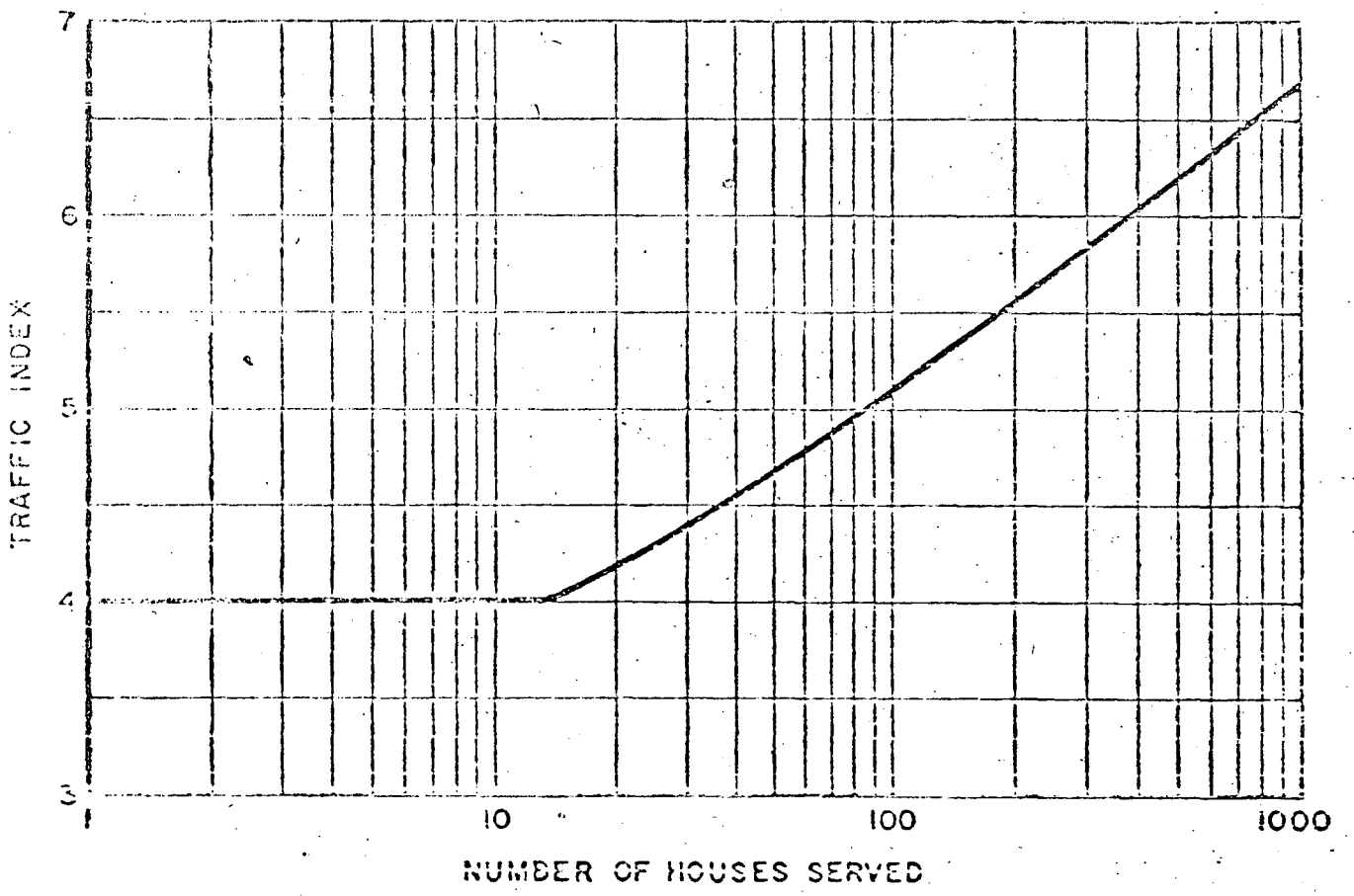


Figure 1

Figure 2

CHART FOR ESTIMATION OF TRAFFIC INDEX
USING A HOUSE COUNT



Notes: For use only within subdivisions for residential and residential collector streets.

Chart is based on a 10-year design life.

ESTIMATION OF R-VALUE USING SOIL CLASSIFICATION AND SAND EQUIVALENT

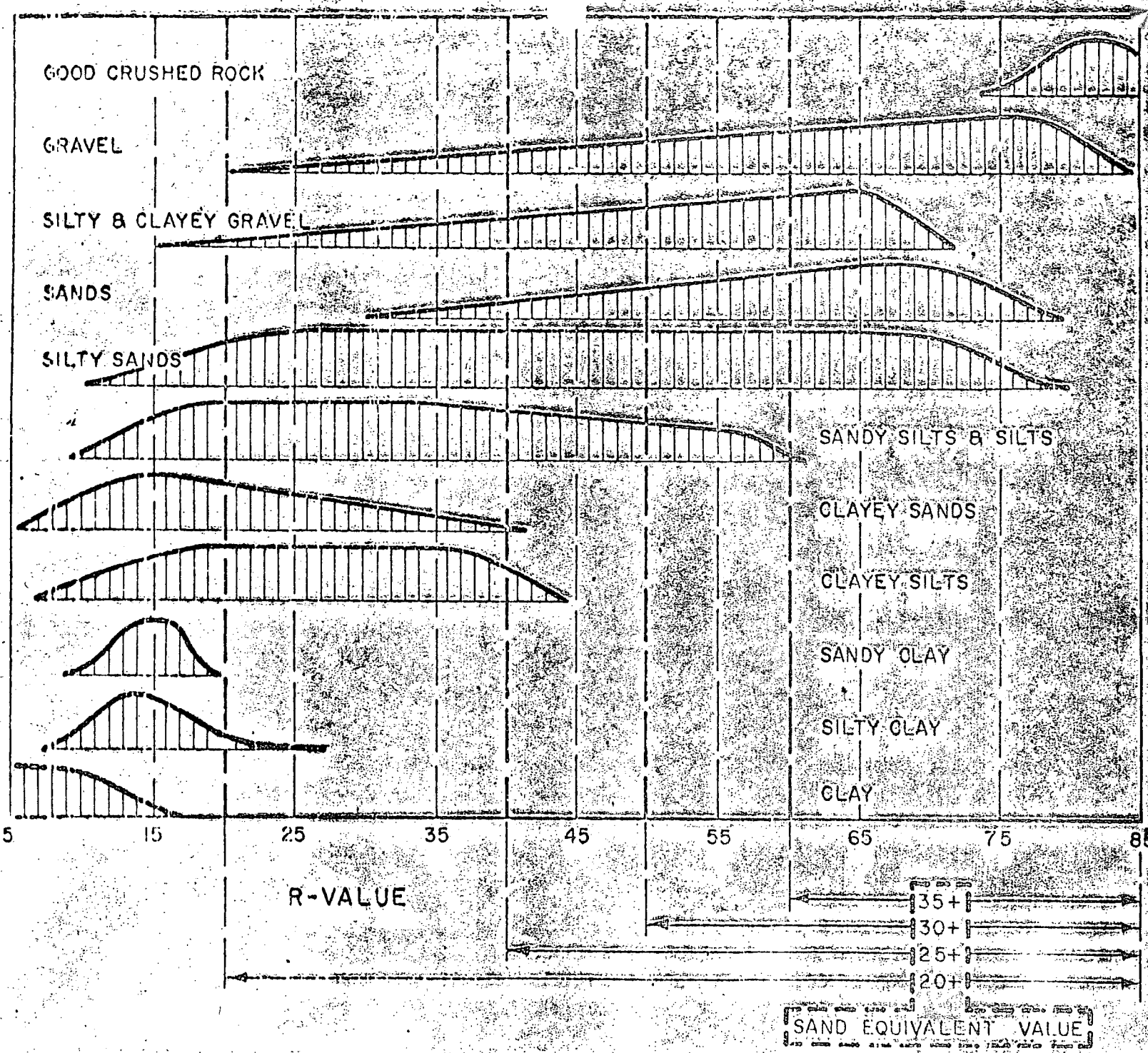


Figure 5

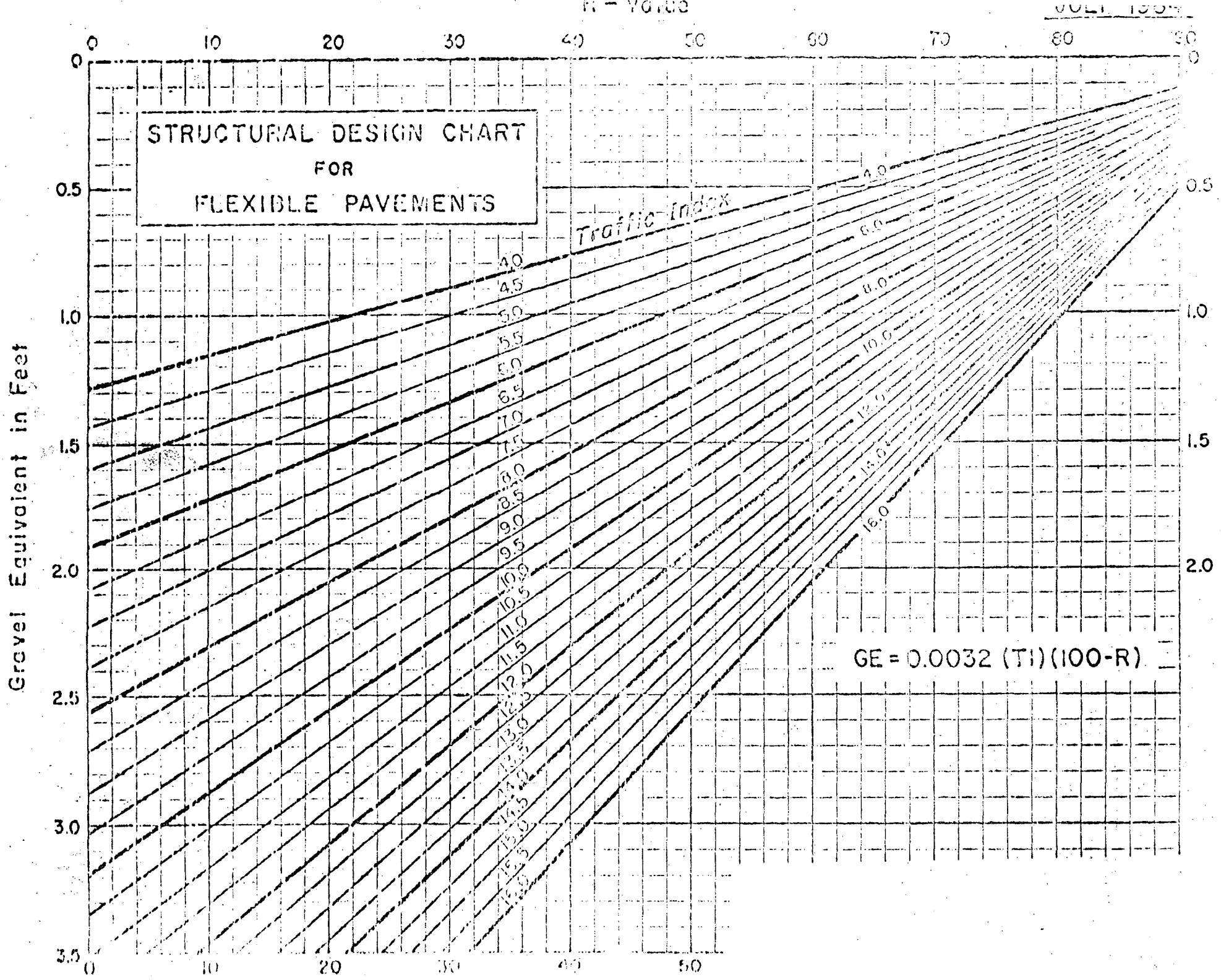
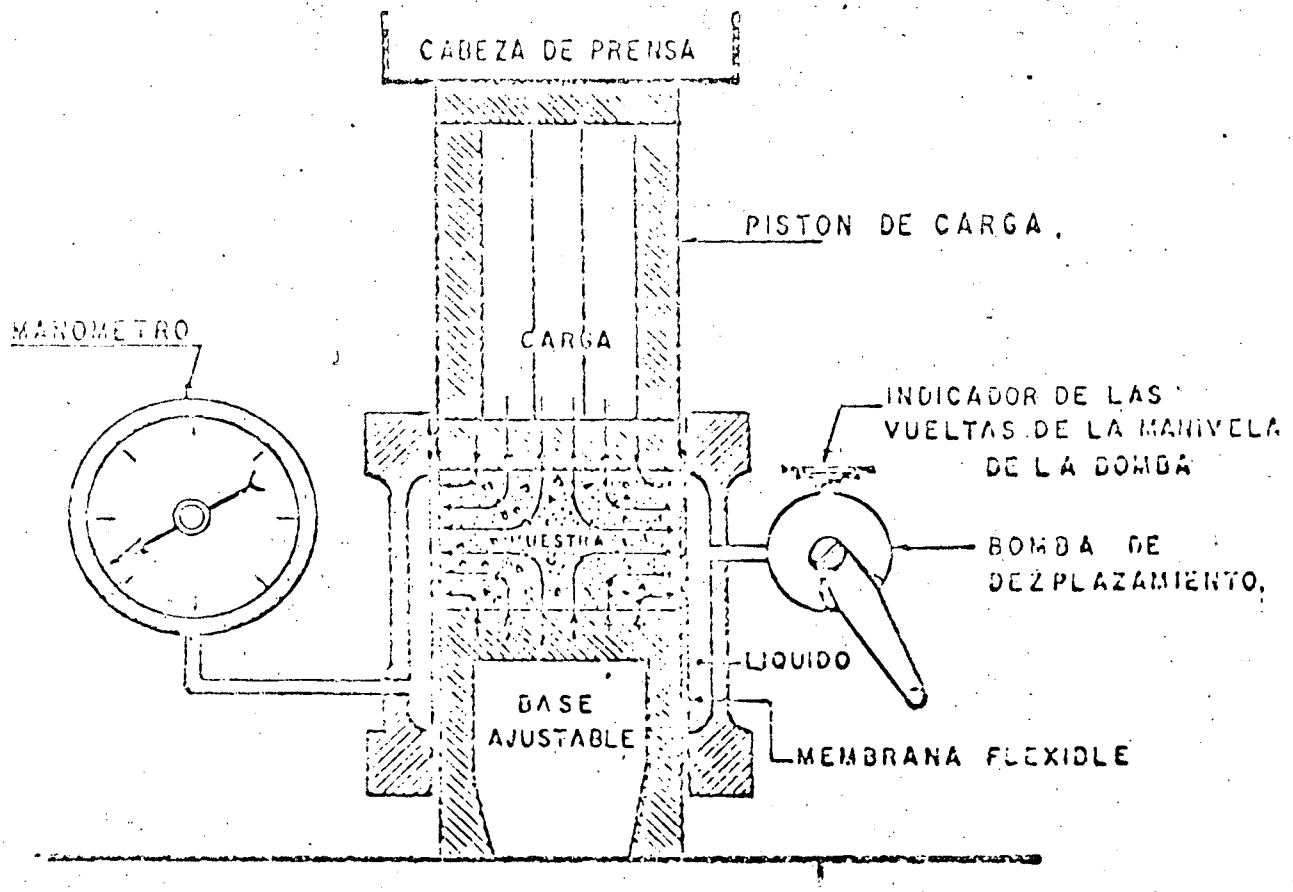
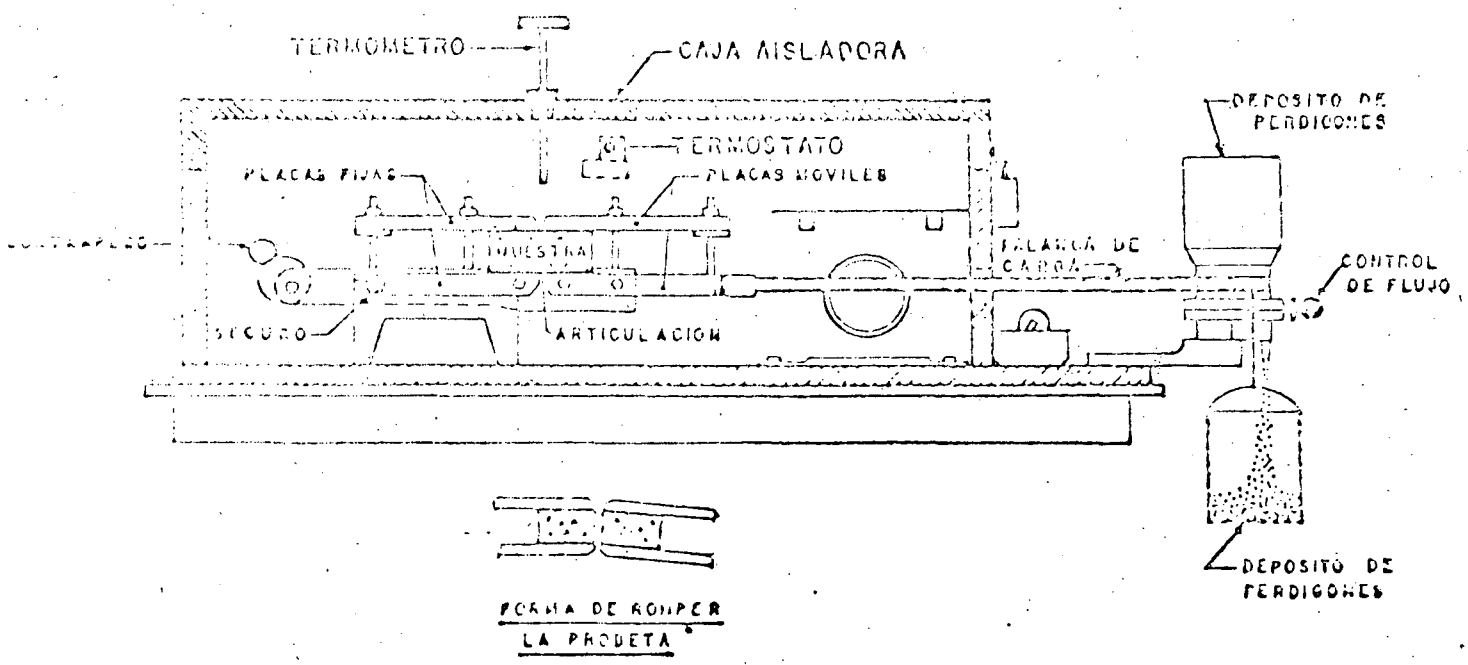

R - Value
STRUCTURAL DESIGN CHART
FOR
FLEXIBLE PAVEMENTS
Traffic Index
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
10.5
11.0
11.5
12.0
12.5
13.0
13.5
14.0
14.5
15.0
15.5
16.0
GE = 0.0032 (TI)(100-R)
Gravel Equivalent in Feet
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

Figure 7



ESQUEMA DEL ESTABILOMETRO DE HVEEM.

FIG. 55.



ESQUEMA DEL COHESIOMETRO DE HVEEM

FIG. Nº 58

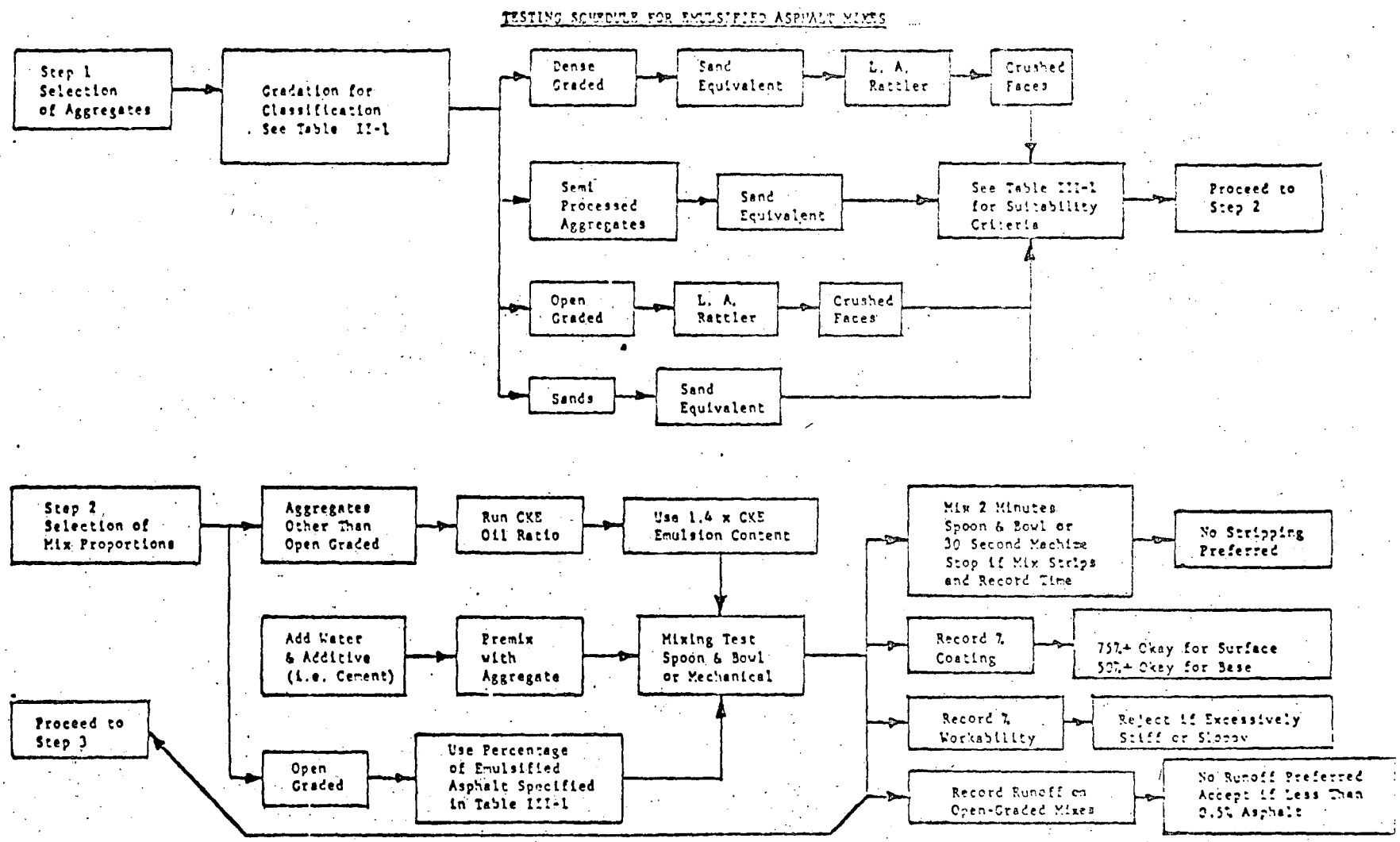
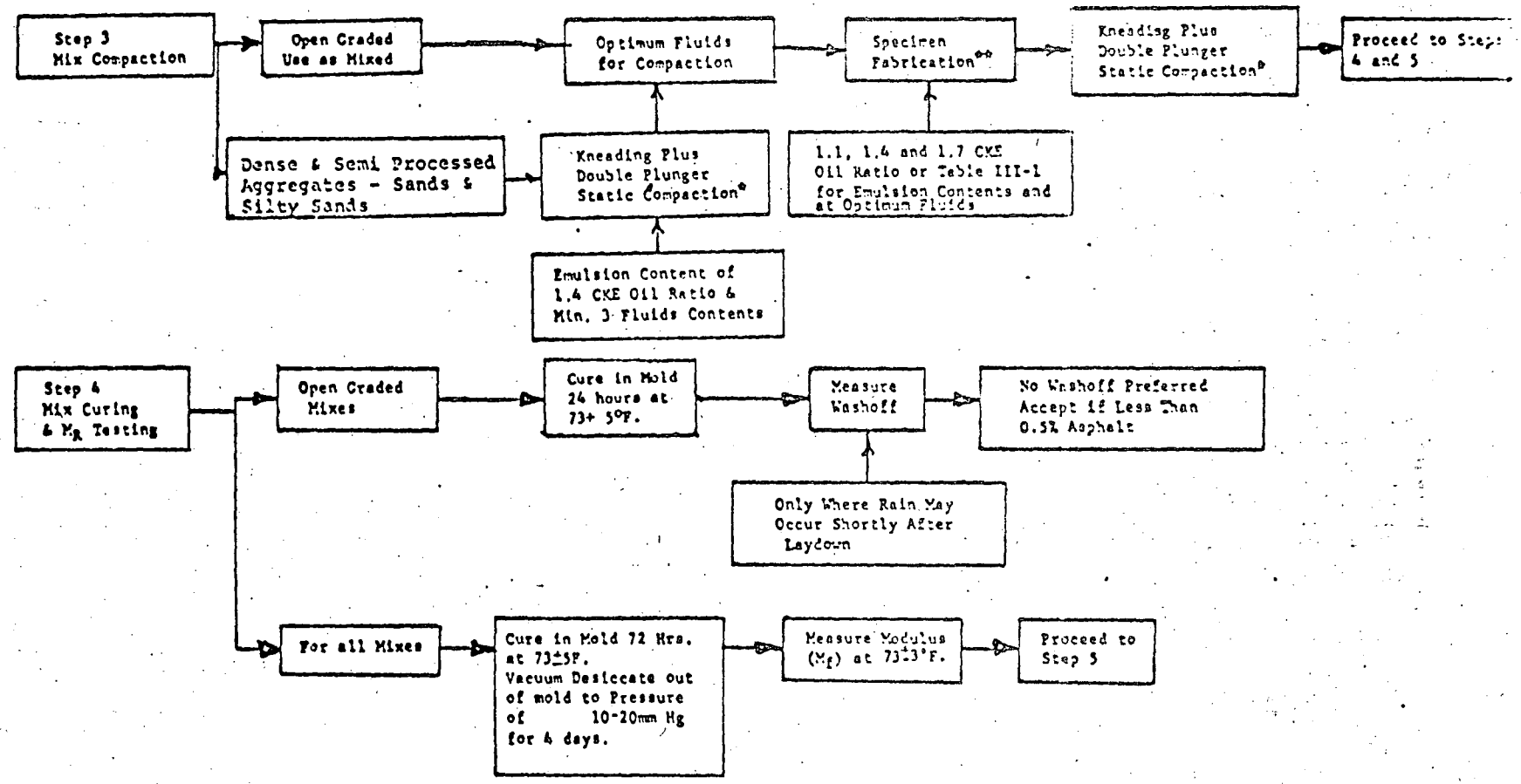


Figure III-1. Testing Schedule for Emulsified Asphalt Mixes



* Includes 10-50 blows (250 psi) kneading and up to 40,000 lb. double plunger.
** Two specimens prepared at each emulsified asphalt content for all mixes.

Figure III-1 (continued). Testing Schedule for Emulsified Asphalt Mixes

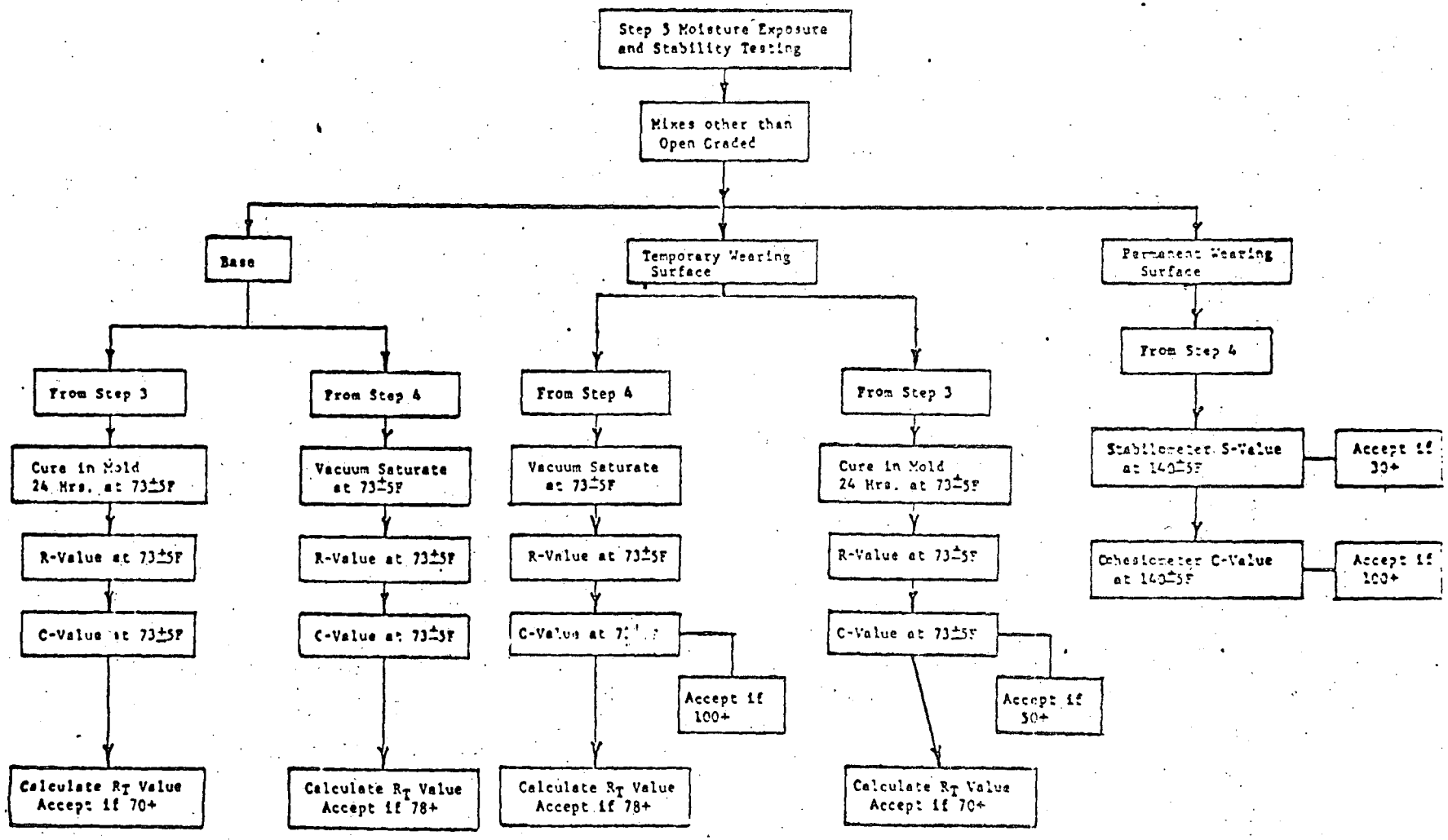


Figure III-1 (continued). Testing Schedule for Emulsified Asphalt Mixes

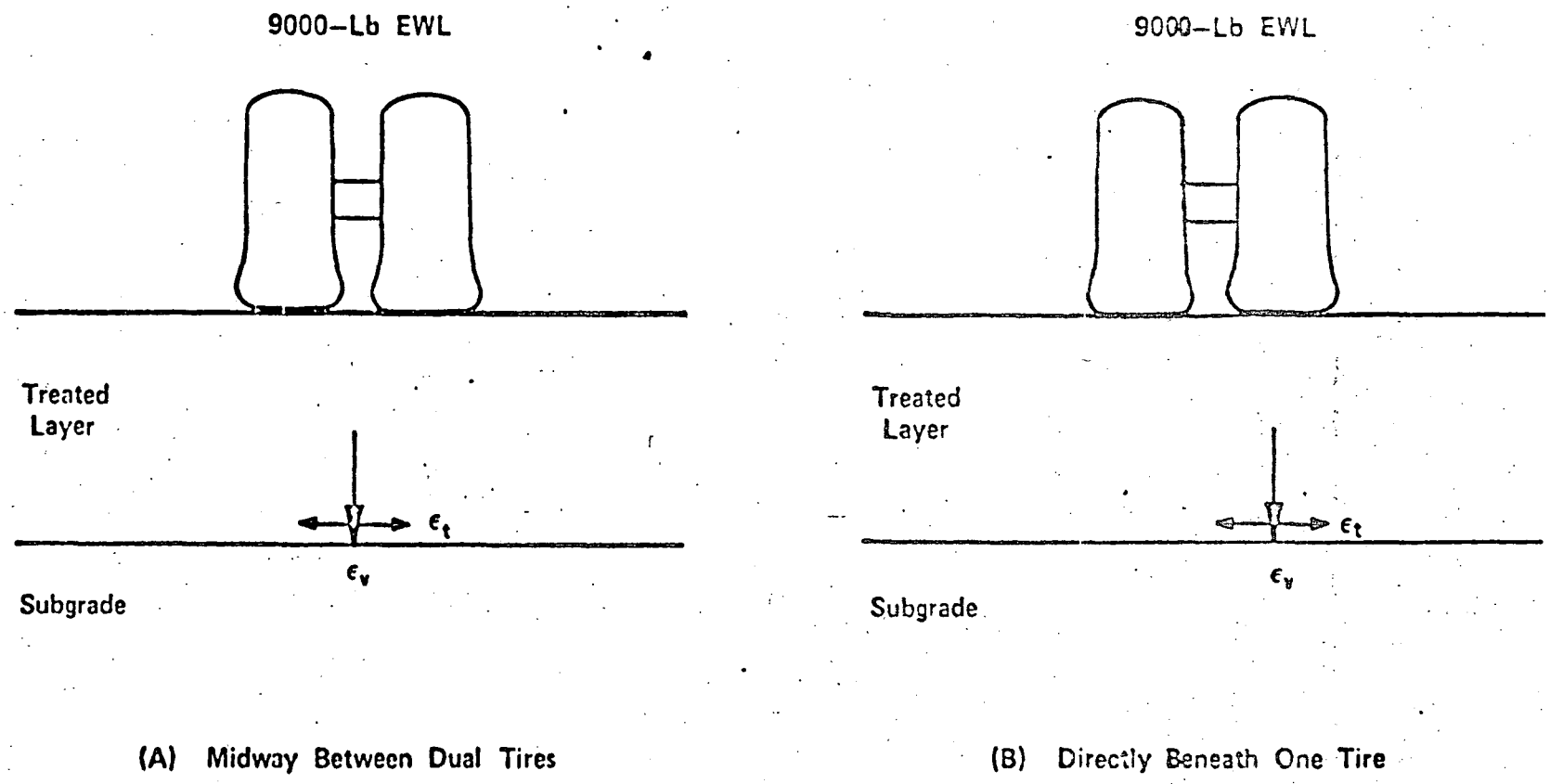
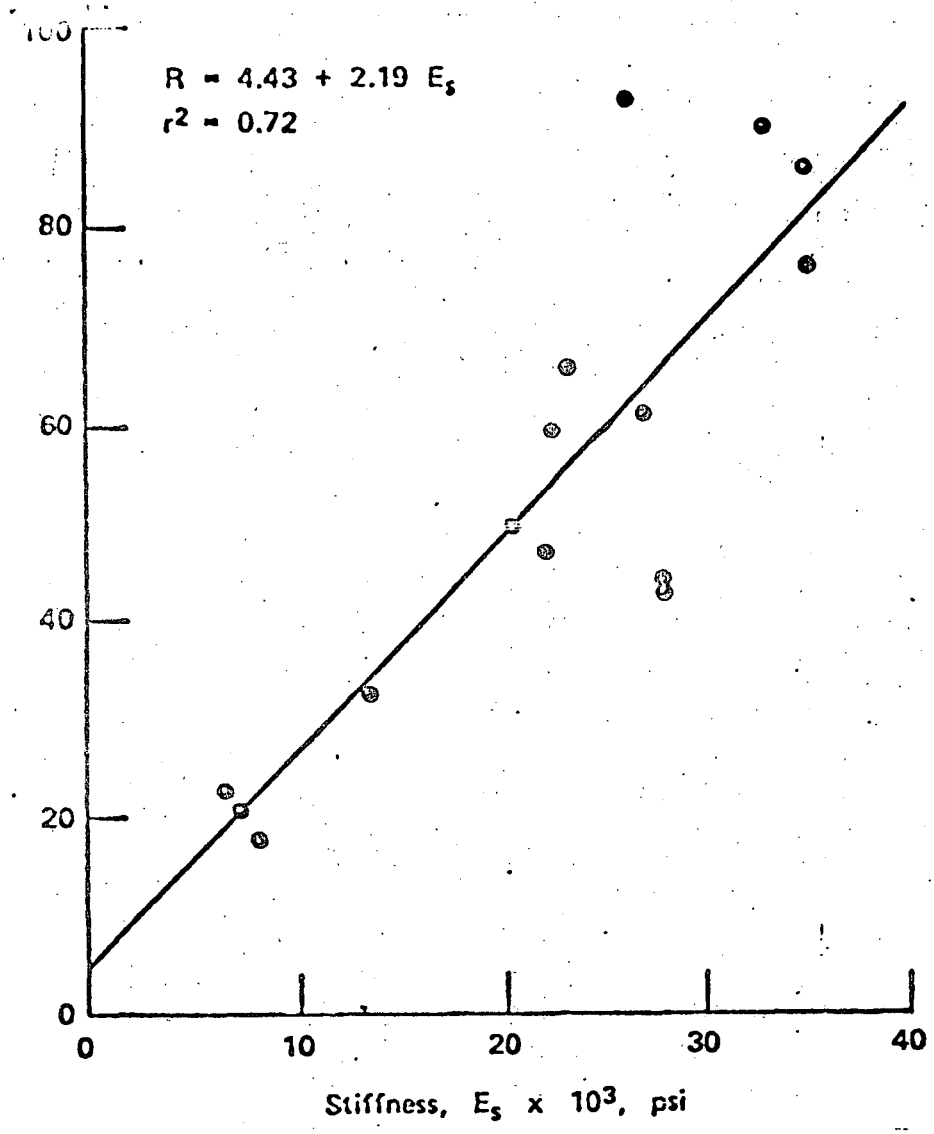


Figure IV-1. Location of Maximum Horizontal Tensile and Vertical Compressive Subgrade Strains in Pavement Structure



(E_s for $\sigma_1 \leqq 12$ psi and $\frac{\sigma_1}{\sigma_3} \leqq 3$)

Figure IV-2. Correlation of Subgrade Modulus, E_s, and R-Value

The resilient modulus of the subgrade can be measured directly by the repeated-load triaxial compression test method described in The Asphalt Institute publication, Full-Depth Asphalt Pavements for Air Carrier Airports, Manual Series No. 11 (MS-11), page 151.

An alternative method of estimating subgrade modulus, E_s, is the relationship between subgrade CBR and dynamic modulus expressed by the equation*:

$$E_s \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR} \qquad (2)$$

A correlation between subgrade modulus and R-value, shown in Figure IV-2, was developed from conditions encountered at the San Diego County Experimental Base Project.

Subgrade modulus can also be approximated from soil classifications. Rough estimates of subgrade modulus using the AASHTO or Unified Soil Classifications can be obtained from Figure IV-3.

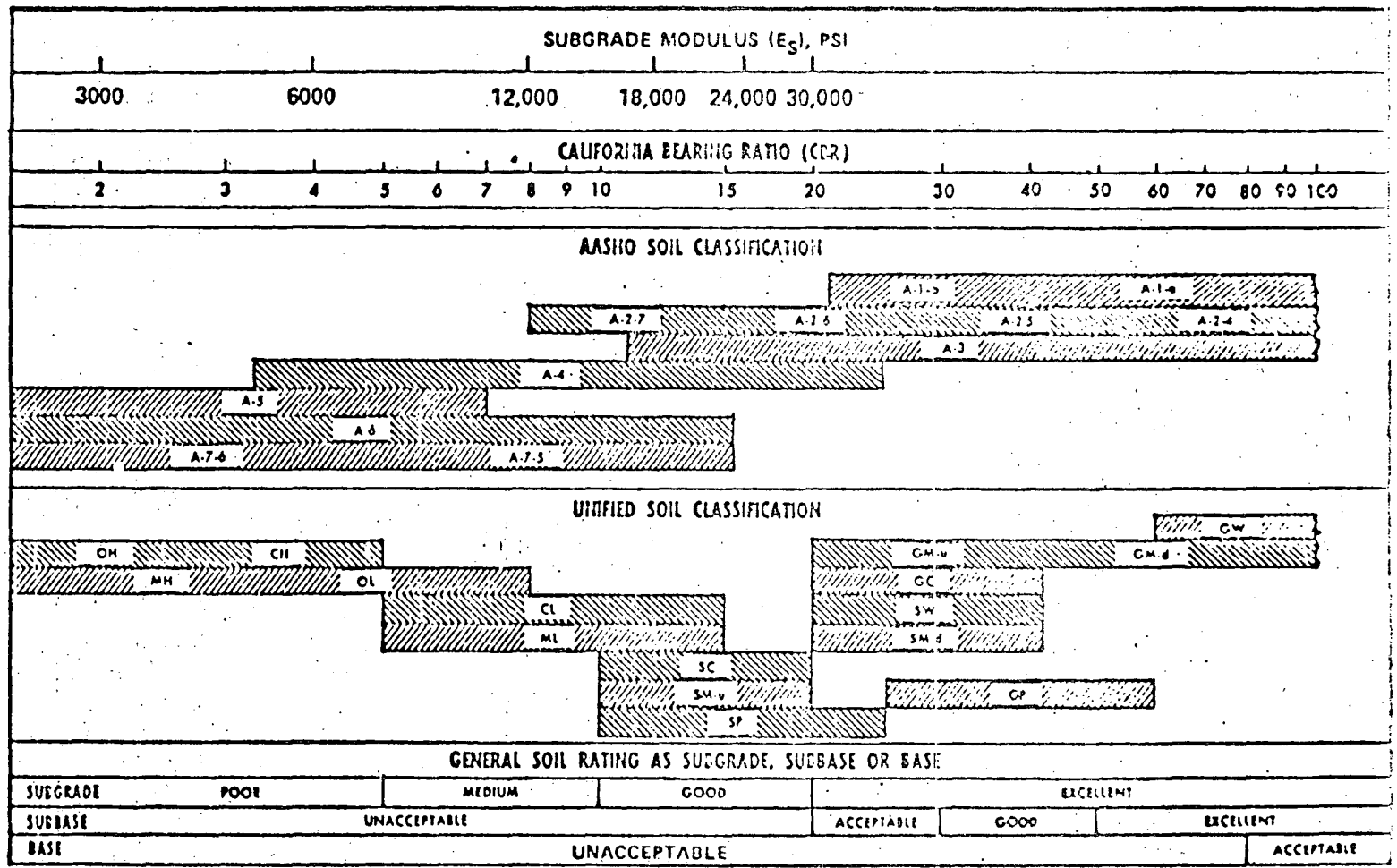
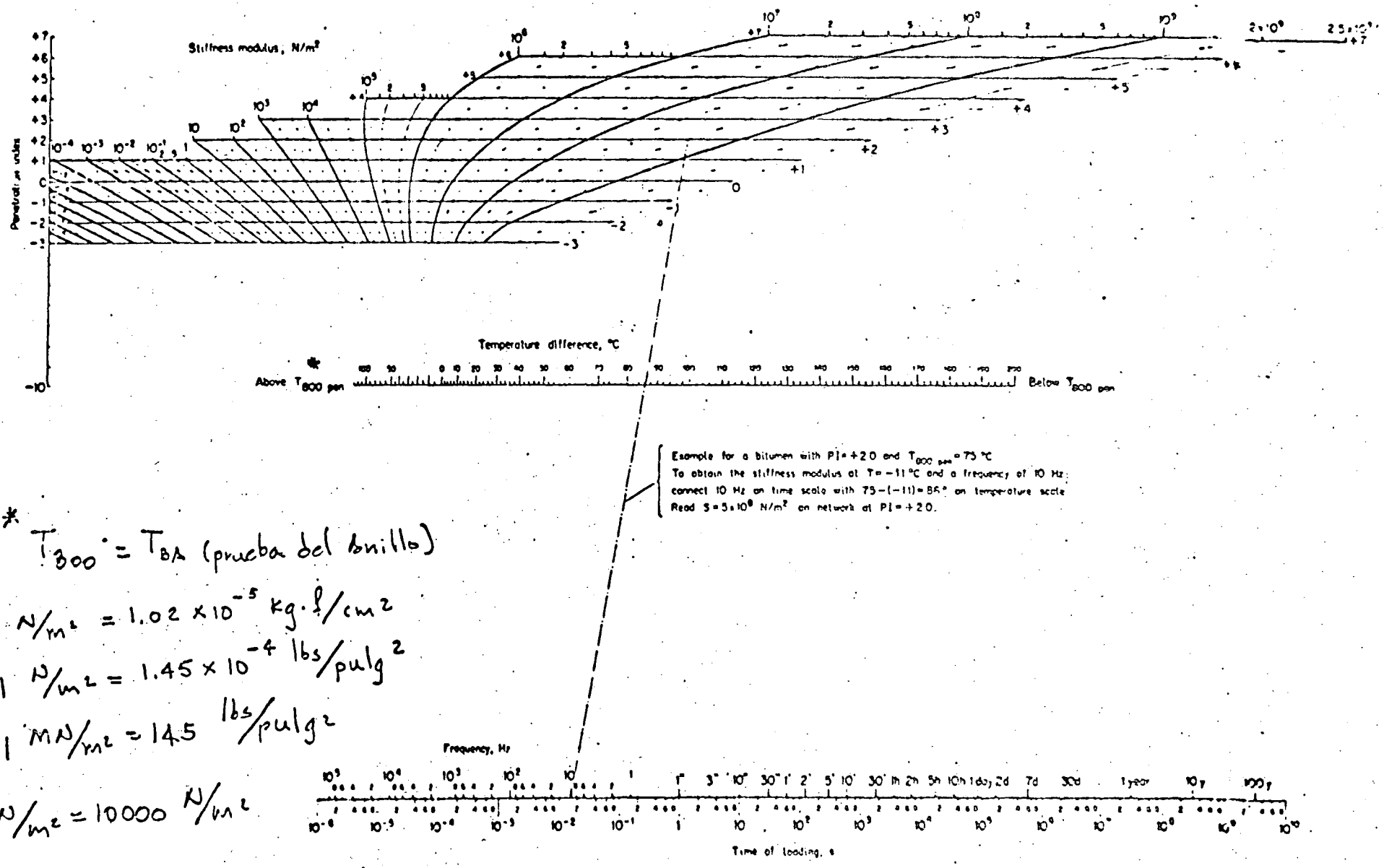


Figure IV-3. Approximate Correlation of Subgrade Modulus, E_s, to Soil Classifications



* $T_{800} = T_{BA}$ (prueba del anillo)

1 $N/m^2 = 1.02 \times 10^{-5}$ kg·f/cm²

1 $N/m^2 = 1.45 \times 10^{-4}$ lbs/pulg²

1 $MN/m^2 = 14.5$ lbs/pulg²

1 $MN/m^2 = 10000$ N/m^2

Figure IV-4. Stiffness Nomograph for Asphalt

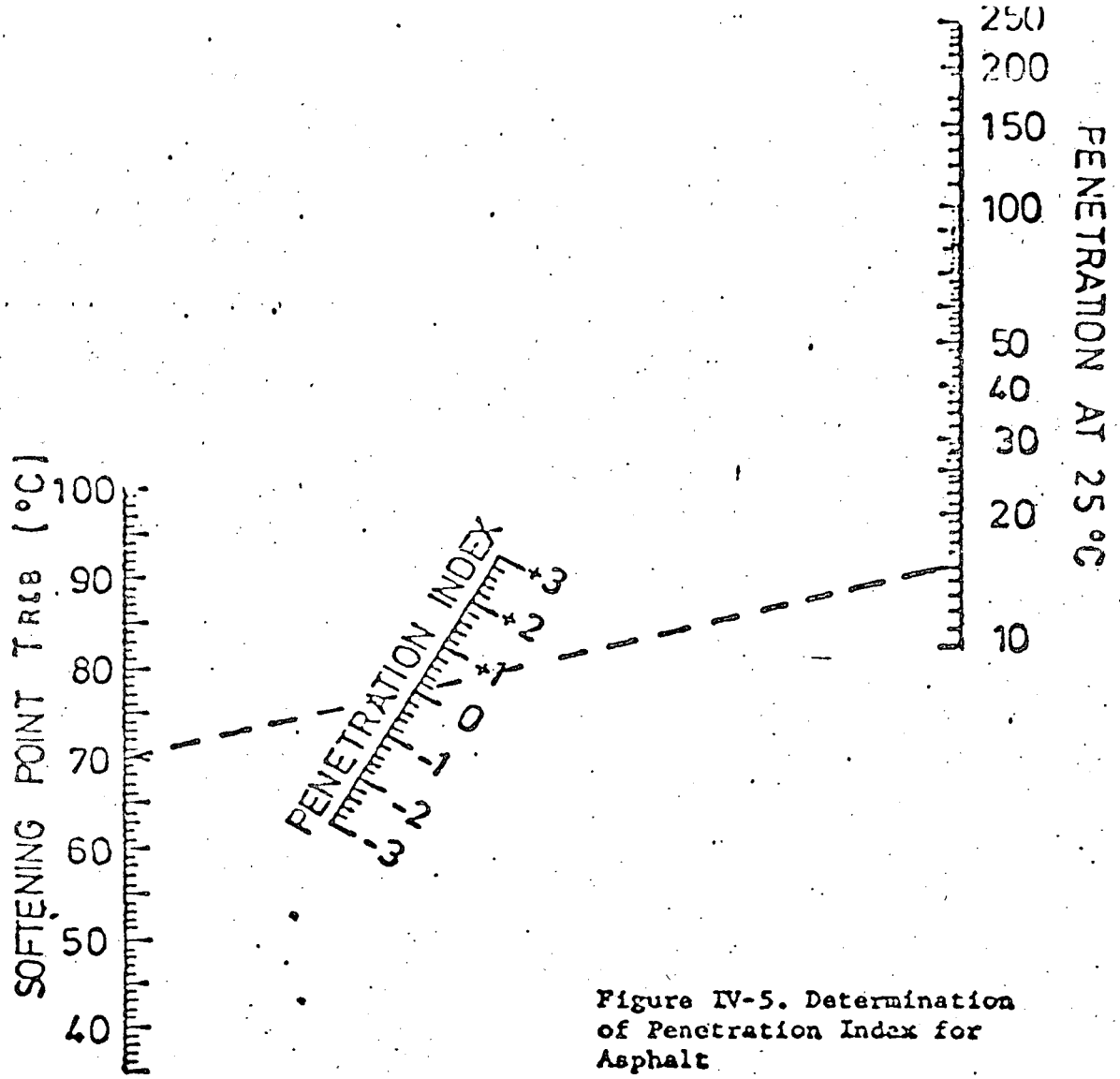


Figure IV-5. Determination of Penetration Index for Asphalt

Average Annual Air Temperature, °F

<40	40-55	55-65	>65
Anchorage	Flagstaff	Washington, D.C.	Phoenix
Fairbanks	Denver	Louisville	Miami
→ Juneau	Portland, Me	Oklahoma City	Hilo
Nome	Minneapolis	Richmond, Va	Corpus Christi
	Reno	Mobile	→ Bakersfield
	Albany	→ Sacramento	New Orleans
	Fargo	San Diego	Las Vegas
	Spokane	Atlanta	Dallas
	Eureka		
	Chicago		
	Boston		
	Detroit		
	→ Portland, Or		
	Salt Lake City		
	Boise		
	Omaha		

Figure IV-6. Temperature Regions Used in Thickness Design

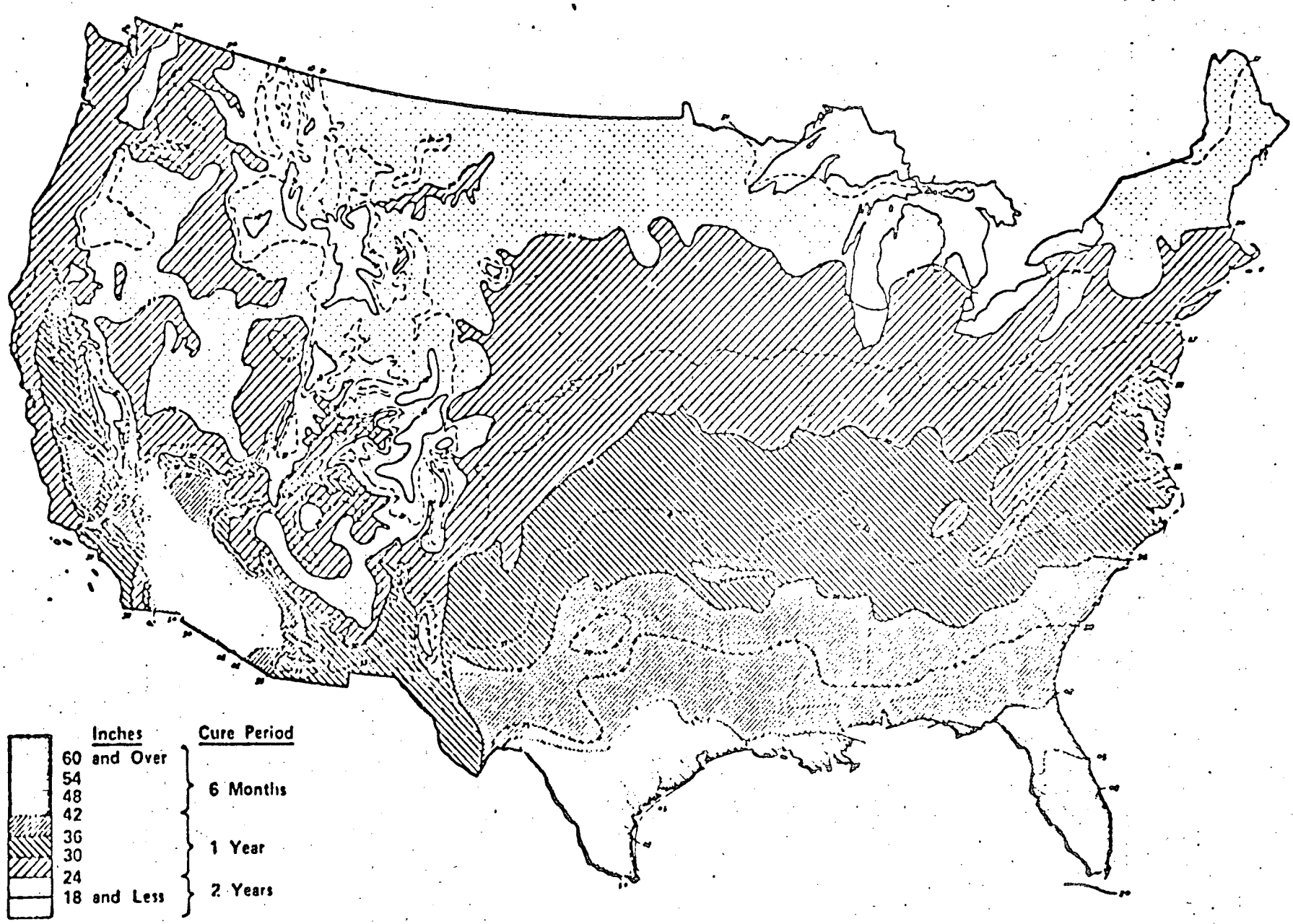


Figure IV-7. Field Cure Periods for Emulsion Treated Mixes Based on Annual Potential Evapotranspiration Map

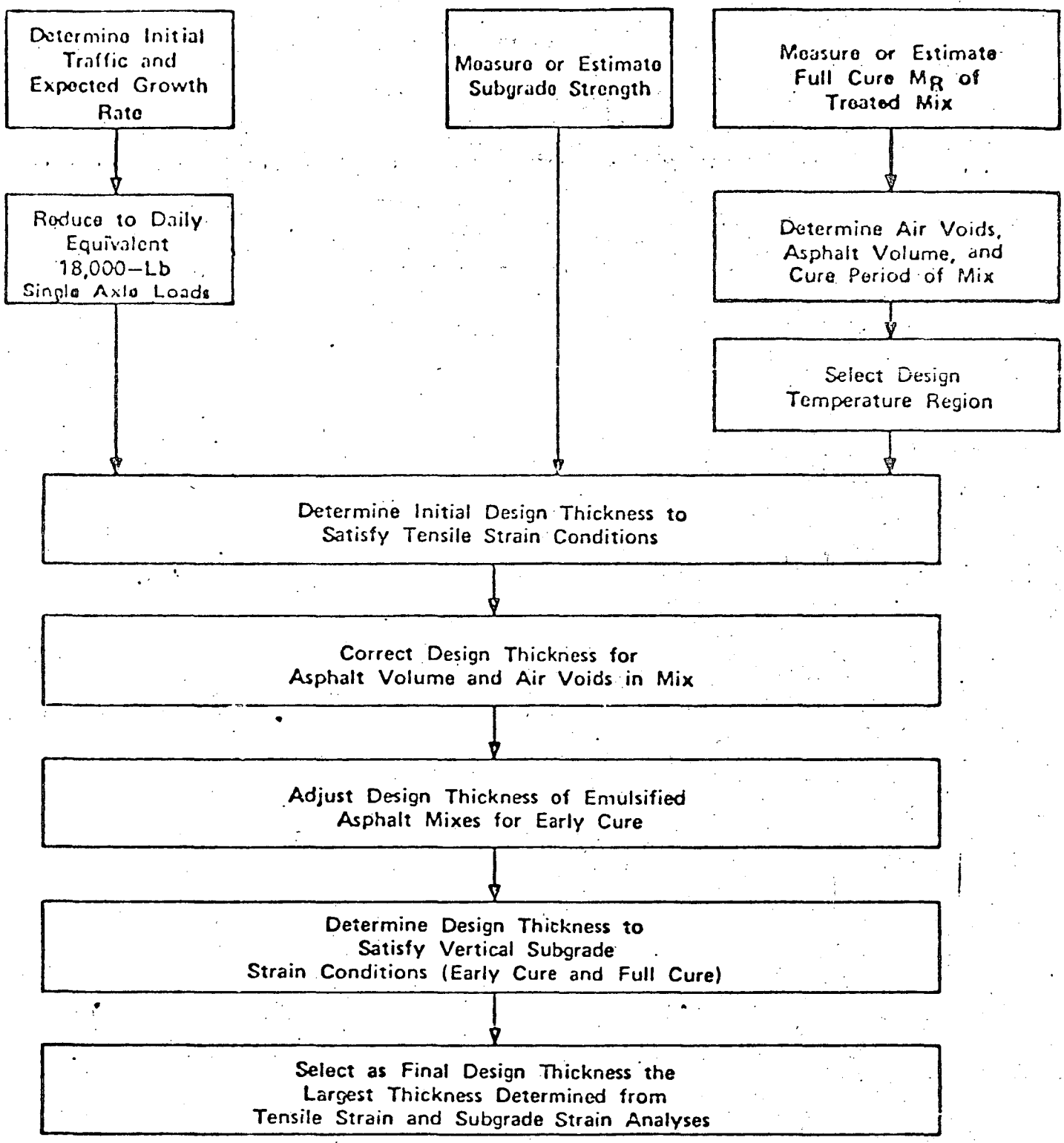


Figure IV-8. Flow Diagram for Structural Design of Asphalt Pavement

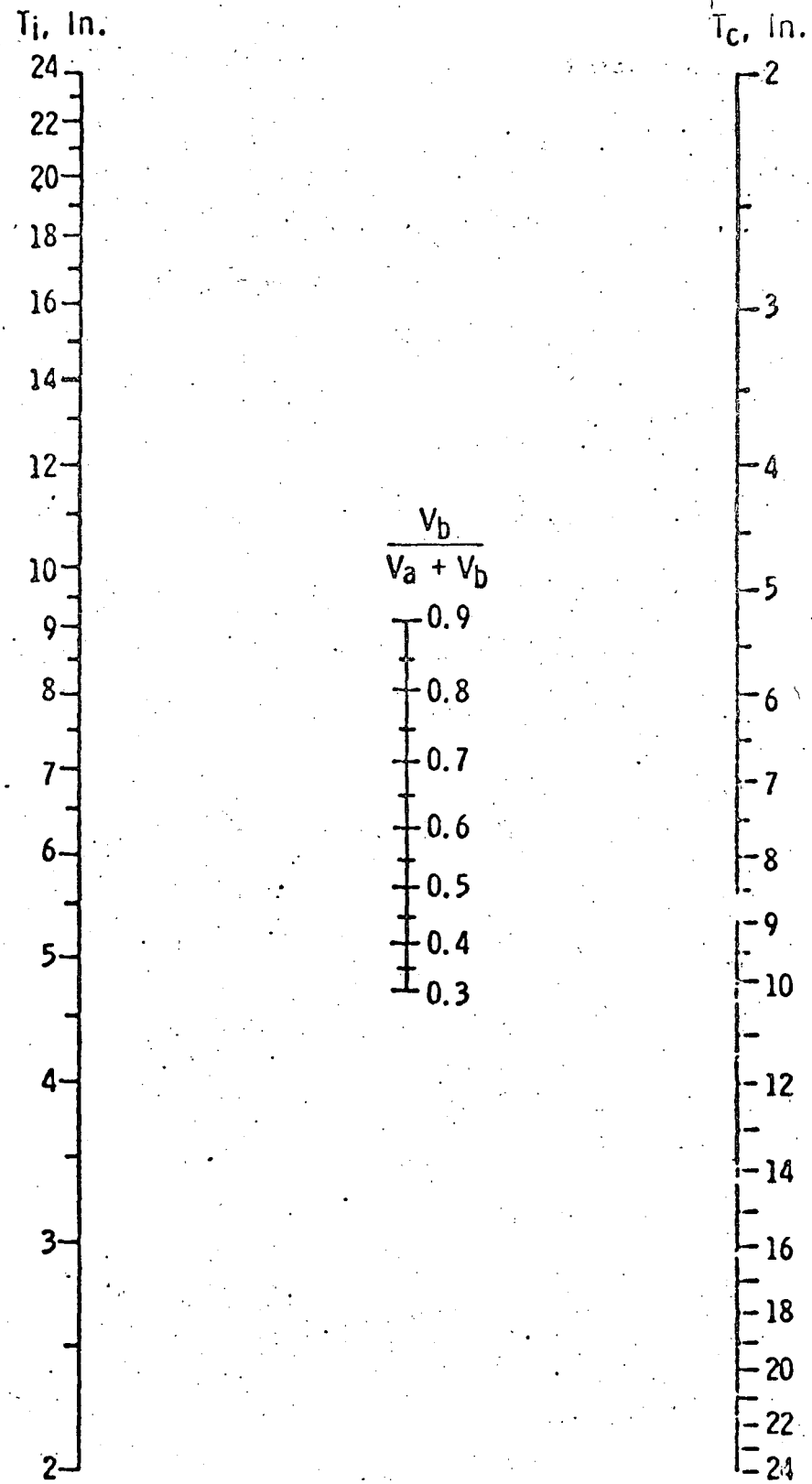


Figure IV-9. Correction of Pavement Design Thickness for Air Voids and Asphalt Content in Mix

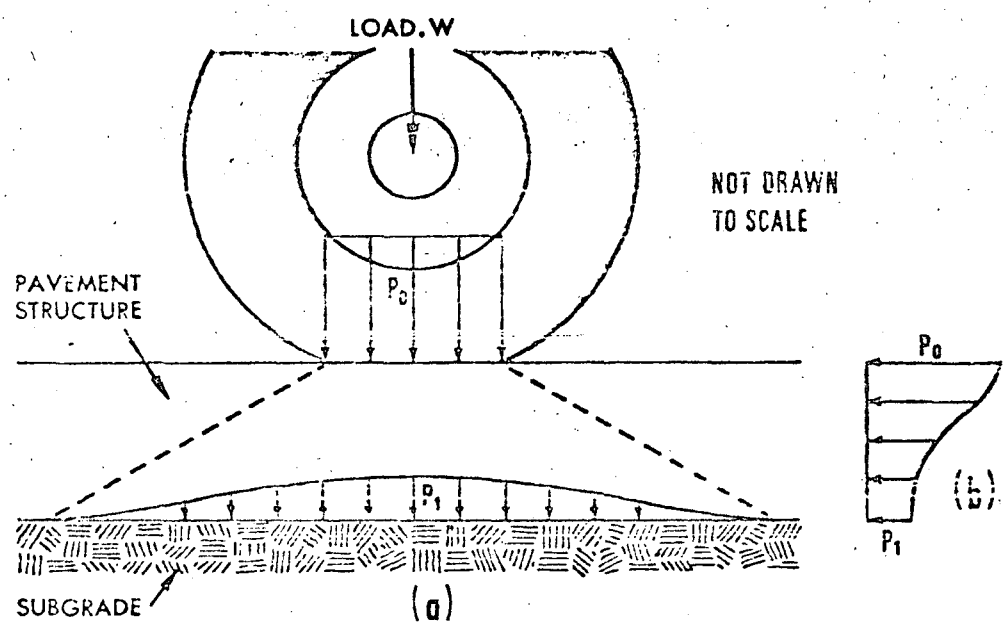


Figure 1. Spread of wheel load through pavement structure

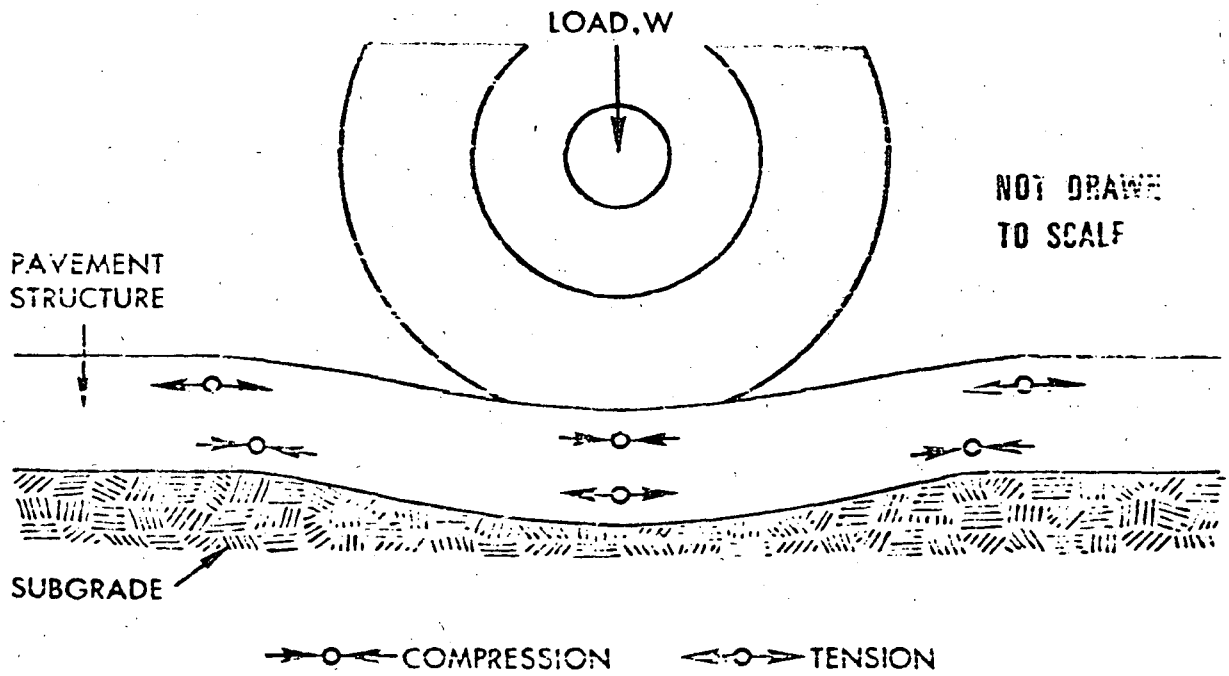


Figure 2.—Wheel-load deflection results in tensile and compressive stresses in the pavement structure

4. Locate the proper single-axle load limit point on line E.

5. Connect the point on line E with the pivot point on line B with a straight line and extend it to line A. The ITN for the data used is at the point of intersection with line A.

For example, assume a proposed six-lane interurban highway will have an estimated average daily traffic (ADT) of 38,000. Heavy trucks in the traffic stream are expected to be 11 percent of the total traffic volume (see Table 1). Heavy trucks in the design lane are estimated to be 40 percent of the total number of heavy trucks (see Table 2). The legal single-axle load limit is 18,000 lb and the average gross weight is expected to be 40,000 lb (see Table 1).

$$\text{IDT} = \text{ADT} = 38{,}000 \text{ vehicles per day}$$

$$\text{Number of heavy trucks} = 38{,}000 \left(\frac{11}{100}\right)\left(\frac{40}{100}\right) = 1672$$

TABLE 1

ESTIMATED RANGES IN PERCENT TRUCKS AND AVERAGE GROSS WEIGHT IN THE UNITED STATES

Description of Highway or Street	Percent[1] Heavy Trucks	Average[1] Gross Weight (1000 lb)
City Streets (local)	5 or less	15 - 25
Urban Highways		
Primary	5[2] - 15	20 - 30
Interstate	5 - 10	35 - 45
Local Rural Roads	15 or less	15 - 25
Interurban Highways		
Primary	5 - 20	30 - 40
Interstate	10 - 25	35 - 45

[1] Average U. S. conditions only. Other countries and local U. S. conditions depending on land use and industry, may require special considerations.

[2] Sometimes less.

TABLE 2

PERCENTAGE OF TOTAL TRUCK TRAFFIC IN DESIGN LANE

Number of Traffic Lanes (Two Directions)	Percentage of Trucks in Design Lane
2	50
4	45 (35 - 48)[1]
6 or more	40 (25 - 48)[1]

[1] Probable range.

Values to use in Figure 3:

D = 40,000 lb, gross weight,
C = 1672 heavy trucks in design lane, and
E = 18,000 lb, single-axle load limit.

These values will give a resultant ITN = 1400.

When the ITN is 10 or less, and when a relatively large number of automobiles and light trucks are expected to use the roadway, a correction of the ITN is required.

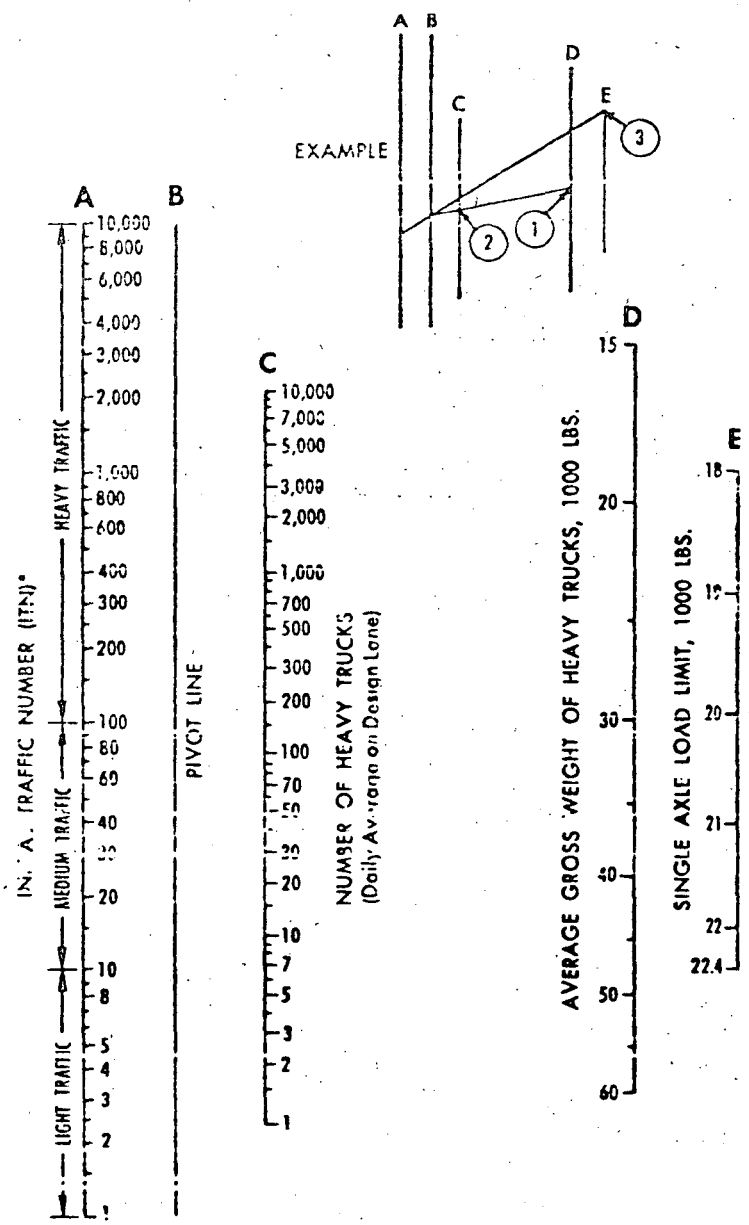


Figure 3.
Traffic analysis chart

* ITN value may require correction where the IDT of automobiles and light trucks is relatively high.

The correction is made by using Figure 4, where the daily volume of automobiles and light trucks *in the design lane* is selected on the horizontal scale. Then proceed vertically to the curved line representing the uncorrected ITN. The corrected ITN is read on the left-hand vertical scale. Figure 4 assumes 20,000 automobiles and light trucks in the design lane daily (point A) and an ITN = 8 (proceed to point B). The corrected ITN is 9.5 (point C).

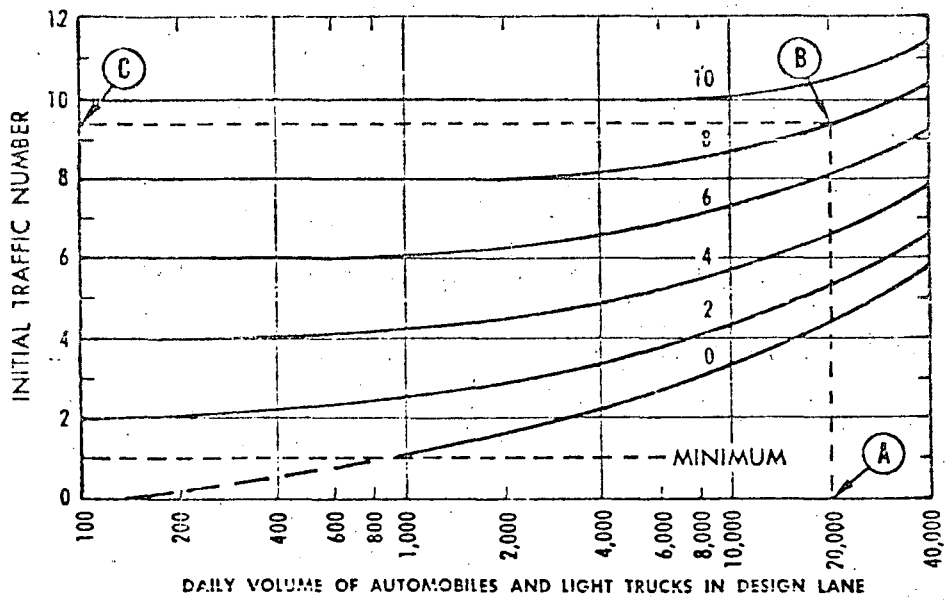


Figure 4. Chart for adjusting Initial Traffic Number (ITN) for daily volume of automobiles and light trucks

Estimating the Design Traffic Number, DTN

ITN, design period, and annual growth rate of traffic are necessary to determine DTN. ITN might be considered as the DTN for a design period of 1 year. However, design periods for new construction are normally 20 years. Currently, traffic in the United States has an average annual growth rate of about 3 to 5 percent per year. In other countries, the rate may be more than 5 percent.

The thickness design nomographs, which will be described later, use DTN values based on a 20-year design period. For a design period other than 20 years, an adjustment must be made to express the DTN for the design period in terms of DTN_{20}. This means that the total traffic for the design period is re-expressed for a 20-year period, or:

$$DTN_n\,(n) = DTN_{20}\,(20) \qquad (2)$$

where DTN_n = DTN for desired design period, n.

This can be accomplished by multiplying the ITN by an adjustment factor in Table 3 for a given annual growth rate and design period.

For example, using the ITN = 1400 and an expected annual growth rate of traffic = 4 percent, the adjustment factor for a 20-year design period, in Table 3 is 1.49. The DTN_{20} is then 1400 (1.49) = 2086 (round to 2100). Had the design period been 14 years, the adjustment factor would have been 0.92. The DTN_{20} would then be 1400 (0.92) = 1288 (round to 1300).

Detailed Traffic Analysis

State highway departments and many cities and counties accumulate a variety of traffic data that are useful in making traffic analyses of existing and proposed pavement facilities. State highway departments annually report such data in standard format to the Bureau of Public Roads. Tables W-1, W-2 and W-4 of these reports, titled *Loadometer and Truck Weight Studies*, contain data appropriate for use in traffic analysis procedures.

TABLE 3

INITIAL TRAFFIC NUMBER (ITN) ADJUSTMENT FACTORS

Design Period Years, (n)	Annual Growth Rate, percent (r)					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{Factor} = \frac{(1 + r)^{n-1}}{20r}$$

A load equivalency factor is used to convert a single- or tandem-axle load of a given magnitude to an equivalent 18,000-lb single-axle load. Such factors for various axle loads have been established by extensive research. The truck factor (the average number of equivalent 18,000-lb single-axle loads per truck) is used for computing the ITN.

Load equivalency factors for single-axle loads of 10,000 lb and above and for tandem-axle loads of 17,000 lb and above can be found by using Figure 5. Where significant volumes of heavily loaded trucks are anticipated, the effects of automobile and light truck loadings on thickness design requirements are of little or no significance and may often be disregarded for design purposes.

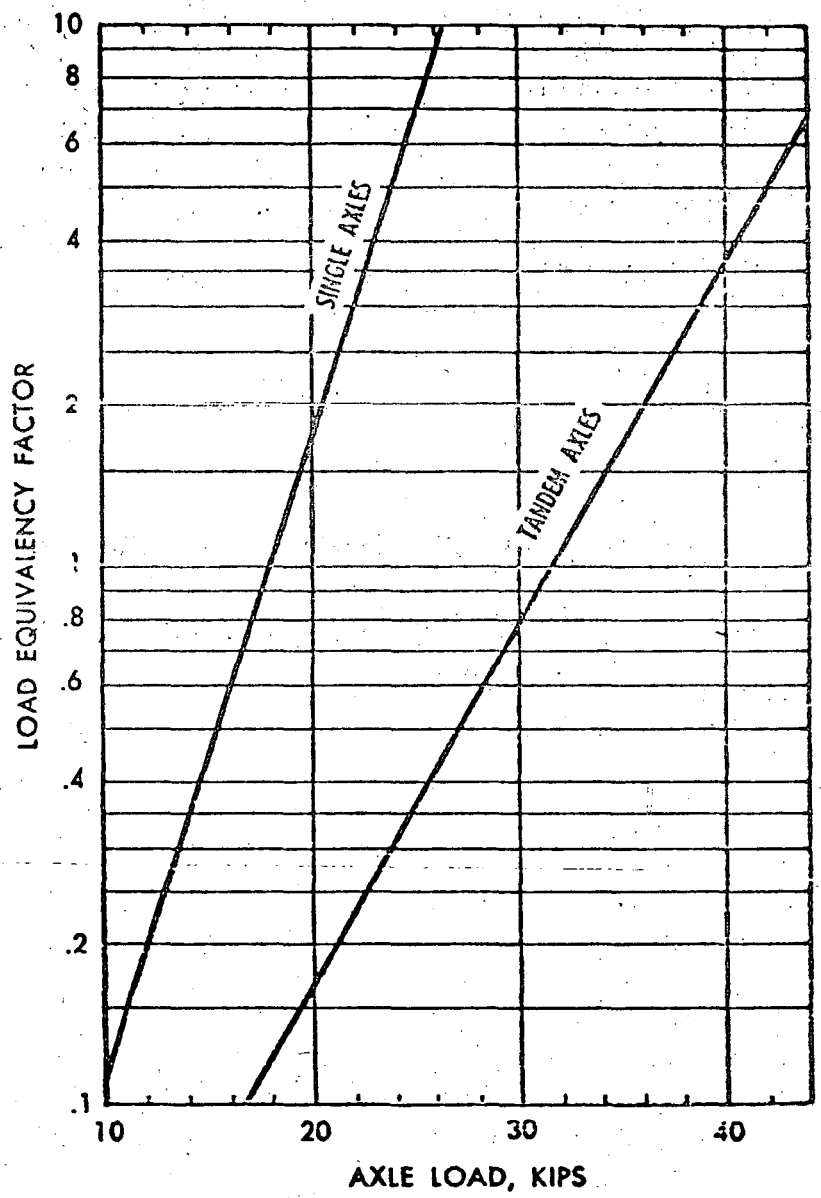


Figure 5.
Load Equivalency Factors for loads equal to or greater than 10,000 lb

Figure 6 shows how to determine the truck factor from loadometer data. For convenience, axle loads are grouped as shown in column 1. The load equivalency factor (from Fig. 5) is listed in column 2. Axles per day per 1000 trucks and combinations (obtained from column 34 of Table W-4) are given in column 3. The products of column 2 times column 3, to obtain the number of equivalent 18,000-lb single-axle loads per 1000 trucks, are given in column 4, which is eventually totaled.

Trucks having single-axle loads less than 8,000 lb and tandem-axle loads less than 14,000 lb, are included in the truck count, but no equivalency factor is assigned. Truck counts normally include these lighter loads.

The ITN is then calculated by multiplying the number of heavy trucks (using Eq.

1) by the truck factor. For example, assume the number of heavy trucks in the design lane is 1672, and using the truck factor determined in Figure 6:

$$ITN = 1672\ (0.43) = 719, \text{(round to 720)}$$

If the truck factor, computed as shown in Figure 6, is less than 0.05, a minimum value of 0.05 should be used.

If the ITN is less than 10, procedures for adjusting as already described are used. The DTN_{20} is then determined, using the ITN value as previously described.

(1) Axle Load Group (1000 lb)	(2) Load Equivalency Factor	(3) Axles per day per 1000 Trucks	(4) Equiv. 18,000-lb S.A.L. per 1000 Trucks
Single Axles			
Under 8	—	1135.4	—
8-12	0.11	487.3	53.6
12-16	0.34	282.7	96.1
16-18	0.76	118.6	90.1
18-20	1.31	31.9	41.8
20-22	2.26	2.6	5.9
22-24	3.91	6.5	25.4
24-26	6.74	—	
		Subtotal	312.9
Tandem Axles			
Under 14	—	189.3	—
14-20	0.11	141.6	15.6
20-26	0.27	168.4	45.5
26-30	0.57	99.4	56.7
30-32	0.92	2.6	2.4
32-34	1.25		
34-36	1.70		
36-38	2.33		
38-40	3.15		
40-42	4.36		
42-44	5.88		
44-46	8.15		
		Subtotal	120.2
		Total	433.1

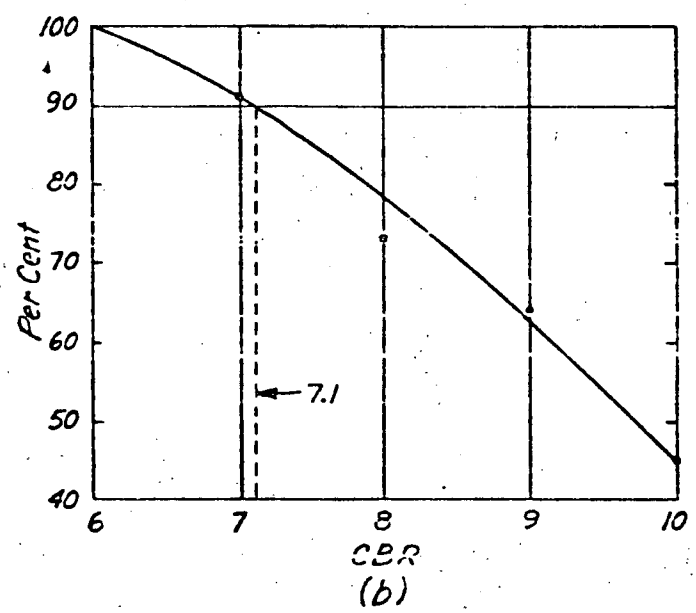
$$\text{Truck Factor} = \frac{433.1}{1000} = 0.43$$

Figure 6. Sample calculation of equivalent 18,000-lb single-axle loads and truck factor

Assume a DTN = 2100 and a design CBR = 7. Using Figure 8, locate the CBR value on scale B and the DTN value on scale C. A straight line between these two points will intersect scale A at 10.3 in. T_A. Values of T_A are then rounded to the next highest ½ in. or to 10½ in. in this case. Minimum recommended thicknesses of total asphalt pavement structure, T_A, are given in Table 4.

(1) CBR	(2) No.	(3) Values equal to or greater than	(4) Per Cent
6	1	11	100
7	2	10	91
8	1	8	73
9	2	7	64
10	2	5	45
11	2	3	27
12	1	1	9
	11		

(a)



(b)

Figure 7. Sample determination of design CBR

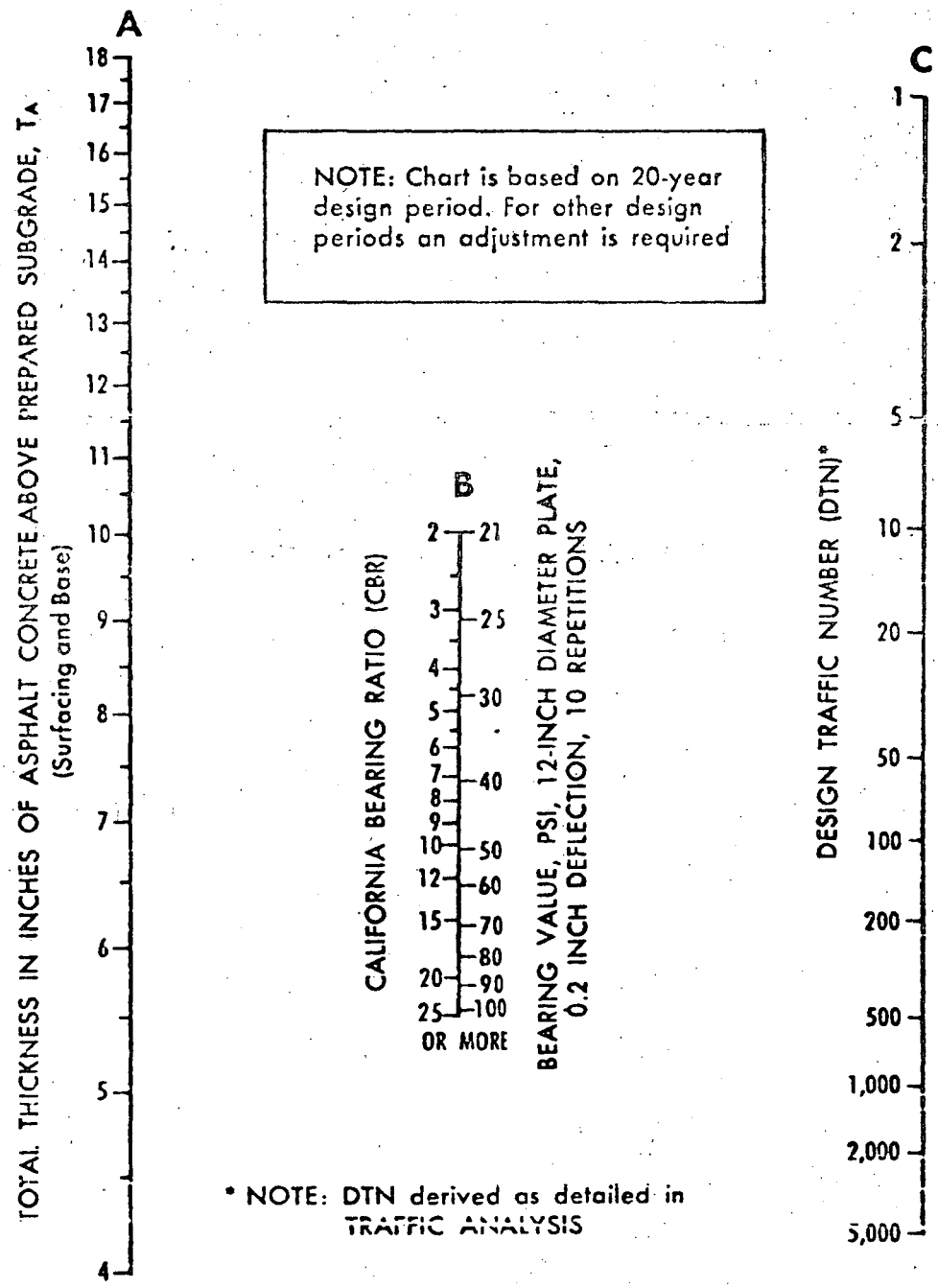


Figure 8. Thickness design nomograph for asphalt pavement structures using subgrade soil CBR or plate bearing values

TABLE 4 MINIMUM RECOMMENDED DESIGN THICKNESS, T_A

Traffic	DTN	Minimum T_A
Light	Less than 10	4 in.
Medium	10 - 100	5
Heavy	100 - 1000	6
	More than 1000	7

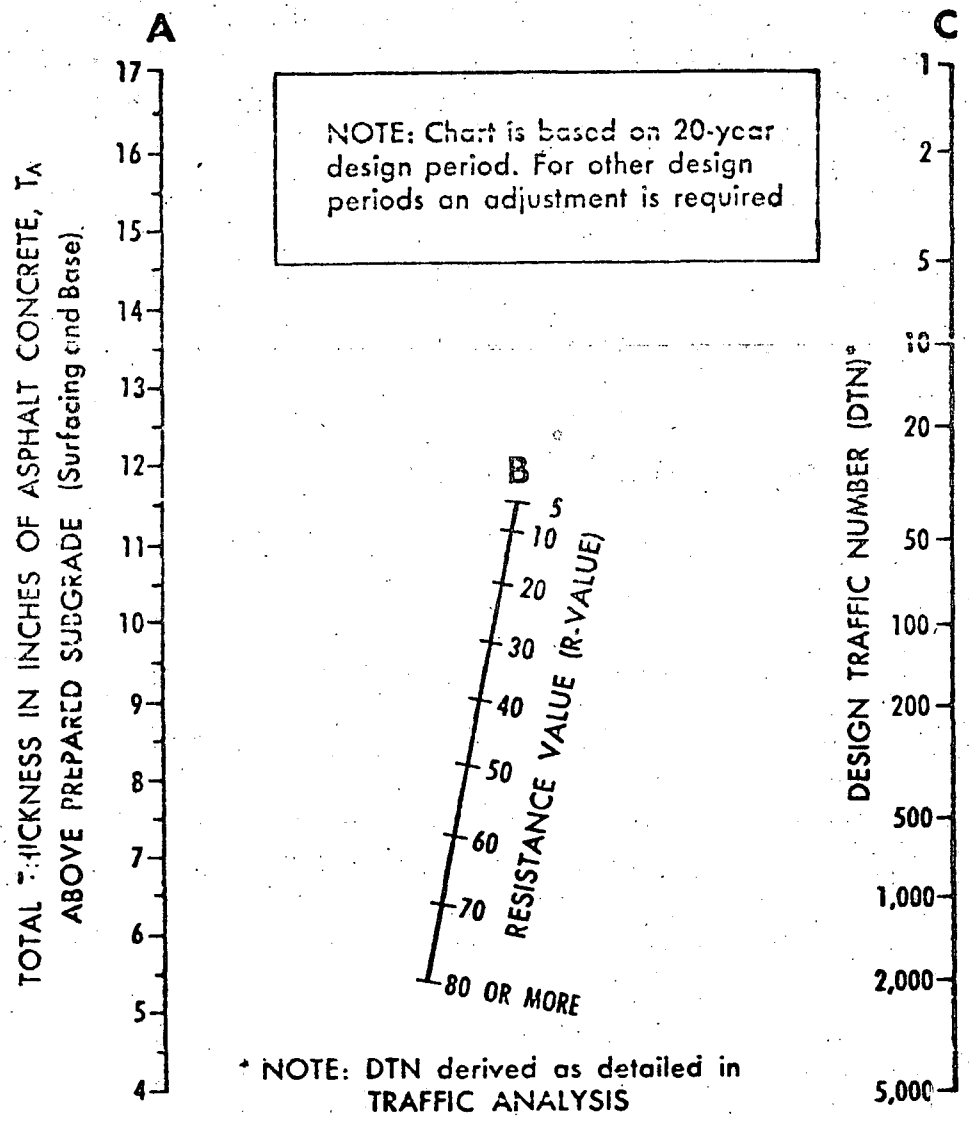


Figure 9. Thickness design nomograph for asphalt pavement structures using subgrade soil R-values

Asphalt Bases Other Than Asphalt Concrete

The thickness design procedure described thus far assumes that the entire pavement structure will be asphalt concrete (high quality, thoroughly controlled hot mixtures of asphalt cement and well-graded, high quality aggregate, thoroughly compacted into a uniform dense mass). However, a different surface course mix may be needed to provide desirable surface properties for skid resistance, hydroplaning prevention, light reflection, or other reasons. Usually, these surfaces are ½ to 1 in. thick and are in addition to the total design thickness of the pavement structure.

Aggregates available locally often do not meet all the requirements for making asphalt-concrete surface courses. For example, vast quantities of pit-run sands or gravels are readily and economically available in many areas. These materials, when hot-mixed with asphalt cement, provide economical and durable asphalt bases. Likewise these materials are often mixed with cutback asphalts and emulsified asphalt to prepare durable and economical asphalt bases. However, when liquid asphalts are used, the mixes require proper curing before placing the pavement surface.

Since these asphalt pavement courses do not have the structural quality of asphalt concrete, they must be thicker and protected from traffic load intensities with asphalt concrete. The total required thickness of the asphalt pavement is found by:

$$T = T_s + (T_A - T_s)f \qquad (3)$$

where

T = total required thickness of asphalt pavement,
T_A = total required thickness of asphalt concrete surface and base,
T_s = total required thickness of asphalt concrete surface, and
f = factor depending on type asphalt base used.

The term $(T_A - T_s)f$ in Eq. 3 is the minimum required thickness of an asphalt base. The values for T_s and f are given in Table 5.

Assume a T_A = 10½ in. for a DTN = 2100. Instead of having an asphalt concrete base, a hot-mix sand asphalt is to be used. The total required thickness will be:

$$T = 4 + (10.5 - 4)1.3 = 4 + 8\tfrac{1}{2} = 12\tfrac{1}{2} \text{ in.}$$

Again, the total thickness is rounded off to the next highest ½ in. In this case, the thickness of the hot-mix sand asphalt base will be 8½ in.

TABLE 5

THICKNESS FACTORS AND MINIMUM SURFACE REQUIREMENTS FOR PLANT-MIXED ASPHALT BASE

Asphalt Base	Thickness Factor, f	Minimum Thickness of Asphalt Concrete Surface, T_s, in.		
		DTN Less Than 10	DTN = 10 - 100	DTN More Than 100
Asphalt concrete	1	0	0	0
Hot-mix sand asphalt	1.3	2	3	4
High-quality, well controlled, well graded aggregate, but using cutback or emulsified asphalt	1.4	2	3	4
Other mixes using cutback or emulsified asphalt	1.4	3	4	5

TABLE III-2

Variable	Factors Influencing	To Improve Asphalt Dispersion
Aggregate	Surface area (fines) Porosity Roughness	Decrease " "
Asphalt	Amount Type Oil Distillate	Increase Use anionics with calcareous aggregates (limestone). Use cationics with siliceous aggregates. Increase with MS-types.
Mixing Water	Amount	Increase with SS-types. Decrease with most MS-types. Decrease to reduce asphalt runoff.
Mixing Operations	Temperature Mix Cycle	Decrease with SS-types to prevent coalescence during the mixing cycle. Increase with MS-types. Optimize. Insufficient Mixing may give poor coating. Excessive mixing may induce stripping.

13) Calculate the M_R as follows:

$$M_R = \frac{P\,(\gamma + 0.2734)}{t\Delta} = 0.6234\ \frac{P}{t\Delta}$$

P = dynamic load in lbs.

γ = 0.35 (assumed for poisson's ratio)

t = thickness of specimen (inches)

Δ = deflection in inches (microinches x 10^{-6}) obtained by multiplying the meter reading by the multiplier.

<u>Sample Calculation:</u>

P = 75 lbs.
t = 2.5 in.
Δ = 15 microinches

$$M_R = 0.6234 \times \frac{75}{2.5 \times 15 \times 10^{-6}}$$

M_R = 1,246,800 psi

TABLE IV-2 — THICKNESS*, T_1, IN INCHES TO SATISFY TENSILE STRAIN REQUIREMENTS

Subgrade Modulus, psi	3,000				6,000				12,000				30,000			
Average Annual Air Temperature, °F	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65
Traffic, EAL = 10^4																
M_R, psi = 50,000	4.9	6.6	7.8	9.1	3.7	5.0	5.8	6.6	2	2.6	2.8	2.9	2	2	2	2
100,000	3.7	5.3	6.2	7.2	2.7	4.0	4.7	5.3	2	2.1	2.5	2.6	2	2	2	2
300,000	2.1	3.4	4.3	5.1	2	2.8	3.1	3.8	2	2	2	2	2	2	2	2
600,000	2	2.4	3.2	3.9	2	2	2.2	2.8	2	2	2	2	2	2	2	2
900,000	2	2	2.6	3.3	2	2	2	2.2	2	2	2	2	2	2	2	2
Traffic, EAL = 10^5																
M_R, psi = 50,000	8.3	11.5	13.9	16.5	7.0	9.7	11.2	12.7	5.4	7.3	8.3	9.3	2.3	2.7	2.8	2.9
100,000	6.3	9.0	10.8	12.9	5.4	7.6	9.1	10.5	4.2	5.8	6.9	7.8	2	2.5	2.7	2.7
300,000	4.0	5.8	7.3	8.7	3.3	5.1	6.0	7.3	2.4	3.9	4.8	5.5	2	2	2.0	2.2
600,000	2.8	4.5	5.5	6.7	2.1	3.7	4.7	5.5	2	2.7	3.6	4.4	2	2	2	2
900,000	2.1	3.7	4.7	5.7	2	3.0	3.9	4.6	2	2.1	2.9	3.7	2	2	2	2
Traffic, EAL = 10^6																
M_R, psi = 50,000	13.0	18.1	21.6	24	11.6	16.[illegible]	18.7	21.3	9.8	13.1	15.1	17.2	5.8	8.6	9.3	9.8
100,000	9.8	14.3	17.1	20.3	8.8	12.6	15.2	17.6	7.5	10.6	12.5	14.2	5.2	7.3	8.2	8.7
300,000	6.0	9.1	11.3	13.9	5.5	8.2	10.1	12.2	4.7	6.9	8.6	10.2	3.1	4.9	5.9	6.9
600,000	4.6	6.8	8.6	10.6	4.0	6.0	7.6	9.4	3.3	5.2	6.4	7.9	2	3.5	4.5	5.4
900,000	3.7	5.6	7.2	8.9	3.2	5.1	6.3	8.0	2.4	4.3	5.4	6.7	2	2.8	3.8	4.6
Traffic, EAL = 10^7																
M_R, psi = 50,000	19.2	24	24	24	17.8	23.9	24	24	15.6	20.5	23.5	24	12.1	15.3	16.5	17.3
100,000	14.5	21.0	24	24	13.5	19.3	22.8	24	11.9	16.8	19.5	22.2	9.5	12.9	14.7	15.7
300,000	8.8	13.6	16.7	20.5	8.3	12.5	15.6	18.6	7.4	11.1	13.8	16.8	5.8	8.8	10.8	12.4
600,000	6.4	10.0	12.5	15.6	5.9	9.2	11.6	14.5	5.3	8.2	10.4	12.8	4.1	6.5	8.2	10.0
900,000	5.3	8.2	10.5	13.2	5.0	7.7	9.7	12.1	4.4	6.8	8.6	10.8	3.3	5.3	6.8	8.5

* For asphalt volume, V_b = 11% are air voids, V_a = 5%.
Use Figure IV-9 to correct thickness of other values of V_b and V_a.

TABLE IV-3

CORRECTION FACTOR FOR EARLY CURE PERIOD OF EMULSIFIED ASPHALT MIXES

Cure Period, Months	Design Life, Years	
	10	20
6	1.05	1.03
12	1.06	1.03
24	1.15	1.08

TABLE IV-4 — THICKNESS, T_s, IN INCHES TO SATISFY SUBGRADE STRAIN REQUIREMENTS

Early Cure Condition*

Subgrade Modulus, psi	3,000				6,000				12,000				30,000			
Average Annual Air Temperature, °F	< 40	40-55	55-65	> 65	< 40	40-55	55-65	> 65	< 40	40-55	55-65	> 65	< 40	40-55	55-65	> 65
Traffic, EAL = 10^2	3.0	7.6	8.7	9.2	2.9	5.4	6.1	6.4	2.6	3.0	3.1	3.1	2.5	2.9	3.0	3.0
Traffic, EAL = 5×10^2	5.2	9.2	11.0	11.9	4.4	6.9	7.8	8.2	2.8	4.5	4.9	5.1	2.7	3.1	3.2	3.2
Traffic, EAL = 10^3	6.1	9.9	10.0	13.0	5.0	7.5	8.5	9.0	2.9	5.1	5.7	6.0	2.8	3.8	3.3	3.3
Traffic, EAL = 5×10^3	6.1	13.0	15.3	16.4	6.8	10.2	11.6	12.3	4.8	7.3	8.2	8.6	3.1	3.9	4.2	4.4
Traffic, EAL = 10^4	9.0	14.4	16.7	17.9	7.5	11.4	12.9	13.7	5.7	8.3	9.2	9.7	3.2	4.2	4.6	4.8

*Early cure period is taken as the most critical first month (normally July) after construction. Mix modulus during this period is assumed to be 50,000 psi at 73°F.

TABLE IV-5 — THICKNESS, T_S, IN INCHES TO SATISFY SUBGRADE STRAIN REQUIREMENTS
Fully Cured Condition

Subgrade Modulus, psi	3,000				6,000				12,000				30,000			
Average Annual Air Temperature, °F	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65	<40	40-55	55-65	>65
Traffic, EAL = 10^4																
M_R, psi = 50,000	5.5	8.3	10.8	11.5	4.6	7.0	8.3	9.3	3.0	5.4	6.2	6.3	2.5	3.1	3.3	3.5
100,000	5.5	6.0	7.3	8.2	4.6	5.0	6.1	7.0	3.0	3.4	4.6	5.3	2.5	2.5	2.9	3.0
300,000	5.5	5.5	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5
600,000	5.5	5.5	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5
900,000	5.5	5.5	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5
Traffic, EAL = 10^5																
M_R, psi = 50,000	8.1	12.1	14.5	16.5	6.9	10.3	12.4	13.9	5.5	8.3	9.3	10.6	2.9	5.2	5.1	5.7
100,000	8.1	8.7	10.6	12.0	6.9	7.4	9.1	10.2	5.5	6.0	7.2	8.2	2.9	3.0	4.7	5.2
300,000	8.1	8.1	8.1	8.1	6.9	6.9	6.9	6.9	5.5	5.5	5.5	5.5	2.9	2.9	2.9	2.9
600,000	8.1	8.1	8.1	8.1	6.9	6.9	6.9	6.9	5.5	5.5	5.5	5.5	2.9	2.9	2.9	2.9
900,000	8.1	8.1	8.1	8.1	6.9	6.9	6.9	6.9	5.5	5.5	5.5	5.5	2.9	2.9	2.9	2.9
Traffic, EAL = 10^6																
M_R, psi = 50,000	11.5	16.8	20.1	22.4	9.8	15.0	17.3	19.3	8.3	12.2	14.4	15.8	6.0	8.6	9.5	10.4
100,000	11.5	12.3	14.8	16.5	9.8	10.8	13.0	14.7	8.3	9.0	10.8	12.1	6.0	6.5	7.6	8.5
300,000	11.5	11.5	11.5	11.5	9.8	9.8	9.8	9.8	8.3	8.3	8.3	8.3	6.0	6.0	6.0	6.0
600,000	11.5	11.5	11.5	11.5	9.8	9.8	9.8	9.8	8.3	8.3	8.3	8.3	6.0	6.0	6.0	6.0
900,000	11.5	11.5	11.5	11.5	9.8	9.8	9.8	9.8	8.3	8.3	8.3	8.3	6.0	6.0	6.0	6.0
Traffic, EAL = 10^7																
M_R, psi = 50,000	15.5	22.6	24	24	13.6	20.4	23.9	24	12.0	17.5	20.5	22.6	9.0	12.7	14.3	15.4
100,000	15.5	16.5	19.9	22.2	13.6	15.0	17.9	19.9	12.0	13.0	15.5	17.2	9.0	9.8	11.2	12.6
300,000	15.5	15.5	15.5	15.5	13.6	13.6	13.6	13.6	12.0	12.0	12.0	12.0	9.0	9.0	9.0	9.0
600,000	15.5	15.5	15.5	15.5	13.6	13.6	13.6	13.6	12.0	12.0	12.0	12.0	9.0	9.0	9.0	9.0
900,000	15.5	15.5	15.5	15.5	13.6	13.6	13.6	13.6	12.0	12.0	12.0	12.0	9.0	9.0	9.0	9.0

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

MATERIALES PARA PAVIMENTACION

M. en C.,
M. en I., Carlos Férnandez Loaiza
Octubre de 1978

Octubre,1978.

Base espaciadora metálica de ciento cincuenta punto ocho - (150.8) milímetros (5 15/16") de diámetro, por sesenta y - tres punto cinco (63.5) milímetros (2 1/2") de espesor.
Pisón de compactación del tipo de martillo deslizante, consistente en un (1) pie o base cilíndrica, de acero, de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros (2") de diámetro; guía de acero de quince punto ocho (15.8) milímetros (5/8") de diámetro, pesa deslizante y empuñadura del pisón. La forma del pie del pisón y del martillo deslizante, deberán ser - tales que permitan la aplicación de golpes en la superficie contigua a la pared interior del molde. La varilla deberá unirse al pie del pisón mediante un sistema amortiguador, de resorte, el peso máximo del pisón compactador será de siete punto noventa y tres (7.93) kilogramos (17.5 lbs.) y la altura libre de caída deberá ser de cuatrocientos cincuenta y siete punto dos (457.2) milímetros (18").
Malla de diecinueve punto cero (19.0) milímetros (3/4").
Malla de cuatro punto setenta y seis (4.76) milímetros -- (Núm. 4).
Dispositivo de medición de expansión que consiste en una - placa perforada con vástago ajustable, tripié y un extensómetro para medir la expansión del suelo con aproximación - de cero punto cero un (0.01) milímetros.
Una (1) placa anular y dos (2) circulares seccionadas, con un peso de dos punto doscientos sesenta y cinco (2.265) -- kilogramos (5 lbs) cada una, diámetro exterior de ciento - cuarenta y nueve punto dos (149.2) milímetros (5 7/8") y - diámetro interior de cincuenta y cuatro punto cero (54.0)- milímetros (2 1/8"). Estas placas se utilizarán como sobrecargas en la superficie del espécimen durante los períodos de saturación y penetración.
Cilindro de penetración con diámetro de cuarenta y nueve - punto cinco (49.5) milímetros (1.95") y lo suficientemente largo para pasar a través de las placas de sobrecarga y penetrar en el espécimen.

108-1.5 En este inciso se describe la prueba de valor relativo de soporte, en especímenes compactados dinámicamente, basada generalmente en el método del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

A) La prueba que se describe se efectúa a los suelos que se utilizan en la construcción de terracerías y consiste en emplear la fracción del suelo que pasa la malla de diecinueve punto cero (19.0) milímetros (3/4") para elaborar especímenes con diferentes porciones de la muestra de prueba, compactándolos mediante impactos, variando los contenidos de agua y la energía de compactación, con el objeto de cubrir los valores de peso específico y humedad que puedan presentarse en la obra. Dichos especímenes se someten a un período de saturación antes de efectuarles la determinación del valor relativo de soporte, obteniéndose como datos adicionales su expansión originada por la saturación. El resultado de estas determinaciones se utiliza tanto en el proyecto de espesores de pavimento como en la determinación de las condiciones de compactación más favorables, o bien, para el estudio de materiales que por sus características y condiciones de uso especiales, requieren ser estudiados con mayor detalle.

B) El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:
Molde cilíndrico de ciento cincuenta y dos punto cuatro (152.4) milímetros (6") de diámetro interior y ciento setenta y siete punto ocho (177.8) milímetros (7") de altura, provisto de un collarín o extensión de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros (2") de longitud, una placa de base con perforaciones de uno punto cincuenta y nueve (1.59) milímetros (1/16") como máximo y una placa base sin perforaciones. Tanto las placas de base como el collarín deberán fabricarse de tal manera que puedan fijarse en cualquier extremo del molde. Figura Núm.

Dispositivo de aplicación de cargas, consistente en una máquina de pruebas, con marco adaptado para sujetar el cilindro de penetración y forzarlo a penetrar en el espécimen a una velocidad uniforme de uno punto tres (1.3) milímetros por minuto (0.05"/min).
Segueta de alambre.
Tanque de saturación.
Horno con control termostático para mantener una temperatura de ciento diez más menos cinco grados centígrados (110±5°C).
Cronómetro con aproximación de cero punto dos (0.2) segundos.
Papel filtro grueso.
Papel celofán.

C) La preparación de la muestra deberá efectuarse como se indica a continuación:

) De una (1) muestra obtenida y preparada como se indica en las cláusulas 108-02 y 108-04, respectivamente, se toma por cuarteo una porción de cuarenta (40) kilogramos aproximadamente.

2) Se separa mediante cribado de la porción obtenida, el retenido en la malla 3/4" y se determina su peso, se desecha dicho retenido y se reemplaza con una fracción igual en peso, de material que pasa la malla 3/4" y se retiene en la Núm. 4; esta fracción se obtendrá por cribado del material restante de la muestra original.

3) Se divide por cuarteo en doce (12) o quince (15) partes iguales la porción de cuarenta (40) kilogramos en la cual se han sustituído las partículas retenidas en la malla 3/4", cada una de estas partes constituyen una muestra de prueba; con ellas se forman tres (3) grupos de cuatro (4) o cinco (5) muestras cada uno.

D) El procedimiento de prueba será el siguiente:

1) Se toma un primer grupo de muestras y se procede en éste como se indica a continuación:

a) Se ajusta la humedad en sus diferentes muestras de prueba en tal forma que sus contenidos de agua se incrementen de una a otra muestra en dos por ciento (2%) aproximadamente, con respecto al peso húmedo; para obtener esta relación de incrementos se adicionará agua, o disminuirá ésta mediante secado, pero no se harán estas dos (2) operaciones en una misma muestra y en ningún caso se secarán totalmente. Los porcentajes de humedad de prueba en este grupo de muestras deberán elegirse en tal forma que cuando menos dos (2) tengan humedad inferior a la óptima y dos (2) superior a ésta. La humedad óptima aproximada, será usualmente la humedad mínima para que el material presente una consistencia tal que al ser comprimido en la palma de la mano, no la humedezca y que a la vez, pueda formar grumos. Una vez adicionada la cantidad de agua requerida para cada muestra de prueba, se mezcla completamente y se cubre con una (1) lona para evitar pérdidas por evaporación. En el caso de suelos arcillosos será necesario dejar el material húmedo un cierto tiempo en reposo, cubierto con una lona, para facilitar que el agua se incorpore adecuadamente al material.

b) Se coloca el disco espaciador en el molde de compactación previamente armado y se pone una hoja de papel filtro en la parte superior del disco.

c) Se toma una de las muestras de prueba y se le determina su humedad w de acuerdo a lo indicado en la cláusula 108-05, anotando su valor en la hoja de registro; a continuación se divide la muestra en tres (3) partes aproximadamente iguales, se coloca una de ellas en el cilindro de prueba apoyado sobre la base de concreto y compacta con cincuenta y seis (56) golpes del pisón, utilizando la guía para mantener constante la altura de caída y para repartir uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se repite la operación con cada una de las

dos (2) porciones restantes, para formar el espécimen d prueba.

d) Terminada la compactación se quita el collarín y se verifica que el material que sobresale del molde tenga un promedio no mayor de uno punto cinco (1.5) centímetros, de no ser así, la prueba deberá repetirse tomando una nueva muestra de material, corrigiendo el peso de la misma. Se enrasa el espécimen con la regla metálica depositando en una charola el material excedente.

e) A continuación se quita la placa de base y extrae el disco espaciador, se pesa el molde con el suelo compactado anotando en la hoja de registro, su valor W_i en gramos, con aproximación de un gramo.

f) Se coloca el papel filtro en la placa de base, se invierte el cilindro con el espécimen de tal manera que su fondo sea ahora la parte superior y se reinserta en la placa de base; a continuación se coloca sobre el espécimen un papel filtro, la placa perforada y las placas de carga necesarias para producir sobre el espécimen, una sobrecarga igual a la del pavimento más menos dos punto veintiseis (± 2.26) kilogramos de peso (5 libras) pero no menor de cuatro punto cincuenta y cuatro (4.54) kilogramos (10 libras); enseguida, se introduce al tanque de saturación el molde que contiene el espécimen, teniendo cuidado de que este último quede cubierto con el agua, con un tirante aproximado de dos (2) centímetros sobre el borde superior del molde.

g) Se repite en las muestras de prueba restantes, del grupo seleccionado, el procedimiento indicado en los sub-subpárrafos 1b) a 1f) anteriores.

h) A continuación se determina la expansión de cada espécimen, siguiendo el procedimiento indicado en el subpárrafo 108-14.2 D3).

i) Transcurrido el período de saturación de cada espécimen, se efectúa la penetración siguiendo el procedimiento descrito en los subpárrafos 108-14.2 D4) a 108-14.2 D6) - excepto que el período de escurrimiento de los especímenes deberá ser de quince (15) minutos.

j) Terminada la penetración de cada espécimen, se retira el molde del dispositivo de carga, se quitan las placas de carga, se desmonta la base, se saca el espécimen del molde y se le determina su humedad de acuerdo con lo indicado en la cláusula 108-05, anotando su valor en la hoja - de registro.

2) Se les efectúa a los dos (2) grupos de muestras restantes - el procedimiento descrito en los subpárrafos 1a) a 1j) anteriores, excepto que los especímenes del segundo grupo se -- compactarán con veinteseis (26) golpes por capa, los del -- tercero con doce (12) golpes por capa.

3) En el caso de suelos francamente arenosos, solamente se utilizará un grupo de muestras de prueba y se elaborarán los - especímenes mediante compactación con cincuenta y seis (56) golpes, con humedades semejantes a las que se van a tener - en el campo, incluyendo dentro de este rango las humedades- más altas que sea posible.

En esta prueba se calcula y se reporta lo siguiente:

1) Se calcula el peso específico húmedo y el peso específico - seco que tiene cada espécimen antes de su saturación y se - construye la gráfica peso específico seco-humedad, Figura - Núm. 77 7 , siguiendo los pasos indicados en el párrafo 108-11.2 E). Se dibujará una curva para cada energía de compactación.

2) Se calcula el valor relativo de soporte de cada espécimen,- así como su expansión, siguiendo los pasos indicados en el- párrafo 108-14.2 F), y se construye la gráfica valor relativo de soporte-humedad, dibujando en un sistema de ejes coor

denadas los puntos correspondientes a cada espécimen, tomando como ordenada el valor relativo de soporte y como abscisa la humedad de compactación respectiva. Se unen a continuación dichos puntos con una curva como las que se muestran en la Figura Núm. [illegible]. Se dibujará una curva para cada energía de compactación.

3) A partir de las curvas peso volumétrico seco-humedad, Figura Núm. 72 A, y de valor relativo de soporte-humedad, Figura Núm. 72 B, se trazan las curvas de valor relativo de soporte-peso específico seco, para diferentes humedades de compactación, Figura Núm. [illegible]; se dibujan los puntos correspondientes a una humedad determinada, ubicándolos con el valor relativo de soporte en el eje de las ordenadas y el peso específico seco respectivo en el eje de las abscisas; se unen dichos puntos y se dibuja la curva correspondiente a la humedad mencionada. En forma similar se dibujan otras curvas que cubran el rango de humedades que se tengan en la obra, o bien el que se requiera para fines de estudio.

4) Se reporta el peso específico seco, el por ciento de humedad después de la saturación y el por ciento de expansión de cada espécimen, acompañando al reporte con las gráficas, peso específico seco - humedad, valor relativo de soporte - humedad y valor relativo de soporte - peso específico seco.

F) La utilización de estas gráficas y valores, tienen diferentes aplicaciones, como puede ser la elección del valor relativo de soporte para un material determinado, el rango de pesos específicos y rango de humedades. Para lo anterior se procederá como se indica a continuación: la elección del valor relativo de soporte de diseño debe basarse en el peso específico y la humedad de compactación que anticipadamente puedan fijarse en el campo. Supóngase por ejemplo que se tiene un suelo arcilloso para el cual se han obtenido los resultados que se muestran en la Figura Núm. 73, y que el contenido de agua que puede obtenerse en el campo varía entre trece y dieciseis por ciento

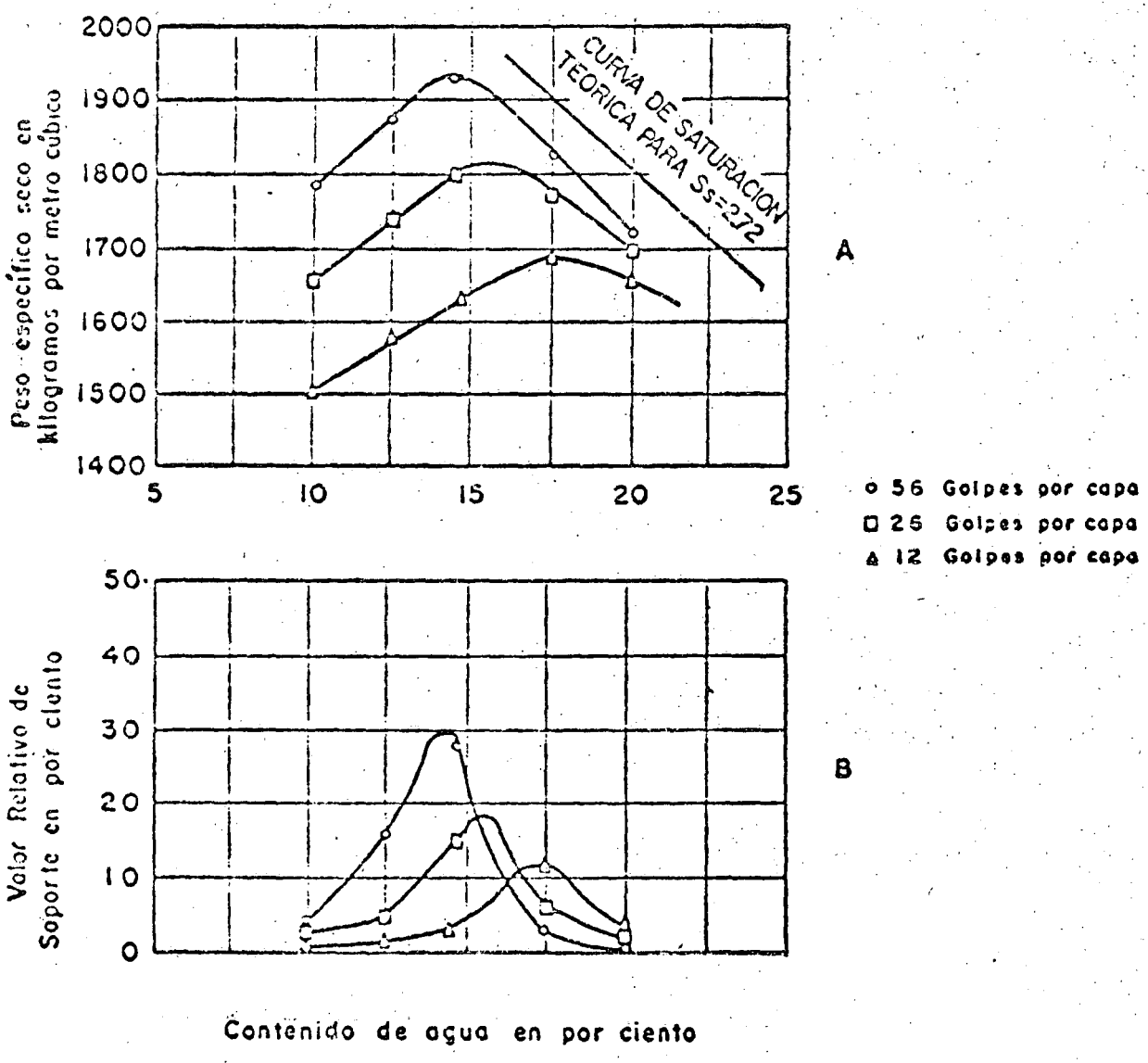


FIGURA NUM. 72 EJEMPLO DE CURVAS PESO ESPECIFICO SECO-HUMEDAD Y VALOR RELATIVO DE SOPORTE—HUMEDAD

(13-16%), y que tiene pesos específicos secos que varían entre mil ochocientos veinte (1820) y mil novecientos (1900) kilogramos por metro cúbico. En este caso la Figura Núm. ??, podría indicar que en la obra después que las condiciones de humedad se hayan regularizado se tendría una variación del valor relativo de soporte entre once por ciento (11%) para un peso específico de mil ochocientos veinte (1820) kilogramos por metro cúbico y trece por ciento (13%) de humedad, y veintiseis por ciento (26%) para un peso específico de mil novecientos (1900) kilogramos por metro cúbico y quince por ciento (15%) de humedad. Para estas condiciones el valor relativo de soporte de diseño que podría seleccionarse sería de doce por ciento (12%). Asímismo la Figura Núm. ??, muestra que debe llevarse un control estricto de la humedad entre los límites establecidos (13 a 16%) debido a que los valores relativos de soporte se abaten notablemente si el contenido de agua durante la compactación se incrementa arriba de la variación establecida. En el ejemplo citado si el contenido de agua tiende a incrementarse uno por ciento (1%), es decir, aumenta a diecisiete por ciento (17%), la curva de la derecha indica que el valor relativo de soporte puede decrecer de veintiseis (26) a ocho (8).

Otro incremento de uno por ciento (1%) podría dar como resultado un valor relativo de soporte igual a tres (3). Así como se hizo esta gráfica se puede construir otra que relaciona la expansión, la humedad y la energía de compactación, estructurándola en forma similar a la de la Figura Núm. , dependiendo de la aplicación que se le quiera dar.

C) Al efectuarse esta prueba deben tenerse en cuenta las siguientes precauciones:

1) No emplear material que haya sido sometido a algún procedimiento de compactación de laboratorio.

2) Las capas que se compactan para elaborar el espécimen deberán ser prácticamente iguales, para asegurar la uniformidad en la compactación.

3) Que durante la compactación los golpes del pisón se repar-

tan uniformemente en toda la superficie, manteniendo la guía vertical, asegurándose que la caída del pisón sea libre y que la superficie de dicho pisón se mantenga limpia.

ASFALTOS, AGREGADOS Y MEZCLAS ASFALTICAS.

A.- Generalidades.

El petróleo crudo obtenido de pozos se separa en sus constituyentes o fracciones en una refinería mediante destilación. Posteriormente estos constituyentes se continuan refinando o procesando hasta que se obtengan productos que reunan ciertos requisitos especificados. Dependiendo del tipo de petróleo crudo que se procese podemos obtener en el proceso de destilación, asfalto, parafinas, aceites lubricantes, gasolina y kerosina. El asfalto en realidad se obtiene como un residuo de la destilación, debido a que no se evapora ni hierve durante el mencionado proceso de destilación.

Al asfalto se le conoce tambien como material bituminoso dado que contiene bitumen que es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS_2). El asfalto contiene además de las moléculas de hidrocarburo algunos átomos, tales como los de oxígeno, nitrógeno y azufre. Es pegajoso, lo cual hace que se adiera a las partículas de agregado, es además impermeable y resistente a la mayoría de ácidos, álcalis y sales. Se dice que el asfalto es termoplástico porque se suaviza al ser calentado y endurece al enfriarse.

Las características enunciadas son las que hacen del asfalto un material tan útil en la pavimentación. En la naturaleza se encuentra el asfalto en estado natural, el cual, aunque tambien puede tener todas las características del asfalto obtenido de la refinación del petróleo crudo, presenta la desventaja de que no es uniforme y contiene cantidades variables de materia extraña.

El producto obtenido como residuo de la destilación del petróleo crudo, a que se ha hecho referencia, a la temperatura ambiente es un material semisólido, negro, pegajoso, altamente viscoso y se le conoce como Cemento Asfáltico. Este material puede reblandecerse para su manipulación durante las operaciones de contrucción, tales como el bombeo a través de tubos y espreas, transporte y operaciones de mezclado con el agregado. Cuando las operaciones de construcción han terminado, el cemento asfáltico presenta una acci

ón reversible a su condición normal y funciona entonces como el agente que proporciona cementación, impermeabilidad y durabilidad.

El cemento asfáltico puede hacerse menos viscoso para su uso en la construcción por medio de los siguientes tres métodos.

1.- Por medio de la aplicación de calor. En esta forma, después de las operaciones de contrucción el asfalto se enfría y regresa a su estado semisólido.

2.- Disolviendo el asfalto en solventes adecuados. A los productos obtenidos se les conoce como asfaltos rebajados en los cuales los solventes se evaporan, una vez terminada la contrucción, dejando depositado el cemento asfáltico. A la separación del asfalto y solventes se le llama fraguado.

3.- Emulsificado al asfalto con agua. El asfalto y el agua generalmente no pueden ser mezclados, pero se pueden mezclar moliendo el asfalto en un molino coloidal y agregándole agua y agentes emusificantes. El producto resultante se conoce como emulsión asfáltica. Durante la contrucción el agua y el asfálto se separan, formando el asfalto una película contínua que cubre a los agregados y los une, mientres que el agua se evapora. Al proceso de la separación del agua y asfalto se le conoce como rompimiento.

Los cementos asfálticos generalmente se aplican cuando se requiere la más alta calidad en la carpeta asfáltica, efectuando las mezclas en planta y en caliente y teniendo cuidados extremos en su dosificación y elaboración. La mezcla asfáltica se debe mantener caliente tambien durante su transporte, tendido y compactación.

Los asfaltos rebajados se utilizan para mezclas que tambien pueden ser elaboradas en plantas centrales. Los agregados pueden contener poca humedad y se les puede calentar un poco para su mezclado con el asfalto rebajado. A estas mezclas se les designa como mezclas en frío, aún cuando se pude haber precalentado un poco al agregado.

Las mezclas asfálticas hechas con emulsiones asfálticas y algunos asfaltos rebajados pueden ser tendidas y compactadas estando completamente frías. Con el objeto de propiciar la evaporación del agua o de los solventes una vez que las mezclas han sido colocadas sobre el camino, se remueven de un lado al otro utilizando motoconformadoras antes de tenderlas y compactarlas.

Los asfaltos rebajados y las emulsiones asfálticas por consiguiente, tambien se pueden utilizar en el caso de mezclas en el lugar, teniendo este procedimiento las siguientes ventajas.

1.- Utilización de los materiales que se encuentran en el camino ó cerca de el, sin necesidad de posteriores procesamientos.

2.- Eliminación de la necesidad de una planta central.

3.- La construcción se puede llevar a cabo con equipo menos costoso y más fácil de adquirir como motoconformadoras, mezcladores rotatorios y plantas de mezclado autopropulsadas.

Debe hacer la observación de que la calidad de la mezcla obtenida con asfaltos rebajados ó emulsiones asfálticas es inferior a la obtenida con cementos asfálticos, por lo cual en caminos de primer orden o en aeropuertos se debe utilizar solamente cementos asfalticos.

3.- TIPOS PRINCIPALES DE PRODUCTOS ASFALTICOS.

1.- Cementos Asfálticos. (ver figura 1.)

a) Generalidades.

El petróleo crudo está compuesto de una gran variedad de productos incluyendo al asfalto. Durante el proceso de refinación el petróleo se fracciona, o separa, en sus diferentes productos, permitiendo la recuperación del asfalto como se muestra en la figura Num. 1.

Las principales propiedades que nos interesan de los cementos asfálticos son los siguientes:

-Consistencia. La consistencia es un término utilizado para describir el grado de fluidez o plasticidad de un asfalto para cualquier temperatura particular.

Los cementos asfalticos se definen, por consiguiente,

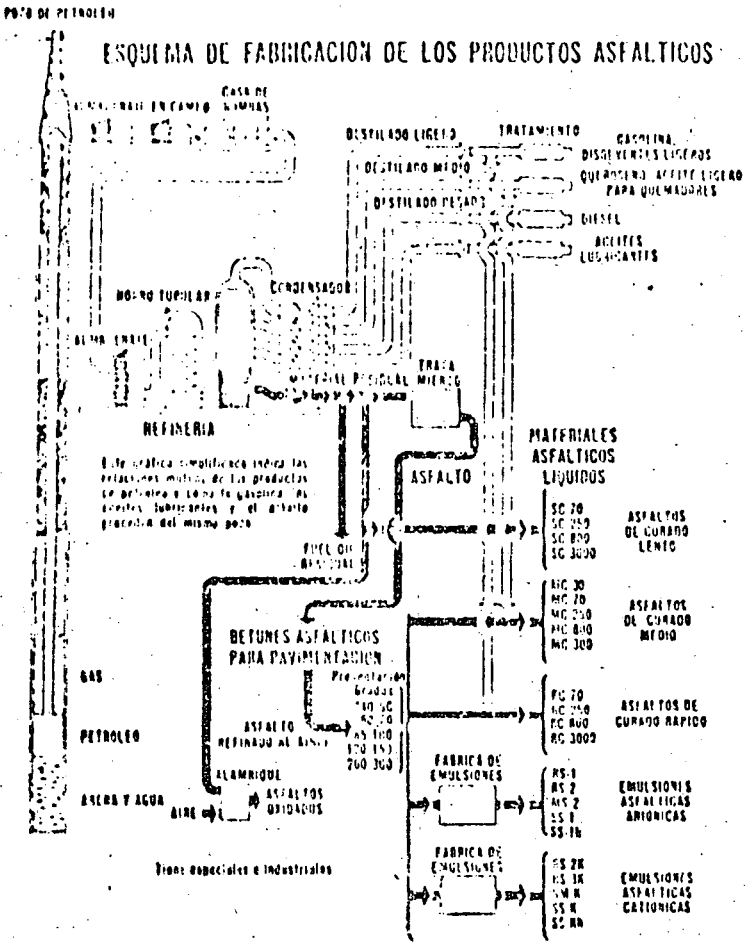


Figura 1 Diagrama de fabricación de los productos asfálticos.

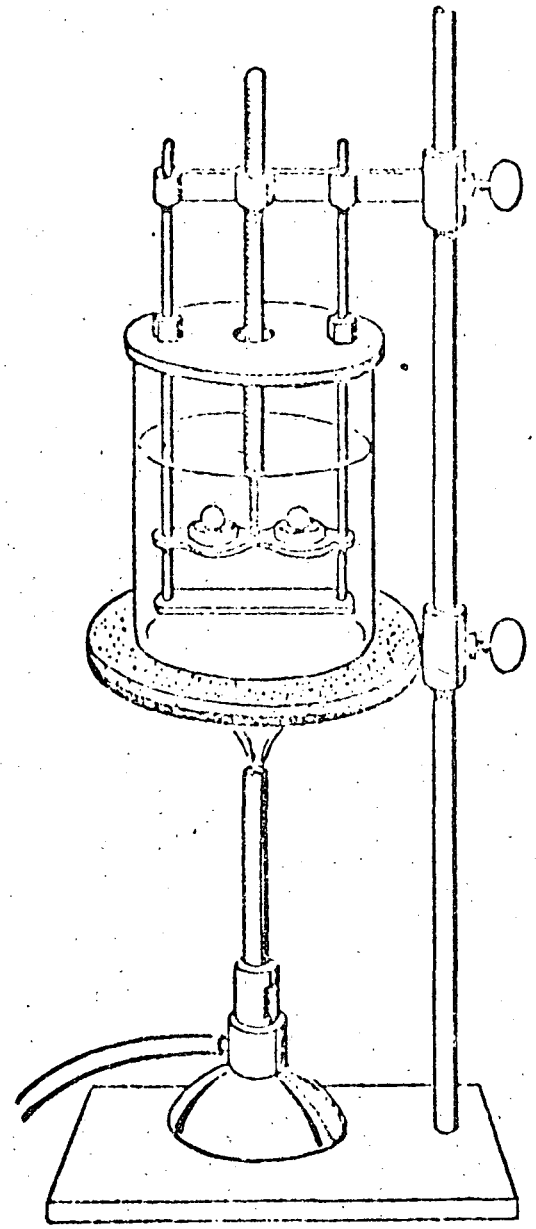


Figure 2 Softening point test

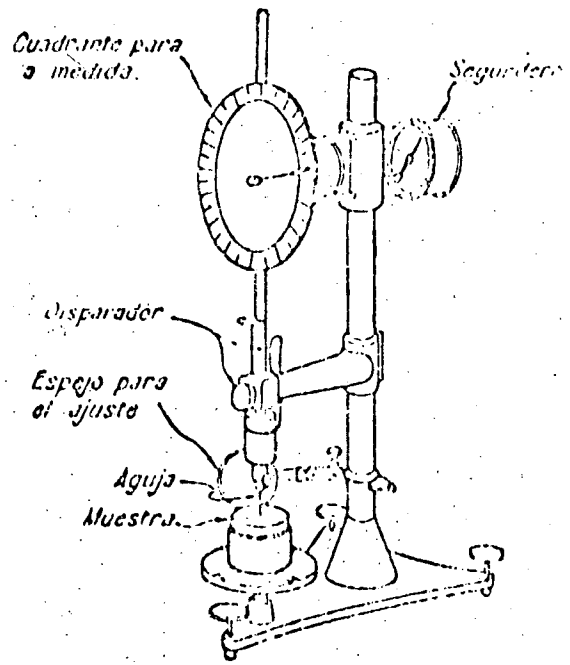


Figura 3 — Penetrómetro.

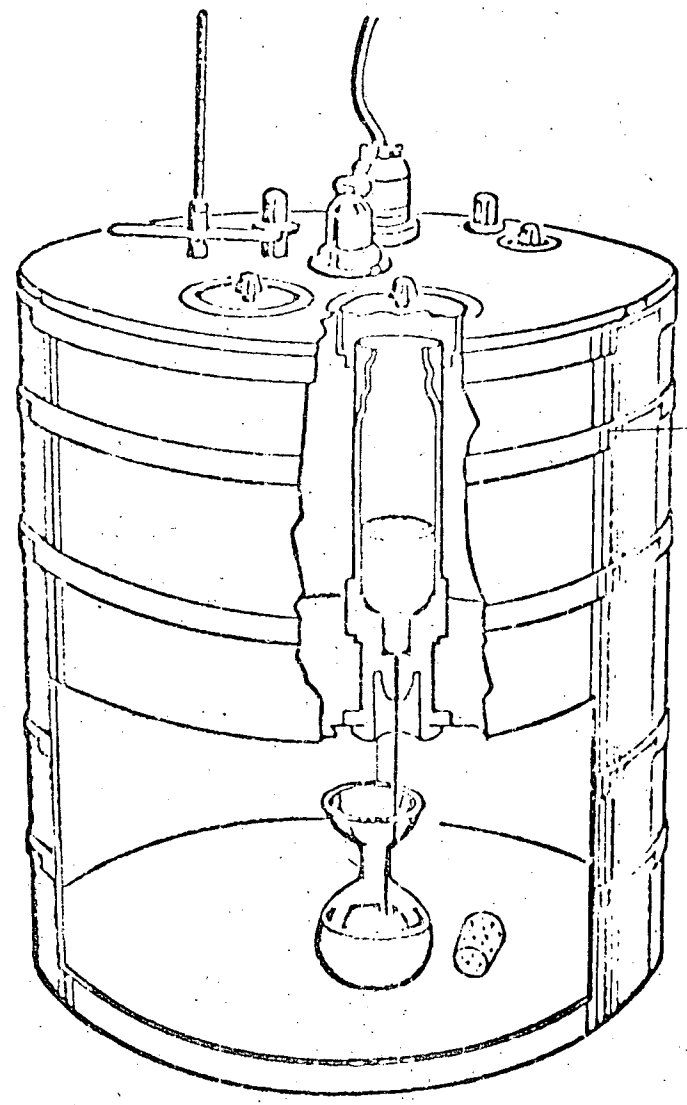


Figura 4 Determinación de la viscosidad Saybolt-Furol.

de acuerdo con rangos de consistencia para temperaturas estándard. Un aspecto importante es el cuidadoso manejo de las temperaturas en el cemento asfáltico, ya que si exponemos una película delgada de cemento asfáltico, a la acción prolongada de calor, dicha película tiende a volverse dura y quebradiza, lo cual hace que se tenga una baja durabilidad. Por consiguiente, un descuido en la temperatura durante la operación de mezclado puede ocasionar más daño que muchos años de servicio en la carpeta tendida.

-Pureza. Debe procurarse que el cemento asfáltico no contenga impurezas que puedan por ejemplo taper las espreas. Tampoco debe contener agua, ya que esta hierve y puede hacer que la manipulación del cemento asfáltico sea peligrosa a las temperaturas de mezclado y tendido.

-Seguridad. Además del peligro que puede presentar el agua, se tiene otro más y consiste en que el asfalto al calentarse presenta el peligro de prenderse con la aparición de una chispa o flama cercana. Ahora bien, la temperatura a la que se manejan los cementos asfálticos es mucho más elevada que el punto de encendido por lo cual es conveniente saber a que temperatura ya se tiene el peligro de encendido del asfalto.

Los cementos asfálticos, como antes se mencionó, se clasifican de acuerdo con su consistencia, la cual se mide mediante pruebas de penetración, de las cuales se tratará posteriormente.

Generalmente se fabrican cinco grados estándard de cemento asfáltico. El cemento asfáltico de grado de penetración más suave, es moderadamente firme a la temperatura ambiente por lo que puede hacerse penetrar un dedo sobre la superficie con la aplicación de una ligera presión. El grado de penetración más duro es de una consistencia tal que solamente puede marcarse la huella del dedo aplicando una fuerte presión, a la temperatura ambiente.

Pruebas de Clasificación en Cementos Asfálticos.

Las pruebas que generalmente se efectúan en cementos asfálticos para determinar sus propiedades son las sig

Prueba del punto de reblandecimiento (Fig. 2).

El reblandecimiento de un cemento asfáltico no tiene lugar a una temperatura definida, sino que a medida que la temperatura aumenta se va reblandeciendo gradualmente hasta alcanzar la fluidez de un líquido. Por esta razón la determinación del punto de reblandecimiento tiene que llevarse a cabo por medio de un método arbitrario fijo, para poder obtener datos comparativos.

Se coloca cemento asfáltico dentro de un anillo de latón, se suspende el anillo de latón detro de un vaso de precipitado conteniendo agua o glicerina. Se coloca una esfera metálica sobre el anillo y se aplica calor. Según se va calentando el agua o glicerina, la esfera metálica penetra gradualmente en el asfalto.

En el momento en que el asfalto toque la ménsula inferior, se determina la temperatura del agua, designando a dicha temperatura como punto de reblandecimiento.

Prueba de penetración (figura 3)

La prueba de penetración es una medición empírica de la consistencia del asfalto. La prueba consiste esencialmente, en calentar un recipiente, conteniendo asfalto, hasta una temperatura especificada (25°C). Se hace penetrar una aguja estandarizada (peso 100 gr) sobre la superficie del cemento asfáltico, midiendo la distancia que penetre durante 5 segundos. La penetración es la distancia medida en unidades de 0.1 mm.

Prueba de Viscosidad. (ver fig. 4).

El propósito de la prueba de viscosidad es el proveer un control de la resistencia del asfalto en el rango de temperaturas utilizadas normalmente en los procedimientos de construcción. Para medir la viscosidad se hace uso del viscosimentro Saybolt-Furol.

La prueba consiste en colocar cemento asfáltico en un recipiente especial que contiene un orificio en la parte inferior, dicho orificio se encuentra tapado al inicio de la prueba. Se calienta el recipiente mediante un baño de agua y cuando el material alcanza la temperatura especificada, se quita el tapón y se mide el tiempo en segundos requerido, para llenar un recipiente aforado a 60 ml. al tiempo medido en segundos se le denomina viscosidad Saybolt-Furol.

Prueba del punto de Encendido. (ver Figura 5).
Esta prueba indica la temperatura a la cual el asfálto puede ser manejado con seguridad sin que se presente una flama instantánea bajo la precencia de una llama de fuego abierto. Esta temperatura es inferior a la de combustión del material. Para determinar el punto de encendido usualmente se utiliza la copa abierta de Cleveland, la cual se llena con cemento asfáltico y se calienta con una cierta velocidad de calentamiento; se hace pasar una llama de fuego abierto sobre la superficie del asfalto a ciertos intervalos de tiempo, hasta que han sido liberados los solventes necesarios para producir el flamazo, la temperatura a la que se produjo el flamazo se le conoce como "punto de encendido".

Prueba de la Pelicula Delgada. (ver figura 7).
Esta no es en ralidad una prueba en sí, sino un procedimiento para someter un asfálto a las condiciones de endurecimiento que se asemejan a las que se tendrían durante los procedimientos normales de elaboración de mezclas en caliente. Se efectuan pruebas de penetración antes y despues del endurecimiento, la diferencia en las penetraciones se considera como una medida de la resistencia del material a cambios debidos al endurecimiento.

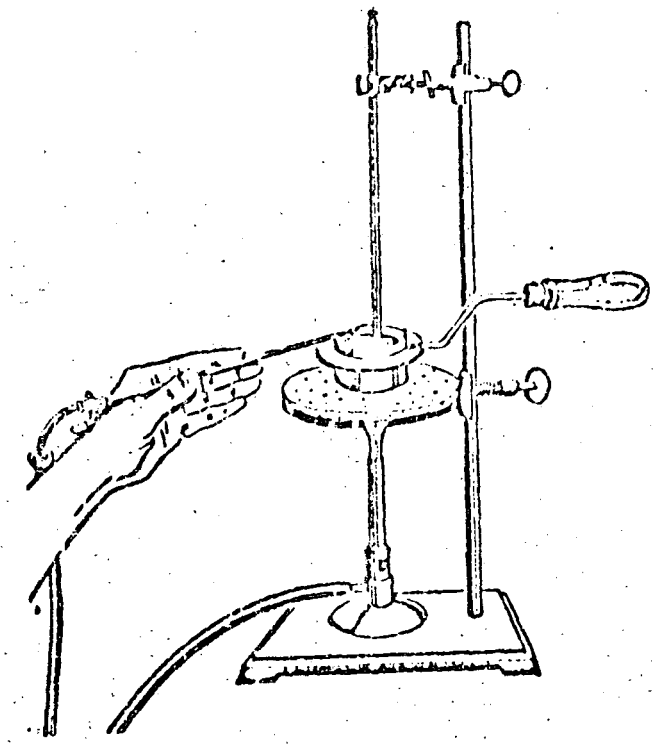


Figura 5 Determinación del punto de inflamación en vaso abierto Cleveland.

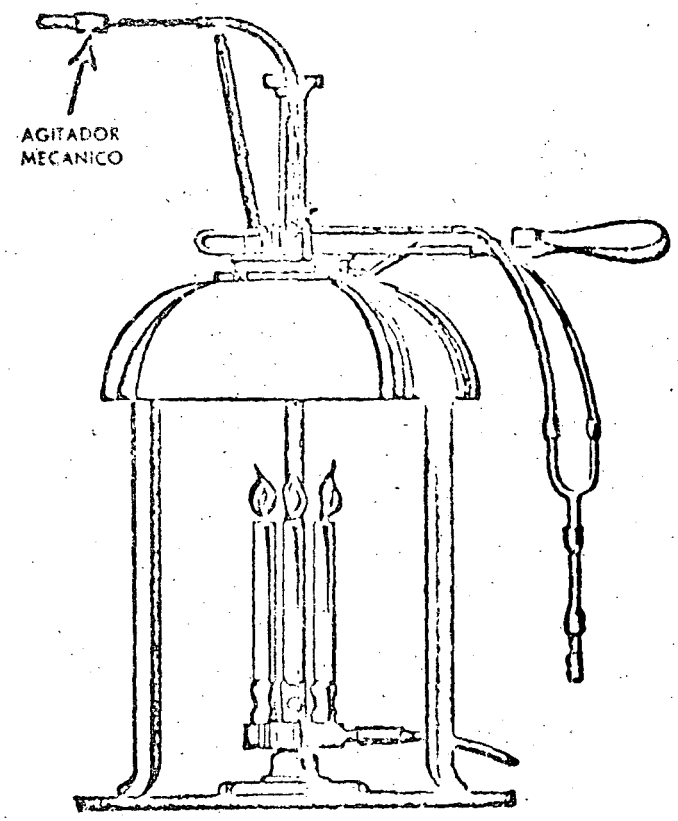


Figura 6 Determinación del punto de inflamación Pensky-Martens.

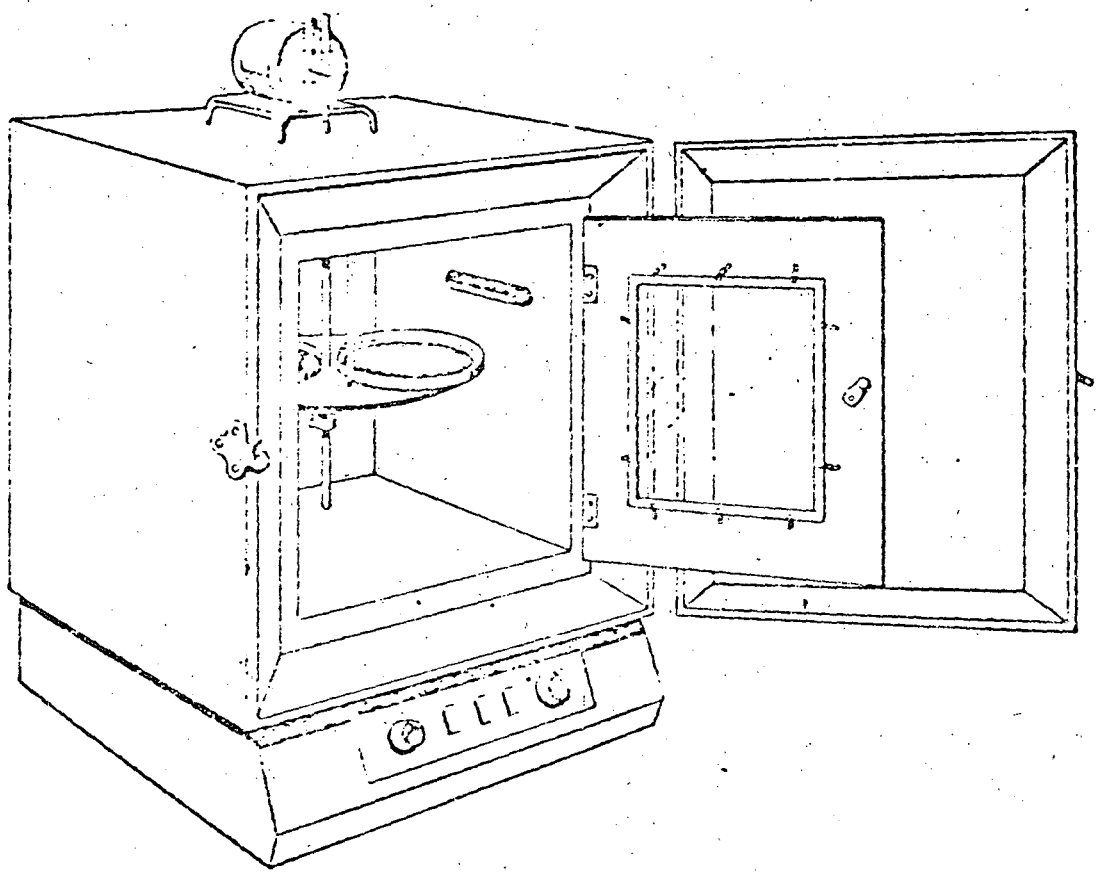


Figure 7 Thin film oven test

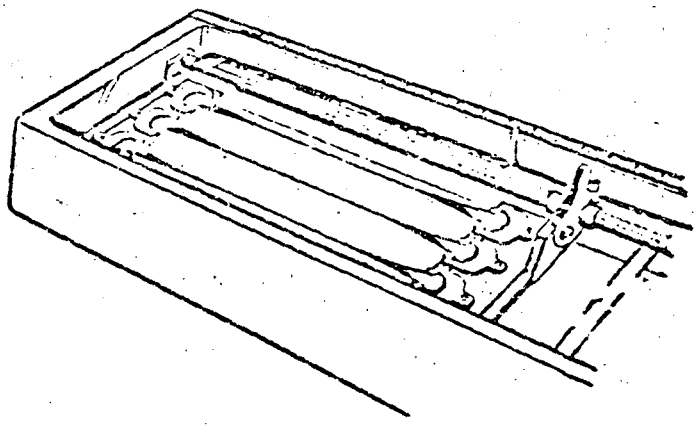


Figura 8 Ensayo de ductilidad.

El procedimiento de la película delgada consiste en colocar 50 c.c. de cemento asfáltico en unos recipientes cilíndricos como los mostrados en la figura 7.

La capa de asfalto es de aproximadamente 3.2 mms. (1/8"). Los recipientes se colocan en una ménsula rotatoria dentro de un horno con distribución de temperatura uniforme; se hace girar a la ménsula a una velocidad de 5 a 6 rpm., y una temperatura de 160° C (325°F) durante 5 horas. Posteriormente se procede a la prueba de penetración.

Prueba de Ductilidad (ver figura 8)

La ductilidad en los cementos asfálticos está ligada con el grado de adhesividad de los mismos. Los asfaltos que poseen alta ductilidad son normalmente más adhesivos que los que no la poseen, pero por otro lado, un alto grado de ductilidad significa también susceptilidad a los cambios de temperatura, lo que significa que el cambio en consistencia es relativamente mayor para el cambio en temperatura. En mezclas para pavimentación nos interesa la ductilidad y la adherencia, pero en el sellado de grietas lo que nos interesa más, es una baja suceptibilidad a cambios de temperatura.

La prueba de ductilidad es una prueba de extensión. Se fabrican unas briquetas que se colocan en unas mordazas dentro de un baño de agua; se pone el baño de agua a la temperatura de 25° C (77°F). Un extremo de las briquetas se somete al movimiento producido por el desplazamiento de las mordazas correspondientes a razón de 5 cm., por minuto, hasta que se rompe el hilo formado en la briqueta. A la elogación, en centimetros, correspondiente al rompimiento se le desigma como ductilidad.

Prueba de solubilidad.

Esta prueba sirve para estimar la pureza de un cemento asfáltico Los constituyentes cementantes activos de un cemento asfáltico son solubles en bisulfuro de carbono. La materia inerte tal como sales, carbones libres, ó contaminantes no orgánicos son insolubles. La mayoría de los cementos asfálticos son también solubles en tricloroetileno y tetracloruro de carbono lo que hace que se utilize estos productos en la prueba por resultar menos peligroso su manejo. La prueba consiste en disolver 2gms. de cemento asfáltico en 100 ml. de solvente. Posteriormente se hace pasar la solución a través de un filtro de asbesto colocado en un crisol de Gooch. La cantidad de material retenida en el filtro se determina mediante el pesado y se expresa como por ciento de la muestra original.

C) Ver las especificaciones S.O.P. para cementos asfálticos.

2.- Asfáltos Rebajados. (figura 1)

A) Generalidades.

Los asfáltos rebajados son cementos asfálticos a los cuales se han adicionado solventes para obtener un producto asfáltico liquido de fácil manejo durante las operaciones de bombeo, mezclado y riego en la construcción de pavimentos. De acuerdo con la velocidad de evaporación de los solventes, los asfaltos rebajados se dividen en 3 tipos:

Asfaltos Rebajados de Fraguado Rápido (FR)

Están constituidos por cemento asfáltico y un solvente volátil ó destilado ligero del tipo de la gasolina o nafta en su rango de ebullición.

Asfáltos Rebajados de Fraguado Medio (FM).

Estan constituidos por cemento asfáltico y un solvente de volatibilidad media ó destilado medio, del tipo de la Kerosina en

su rango de ebullición.

Asfaltos Rebajados de Fraguado Lento. (FL)

Están constituidos por cemento asfáltico y un diluido aceitoso de baja volatilidad. El grado de fluidez en los asfaltos rebajados depende de:

Grado de penetración en el cemento asfáltico.

Volatilidad del solvente.

Proporción solvente-cemento asfáltico.

El grado de fluidez resulta en varios grados de asfaltos rebajados algunos muy fluidos a las temperaturas ambiente y otros viscosos de tal forma que a veces se requiere algún calentamiento para su utilización.

B) Pruebas de Clasificación en Asfaltos Rebajados.

Las pruebas que generalmente se efectuan en asfaltos rebajados para determinar sus propiedades son las siguientes:

Prueba de Viscosidad Cinemática (fig. 9).

La prueba consiste escencialmente en hacer circular por un tubo capilar el asfalto rebajado, mediante un procedimiento estandarizado y se mide el tiempo necesario para que el asfalto pase por dos marcas indicadas.

El intervalo de tiempo multiplicado por el factor de calibración del tubo da la viscosidad cinemática, en unidades de centiestokes.

Prueba del punto de encendido (fig. 10.)

El objeto de esta prueba es el mismo que para los cementos asfálticos y el procedimiento de prueba para asfáltos rebajados de fraguado lento (FL) es el mismo que para los cementos asfálticos en el caso de los asfaltos rebajados FL y FR la prueba difiere solamente en que para los rebajados la copa abierta de Cleveland

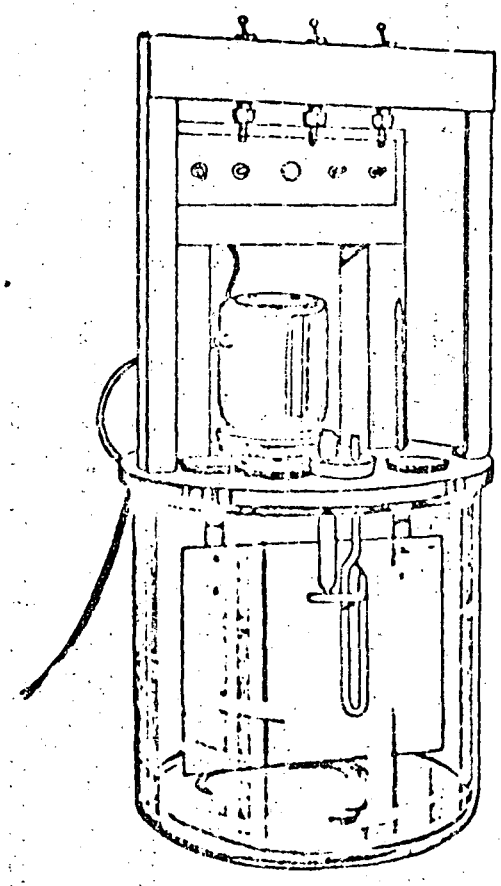


Figura 9 Ensayo cinemático de viscosidad capilar.

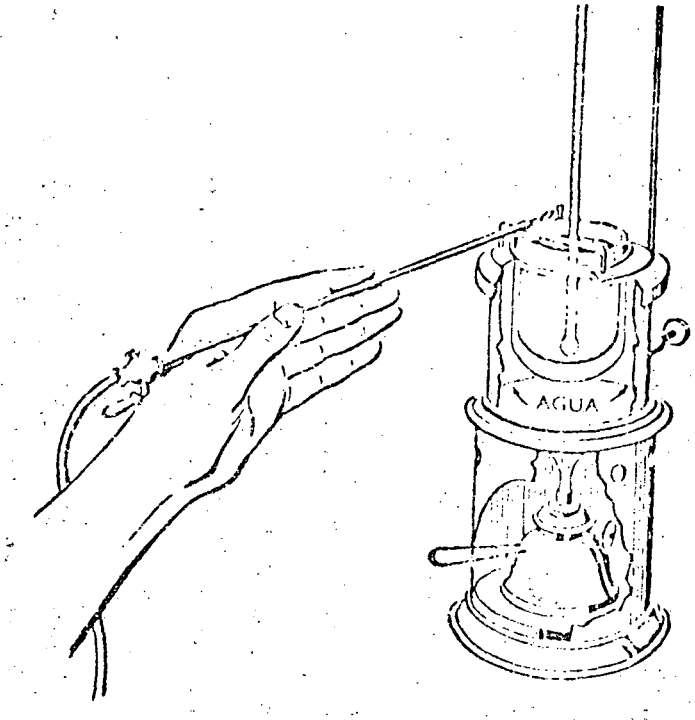


Figura 10 Determinación del punto de inflamación en vaso abierto (asfalto fluidificado).

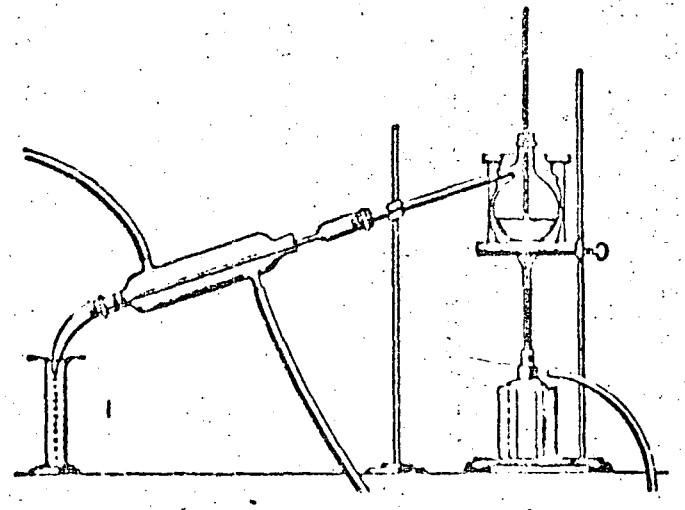


Figura 11 Ensayo de destilación.

recibe fuego indirecto para evitar, que dada la alta volatilidad de los solventes, la llama de la fuente de calor provoque el flamazo instantáneo, lo cual debe más bien ser ocasionado por la pequeña llama que se hace pasar sobre la copa a intervalos de tiempo establecidos.

Los asfaltos rebajados comunmente se utilizan a temperaturas superiores a su punto de encendido. Un FR puede presentar un punto de encendido a 30° C, de ahí que mientras más volátil es el solvente, mayor es el peligro que involucra su uso, y deberán ser manipulados con precaución.

Prueba de Destilación (fig.11).

Esta prueba tiene por objeto determinar la cantidad de solventes y de cemento asfáltico así como la obtención de una cierta cantidad de residuo asfáltico sobre el que posteriormente se ejecutarán pruebas de clasificación.

La prueba en términos generales consiste en la colocación del asfálto rebajado en un matraz de destilación que se conecta a un condensador. Se aplica calor y se evaporan los solventes que se condensan al pasar por el condensador, para finalmente escurrir a una probeta graduada en donde se van determinado las cantidades de solventes obtenidos para diferentes temperaturas, hasta alcanzar una temperatura de 360°C (680° F) en donde se considera que el material remanente en el matraz está formado solamente por cemento asfáltico.

Prueba para obtener un residuo de Penetración 100

Esta prueba se efectúa solamente a los rebajados FL. La prueba en realidad tiene poca importancia puesto que el fraguado, en el campo, de un FL es demasiado lento y puede ó no alcanzar el grado de pe-

penetración 100 en toda su vida de servicio. El valor de la prueba es que provee un residuo sobre el cual se pueden ejecutar las pruebas usuales para cementos asfálticos.

La prueba consiste en calentar una muestra de FL a 260° C (500°F) y mantenerla a esta temperatura hasta que alcance un grado de penetración de 100. Se determina la proporción, en peso de residuo asfáltico remanente. Al residuo se le efectuan las pruebas deseadas.

Prueba para determinar el Contenido de Agua.

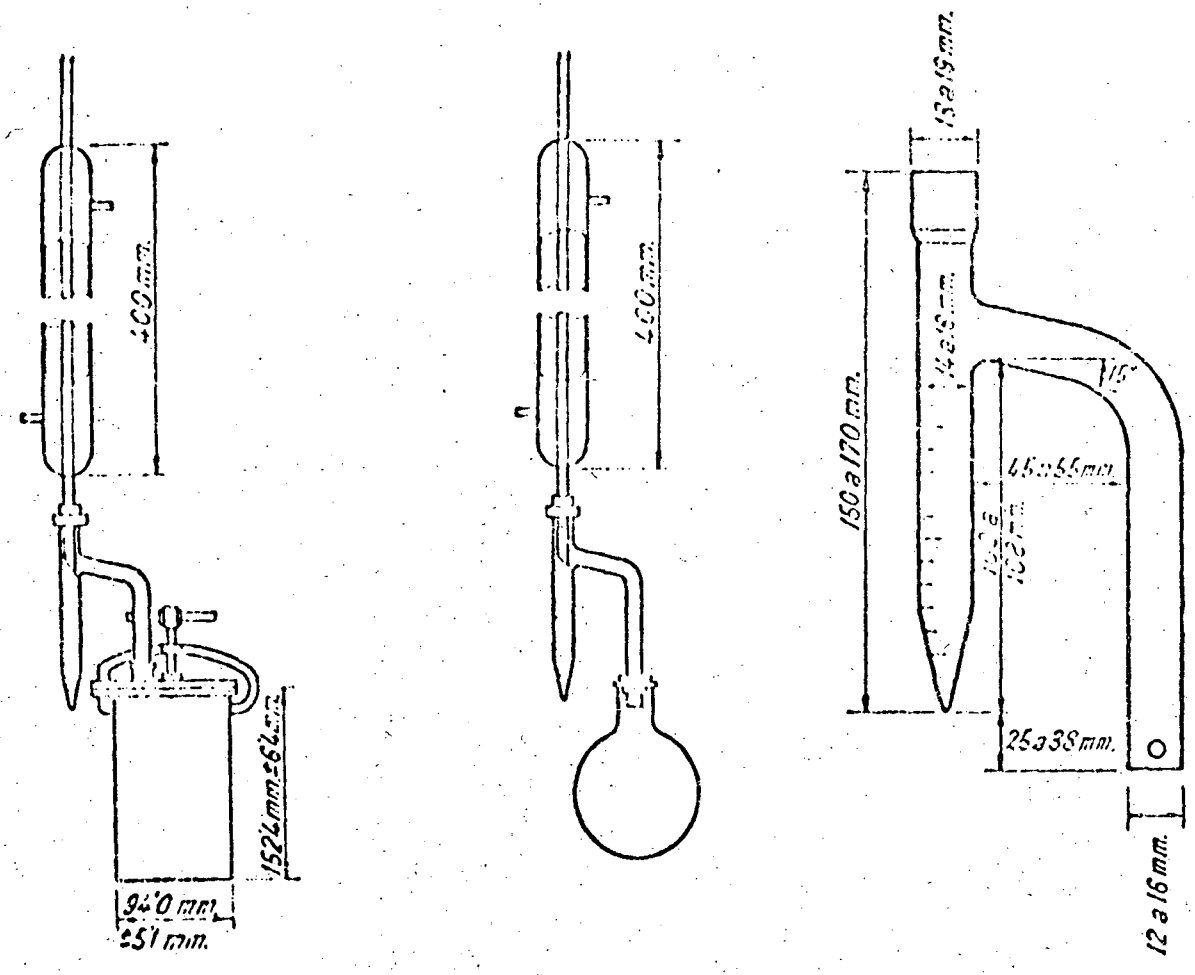
Generalmente se especifica que los asfáltos rebajados no deben contener agua, principalmente debido a que el agua produce la formación de espuma lo cual puede crear una situación de peligro. (ver figura 12)

La prueba consiste en vaciar una cierta cantidad del rebajado en un matraz o recipiente metálico de destilación; se mezcla perfectamente al rebajado con xilol o nafta. Se une al matraz o recipiente metálico, un condensador el cual deberá descargar en una trampa graduada. Se aplica calor al recipiente que contiene al rebajado y si éste contiene agua ésta quedará atrapada en la trampa. Se calcula el porcentaje de agua.

Prueba de Flotación en el residuo de la destilación de asfaltos rebajados de fraguado lento. (FL.). (Ver figura 13).

El objeto de esta prueba es determinar la consistencia en asfaltos duros a los que no se les puede efectuar la prueba de penetración.

La prueba consiste en solidificar un tapón de residuo asfáltico, como lo muestra la figura, posteriormente se atornilla este tapón a una copa a la que se hace flotar sobre un baño de agua a la temperatura de 50° C, determinando el tiempo requerido para que el agua atravieze, rompiendo el mencionado tapón. (ver fig. 13)


400 mm.
152 a 64 mm.
94'0 mm.
25'1 mm.
400 mm.
150 a 170 mm.
13 a 19 mm.
14 a 19 mm.
15°
45 a 55 mm.
25 a 38 mm.
12 a 16 mm.

(a) (b) (c)

FIG. 12

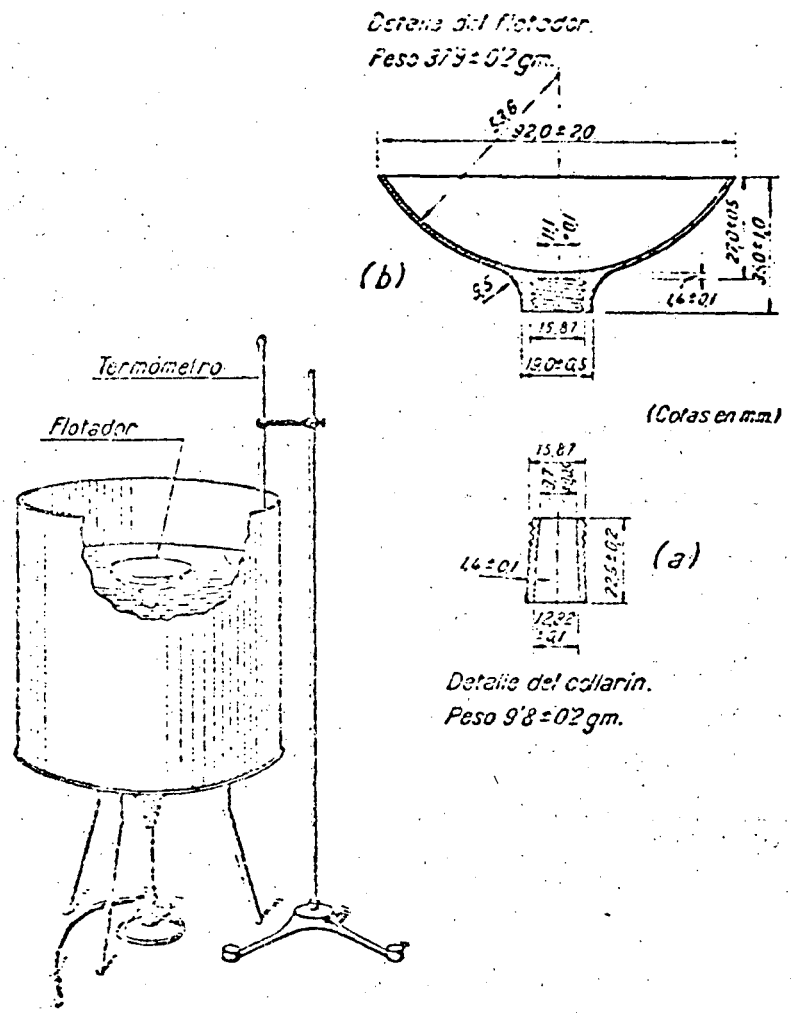


Fig. 13 — Viscosimetro de flotador.

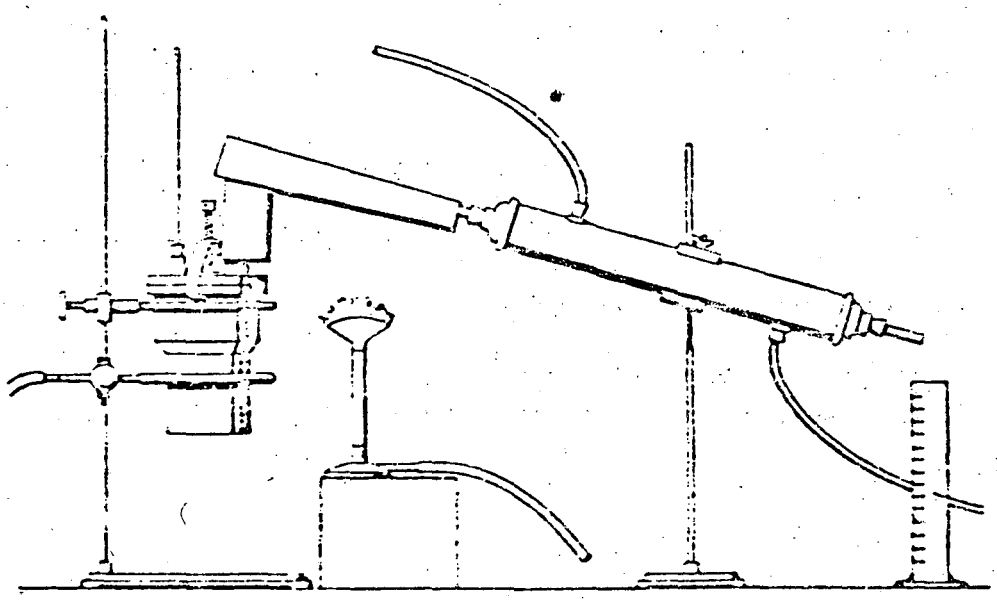


Figure 14 Distillation test for emulsified asphalts

C) Ver las especificaciones de la S.O.P.

D.- Emulsiones Asfálticas. (figura 1)

A) Generalidades.

Otro de los procedimientos para fluidificar a un cemento asfáltico consiste en separarlo mecanicamente y en caliente hasta obtener pequeños glóbulos los cuales se dispersan en agua tratada con agentes emulsificantes, obteniendo de esta manera lo que se conoce como emulsión asfáltica. De esta forma se tiene una fase continua que es el agua y una fase dispersa que es el cemento asfáltico. Para separar al cemento asfáltico en pequeños glóbulos se utilizan molinos coloidales.

Se pueden producir diferentes tipos y grados de emulsiones asfálticas de acuerdo con la manufactura de la emulsión y con el tipo de agentes emulsificantes utilizados.

De acuerdo con el tipo de agente emulsificante las emulsiones se dividen en:

Aniónicas; en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico estan cargados electro-negativamente.

Catiónicas; en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico estan cargados electro-positivamente.

De acuerdo con la manufactura y variaciones en los materiales, las emulsiones asfálticas se dividen en:

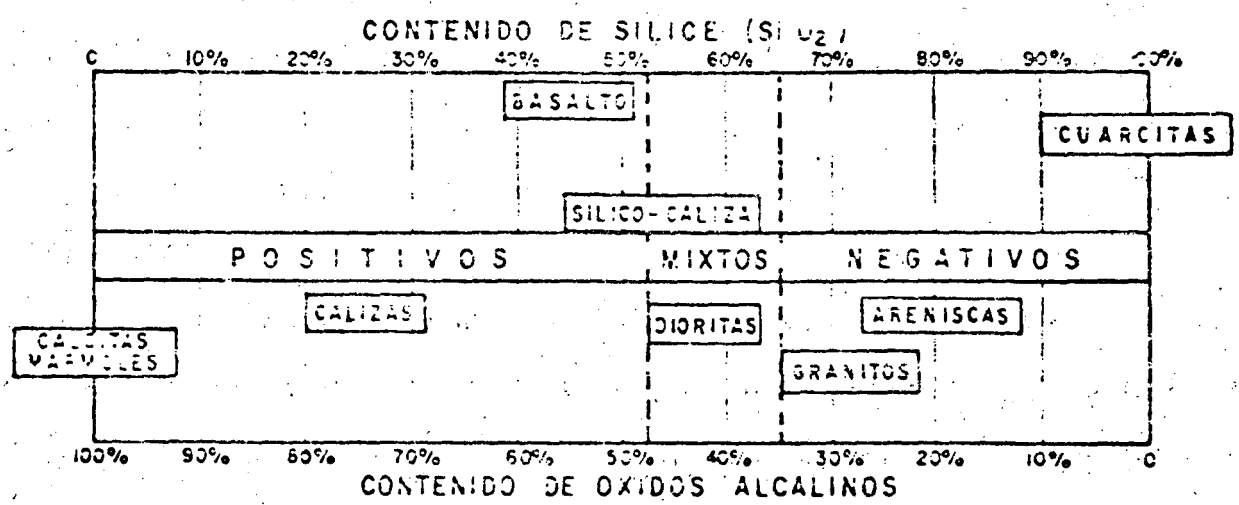
Grado	Aniónicas	Catiónicas
Rompimiento Rápido	AR	CRR
Rompimiento Medio	AM	CRM
Rompimiento Lento	AL	CRL

Debido a que las partículas de cemento asfáltico en una emulsión tienen cargas semejantes, estas se repelen unas a otras hasta que

la emulsión es depositada sobre las partículas de suelo ó de agregado. En este momento, los glóbulos asfálticos coalescen ó se unen debido a la neutralización de las cargas electrostáticas o evaporación del agua. A la coalescencia de los glóbulos se le llama rompimiento de la emulsión. La coalescencia ocurre en emulsiones de rompimiento rápido ó medio (RR ó RM) presentándose, en estos casos, una separación de fases entre el asfalto y el agua. En el caso de las emulsiones de rompimiento lento (RL), resulta más apropiado visualizar esta acción como una evaporación gradual del agua en la emulsión. La manera y la velocidad con la cual la emulsión rompe depende en gran parte de la cantidad y proporciones del agente emulsificante utilizado en la preparación, así como de la cantidad de agua empleada.

Existe otro tipo de emulsión en la cual la fase contínua es el asfálto y la dispersa es el agua; a este tipo de emulsiones se les denomina emulsiones asfálticas invertidas y pueden ser aniónicas o catiónicas.

El empleo de las emulsiones está sujeto principalmente al tipo de agregados que se utilizen en una mezcla asfáltica. Para determinar el tipo de emulsión a utilizar, generalmente se toma en cuenta a la cantidad de sílice y a la cantidad de óxidos alcalinos de acuerdo con el siguiente cuadro:



Es de hacerse notar que debido a que las partículas de las emulsiones aniónicas son cargadas electronegativamente, la emulsión rompe con la adición de un agregado positivo o de bajo contenido de silice, por lo cual, este tipo de emulsiones resultan adecuadas para materiales calizos.
Una cosa semejante puede decirse para el caso de mezclas de agregado silíceo con emulsiones catiónicas.

Por otro lado conviene tener presente que las emulsiones catiónicas presentan una muy buena adherencia con los agregados siliceos y la reacción de rompimiento puede considerarse como de naturaleza química, mientras que si se utiliza emulsión aniónica esta rompería por evaporación del agua lo cual puede hacer que el rompimiento sea muy lento. En el caso de la emulsión catiónica el rompimiento sería más rápido.

b) Pruebas de clasificación en emulsiones asfálticas.
Las pruebas que generalmente se efectuan en emulsiones asfálticas para determinar sus propiedades son las siguientes:
Prueba de Viscosidad Saybolt-Furol.
Esta prueba es la misma que se efectúa en el caso de cementos asfálticos solo que se efectua a temperaturas diferentes (25°C y 50°C).
Prueba de Destilación (fig. 14)
Esta prueba sirve para determinar las cantidades relativas de cemento asfáltico y agua en una emulsión. Con esta prueba también se obtiene un residuo asfáltico al que se practican las pruebas especificadas para cementos asfálticos ya descritas. Esta prueba es escencialmente la misma que en el caso de asfáltos rebajados

con las salvedades de que las temperaturas aplicadas son diferentes, de que se debe utilizar un recipiente de hierro o aluminio en lugar del matraz de vidrio, usado en la prueba con asfáltos rebajados. Otra diferencia estriba en la aplicación del calor pues en el caso de los asfáltos rebajados se utiliza un mechero bunsen mientras que en el caso de emulsiones se utiliza un quemador anular con el objeto de evitar que la emulsión forme espuma al ser calentada.

Prueba de asentamiento.

En esta prueba se puede detectar la tendencia de los glóbulos de asfálto a "asentarse" durante el almacenamiento de la emulsión. De esta forma se puede proveer un elemento de protección contra la separación del asfálto y el agua en emulsiones inestables que pueden durar almacenadas por un cierto lapso de tiempo. La prueba consiste en colocar una muestra de 500 C.C., en cada una de 2 probetas graduadas, se deja en reposo a las probetas durante 5 días. Se toman pequeñas porciones de la parte superior e inferior de cada probeta. Se colocan las porciones en recipientes refractarios y se determinan sus pesos. Se calientan los recipientes hasta peso constante, y se pesan los residuos. Estos pesos indicarán si existen diferencias entre los productos obtenidos de la parte superior e inferior lo cual será una medida de la estabilidad.

Prueba de la malla.

El propósito de esta prueba es similar al de la prueba anterior y la complementa. Esta prueba sirve para determinar en forma cuantitativa el por ciento de cemento asfáltico presente en la emulsión en forma de partículas, fibras o glóbulos relativamente grandes.

Estas partículas pueden tapar las espreas a través de las cuales se aplica la emulsión resultando con ello un cubrimiento no uniforme . La prueba consiste en cribar 1000 grs. de emulsión asfáltica a través de la malla No. 20

En el caso de emulsiones aniónicas el retenido sobre la malla se lava con solución de oleato de sodio, mientras que en las emulsiones catiónicas el lavado se efectúa con agua destilada. Una vez efectuado el lavado se secan las mallas, conteniendo el asfalto retenido, en un horno y se determina el peso mantenido.

Prueba de Demulsibilidad.

Esta prueba sirve para estimar la velocidad relativa a la cual los glóbulos coloidales del asfalto coalescen ó rompen cuando se encuentran formando películas delgadas sobre un agregado. La prueba se aplica a emulsiones asfálticas aniónicas de rompimiento rápido y medio. Se basa en la coagulación producida por el cloruro de calcio en emulsiones asfálticas aniónicas. Para efectuar la prueba, se mezclan perfectamente 100 grs. de emulsión, con una solución de cloruro de calcio. Se vierte la mezcla sobre la malla No. 20 y se lava con agua destilada. La cantidad de residuo asfáltico remanente sobre la malla, será una medida del grado de demulsibilidad, la cual se calcula dividiendo el retenido sobre la malla entre el por ciento de residuo obtenido en una prueba de destilación, expresándola en por ciento.

En las emulsiones aniónicas de rompimiento rápido se requiere de un alto grado de demulsibilidad, puesto que éstas deben presentar un rompimiento casi inmediato al quedar en contacto con el agregado. En el caso de emulsiones de rompimiento lento se desea que la coalescencia sea lenta, ésto por que éstas se usan generalmente en mezclas con agregados finos.

Prueba de miscibilidad con cemento.

Esta prueba se aplica a emulsiones aniónicas y catiónicas de rompimiento lento para asegurarse de tener productos substancialmente inmunes a una rápida coalescencia de las partículas asfálticas en contacto con suelos granulares finos. La prueba consiste en mezclar 100 c.c. de emulsión asfáltica con 50grs. de cemento Portland de alta resistencia rápida.

Al estar efectuando el mezclado se agrega agua destilada. Posteriormente se lava la mezcla a través de la malla No.14 y se reporta el peso del material coagulado, en gramos, de el material retenido en la malla, el cual se expresará como el porcentaje de rompimiento en la prueba del mezclado con cemento.

Prueba de Desprendimiento de la película.

En esta prueba se determina la capacidad de una emulsión asfáltica para:

Cubrir completamente a un agregado.

Permanecer como una película delgada durante el mezclado.

Resistir la acción del agua una vez terminado el mezclado.

Esta prueba generalmente se emplea para identificar la emulsión asfáltica más adecuada para utilizarla con agregados gruesos - aunque se especifica solamente para emulsiones catiónicas de rompimiento medio. La prueba consiste en mezclar 465grs. del agregado propuesto con 35grs., de emulsión asfáltica durante 5 minutos. Se remueve la mitad de la mezcla y se coloca sobre un papel absorbente, determinando el por ciento de partículas cubiertas. La otra mitad se lava cuidadosamente con agua aplicada suavemente con un aspesor; el lavado se continúa hasta que el agua salga limpia. Se coloca la mezcla sobre un papel absorbente y se determina el

Por ciento de partículas cubiertas.

Se repite el mismo procedimiento con agregado húmedo (9.3 c.c. de agua) antes de efectuar nuevamente todo el proceso.

Carga de la partícula (figura 15)

Esta es una prueba rápida para identificar emulsiones catiónicas de rompimiento rápido o rompimiento medio.

La prueba consiste en introducir un electrodo positivo (ánodo) y un electrodo negativo (cátodo) dentro de una muestra de emulsión. Los electrodos se conectan a una fuente de corriente directa controlada. Después de 30 minutos, o cuando la corriente ha bajado a 12 miliamperes, se examinan los 2 electrodos para determinar sobre cual se ha depositado el asfalto, si el depósito se encuentra sobre el cátodo tendremos una emulsión asfáltica catiónica.

c) Precauciones en el manejo de las emulsiones.

En las emulsiones deben tenerse algunas precauciones para evitar su rompimiento. La más importante es la de no revolver nunca emulsiones de tipo diferente. Los tanques empleados para almacenar emulsiones catiónicas deberán siempre almacenar este tipo de emulsiones Lo mismo puede decirse para las emulsiones aniónicas.

En el caso de que se necesite emplear tanques para almacenar una emulsión diferente a la que se almacenaba antes, será necesario con el fin de evitar el rompimiento de la emulsión, que se limpie al tanque y se neutralize la acción de la emulsión que se almacenó primero de acuerdo con lo siguiente:

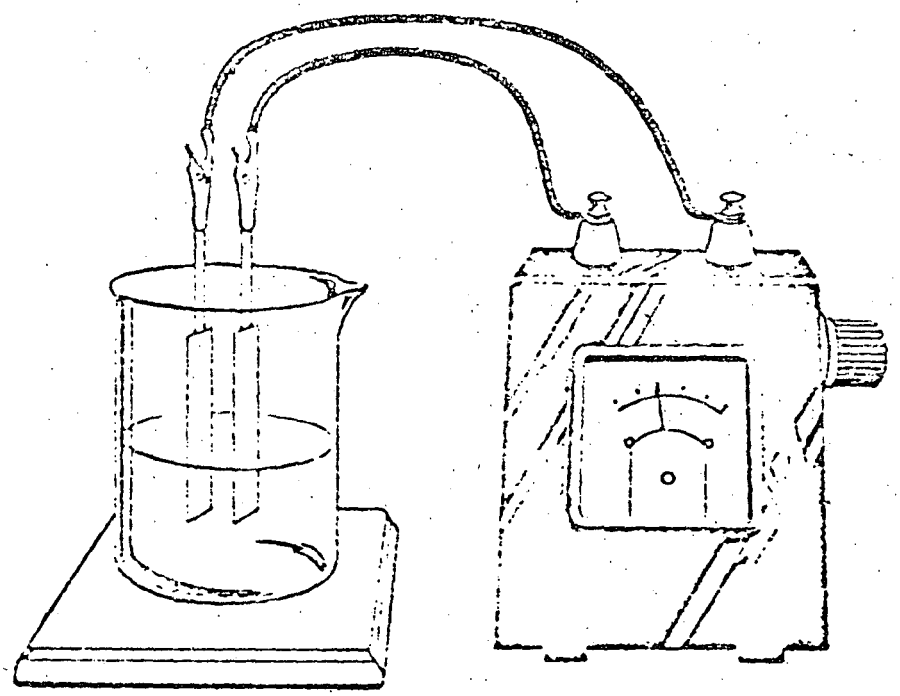


Figure 15 Particle charge test

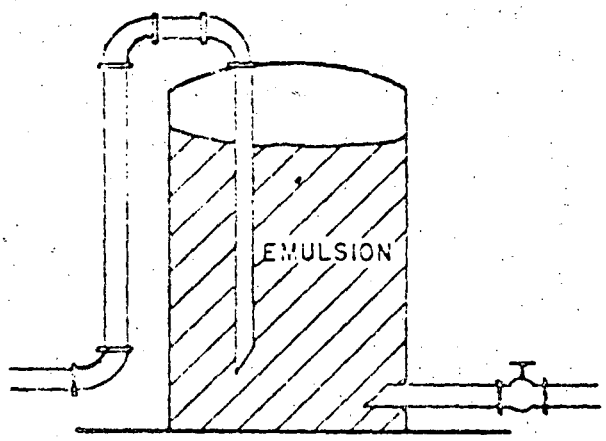
Tipo de producto Almacenado actualmente	Limpieza necesaria	Tipo de emulsión que se pretende almacenar
Emulsión Catiónica	Neutralizar con Sosa Cáustica diluida y limpiar con agua.	Emulsión Aniónica
Emulsión Aniónica	Neutralizar con Acido Clorhídrico diluido y limpiar con agua.	Emulsión Catiónica
Asfaltos Rebajados	Decurrir y quitar natas grandes	Cualquier tipo
Cemento Asfáltico	Quitar natas grandes	Cualquier tipo

Fig. 16

FIG. 16 B · GUIDE FOR CONDITIONS OF VEHICLE TANK FOR LOADING ASPHALT PRODUCTS

LAST PRODUCT IN TANK	PRODUCT TO BE LOADED				
	Asphalt Cement (includes Industrial Asphalt)	Liquid Asphalt or Industrial Cutback (except emulsion)	Cationic Emulsion	Anionic Emulsion	Inverted (cutback) Emulsion
Asphalt Cement (includes Industrial Asphalt)	OK to load	OK to load	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity
Liquid Asphalt or Industrial cutback (except emulsion)	Empty to no Measurable Quantity	OK to load	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity
Cationic Emulsion	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	OK to load	Empty to no Measurable Quantity	OK to load
Anionic Emulsion	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	OK to load	Ok to load
Inverted (cutback) Emulsion	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	OK to load
Crude Petroleum and residual fuel oils	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity	Empty to no Measurable Quantity
Any product not listed above	Tank must be cleaned	Tank must be cleaned	Tank must be cleaned	Tank must be cleaned	Tank must be cleaned

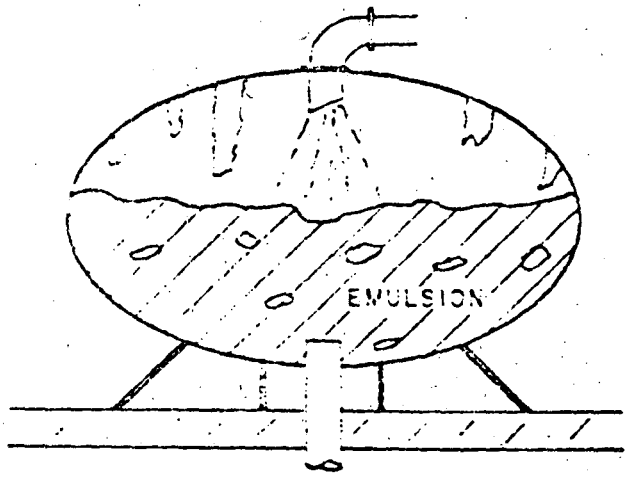
El almacenamiento debe hacerse de preferencia en tanques metálicos con todas las instalaciones necesarias para carga y descarga tomando en cuenta lo que se indica en la siguiente figura:



Almacenamiento Correcto

Fig.17

Este sería un almacenamiento correcto, pues la emulsión en la parte superior tiende a formar una nata, la cual se va adhiriendo a las paredes conforme baja el nivel de la emulsión, y nuevamente flota al subir el nivel por efecto del llenado.



Almacenamiento Incorrecto

Fig. 18

Este almacenamiento presenta las desventajas siguientes:

1.- Area variable de formación de nata.

2.-Rompimiento de la nata debido al chorro aplicado.

3.-La nata queda colgada al bajar el nivel de la emulsión y posteriormente se desprende

que provoca entonces que la emulsión tape espreas y cause los consecuentes problemas.

Debe por tanto procurarse que la nata no se rompa. Cuando la emulsión vaya a durar almacenada por largos de tiempo largos, es recomendable contar con un sistema de recirculación para evitar el asentamiento de la emulsión, teniendo en cuenta que nunca deberá bom-

bearse ó bajar el nivel de la emulsión hasta tener el peligro de arrastrar la nata.

Para el transporte de la emulsión, los carros tanque deberán tener compartimientos o celdas dentro del tanque para evitar alteraciones en la emulsión debido al agitado violento y continuo.

Se considera muy importante tener en cuenta las causas posibles del rompimiento de una emulsión con el fin de protejerlas adecuadamente. Estas causas son:

1.- Por afinidad química. El rompimiento por afinidad química es el que se tiene, por ejemplo, cuando se mezcla una emulsión aniónica con un agregado calizo. De ahí la necesidad de evitar el tener agregado calizo en un tanque en el cual se va a colocar una emulsión aniónica.

2.- Por evaporación. Al evaporarse el agua, se propicia el acercamiento de los glóbulos o fase dispersa de la emulsión, hasta que llegan practicamente a tocarse, formando grumos de asfálto que tenderán a irse al fondo del depósito.

3.- Aumento de agua. Existe un equilibrio eléctrico entre las cargas de los glóbulos y de la fase acuosa. Al agregar agua se rompe el equilibrio lo cual provoca, en consecuencia, el rompimiento de la emulsión. Esta situación se complica aún más si el agua contiene algún agente en solución que altere aún más el equilibrio eléctrico.

4.- Por calentamiento. Al calentar un material se incrementa la energía cinética y los glóbulos recibirán movimientos ondulatorios y vibratorios, lo que ocasionará que se toquen unos con otros, llegándose a unir y separandose las fases. Por consiguiente, deberán tomarse precauciones especiales cuando la temperatura en la emulsión vaya a ser cercana a los 35°C.

5.- Por enfriamiento. En realidad el problema se ocasionaría si la

pues al aumentar posteriormente la temperatura las concentraciones eléctricas en el agua cambian, lo cual puede provocar el rompimiento.

Ver especificaciones S.C.P. para emulsiones.

C.- Aplicabilidad de los diferentes productos asfálticos.

1.- Mezclas en planta.

Se conoce como mezclas en planta, a las mezclas preparadas en una planta central y la mezcla de más alta calidad obtenida de una planta se le conoce como concreto asfáltico, el cual consiste de un agregado bien graduado y de alta calidad mezclado uniformemente con cemento asfáltico. Para efectuar la dosificación y el mezclado en la planta es necesario precalentar al agregado para secarlo y al cemento asfáltico para darle la fluidez adecuada, posteriormente y estando aún caliente la mezcla, se transporta, se coloca y se compacta.

El concreto asfáltico es solamente una de las diferentes mezclas en caliente y en planta que se elaboran, pues también se elaboran mezclas de arena asfalto, mortero asfáltico y mezclas de textura abierta, pero todas ellas tienen un ingrediente común que es el cemento asfáltico.

El cemento asfáltico generalmente se utiliza en pavimentos para aeropuertos y caminos de tráfico intenso.

En las plantas centrales tambien se pueden fabricar mezclas asfálticas con asfaltos líquidos (rebajados ó emulsiones). Se puede secar o calentar al agregado antes de efectuar el mezclado ó bien se puede aplicar tal y como viene del campo. A estas mezclas generalmente se les conoce como mezclas en frio no obstante que se haya precalentado al agregado.

Las mezclas asfálticas efectuadas con emulsiones asfalticas o asfal-

tos rebajados pueden tenderse y compactarse en frío o temperaturas normales. Para acelerar el proceso de evaporación del agua emulsificante ó de los solventes a veces es necesario estar removiendo la mezcla en el lugar mediante motoconformadora antes de tenderla para su compactación.

2.- Mezclas en el lugar.

Las emulsiones asfálticas y la mayoría de los asfaltos rebajados son lo suficientemente fluidos para ser mezclados con el agregado a las temperaturas normales. Cuando el mezclado se efectúa en el área por pavimentar, a la mezcla se le conoce como mezcla en el lugar. Este tipo de mezcla generalmente se utiliza para pavimentos de tránsito liviano y medio. Sin embargo, estas mezclas cubiertas con una capa de rodamiento de mezcla asfáltica en planta, puede hacer que el pavimento sea adecuado para un camino de tráfico intenso. Las ventajas de las mezclas en el lugar son:

Posible utilización del agregado tal y como se encuentra en el lugar.

No se hace necesario la utilización de una planta central de mezclado y la construcción se puede llevar a cabo con la variedad de equipo frecuentemente disponible, tales como motoconformadoras, mezcladoras rotatorias y plantas de mezclado móviles.

3.- Aplicación de productos asfálticos en riegos.

Aplicando los asfaltos en el estado fluido mediante riegos se pueden tener varios fines útiles y necesarios si se aplican las cantidades de producto asfáltico adecuadas. Por ejemplo:

Tratamientos superficiales.

Se llama tratamiento superficial a la aplicación de asfalto, con o sin la posterior aplicación de una capa delgada de agregado, sobre una superficie de rodamiento. Por definición tales tratamientos superficiales deben tener un espesor de una pulgada (2.5 cms.)

o menos, los tratamientos superficiales a veces se construyen en pavimentos de tráfico ligero o bien para rehabilitar pavimentos viejos después de un cierto periodo y antes de que la deterioriorización debida al tráfico y al intemperismo se encuentren muy avanzados pues en este caso podría quizá requerirse de una reconstrucción más compleja del pavimento.

También se pueden aplicar los tratamientos superficiales para mejorar o restaurar las condiciones de impermeabilidad de una carpeta o bien para ligar mejor las partículas ya colocadas y evitar desprendimientos. Si se coloca agregado sobre el asfalto se mejoran las características de la resistencia al derrapamiento de la superficie de rodamiento, así como la resistencia a la abrasión. Los tratamientos superficiales múltiples consisten en la aplicación de dos o más capas alternadas de producto asfáltico y agregado.

Los tratamientos superficiales tambien se aplican para renivelar pavimentos, fijar el polvo suelto y proveer una superficie de rodamiento más suave.

Riegos de sello.- Se llama así a los tratamientos superficiales cuya función consiste en mejorar la impermeabilidad y /o la textura superficial del pavimento.

Riego de impregnación.- Cuando se va a colocar una mezcla asfáltica o un tratamiento superficial sobre una capa de material granular es necesario preparar la superficie rociandola con un asfalto líquido que penetre al material granular con el fin de proveer una adherencia entre el material granular y la mezcla asfáltica; a este tipo de riegos es al que se conoce como riego de impregnación.

Riego de liga.- El riego de liga como su nombre lo implica sirve para unir dos capas sucesivas de mezclas asfálticas y consiste en el riego de una delgada capa de producto asfáltico sobre la capa subyacente. Este riego tambien se aplica para la colocación de sobre-

pavimentos sobre pavimentos antiguos de concreto Portland ó asfálticos.

4.- Macadam de penetración. Este es el tipo de construcción de pavimentos más antiguo y consiste en la colocación de una ó más capas de roca triturada y compacta; se vierte asfalto fluido sobre cada capa para que penetre en ellas y las una; generalmente sobre la capa superior se coloca algún tipo de tratamiento superficial ó mezcla asfáltica.

La cantidad y consistencia de un cierto tipo de asfálto depende, como veremos posteriormente de la granulometría, tamaño y características de absorción del agregado a utilizar, así como del método de construcción a emplear, la trabajabilidad en la mezcla y el tipo de superficie deseada. En lo que se refiere a la consistencia y tipos de productos asfálticos, a emplear podemos decir lo siguiente.

a) Mezclas colocadas en frio.

En este caso, generalmente el tipo de agregado determina el tipo asfáltico que deberá utilizarse, mientras que el método de mezclado y las condiciones climáticas determinan el grado de asfalto que se deberá utilizar, puesto que se debe tener en cuenta que el producto asfáltico que vamos a utilizar debe continuar fluido a la temperatura ambiente, el tiempo necesario para permitir la terminación de la construcción. Se debe procurar la máxima evaporación del agua en el caso de emulsiones y de los solventes en el caso de rebajados para efectuar la construcción de la carpeta, pero cuidando siempre que la mezcla sea trabajable.

Si la mezcla se va a efectuar en una planta estacionaria tendremos más facilidad de lograr un mejor mezclado y podremos utilizar productos más viscosos que en el caso de que efectuemos la mezcla con

una planta móvil y a su vez la planta móvil permite la utilización de productos más viscosos que en el caso de la mezcla con motoconformadora. Por consiguiente podríamos nosotros utilizar el siguiente criterio.

TIPO DE ASFALTO	ASFALTOS REBAJADOS			EMULSIONES		
MEZCLADO / GRANULOM.	MEZCLA EN EL LUGAR	MEZCLA CON PLANTA MOVIL	MEZCLA EN PLANTA ESTACIONARIA	MEZCLA EN EL LUGAR	MEZCLA CON PLANTA MOVIL	MEZCLA EN PLANTA ESTACIONARIA
UN SOLO TAMAÑO	FR-1 FR-2	FR-2 FR-3	FR-3 FR-4	RL-2 RL-3K		RM-2 RM-2K
ABIERTA	FM-1 FM-2	FM-2 FM-3	FM-3 FM-4			
DENSA	FL-1 FL-2	FL-2 FL-3	FL-3 FL-4	RL-1 RL-2K		RM-2 RM-2K

Bacheo, uso inmediato _____ RM-2, FL-3

Bacheo, almacenamiento la mezcla _____ RM-2, RM-3, FL-2, FL-3, RM-2K, RM-3K

Fig. 19

En lo que se refiere a la utilización de las emulsiones, el tipo de granulometría normará el tipo de emulsión que deberá utilizarse, (aniónica ó catiónicas). Como se notará solo se indicaron los límites en el cuadro anterior y en el caso en que se tenga mezcla móvil y/o planta móvil el proyectista deberá utilizar la emulsión más conveniente de acuerdo con la efectividad de la planta móvil y/o lo bien o mal graduada que esté la granulometría.

B) Riegos de impregnación.

En este caso se debe aplicar un producto que dure fluido el suficiente tiempo para que penetre en la superficie por impregnar. Se debe tambien tener en cuenta que sea un producto de baja viscosidad para que penetre lo necesario para obtener los objetivos desados. Los productos más adecuados, son los fraguados medios FM-o, FM-1, y FM-2.

La aplicación de un cemento asfáltico no sería correcta puesto que este se enfriaría rapidamente y no penetraría ó bien penetraría muy poco. Podría juzgarse que los fraguados rápidos, (FR), son los más adecuados, pero estos materiales presentan la desventaja de que el disolvente (nafta) y el cemento asfáltico tienen la tendencia a separarse al penetrar, de tal manera que el disolvente penetra dejando sobre la superficie una película de residuo asfáltico. si la superficie por penetrar es demasiado abierta entonces sí se podría utilizar a los fraguados, rápidos. Los fraguados lentos (FL) tienen la desventaja de su mayor tiempo de fraguado.

La cantidad ideal del riego de impregnación es el volumen de producto asfáltico que pueda ser absorbido por la superficie durante un periodo de 24 hrs. Esta cantidad generalmente oscila entre 0.9 a 1.5 lts/m^2 y la cantidad utilizada para impregnar bases que queden dentro de las especificaciones S.O.P., es aproximadamente de 1.3 lts/m^2. En el caso de que se haya colocado producto asfáltico en exceso resulta conveniente rociar un poco de arena sobre este material. Posteriormente deberá barrerse la arena que quede suelta.

C) Riego de liga.

Una vez que ha sido aplicado el riego de impregnación se debe determinar si se hace necesario colocar una capa asfáltica que ligue a la superficie impregnada con la capa superior. De ser necesario

deberá ser siempre un riego de liga del cual necesitaremos que tenga buena adherencia y además que no penetre a la capa inferior puesto que ésta es la función de un riego de impregnación. Por consiguiente en un riego de liga se requiere que la película sea muy delgada y además que cubra uniformemente la superficie que se va a pavimentar.

En este caso no necesitamos pensar en bajas viscosidades como en el caso de los riegos de impregnación sino que podemos utilizar cementos asfálticos que son los productos asfálticos más resistentes. En el cemento asfáltico podemos lograr la viscosidad que necesitemos simplemente adelgazándolo. Hasta aquí pareciera que el cemento asfáltico es el más adecuado pero existen algunos factores que lo hacen menos atractivo como puede ser el caso de que el riego de impregnación contenga polvo en su superficie por lo cual el cemento no se adherirá. Otro factor es que el cemento asfáltico tiende a formar películas gruesas si se desea un total cubrimiento, de tal manera que si se desea poner una película delgada se corre el riesgo de tener concentraciones de cemento asfáltico en algunas zonas y proporcionalmente nada de cemento en otras zonas.

Lo anterior podría solucionarse agregando solventes al cemento pero quizá dentro esa alternativa resulte mejor la de utilizar cementos rebajados por ejemplo los de fraguado rápido cuyo residuo es muy resistente. El grado recomendado podría ser un FR-1, FR-2, ó FR-3, que son los más comunmente usados.

Los FR carecen tambien de algunas cualidades necesarias en lo que se refiere al cubrimiento, aunque con menos problema que en el caso de cementos, cuando se tiene una superficie polvosa en cuyo caso se podría optar por un fraguado medio (FM) aunque se debe tener presente la menor resistencia de este producto.

El problema de la tendencia a dispersarse que tienen los cementos

asfálticos y en menor escala los rebajados se eliminaría utilizando emulsiones del tipo de rompimiento rápido ó medio (RR ó RM), - aunque sería más recomendable la emulsión de rompimiento medio (RM) porque puede cubrir mejor a la superficie antes de romper. El rompimiento en realidad no es problema debido a que la capa que se coloca es muy delgada. Por otro lado debe tenerse tambien en cuenta la relativamente menor resistencia de una emulsión con relación al cemento asfáltico. La cantidad de producto asfáltico que generalmente se utiliza es del orden de 0.2 a 0.6 lts/m^2.

4.- Tratamientos superficiales de productos asfálticos y agregados. La función de este tipo de tratamientos es básicamente proveer de una capa impermeable al pavimento existente así como el incremento de la resistencia a la abrasión por efectos del tráfico. Algunas de las funciones de este tipo de tratamientos son:

A) Proveer de una superficie durable y económica sobre una base granular en caminos de tráfico medio ó ligero.
B) Impermeabilizar la superficie del pavimento.
C) Sellar huecos y ligar las partículas sueltas.
D) Renovar una superficie e incrementar su resistencia al derrapamiento.
E) Restaurar superficies intemperizadas.
F) Provee una primera etapa si se planea una construcción por etapas
G) Reforzar ó incrementar la resistencia de un pavimento.(mezcla en caliente).
H) Control del polvo.

Se conoce como tratamiento superficial de una sola capa a la aplicación, sobre cualquier superficie de camino, de un producto asfaltico y la aplicación posterior de una capa de agregado de tamaño uniforme. El espesor del tratamiento es aproximadamente el espesor del tamaño nominal

del agregado (diámetro correspondiente al 90% que pasa) utilizado en el tratamiento. Un tratamiento superficial múltiple es más denso que el de una sola capa y consiste de dos ó más aplicaciones alternadas de productos asfáltico y agregado. El tamaño máximo del agregado de cada capa sucesiva debe ser del orden de la mitad del tamaño de la capa precedente, pero el espesor total es aproximadamente el mismo que el tamaño nominal de las partículas mayores colocadas en la primera capa.

Tipos de asfalto utilizables.

Al seleccionar el asfálto y grado adecuados debe tenerse en consideración lo siguiente:

A) Temperatura de la superficie sobre la cual se va a aplicar el tratamiento. (evaporación).

B) Temperatura ambiente (Evaporación).

C) Humedad y vientos. (Rociado).

D) Condiciones de la superficie. (Acumulaciones)

E) Tipo de condiciones del agregado que se va a aplicar.

El asfálto a utilizar deberá reunir los siguientes requisitos:

A) Al aplicarlo, ser lo suficientemente fluido para que pase sin dificultad a través de las espreas pero lo suficientemente viscoso para permanecer como una capa uniforme sin que escurra hacia las depresiones ó hacia las partes bajas de la corona.

B) Despues de la aplicación la consistencia debe ser la adecuada para humedecer al agregado aplicado.

C) Rápidamente desarrollar la adherencia.

D) Despues de la compactación y el curado mantener firmemente al agregado.

E) Que no se agrie el asfálto.

Los productos asfálticos más recomendados son:

a) Cementos Asfálticos _____ C A Num.3

b) Fraguado Rápido _____ FR- 1 a FR- 4

c) Fraguado Medio _____ FM- 3 a FM- 5

d) Emulsiones _____ RR-1,RR-2, RR-2K,y RR-3K

El cemento asfáltico se podría utilizar si se tiene un clima cálido y seco y si el agregado se encuentra completamente seco. Como se vió anteriormente, se tienen dos requisitos escenciales en los productos asfálticos para tratamientos superficiales con agregado. Al colocar el agregado, la viscosidad inicial del asfálto deberá ser tal que retenga perfectamente al agregado; es decir que el asfálto moje perfectamente al agregado y para que esto ocurra se necesita un asfálto razonablemente fluido. En segundo lugar, el asfálto debe retener perfectamente al agregado una vez que se ha permitido el tráfico, lo cual se logra con un residuo asfáltico relativamente duro. Por consiguiente, el asfálto que se debe utilizar en tratamientos superficiales debe ser inicialmente lo bastante fluido durante la colocación del agregado que generalmente es inmediata, y rapidamente endurecer para retener el agregado firmenente. Con base en esto, los productos asfálticos que mejor satisfacen estos requisitos son los rebajados de fraguado rápido (FR) en todos sus grados y las emulsiones de rompimiento rápido (RR), asi como los cementos asfálticos más suaves (CA-3).

Algunas veces los rebajados de fraguado medio, se pueden utilizar siempre y cuando se disponga del tiempo necesario para el curado antes de permitir el tráfico sobre la superficie tratada. Frecuentemente en donde se tienen climas calientes y áridos y el solvente se evapora en forma demasiado rápida puede resultar más ventajosa la utilización de rebajados de fraguado medio (FM).

Requisitos para los agregados.

En los tratamientos superficiales se puede utilizar la mayoría de los agregados duros tales como grava natural ó roca triturada. Sin embargo el agregado seleccionado deberá cumplir ciertos requisitos de tamaño, forma, limpieza y textura.

Tamaño. El agregado deberá ser tan uniforme como resulte económicamente práctico de tal manera que el tratamiento superficial tenga escencialmente una sola capa de agregado. Generalmente, el tamaño del agregado más grande no deberá ser más del doble del tamaño del agregado más chico. Claro está, que debido a razones económicas y prácticas, se permiten tolerancias razonables como se puede por ejemplo apreciar en la página 34 de la parte octava, libro primero de las especificaciones S.C.T. (segunda edición 1971).

Se tiene tambien que el tamaño influye a la textura del pavimento, por ejemplo los tamaños menores de 1/2" proveen una superficie de rodamiento más suave y cómoda que la que proveen los tamaños superiores a 1/2".

Forma. El tipo ideal del agregado es aquel cuya forma es equidimencional pues si se tiene un exceso de partículas planas o alargadas, estas quedarían ahogadas completamente en un asfalto aplicado en cantidad suficiente para retener partículas equidimensionales, o bien existe el peligro de que se formen puentes o salientes y al paso del tráfico se rompen los primeros y, se dislocan los segundos como se ilustra en la siguiente figura:

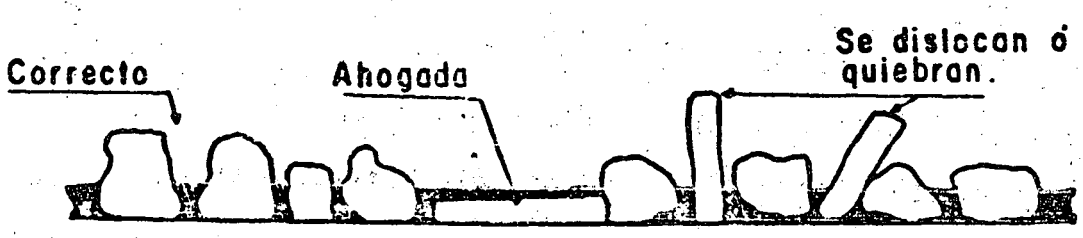


Fig. 20

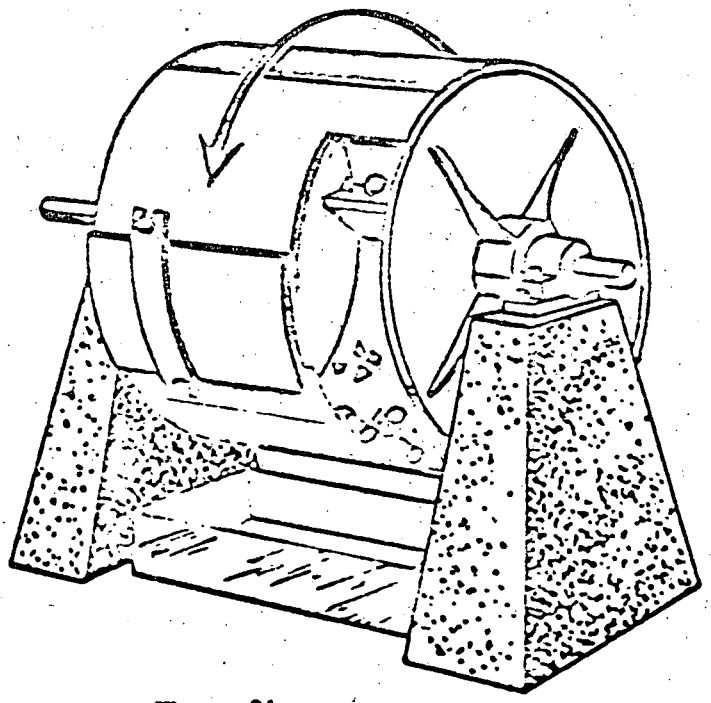


Figura · 21 · Ensayo Los Angeles.

Limpieza. Es muy importante que los agregados se encuentren limpios pues si las partículas contienen impurezas o películas de limo ó arcilla se tendría entonces una película que evitará que el asfalto se adhiera al agregado. La buena adherencia antre el agregado y el asfalto es escencial en los tratamientos superficiales y está influida por otras variables. Por ejemplo los agregados limpios y húmedos no se adhieren tan bien como los agregados limpios y secos a menos que el producto asfáltico sea una emulsión.

A veces se puede mejorar la adherencia entre los agregados y el producto asfáltico con el uso de aditivos o bien precubriendo a los agregados con una pequeña película de kerosina.

Algunas veces los agregados tienen algo de polvo lo cual se puede solucionar precubriendo el agregado con una película muy delgada de un rebajado de fraguado medio (FM-1) para obtener buena adherencia pero para esto sería necesario calentar el agregado y secarlo y después mezclarlo perfectamente con 1% de rebajado.

Textura. La textura tiene también influencia en la adherencia entre agregado y asfalto pues una superficie lisa presentará peor adherencia que una superficie rugosa.

Por considerarse que la dosificación tanto del agregado como del asfalto requiere de atención especial, se tratará posteriormente.

5.- Macadam de Penetración.

Las bases o superficies construidas mediante el procedimiento de Macadam de penetración consisten en la colocación de agregado grueso y anguloso, que posteriormente se compacta para después colocarse un riego de asfalto.

El material deberá ser de preferencia producto de la trituración ya que la resistencia de este tipo de mezclas depende de la trabazón

entre agregado y agregado. Un material muy adecuado para Macadam podría ser el siguiente:

Tamaño	% que pasa
2 1/2"	100
1 1/2"	35 - 70
3/4"	0 - 15
No. 8	0 - 5

El agregado deberá ser duro y anguloso y no deberá fracturarse ni pulverizarse bajo los efectos del tráfico. Las partículas deberán trabarse lo mejor posible para presentar una superficie del pavimento dura y resistente. No se deben emplear a las gravas redondeadas y arenas del rio.

Previa a la colocación del Macadam, deberá darse una compactación adecuada a la subrasante o sub-base para evitar, hasta donde sea posible, que el agregado penetre en la capa inferior. Se debe también colocar un riego de impregnación sobre la base o subrasante según el caso y proveerse el drenaje adecuado.

Los tipos de productos asfálticos más adecuados son:

Cemento asfáltico Núm. 6
Asfalto Rebajado FR-4 y FR-5
Emulsión RR-1 y RR-2K

En el caso de Macadam de penetración debe tenerse especial atención en las temperaturas de colocación del asfalto. Es necesario que el producto asfáltico fluya a través del agregado compactado y que lo cubra con una película uniforme, si el asfalto está muy caliente drenará

facilmente depositándose en la capa inferior dejando una película inadecuada sobre el agregado. Si la viscosidad del asfalto es excesiva debido a bajas temperaturas entonces no penetrará debidamente y en consecuencia no ligará al agregado compactado.

Algunas veces se han recomendado las siguientes temperaturas de aplicación:

Cemento asfáltico _____ 150 a 175 °C

FR - 4 y 5 _____ 60 a 80°C ; RR _____ 50 a 60°C

6.- Mortero asfáltico (Slurry Seal)

El mortero asfáltico es una mezcla que se elabora con emulsiones de rompimiento lento, agregado fino, polvo inerte y agua.

Se utiliza para sellar grietas o devolverles a los pavimentos antiguos su textura uniforme, sirve también para proporcionar un riego de sello que impermeabilize la superficie.

El agregado debe cumplir las siguientes especificaciones de granulometría.

Malla	% Que pasa
8	100
16	55 - 85
30	35 - 60
50	20 - 45
100	10 - 30
200	5 - 15

La mezcla de agregados y agua de emulsión debe presentar una consistencia cremosa, con el objeto de que llene depresiones y grietas.

La cantidad necesaria de emulsión requerida generalmente se encuentra entre 9.5 a 11.0 lts. por cada 50 Kgs. de agregado seco.

El agua que se debe adicionar al agregado antes de la emulsión es de 2 a 6 lts. por cada 50 kgs. de agregado seco.

D.- Agregados.

1) Generalidades. La cantidad de agregado mineral e una mezcla asfáltica es por lo general de orden de 90 a 95 % en peso y del 75 a 85 % en volumen. El agregado mineral proporciona a una mezcla asfáltica empleada en pavimentos, la capacidad de soportar las cargas aplicadas e influye en forma preponderante en el comportamiento del pavimento.

Se ha definido al agregado mineral como cualquier material mineral duro e inerte, formando partículas o fragmentos e utilizado en mezclas. La definición incluye a la arena, grava, roca triturada, polvo de roca, etc.

2) Origen de las rocas.

Todas las rocas se dividen de acuerdo con su origen en: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas, se formaron debido al enfriamiento y solidificación del magma.

Se dividen en rocas extrusivas e intrusivas.

Las rocas extrusivas son aquellas en las cuales el magma llega a la superficie y derrama en forma de lavas, de esta manera la roca se enfría rapidamente y los cristales de los minerales no tienen tiempo para su crecimiento y como consecuencia la roca presenta una textura afanítica, de aspecto uniforme y de cristales muy pequeños. Algunos ejemplos de estas rocas son la riolita, la andesita y el basalto si el enfriamiento de las rocas ha sido excesivamente rápido se forman vidrios volcánicos como la obsidiana.

Las rocas ígneas intrusivas son aquellas que se forman dentro -

de la corteza terrestre ya que por alguna razón no alcanzó a llegar a la superficie. Este material al perder poco a poco el calor y solidificarse lentamente dentro de la corteza terrestre, adquieren la textura uniforme y gruesa (fanerítica), porque los minerale que las componen tuvieron suficiente tiempo para su desarrollo y crecimiento; estas rocas son posteriormente expuestas debido a movimientos tectónicos ó proceso de erosión. Entre los ejemplos de estas rocas tenemos al granito, sienita, gabro y pegmatita.

Las rocas sedimentarias son en su mayoría de carácter secundario puesto que estan constituidas por material que proviene de la desintegración de otras rocas preexistentes. La mayor parte de este material, de diferentes tamaños, es acarreado y transportado por las corrientes de agua que las arrastra a través de mayores o menores distancias y finalmente las deposita de acuerdo con su tamaño y la velocidad de la corriente. Las partes solubles de todo ese material se disuelven en las aguas y se transportan en forma de sales que posteriormente se precipitan cuando las aguas comienzan a evaporarse y las soluciones se hacen demasiado concentradas. Las rocas sedimentarias se dividen en 3 grupos, a saber: Las de origen mecánico como las brechas, conglomerados, areniscas, y lutitas; las de origen químico como el pedernal, la caliza y el travertino, y las de origen orgánico como el sascab, coquina y turba.

Las rocas metamórficas son rocas que deben su formación, en general, a la modificación de rocas sedimentarias y rocas ígneas como resultado de presiones intensas (debidas a movimientos tectónicos), calor excesivo y soluciones. Los factores que causan tal modificación son muy complejos y frecuentemente es difícil determinar la

forma original de la roca alterada. Un aspecto que distingue a las rocas metamórficas son los planos paralelos en que se encuentran los minerales que forman las rocas. A esto se le llama foliación y a través de los mencionados planos se puede dividir a la roca en forma más sencilla que en cualquier otra dirección. Algunos ejemplos son el gneiss, el esquisto y la pizarra, La cuarcita y el mármol son un tipo de roca que presentan textura masiva, usualmente sin foliación.

3) Utilización de los agregados.

En lo que respecta a la utilización de los materiales para la formación de mezclas asfálticas se tiene que estos se dividen en cuanto a su origen en:

Agregados procedentes de bancos naturales; como los depósitos de río que generalmente contienen grava, arena, arcilla y limos; ó los depósitos de arena de playa constituidos generalmente por arenas uniformes.

Agregados procesados; muchas veces los agregados naturales tal y como vienen del banco no son adecuados para su uso y por consiguiente se hace necesario procesarlos para cambiar su forma o textura mediante triturado ó bien modificar su granulometría mediante lavado ó separación en tamaños y redosificación.

Agregados sintéticos; Se le llama asi a los agregados que resultan de la modificación, en sus características físicas y químicas de algunos materiales. Por ejemplo las escorias de altos hornos. Este material es no-mineral y flota durante la fundición del fierro, se separa y se reduce al tamaño deseado para su utilización. Estos materiales son livianos y muy resistentes al desgaste. Se los pre-

fiere para la construcción de pavimentos en puentes ó donde se desce un alto grado de resistencia al derrapamiento.

4) Calidad de los agregados.

La selección adecuada de un agregado para su utilización en pavimentos asfálticos depende del costo, calidad y disponibilidad del agregado, así como del tipo de construcción que se pretenda. La calidad de los agregados se determina evaluando al material en términos de:

Tamaño y granulometría. Con base en la experiencia se han establecido especificaciones para el tamaño y la granulometría de acuerdo con el uso que se vaya a dar al meterial. Algunas veces se describe a los materiales como de granulometría densa, abierta, uniforme, gruesa, fina y bien graduada (todos los tamaños). Ver las especificaciones S.O.P.

Limpieza. Algunos agregados contiene polvo ó susbstancias que los hacen inadecuados para su uso en mezclas asfálticas, por ejemplo raices vegetales, grumos limosos o arcillosos, películas de polvo, etc..

La limpieza puede determinarse simplemente mediante la inspección visual pero las pruebas más posítivas son las pruebas de lavado. Si se desea tambien estimar el porcentaje de finos indeseables en la mezcla se pueden efectuar pruebas de equivalente de arena, en donde los materiales se someten a un proceso de lavado con la adición de sustancias químicas y posteriormente se permite el asentamiento de estos materiales en condiciones especiales.

Dureza. Los agregados deben tener un cierto grado de dureza para resistir la trituración, degradación y desintegración. Esto nos

interesa, debido a que los agregados están sujetos a la abrasión producida por el tráfico además de los efectos de trituración y abrasión adicionales que se presentan durante la manufactura, transporte, colocación y compactación de la mezcla asfáltica.
La prueba que se utiliza para determinar la dureza de los agregados es conocida como desgaste Los Angeles, la prueba consiste en términos generales en introducir dentro de un cilindro al agregado junto con unas esferas metálicas. Se hace girar el cilindro, que contiene unas ménsulas en su parte interior, de tal manera que las esferas y el material chocan entre sí, produciéndose la trituración del agregado en caso de no ser duro. Se determina el porcentaje del material triturado. Nótese que de acuerdo al esquema de la Máquina de Desgaste, si nosotros tenemos un agregado ligero (tezontle, pomez, etc.) Caerán primero las esferas y posteriormente el agregado lo cual hace que esta prueba no sea muy adecuada para estos materiales. Ver las especificaciones S.O.P. y la figura 21.
Resistencia al intemperismo. Es necesario que los agregados sean resistentes al intemperismo es decir que no deben deteriorarse ni desintegrarse bajo la acción del medio ambiente. Los principales agentes de intemperismo son los agentes químicos y la temperatura. Se puede tener que el agua penetre a un agregado y si posteriormente dicha agua se congela, los cristales de hielo pueden romper a la roca. Si por otro lado alguna solución química penetra en las fisuras de la roca y posteriormente ésta se seca, se formarán cristales que pueden romper la roca. La prueba que se ejecuta en el laboratorio para estimar los efectos antes mencionados, consiste en reproducir los mencionados efectos pero en una forma rápida por lo cual se le conoce como prueba de Intemperismo acelerado.

Forma de las partículas. La forma de las partículas es de vital importancia dado que influye en la trabajabilidad de una mezcla asfáltica y en el esfuerzo de compactación necesario para obtener el peso específico requerido. Las partículas angulosas tales como la roca triturada, tienden a trabarse cuando se les compacta y presentan gran resistencia contra los desplazamientos. Con los agregados angulosos y equidimensionales se logra una mejor trabazón que con agregados redondeados. Muchas mezclas asfálticas se elaboran con agregados angulosos y redondeados. Las partículas angulosas generalmente estan formadas por el agregado grueso triturado y las partículas redondeadas generalmente corresponden al agregado fino. La resistencia se obtiene de esta menera gracias al agregado grueso, mientras que a la trabajabilidad se debe al agregado fino (arenas, arcillas y limos).

Textura. Al igual que en la forma de las partículas, la textura afecta a la trabajabilidad y a la resistencia de la mezcla asfáltica. En comparación con una textura lisa, una textura rugosa incrementa la resistencia de la mezcla asfáltica pero la hace menos trabajable. Así mismo, los vacios en el agregado compactado son mayores por lo cual se requerirá más asfálto. Sin embargo una textura lisa retiene menos a la película del asfálto.

Actualmente no existen pruebas para juzgar la textura, pero su influencia se puede estimar mediante pruebas de resistencia.

Absorción. La absorción de un agregado está relacionada con su porosidad queindica la cantidad de agua que absorbe cuando se le satura. Siempre es deseable un cierto grado de porosidad, puesto que esto permite que el agregado absorba asfalto formandose en esta forma un cierto anclaje entre el agregado y la película de asfálto.

Por otro lado si la absorción es excesiva se requerirá una cantidad alta de asfalto, por lo cual no es recomendable el uso de los agregados con alta absorción ya que la mezcla puede resultar demasiado costosa y el asfálto puede llorarse es decir que sale a la superficie debido a elevaciones de la temperatura lo cual es indeseable. - Pero si nos vemos forzados a utilizar un cierto agregado muy poroso, nos veremos en la necesidad de elegir el producto asfáltico más adecuado o bien de precubrir las partículas. Se puede tener que un - agregado sea muy ligero y resistente a la abresión lo que lo hace - útil para su uso en pavimentos aunque su absorción sea alta.

Afinidad con el asfalto. Algunos materiales hidrofílicos. (ávidos de agua) pueden resultar inadecuados para mezclas asfálticas puesto que la película de asfalto tiende a desprenderse debido a la acción del agua. Ejemplos de estos materiales son algunos materiales silicosos como la cuarcita y algunos granitos. No obstante mediante la aplicación de aditivos puede mejorarse la adherencia del asfalto con el agregado. Otro tipo de agregados presentan una gran resistencia al desprendimiento de la película del asfalto bajo la acción del - agua. A estos materiales que son los más adecuados para mezclas asfálticas, se les conoce como hidrofóbicos (odian el agua). Entre estos agregados estan las calizas y las dolomitas.

La prueba para estimar la afinidad consiste escencialmente en la comparación de una mezcla asfáltica con - - - - otra mezcla asfáltica a la que se somete a un proceso de agitado en agua. Uno de - los materiales más comunmente utilizado para aumentar la adherencia entre el asfalto y el agregado silicoso es la cal.

5) Peso específico de los agregados.

El peso específico de los agregados reviste una gran importancia en el diseño de mezclas asfálticas para la determinación de la dosificación y relación de vacios.

Se define como peso específico relativo de un agregado a la relación que existe entre el peso unitario del mismo y el peso unitario del agua determinados a las mismas temperaturas. Existen 3 tipos, generalmente aceptados, de pesos específicos relativos los cuales dependen de los volúmenes considerados.

Podríamos representar a los volúmenes de que está compuesta una partícula en la siguiente forma:

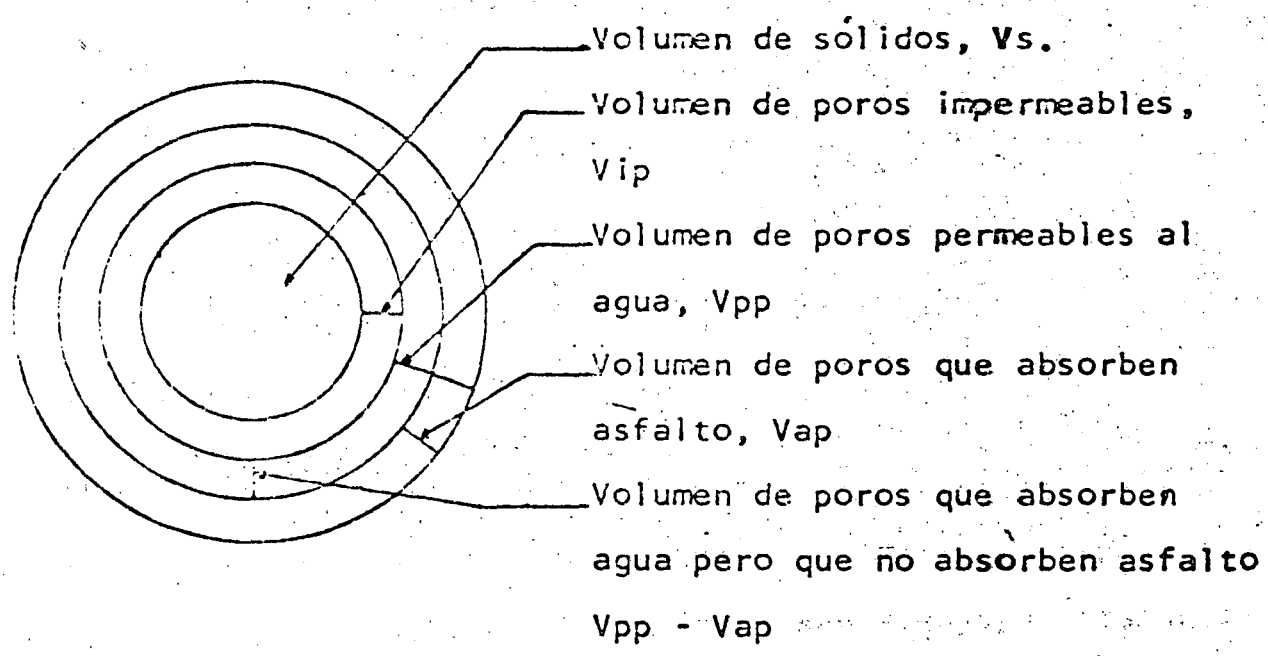


Fig. 22

Los pesos específicos relativos a que se hace mención son:

$$\text{Peso específico aparente relativo} = \frac{Ws}{(Vs+Vip)\gamma w} = Ssa$$

Peso específico volumétrico relativo $= \dfrac{Ws}{(Vs + Vip + Vpp)\,\gamma w} = Ssv$

Peso específico efectivo relativo $= \dfrac{Ws}{(Vs + Vip + Vpp - Vap)\,\gamma w} = Sse$

en donde:

Vs, Vip, Vpp y Vap tiene los significados anotados en la figura anterior.

Ws _____ Peso seco del agregado

γw _____ Peso específico del agua

Para estimar los datos anteriores se efectuan pruebas estandarizadas en donde se determinan pesos en aire, sumergidos, y en aire saturados. Manipulando estos datos se pueden calcular los pesos específicos relativos mencionados. El período de saturación generalmente establecido es de 24 hrs.

Observando las fórmulas anteriores se pueden notar varias cosas. Una de ellas es que en Ssa se ha considerado que el volumen esta formado por el volumen de sólidos más los vacios impermeables lo que significa que el asfalto penetraría a todos los vacios permeables, mientras que en Ssv el volumen también incluye a todos los vacios permeables al agua lo cual significa que el asfalto no penetra a dichos vacios.

Como se ve, ninguno de estos pesos específicos representaría las condiciones reales, como sucede con el Sse en donde sí se toma en cuenta al asfalto que penetra. El valor de Sse generalmente no se puede determinar con los métodos actualmente aceptados. El cuerpo

de ingenieros de USA., sin embargo, propuso un método bastante racional para efectuar dicha determinación. Por otro lado, es de hacerse notar que en agregados muy porosos Ssa y Ssv serán muy diferentes siendo Sse un valor intermedio. En agregados no absorbentes los 3 pesos deberán ser iguales.

En el diseño de mezclas asfálticas generalmente se especifica el uso de Ssa pero esto no es muy correcto como acabamos de ver y es mas conveniente utilizar el Sse.

Para el cálculo de mezclas de agregados solamente, (diseño de la granulometría), se hace uso del Ssv.

6) Area específica.

En algunos de los métodos de diseño de mezclas asfálticas se hace uso del concepto de " área específica" que es el área supuesta que tienen todos los agregados que intervienen en una mezcla.

De esta manera, puede calcularse el por ciento de asfalto requerido para cubrir la superficie de las partículas de un agregado mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de asfalto} = 100\ A.\ T.\ \gamma b \quad ; \text{ en donde:}$$

A = Area específica del agregado (generalmente en pies^2/libra

T = Espesor de la película de asfalto en pies.

γb= Peso específico del asfálto en Lbs/pie^3

El área específica se calcula utilizando los factores conocidos como factores de área; en seguida se ilustra lo anterior con un ejemplo.

Malla	% que pasa	Factor de Area	Area específica
3/4"	100		
1/2"	95		* 2.0
3/8"	80		
No. 4	57	2	1.1
No. 8	39	4	1.6
No. 16	31	8	2.5
No. 30	23	14	3.2
No. 50	17	30	5.1
No. 100	12	60	7.2
No. 200	7.5	160	12.0

* El área superficial para las partículas mayores de la malla 4 se considera igual a 2.0

Figura 23

Los factores de área, parece que se obtuvieron suponiendo partículas esféricas, aunque para los tamaños más pequeños se hizo necesario efectuar correcciones con base en el empirismo. Nótese por ejemplo que si empleáramos mallas más chicas que la 200 por ejemplo la 270 el área especifica total se podría incrementar terriblemente, por ejemplo supongamos que el 5% pasara la malla 270 y que su factor de área fuera 300, esto nos daría un incremento de área de:

$$0.05 \times 300 = 15\ \%$$

Esto puede considerarse como una debilidad del método, pero si se tiene en cuenta que se calcula sólo hasta la malla 200 podriamos considerar que el método se estandariza.

Existe una infinidad de fórmulas para calcular por ciento de

asfalto teniendo en cuenta solamente al área especifica y la granulometría; pero la textura, forma, absorción, peso específico y aún la viscosidad del asfalto tienen una importancia igual o superior, por lo cual son dignas de tomarse en cuenta. Un método en que se tiene en cuenta a muchos de los aspectos posibles es el método del CKE (Equivalente centrifugado de kerosina), el cual consiste en determinar la cantidad de Kerosina que absorbe el agregado fino, así como la cantidad de aceite que retiene el agregado grueso, con los datos de:

Granulometría

Area específica

Pesos específicos (del agregado y asfalto)

Penetración del asfalto

Retenido de Kerosina (CKE)

Retenido de Aceite

y la ayuda de unos nomogramas especiales, se puede calcular el porciento de asfalto aproximado necesario para una mezcla.

Diseño de la granulometría.

Debido a los requisitos especificados para las granulometrías, generalmente se hace necesario combinar dos o más agregados con diferentes granulometrías para producir un agregado que reuna las especificaciones de granulometría para una mezcla particular.

Para efectuar esto, existe un gran número de métodos, de los cuales trataremos solamente los más comunmente empleados .

Independientemente de el número de agregados por probar, ó bien, del método de cálculo que se utilize, deberá siempre utilizarse una fórmula que exprese la combinación y que denominaremos "Fórmula Básica", la que es como sigue:

$P = aA + bB + cC + \ldots$; en donde

P = Porcentaje que pasa por una cierta malla para la combinacion de los agregados.

A, B, C, ... = Porcentaje de material, que pasa una cierta malla, de los agregados α, β, γ, ...

a, b, c, ... = Proporciones en que los agregados α, β, γ, ... entran en la combinación.

La combinación mas óptima será aquella en que los diferentes porcentajes P de la mezcla queden lo más posible, dentro de las especificaciones.

a) Caso de 2 agregados

Si tenemos nada más dos gregados entonces la fórmula básica será:

$$P = aA + bB$$

debido a que $a + b = 1$, entonces $a = 1 - b$; y

$$P = A(1 - b) + Bb = A - Ab + Bb$$

$$P - A = b(B - A)$$

$$b = \frac{P - A}{B - A}$$; similarmente

$$a = \frac{P - A}{A - B}$$

Supongamos los siguientes datos granulométricos para los materiales A y B

MALLA	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	8	30	50	100	200
ESPECIF.	100	80/100	70/90	50/70	35/50	18/29	13/23	8/16	4/10
AGREG. A	100	90	59	16	3.2	1.1	0	0	0
AGREG. B	100	100	100	96	82	51	36	21	9.2

Figura 24 (a)

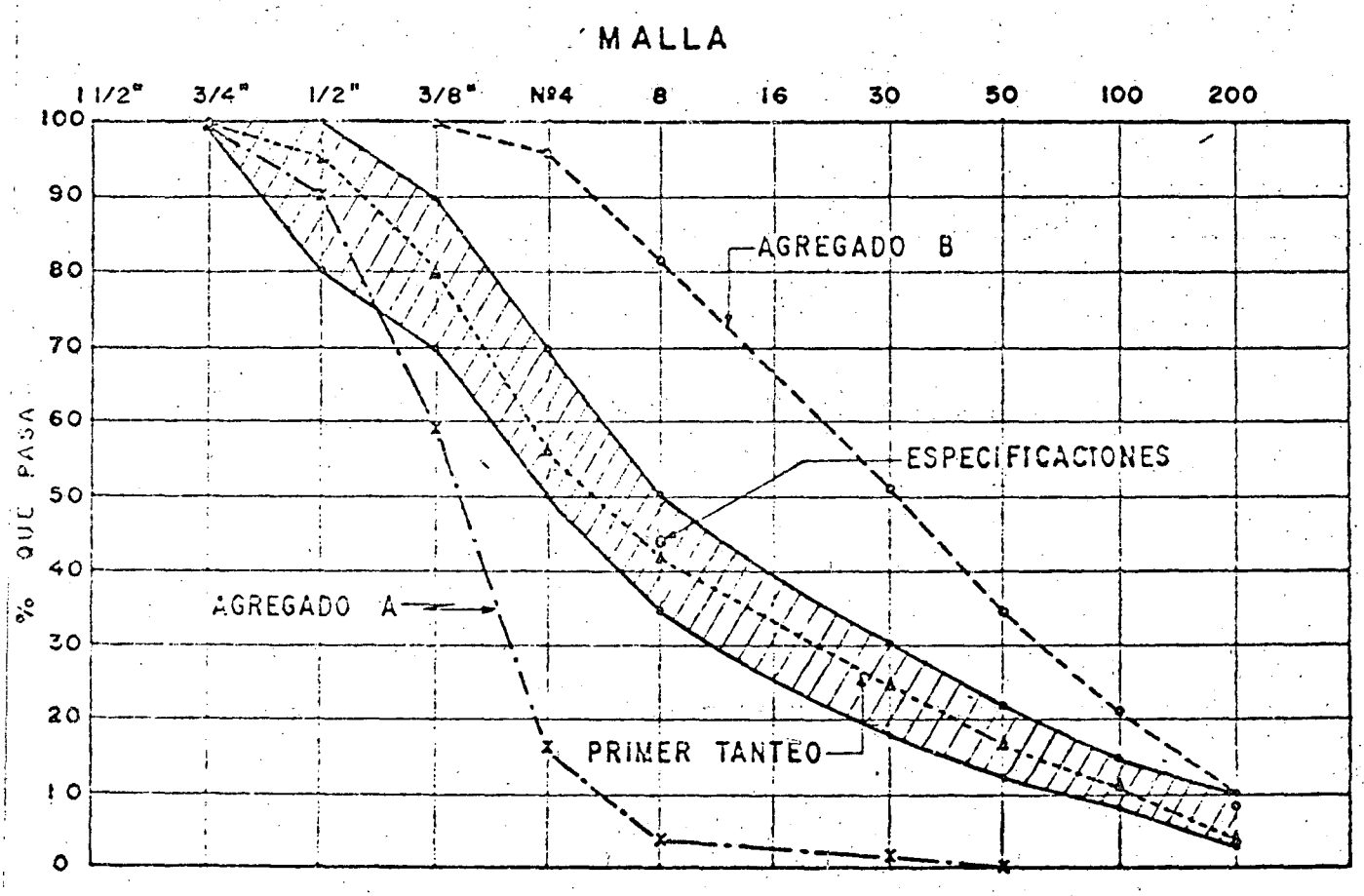


Figura 24

Los pasos que se deben seguir para determinar la granulometría óptima son los siguientes:

Examínense las dos granulometrías y estímese cual agregado debe contribuir para ciertos tamaños; en este caso se puede apreciar que los finos son proporcionados por el agregado B. Escogiendo la malla número 8 para efectuar el cálculo, tendremos que si escogemos el punto medio de las especificaciones, y aplicando la fórmula básica:

$$b = \frac{P - A}{B - A}$$

$$P = \frac{50 - 35}{2} + 35 = 7.5 + 35 = 42.5\ \%$$

$$A = 3.2\ \%$$

$$B = 82\ \%$$

$$b = \frac{42.5 - 3.2}{82 - 3.2} = 0.50 \quad ; \quad \text{como } a + b = 1$$

$$a = 1 - b = 1.0 - 0.50 = 0.50$$

Lo cual significa cue deberá utilizarse como un primer tanteo a la mezcla 50 % A + 50 % B

De esta forma obtenemos la siguiente granulometría

MALLA	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16	30	50	100	200
0.50XA	50	45	29.5	8.0	1.6		0.6			
0.50XB	50	50	50.0	48.0	41.0		25.0	18.0	10.5	4.6
TOTAL	100	95	79.5	56.0	42.6		25.6	18.0	10.5	4.6

Fig. 25

Observando la granulometría obtenida se puede apreciar que ésta queda cerca del límite inferior en lo que respecta al % que pasa la malla 200, por lo cual se requeriria un pequeño ajuste que podría consistir por ejemplo en aumentar la proporción del agregado B de b = 0.50 a b = 0.55; con lo cual obtendremos:

MALLA	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16	30	50	100	200
0.45X A	45	40.5	26.6	7.2	1.4		0.5			
0.55X B	55	55.0	55.0	52.8	45.1		28.5	19.8	11.5	5.1
TOTAL	100	95.5	81.6	60.0	46.5		28.5	19.8	11.5	5.1
ESPECIF	100	80/100	70/90	50/70	35/50		18/29	13/23	8/16	4/10

Fig. 26

Nótese que ahora el material de la malla 30 quedó casi en el límite superior por lo cual en un tercer tanteo se podría proponer:

$$a = 0.48 \quad ; \qquad b = 0.52$$

que sería la combinación más óptima.

Solución gráfica. (Ver fig. 27)

Para obtener una solución gráfica al problema anterior se podría proceder en la forma siguiente:

- Dibújense los porcientos que pasan de los diferentes tamaños del agregado A en la escala vertical de la derecha.

- Dibújense los porcientos que pasan de los diferentes tamaños del agregado B en la escala vertical de la izquierda.

- Conéctese con líneas rectas a los puntos correspondientes de los agregados A y B para un mismo tamaño. Márquense las líneas con el número del tamaño correspondiente.

- Márquense sobre las líneas trazadas, los límites de las especificaciones de acuerdo con la escala vertical.

- Si marcamos un punto sobre cualquier línea este punto nos definirá los porcentajes en las escalas horizontales, en que los dos agregados entrarían en la mezcla para el punto marcado y el tamaño correspon -- diente.

Con base en lo anterior se podrían trazar dos líneas verticales que - cubran los límites de las especificaciones (Ver fig. 27)

Se traza una línea vertical central entre las dos rectas verticales ya trazadas.

Esta línea nos indicará, en las escalas horizontales, a los porcentajes en que los agregados A y B entran en el proporcionamiento y en - las escalas verticales, a la granulometría obtenida.

Este método presenta la ventaja sobre el anterior en que proporciona al calculista un panorama más amplio de la posible dosificación, sobre todo "cuando las granulometrías se traslapan", pues en este caso el método númerico hace que la elección del primer tanteo sea difícil, si no es que imposible, por consiguiente resulta recomendable utilizar el método gráfico cuando las granulometrías se cruzen ó traslapen.

Aplicando este procedimiento al ejemplo anterior, obtendremos la siguiente cosificación.

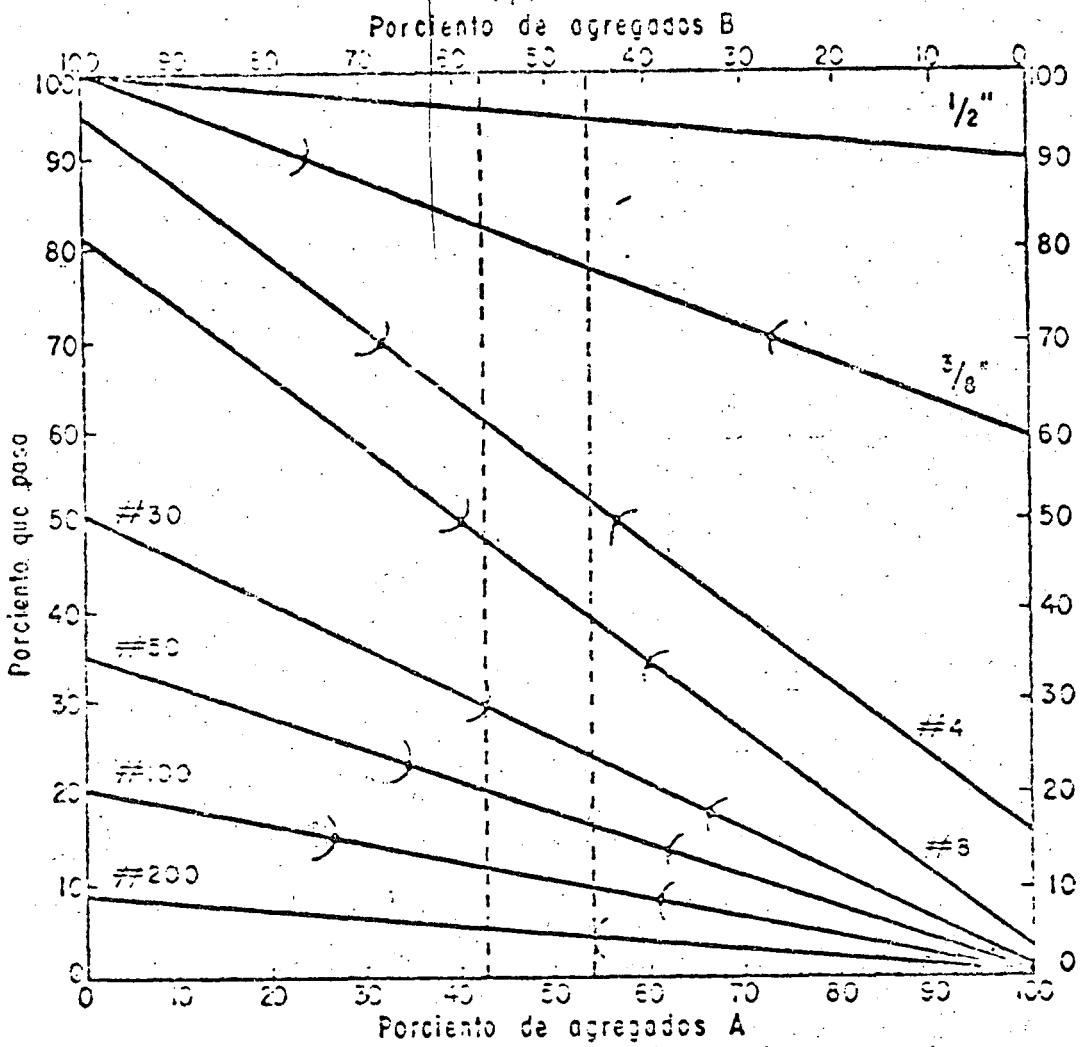


Fig.27 Solucion para proporcionamiento de agregados

De acuerdo con este método los porcentajes óptimos son de 48% para el agregado A (a = 0.48) y de 52% para el agregado B (b = 0.52). Proyectando en los ejes verticales a las intersecciones de la linea de punto y raya obtenemos la granulometría óptima.

b) Caso de 3 agregados.

Es un caso tambien frecuente; el mezclar 3 materiales, por ejemplo una grava triturada, con arena de río y finos no plásticos.

El problema podría resolverse graficamente extendiendo la solución del problema de 2 materiales ya vistos anteriormente al caso de 3 materiales. Se ilustrará la solución con un ejemplo.

Supongamos que se desea mezclar al agregado A con el agregado B y con un material fino C, cuyas granulometrías y especificaciones son las siguientes:

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	30	50	100	200
Especific	100	80/100	70/90	50/70	35/50	18/29	13/23	8/16	4/10
A	100	90	59	16	3.2	1.1			
B	100	100	100	96	82	51	36	21	9.2
C	100	100	100	100	100	100	98	93	82

Fig. 28

Se puede observar que el agregado A puede proporcionar la mayor parte del material retenido en la malla 8. Nótese además que para el tamaño referido en la malla 8 el material C no contribuye pues todo el material pasa dicha malla, por consiguiente podemos poner la fórmula básica como:

$$A = \frac{P - B}{A - B}$$ (Para la malla 8) ; en donde

$$P = \frac{50 - 35}{2} + 35 = 7.5 + 35 = 42.5$$; entonces:

$$A8 = \frac{2.5 - 82}{3.2 - 82} = \frac{39.5}{78.8} = 0.50$$

Para la malla 200

$$P = Aa + Bb + Cc$$

$$P = \frac{10 - 4}{2} + 4 = 3 + 4 = 7$$; de donde:

$$7 = 0\ (0.50) + 9.2b + 82\ c$$

pero $b + c = 1 - 0.50 = = 0.50$; $b = 0.50 - c$

$7 = 9.2\ (0.50 - c) + 82\ c = 4.6 - 9.2c + 82\ c = 4.6 + 72.8\ c$

$c = \frac{7.0 - 4.6}{72.8} = \frac{2.4}{72.8} = 0.03$

$b = 0.50 - 0.03 = 0.47$

Todo lo que resta por hacer es multiplicar los porcentajes obtenidos por los diferentes porcentajes de los diferentes tamaños y aplicar la fórmula básica es decir:

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	30	50	100	200
0.50xA	50	45.0	29.5	8.0	1.6	0.6			
0.47xB	47	47.0	47.0	45.1	38.5	24.0	16.9	9.9	4.3
0.03xC	3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8	2.5
Total	100	95.0	79.5	56.1	43.1	27.6	19.9	12.7	6.8
Especific	100	80/100	70/90	50/70	35/50	18/29	13/23	8/16	4/10

Fig. 29

Se podrían efectuar todavía pequeños ajustes a una granulometría de acuerdo con el criterio. Es de hacerse notar que la combinación inicial se efectúa con base en el criterio lo cual no sucede con los métodos gráficos. La aplicación de métodos análiticos se considera, por consiguiente práctica sólo en el caso en que no existan traslapes importantes o cruzamientos en las granulometrías de los agregados.

Uno de los métodos mas prácticos cuando se tienen traslapes es una extención de el método gráfico ya explicado para el caso de dos agregados. Dicha extensión se explica con la siguiente figura:

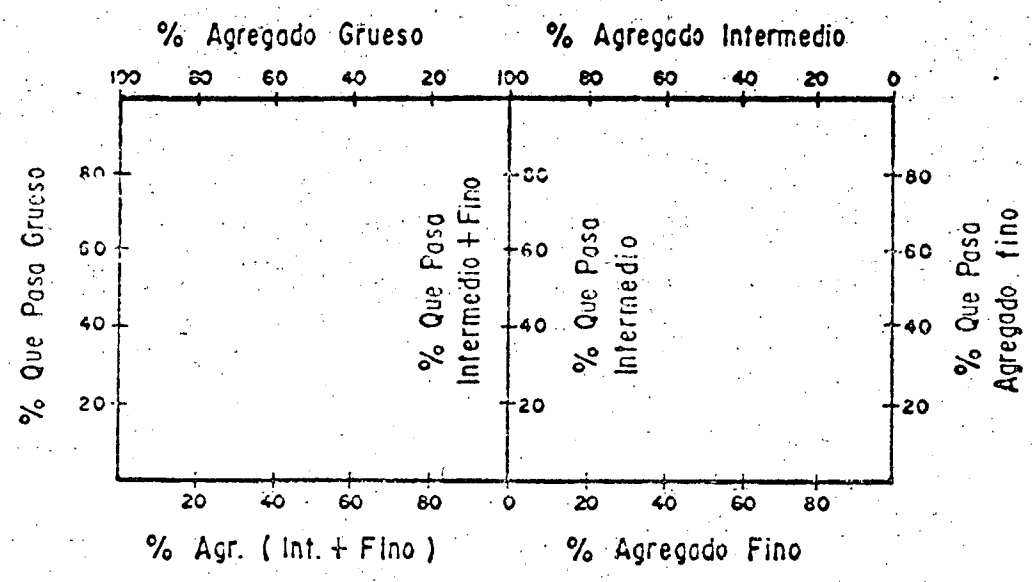


Fig. 30

De esta gráfica se obtienen tanto los proporcionamientos como la granulometría óptima.

Otro método que sirve para obtener las proporciones a, b, y c, - es el que se describe a continuación:

1.- Los agregados se consideran en los siguientes tamaños:
Porcentaje retenido en la malla No. 8
Porcentaje que pasa la malla No. 8 y se retiene en la 200
Porcentaje que pasa la malla No. 200

2.- Los límites de la especificación se dividen en la misma forma es decir:
Límites permisibles del material retenido en la malla no. 8
Límites permisibles del material que pasa la malla No. 200

3.- Se dibuja una gráfica triaxial como la siguiente:

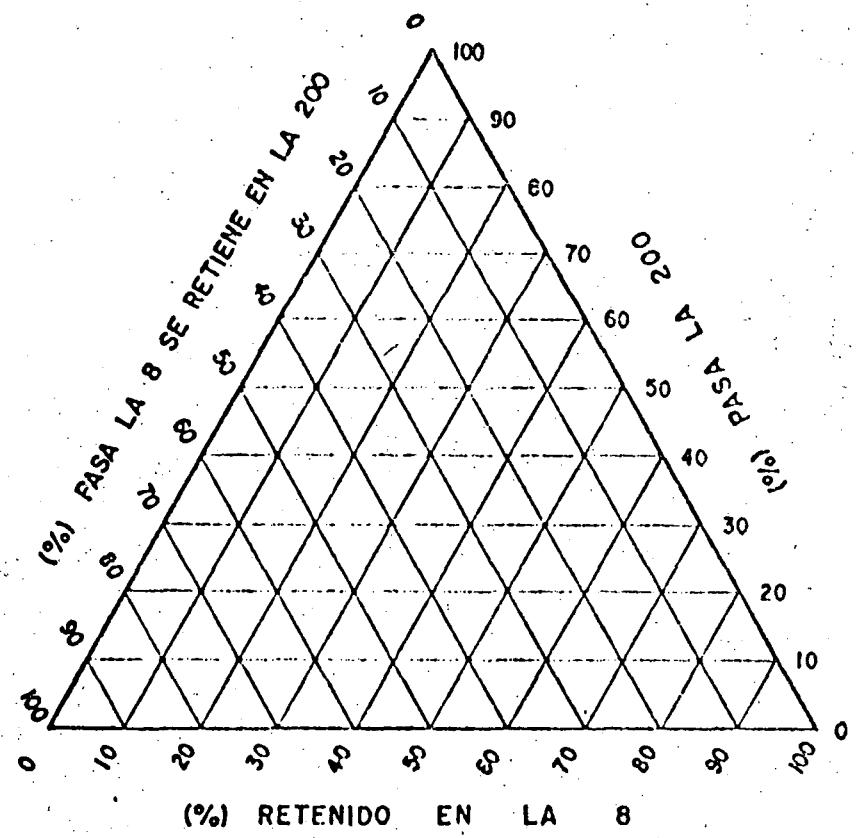

(%) PASA LA 200
(%) PASA LA 8 SE RETIENE EN LA 200
(%) RETENIDO EN LA 8
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

FIG. 31

Para proseguir con la explicación se considera útil hacerlo con un ejemplo: Se tienen tres materiales con los siguientes datos:

TAMAÑO AGREGADO	RETENIDO EN LA 8 (%)	PASA LA 8 Y SE RETIENE EN LA 200 (%)	PASA LA 200 (%)
A	96.8	3.2 (100 - 96.8)	0.0
B	18.0	72.8 (100-18-9.2)	9.2
C	0	18.0 (100 - 82)	82.0
ESPECIF.	65-50		4-10

Fig. 32

Nótese que son los mismos datos que en el ejemplo anterior.

4.- Se vacian estos datos en la gráfica triaxial, obteniendo los puntos A, B, y C. y la zona de los límites de especificación, como se indica en seguida:

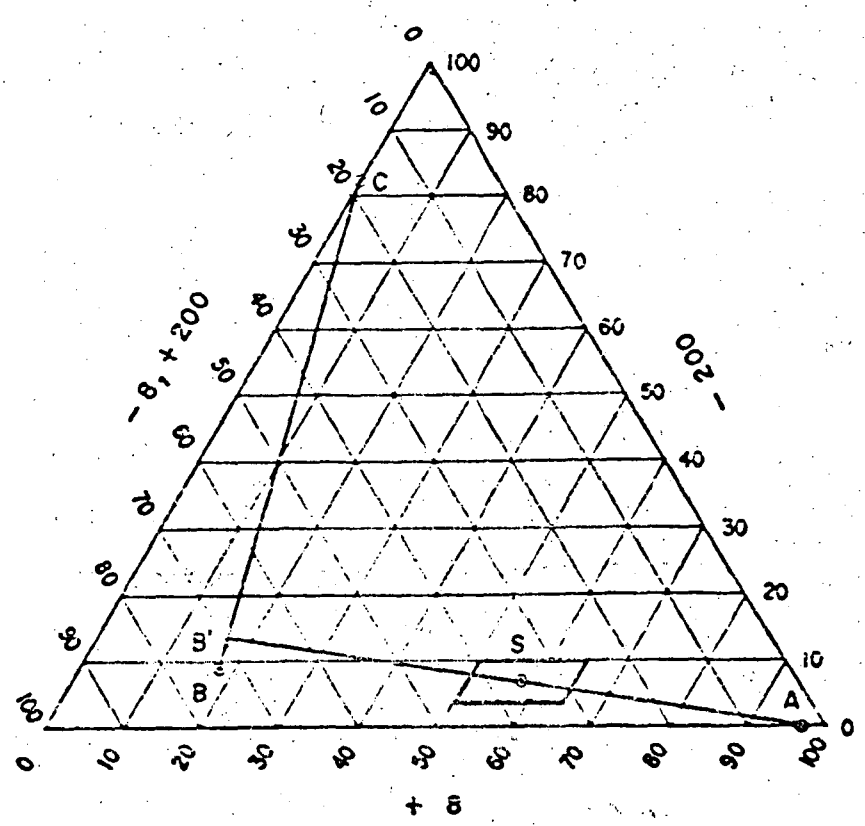


FIG. 33

5.- Se localiza el punto S , centroide del área de especificaciones.

6.- Se unen dos puntos representando a 2 de los agregados, por ejemplo los agregados B y C.

7.- Se dibuja otra línea desde el tercer punto (A en este caso), a través del punto S y que corte a la línea $\overline{BC}$,. Si ninguna línea trazada desde el tercer punto hacia la línea previamente trazada, cruza a la zona de especificaciones a través del punto S, entonces esto significará que los agregados no se pueden mezclar para quedar dentro de las especificaciones. La mezcla más óptima será aquella en donde se logre que la línea que atraviesa la zona de especificaciones quede sobre la diagonal mayor de dicha zona.

8.- Se miden las longitudes de todos los segmentos obtenidos, a la escala que se desee. En este caso se tiene, por ejemplo:

$$\overline{A.S} = 39 \; ; \quad \overline{B'S} = 42 \; ; \quad \overline{BB'} = 5 \; ; \quad \overline{B'C} = 68$$

9.- Se determina la proporción del tercer agregado (Agregado A, en este caso) y posteriormente se determinan las proporciones de los demás agregados, como se indica a continuación.

$$a = \frac{\overline{B'S}}{\overline{B'S} + \overline{AS}} = \frac{\text{Segmento opuesto}}{\text{Segmento total}} = \frac{42}{42 + 39} = 0.52$$

$$a + b + c = 1 \; ; \qquad b + c = 1 - a = 1 - 0.52 = 0.48$$

$$b = (b + c)\frac{\overline{B'C}}{\overline{B'C} + \overline{BB'}} = \left(\begin{array}{c}\text{Porcentaje que}\\ \text{corresponde a}\\ \text{los materiales}\\ \text{B + C}\end{array}\right)\frac{\text{Segmento opuesto}}{\text{Segmento total}}$$

$$b = 0.48 \; \frac{68}{68 + 5} = 0.45$$

$c = 0.48 - b = 0.48 - 0.45 = 0.03$

$a = 52\ \%\ ;\quad b = 45\ \%\ ;\quad c = 3\ \%$

Nótese que estos porcentajes son prácticamente iguales a los obtenidos en el ejemplo anterior.
Con estas proporciones (a, b, c,) se puede calcular la granulometría de la mezcla, simplemente aplicando la fórmula básica.

En los ejemplos anteriores se ha utilizado como límite a la malla No 8 pero si se desea no existe ningún inconveniente en utilizar otra malla, como la 4 por ejemplo.

Cuando se desea combinar 4 ó más agregados se puede tener ventaja en el método de la gráfica trixial pues resulta bastante rápido.
Este caso se ilustrará también con un ejemplo. Sea los siguientes materiales y sus especificaciones:

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	30	50	100	200
Especific.	100	80/100	70/90	50/70	35/50	16/29	13/23	8/16	4/100
A	100	66	41	11	6.2	2.3	0.8	0.2	0.1
B	100	100	85	56	32	13	9.0	5.6	3.0
C	100	100	100	98	91	63	50	16	2.1
D	100	100	100	100	100	100	96	91	71

Fig. 33

Los puntos a localizar en el diagrama triaxial de acuerdo con las granulometrías serian los siguientes:

TAMAÑO / AGREGADO	RETENIDO EN LA 8	PASA LA 8 Y SE RETIENE EN LA 200	PASA LA 200
A	93.8	6.1	0.1
B	68.0	29.0	3.0
C	9.0	88.9	2.1
D	0.0	29.0	71.0
ESPEC..	65-50		4-10

Se colocan los puntos determinados, sobre el diagrama triaxial y se unen por pares con lineas rectas (por ejemplo $\overline{B\ D}$ y $\overline{A\ C}$). Se traza por el punto S , una linea que intersecte a las lineas previamente trazada Se miden todos los segmentos, que en este caso son:

Fig. 34

$\overline{A\ A'} = 52$, $\overline{A'C} = 33$, $\overline{B\ B'} = 5.5$, $\overline{B'D} = 62.5$, $A'S = 15.5$

$\overline{S\ B'} = 4.5$

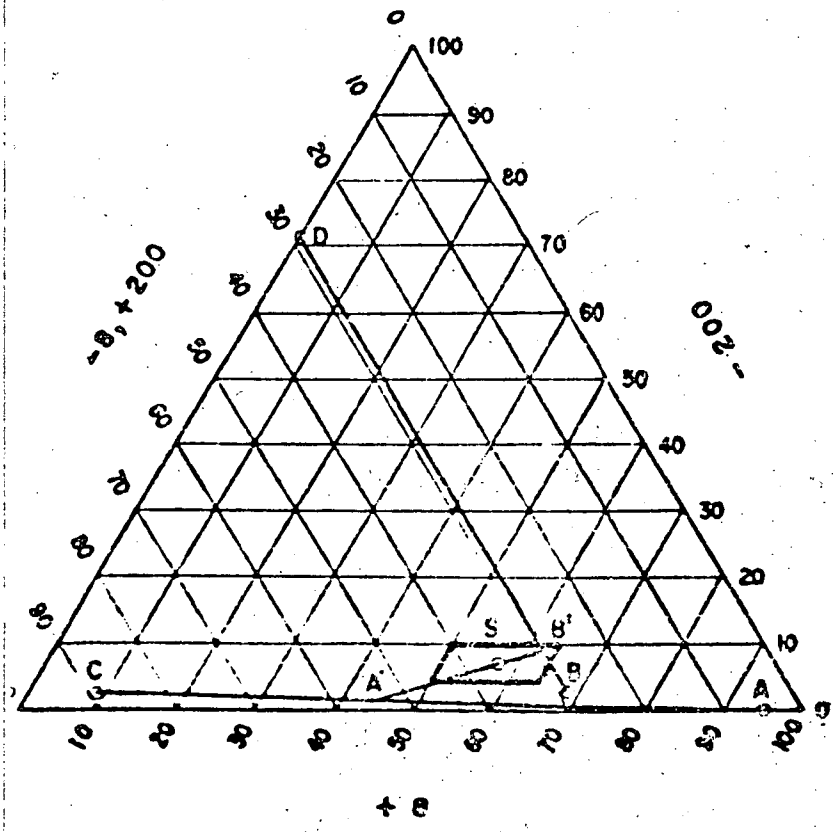


Fig. 34

Nótese que la linea $\overline{A'\ B'}$ coincide con la diagonal mayor del área de especificaciones.

Se determinan los porcentajes en que los materiales (a + c) y (b + d) entran en la composición.

$$(a+c) = \frac{\overline{SB'}}{\overline{SB'} + \overline{AS'}}$$

$$(a+c) = \frac{\text{segmento opuesto}}{\text{segmento total}}$$

$$(a+c) = \frac{4.5}{4.5 + 15.5} = 0.225$$

$$(b + d) = 1 - (a + c) = 1 - 0.225 = 0.775$$

$$a = (a + c)\ \frac{\overline{A'C}}{\overline{A'C} + \overline{AA'}} = \left(\text{porcentaje de } A + C\right) \frac{\text{segmento opuesto}}{\text{segmento total}}$$

$$a = \frac{0.225\ (33)}{33 + 52} = 0.087$$

$$c = 0.225 - 0.087 = 0.138$$

$$b = \frac{0.775\ (E'D)}{\overline{E'D} + \overline{BB'}} = \frac{0.775\ (62.5)}{62.5 + 5.5} = 0.713$$

$$d = 0.775 - 0.713 = 0.062$$

a = 9 %

b = 71 %

c = 14 %

d = 6 %

La granulometría obtenida será:

Malla	3/4"	1 2"	3 8"	4	8	30	50	100	200
0.09 x A	9.0	5.9	3.7	1.0	0.6	0.2	0.1		
0.71 x B	71.0	71.0	60.4	39.7	22.7	9.2	6.4	4.0	2.1
0.14 x C	14.0	14.0	14.0	13.7	12.7	9.5	7.0	2.2	0.3
0.06 x D	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	5.5	4.3
Total	100.0	96.9	84.1	60.4	42.0	24.9	19.3	11.7	6.7
Especific	100	80/100	70/90	50/70	35/50	18/29	13/23	8/15	4/10

Fig. 35

c).-Ajuste por desperdicio

Algunas veces el ajuste puede consistir en la simple alteración de la granulometría por medio de la eliminación de parte del porcentaje de algún tamaño o tamaños. Es frecuente el caso de que un material triturado sea más grueso o más fino que lo deseado. Si el material es mas fino de lo deseado, sería necesario agregarle material grueso de alguna otra fuente pero si el material es grueso y con exceso de finos, el ajuste más económico que se puede hacer consiste en deshechar una porción de la fracción fina. La mayoría de las plantas trituradoras pueden efectuar las separaciones de gruesos y finos por medio de la malla No.4 (o posiblemente la malla No.8), por consiguiente,si se tiene exceso de un tamaño más pequeño el ajuste deberá efectuarse con base en la malla No.4. El material antes y despues del desperdicio podría representarse con la siguiente figura:

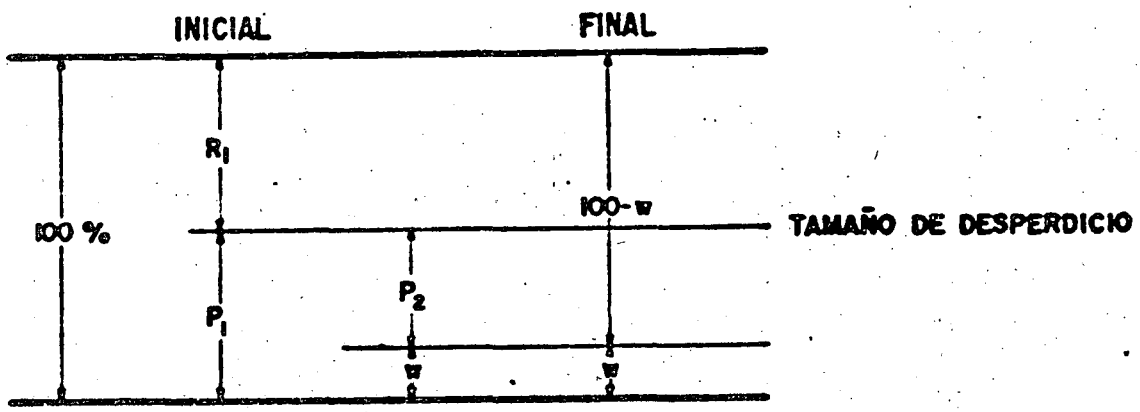


Fig. 36

R 1 = Porciento retenido en la malla de desperdicio,antes del desperdicio.

P 1 = Porciento que pasa la malla de desperdicio, antes del desperdicio.

R2 = Porciento del material retenido en la malla de desperdicio despues del desperdicio.

P 2 = Porciento del material que pasa la malla de desperdicio despues del desperdicio.

W = Porciento de desperdicio.

El porciento de desperdicio W se calcula en la forma siguiente:

$$W = \frac{(P1 - P2)}{(100 - P2)} \cdot 100$$

Y las fórmulas para el análisis de las granulometrías para antes y después del desperdicio son las siguientes:

Para las mallas superiores a la de desperdicio.

$$Rb = \frac{R2 \times Ra}{R1}$$

Para las mallas menores a la de desperdicio.

$$Pb = \frac{P2 \times Pa}{P1}$$

Ra = Porciento retenido para una cierta malla, antes del desperdicio

Rb = Porciento retenido para una cierta malla, despúes del desperdicio.

Pa = Porciento que pasa de un cierto tamaño antes del desperdicio.

Pb = Porciento que de un cierto tamaño después del desperdicio.

Supongamos que se cuenta con un cierto agregado cuya granulometría y especificaciones se indican en seguida:

Malla	3/4"	½"	3/8"	4	8	30	50	100	200
% Pasa Pa	100	98	87	75	54	28		17	9
Especific	100	80/100	70/90	65/73	40/55	20/30		10/18	4/10

Nótese que el material que pasa la malla No. 4, excede los límites de la especificación y que los demás tamaños estan próximos a los límites superiores de la especificación, por consiguiente se considera como adecuado el reducir el 75% que pasa la malla No. 4 a 70%. Para iniciar los cálculos es necesario convertir los porcientos que pasan de los tamaños mayores de la malla No.4, a porcientos retenidos, por consiguiente:

$P_1 = 75\%$; $P_2 = 70\%$; $R_1 = 25\%$; $R_2 = 30\%$

Aplicando las fórmulas anteriores:

$$Pb = \frac{P2}{P1} Pa = \frac{70}{75} Pa = 0.934 \ Pa$$

$$Rb = \frac{R2}{R1} Ra = \frac{30}{25} Ra = 1.2 \ Ra$$

Efectuando los cálculos obtenemos el siguiente cuadro:

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	30	100	200
% Pasa, Pa	100	98	87	75	54	28	17	9
% Ret. Ra	0	2	13	25				
Pb=0.934Pa				70	50	26	16	8.4
Rb=1.200Ra	0	2	16	30				
Pasa Ajustado	100	98	84	70	50	26	16	8.4
Especific.	100	80/100	70/90	55/73	40/55	20/30	10/18	4/10

Figure 37

d) Ajuste debido a diferencias en el peso especifico relativo.

Generalmente las granulometrías se determinan y expresan como porcentajes en peso. Sin embargo muchas veces es necesario dosificar en volumén. Si los agregados que intervienen en la mezcla tienen los mismos pesos específicos, la dosificación en peso es igual a la dosificación en volumén para fines prácticos. Sin embargo, si los pesos específicos relativos de los agregados difieren en 0.20 ó más, entonces deberán efectuarse ajustes para obtener la dosificación en volumen, en la siguiente forma:

Supongamos que se nos dan los agregados y sus proporcionamientos, los cuales son:

Agregado	Peso Esp. Rel. Vol.	Proporción %
A	1.00	0.344
B	2.00	0.596
C	3.00	0.060

Como se mencionó en el párrafo D.5), el peso específico relativo que se debe utilizar en el caso de dosificación de los agregados es la fórmula:

$$\text{Peso Esp. Vol. Relativo} = \frac{Ws}{(Vs + Vip + Vpp)\ fw} = Ssv$$

Si suponenos fw = 1 gr/cm^3 , y considerando que;

(Vs + Vip + Vpp) es el volumen total del agregado:

$$Ssv = \frac{Ws}{Vo} \text{ ; entonces:}$$

$Vo = \frac{Ws}{Ssv}$; deberá ser la fórmula a utilizar, por consiguiente:

Agregado	% en peso	Ssv	Vol	% en vol.
A	34.4	1.00	34.40	52.00
B	59.6	2.00	28.80	45.00
C	6.0	3.00	2.00	3.00
Total			66.20	100.00

Fig. 38

e) Curva de Fuller.

Con base en sus estudios Fuller propuso una ecuación que nos proporcionaría la curva granulométrica que daría la máxima densidad en un material. Dicha ecuación en forma práctica sería la siguiente:

$$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$; en donde:

P = porciento de material con tamaño d.

d = tamaño de las diferentes partículas del agregado.

D = Tamaño máximo del agregado.

E.- Diseño de los Tratamientos Superficiales.

1.- Generalidades.

El diseño de un tratamiento superficial requiere del debido proporcionamiento de asfalto y agregado de acuerdo con las características de este último.

Al tender el agregado sobre la capa de asfalto previamente colocada se tiene aproximadamente un 50% de vacios entre las partículas, al compactarlo el porcentaje se reduce al 30% aproximadamente y con el tráfico se reduce aún más, hasta el 20 % aproximadamente.

Para tener un buen comportamiento, el asfalto deberá llenar un -- 70 % de le 20 % anteriormente mencionado si el tráfico es ligero. Sin embargo si el tráfico es intenso el asfalto no deberá llenar - más del 60 % del volúmen de vacios mencionados.

Desde luego la superficie del agregado tiene bastante influencia - en la cantidad necesaria de asfalto que frecuentemente se hace necesario colocar cantidades adicionales de asfalto para compensar - por las deficiencias o irregularidades del agregado.

Se cuenta en la actualidad con un gran número de métodos de diseño pero en la presentes notas trataremos solamente 2, a saber

- Método de Texas.
- Método del Instituto del Asfalto.

2.- Método de Texas.

Simultáneamente a la explicación, se resolverá un ejemplo.

Supongamos que contamos con un FR-3 y un agregado 3 E (ver especificaciones S. O. P.)

Primer paso.

Se coloca el agregado sobre una superficie aproximadamente lisa y se acomoda de tal manera que no queden partículas superpuestas

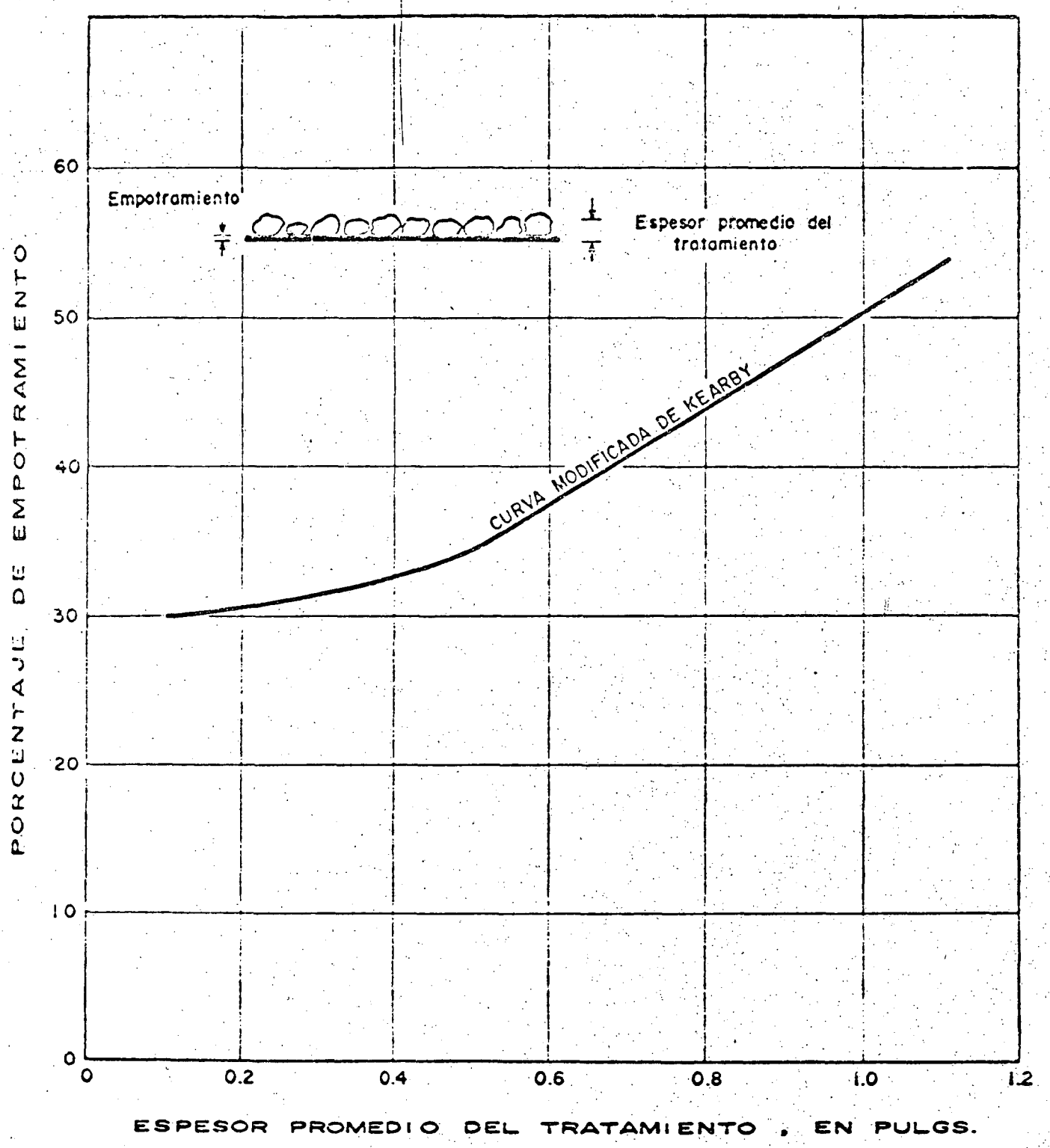

Empotramiento
Espesor promedio del tratamiento
CURVA MODIFICADA DE KEARBY
PORCENTAJE DE EMPOTRAMIENTO
60
50
40
30
20
10
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
ESPESOR PROMEDIO DEL TRATAMIENTO , EN PULGS.

FIG. 40

(una charola cuadrada de 1 m. de lado sería ideal para esta prueba) se pesa la cantidad de agregado necesaria para cubrir un metro cuadrado. Supongamos que para nuestro ejemplo esta cantidad fué de:

$$A = 12 \text{ kgs/m}^2$$

Segundo paso.

Se determina el peso volumétrico seco y suelto del agregado.

Supongamos que para nuestro ejemplo es de:

$$f = 1600 \text{ kg/m}^3$$

Tercer paso.

Se determina la cantidad necesaria para tener una capa de material de 1cm.de espesor.

$$1600 \times 0.01 = 16 \text{ Kg/m}^2$$

Cuarto paso..

Se calcula la altura promedio del material, con la fórmula siguiente:

A cms. requieren 12 Kgs/m^2

1 cms. requiere 16 kg/m^2

$$\frac{A}{1} = \frac{12}{16} = 0.75 \text{ cms.} = 0.30" = h,$$

Quinto paso (ver fig. 40).

Con el dato anterior se entra a la gráfica de Kearby y se obtiene el porcentaje de material embebido en la capa asfáltica. Entrando a la gráfica con 0.30" se obtiene:

Porcentaje embebido = 32 %

Sexto paso.

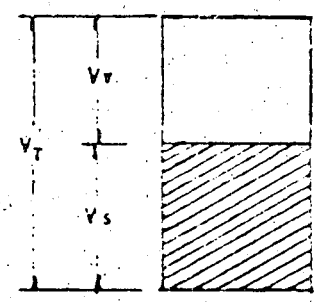
Se determina la altura que tendrá el asfalto, una vez colocado el agregado.

$$h2 = h_1 \times \text{Porcentaje embebido} = 0.75 \times 0.32 = 0.24 \quad \text{cms.}$$

Septimo paso.

Se determina el volúmen de vacios en el tratamiento, con base en lo siguiente

$$Vv = 1 - Vs \quad ; \quad Ss = \frac{\gamma s}{fo} \quad ; \quad \gamma s = Ss \times \gamma o$$



$$\gamma s = Ss.\ \gamma o = \frac{Ws}{Vs} \quad ; \quad Vs = \frac{Ws}{Ss.\ \gamma o}$$

Suponiendo :

$$Ss = 2.65$$

$$\gamma o = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Tenemos que un metro cúbico de material pesa:

$$Ws = 1600 \text{ Kgs} \quad ; \text{ entonces:}$$

$$Vs = \frac{1600}{2.65 \times 1000} = 0.60 \quad ; \quad Vv = 1 - 0.60 = 0.40$$

Octavo paso

Se determina el volumen de asfalto requerido:

$$\text{Vol. de asfalto} = h2 \times Vv \times (\text{metro cuadrado})$$

$$= 0.24 \times 0.40 \times 100 \times 100 = 960 \text{ c.c./m}^2$$

$$\text{Vol. de Asfalto} = 0.96 \text{ lts /m}^2$$

La ASTM recomienda incrementar este valor en un 10 % debido a solventes o agentes emulsificantes:

$$0.96 \quad 0.10 \quad X \; 0.96 = 1.06 \quad lts/m^2$$

la dosificación	1.06	lts/m^2	de Fr - 3
Sería:	16	kgs/m^2	de agreg. 3 E

Se recomienda efectuar unas pruebas in situ con dosificaciones cercanas a la calculada para determinar la óptima.

Se puede incrementar la altura de asfalto (h2) en climas frios.

Se puede incrementar la altura de asfalto (h2) cuando se tenga tráfico ligero.

Si se teme que el agregado penetre, en la superficie tratada, al ser compactado, se recomienda utilizar menor altura de asfálto (h2).

Para tratamientos superficiales multiples ver las dosificaciones propuestas por ASTM en su especificación ASTM D 1369-58.

2.- Método del Insituto del Asfalto.

Para la aplicación de éste método se necesita conocer la granulometría y el peso seco y suelto del material.

Primer paso.

El primer paso consiste en calcular el tamaño promedio del agregado con base en los datos de granulometría. Por ejemplo:

Tamaño	% que pasa	Tamaño promedio.(pulgs)	% del tamaño	Cálculos
½"	100	0.44	10	0.44 x 0.10 = 0.044
3/8"	90	0.28	70	0.28 x 0.70 = 0.196
Nº 4	20	0.14	16	0.14 x 0.16 = 0.022
Nº 8	4			
		M= tamaño promedio	=	0.262"

Fig. 41

Segundo paso.

Se determina el factor de tráfico, de acuerdo con la siguiente tabla en la cual se supone que el agregado es de buena calidad:

Factores de Tráfico.					
Tráfico (v. día)	Menos de 100	100 a 500	500 a 1000	1000 a 2000	Mas de 2000
Factor T	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60

Fig. 42

En este método se considera que el factor de tráfico es un porcentaje del 20 % de vacios en el agregado que se pueden llenar con el asfalto.

Supongamos que se tiene un tráfico de 835 v/día, a lo que corresponde un valor de T de 0.70.

Tercer paso.

Se determina el factor de absorción del agregado y superficie por tratar de acuerdo con la tabla siguiente:

Condiciones del Pavimento.	Factor (V) galones / yarda^2.
Superficie suave y no porosa	0.00
Superficie ligeramente porosa y oxidada	0.05
Superficie ligeramente empacada porosa y oxidada	0.10
Superficie oxidada, porosa y mal empacada	0.15

Fig. 43

Supongamos que se trata de una rehabilitación y que le pavimento actual está formado por un concreto asfáltico ligeramente poroso por lo cual le podemos asignar un valor de:

$$V = 0.05 \text{ gal. / y d}^2$$

Cuarto paso.

Se calcula la cantidad de asfalto en galones por yarda cuadrada, mediante la siguiente fórmula:

$$A = 1.122 \text{ MT} + V$$

Para nuestro ejemplo:

$$A = 1.122 \ (0.262) \ \ 0.70 + 0.05 = 0.21 \text{ gal/yd}^2$$

Quinto paso.

Se calcula la cantidad necesaria de agregado mediante la siguiente Fórmula:

Fórmula:

$S = 0.80\ M\ W$; en donde

W = Peso volumétrico seco y suelto del agregado en lbs/pie^3; suponiéndolo de 89 lbs/pie^3

en nuestro ejemplo; $S = 0.80 + (o.262)\ 89 = 18.7\ lbs/yd^2$

Dosificación

Cemento asfáltico	_____	0.21	gal/yd^2 =
Agregado	_____	18.7	lbs/yd^2 =

En el manual MS - 13 del Instituto del Asfalto se presenta el método para el cálculo de tratamientos superficiales multiples en donde se aplica la teoría llamada de los volúmenes absolutos.

F.- Diseño de Mezclas de Concreto asfáltico.

1.- Generalidades.

Se define como mezcla asfáltica en caliente a la combinación uniforme de cemento asfáltico con agregado previamente calentado.

Las mezclas en caliente para pavimentos pueden producirse en una gama amplia de combinaciones de agregados, cada combinación teniendo sus características particulares adecuadas para diferentes fines determinados. Además del producto asfáltico utilizado, las características principales de la mezcla dependen de las cantidades relativas que contenga el agregado, de gravas, arenas y finos.

El concreto asfáltico es un tipo de mezcla en caliente que reune los requisitos más estrictos de calidad y control.

2.- Propiedades de las mezclas asfálticas.

Las propiedades que se consideran importantes en las mezclas asfálticas son las siguientes:

Estabilidad

Durabilidad

Flexibilidad

Resistencia a la fatiga (envejecimiento)

Resistencia al Derrapamiento.

Impermeabilidad

Trabajabilidad.

a) Estabilidad.

Es la capacidad que tiene un pavimento asfáltico para resistir las deformaciones provocadas por las cargas impuestas. En los pavimentos inestables se forman canalizaciones y corrugaciones. La estabilidad depende tanto de la fricción como de la cohesión de la mezcla.

La fricción interna depende tanto de la forma, textura y granulometría de los agregados como de la densidad de la mezcla y cantidad de asfalto. Para cualquier tipo de agregado , se tiene una estabilidad mayor mientras más densa sea la mezcla de agregados (mejor granulometría). Una cantidad excesiva de asfalto en la mezcla lubrica a las partículas y como consecuencia la fricción interna se ve reducida.

La cohesión es propiedad inherente del asfalto y sirve para mantener en contacto a los agregados. La cohesión vacía directamente con la viscosidad, carga aplicada y velocidad de aplicación de la carga, la cohesión se incrementa al incrementar el contenido de asfalto hasta que se logre una cohesión máxima, si a partir de este punto se incrementa el contenido de asfálto, este sirve de lubricante y la cohesión se disminuye.

b) Durabilidad. Es la propiedad que tiene un pavimento asfáltico para resistir la desintegración debida al tráfico e intemperismo, Generalmente se mejora la durabilidad utilizando contenidos de asfalto altos, granulometrías densas y mezclas impermeables y bien compactadas. Una película gruesa alrededor del agregado es más resistente al envejecimiento (endurecimiento y fracturamientos) que una película delgada, se debe agregar la cantidad necesaria de asfalto para proveer las características de liga adecuadas y resistir las fuerzas abrasivas del tráfico; una cantidad insuficiente de asfalto provocaría el fácil desprendimiento de las partículas de agregado. La abrasión es más activa si además del asfalto se encuentra frágil (envejecido). El envejecimiento puede deberse también a un sobrecalentamiento del asfalto durante la elaboración de la mezcla. Desde luego que la óptima durabilidad, se tendría si todos los vacios estuvieran llenos de asfalto, sin embargo esto es indeseable desde elpunto de vista de la estabilidad, pues al tenerse la mezcla en el pavimento se presentarían las deformaciones bajo cargas estáticas (creep) y las canalizaciones. Por otro lado se presentaría también el llorado (expulsión de asfálto) del pavimento, debido a la recompactación producida por el tráfico, y de esta manera el pavimento se volvería resbaloso sobre todo con la presencia de agua.

En consecuencia es necesario que al diseñar una mezcla se equilibren tanto la durabilidad como la estabilidad, tratando de óptamizar al máximo.

c) Flexibilidad. Es la capacidad de un pavimento asfáltico para adaptarse a las deformaciones y asentamientos de la base y subrasante sin agrietarse. Lo anterior se logra mediante contenidos altos de asfalto y granulometrías abiertas.

d) Resistencia a la fatiga. Es la capacidad de un pavimento asfáltico para soportar los efectos de cargas repetidas debidas la paso de los vehículos, mientras más alto sea el contenido del asfalto, la resistencia a la fatiga será mayor. Asi mismo se ha encontrado que la granulometría densa son más resistentes que las abiertas.

e) Resistencia al derrapamiento. Es la capacidad del pavimento asfáltico de ofrecer resistencia al deslizamiento de las ruedas de los vehículos, principalmente cuando se encuentra húmedo.
Los factores que contribuyen para lograr lo anterior son los mismos mencionados para la estabilidad, es decir, contenidos de asfalto adecuados y agregados rugosos aunque también es necesario que estos últimos sean resistentes a la acción abrasiva del tráfico (que no se pulan).
f) Impermeabilidad. Es la resistencia que ofrece un pavimento asfáltico al paso del aire y agua a través de él. Es muy importante conocer en una mezcla asfáltica la interconección probable entre sus vacios. Las mezclas densas y altos contenidos de asfalto favorecen a la impermeabilidad.
g) Trabajabilidad. Es el grado de facilidad que presentan las mezclas asfálticas durante su colocación y compactación. Si se cuenta con un diseño cuidadoso y adecuado y si se cuenta además con maquinaría adecuada la trabajabilidad no es un problema. A veces las propiedades en los agregados que promueven la alta estabilidad hacen que las mezclas elaboradas tengan baja trabajabilidad. Por consiguiente, debido a que los problemas de trabajabilidad se descubren frecuentemente durante la pavimentación, deberán hacerse modificaciones al diseño de la obra, para proseguir con la mayor eficacia.

En síntesis deberá buscarse al diseñar una mezcla el que se tengan las cualidades antes mencionadas dentro de un marco económico y práctico.

3.- Método de diseño con base en fórmulas o nomogramas empíricos.

Es muy grande la cantidad de métodos existentes para el diseño de mezclas asfálticas, algunos de ellos muy sencillos auque limitados y otros muy sofisticados pero que representan métodos más racionales. Entre los primeros se pueden tener métodos que incluyan en sus diseños solamente datos de granulometría, otros pueden incluir también a las características de forma, textura y absorción. Entre los segundos tenemos métodos que incluyen en su diseño además de lo anterior, el área específica de los agregados (área por unidad de vólumen o peso), densidades del agregado y asfálto, viscocidad del asfálto y tipo de asfálto.

En las presentes notas se presentarán solamente 2 métodos a saber:

Método empleado por S. O. P.

Método del Centrifugado Equivalente de Kerosina (CKE) y Aceite Retenido.

a) Método S. O. P.

En el método utilizado por la S. O. P., se cuenta con 2 variantes, que sirven para estimar contenidos mínimos de asfalto necesarios para cubrir las partículas de agregado pétreo en una mezcla asfáltica. La variante uno se aplica cuando el agregado contiene finos (no se especifican porcentajes) y la variante dos cuando el agregado contiene pocos finos y su granulometría está cercana al límite inferior de las especificaciones.

La variante uno consistente en determinar el área específica del agre-

gado (área por Kg. de material) y posteriormente multiplicar dicha área por el índice asfáltico, que depende de la forma y absorción del agregado, para determinar el contenido mínimo de asfalto.

El área específica se obtiene multiplicando el porciento de cada tamaño por los factores de área dados en la siguiente tabla:

Tamaño	Factor de área m^2/kg
1 1/2" a 3/4"	o.27
3/4" a No. 4	0.41
No. 4 a No. 40	2.05
No. 40 a No. 200	15.38
Pasa 200	53.30

Fig. 44

El índice asfáltico se obtiene de acuerdo con la siguiente tabla:

Material	Indice asfáltico
Gravas ó arenas de rio ó materiales redondeados, de baja absorción	0.0055
Gravas angulosas ó redondeadas trituradas, de baja absorción	0.0060
Gravas angulosas ó redondeadas, de alta absorción y rocas trituradas de absorcíon media	0.0070
Rocas trituradas de alta absorción	0.0080

Fig. 44 B

Los valores del índice asfáltico se dan en Kgs de cemento asfáltico por metro cuadrado de superficie de agregado pétreo. Se considera baja absorción a la que es menor de 2 %, absorción media a la comprendida entre 2 % y 4% y absorción alta a la mayor de 4 %.

Ejemplo:

Supongamos una mezcla de roca triturada de baja absorción con arena de río para obtener los tamaños finos. La arena pasa la malla 4. - La granulometría de la mezcla es la siguiente:

Malla	% que pasa
3/4"	100
1/2"	76
3/8"	62
4	44
10	30
20	25
40	20
60	14
100	8
200	5

Fig. 45

Peso vol.seco y suelto = 1400 kgs/m^3

Asfalto Fr-2 con 69% de residuo y peso específico de 0.94

De acuerdo con los datos podemos escoger como índice del material grueso a 0.0070 kgs/m^2 y de 0.0055 kgs/m^2 para la arena.

Los cálculos a efectuar son los siguientes:

Tamaño.	Pasa.	Constante de área.	Superficie Parcial.	Indice asfáltico.	Contenido parcial de asfalto.
	%	Kg/m^2	Kg/m^2	Kg/m^2	Kg/Kg
3/4" a 4	56	0.41	$\frac{56}{100} \times 0.41 = 0.230$	0.0070	0.230 x 0.0070=0.00161
4 a 40	24	2.05	$\frac{24}{100} \times 2.05 = 0.492$	0.0055	0.492 x 0.0055=0.00271
40 a 200	15	15.38	$\frac{15}{100} \times 15.38 = 2.307$	0.0055	2.307x0.0055=0.01269
Pasa 200	5	53.20	$\frac{5}{100} \times 53.30 = 2.665$	0.0055	2.665x0.0055=0.01466

Figura 46

Cont. Total = 0.0[illegible]167 Kg/Kg

Debido a que los índices asfálticos son para cementos, para un RR-2 debemos estimar el porciento de producto asfáltico.

Contenido de producto asfáltico = $\frac{0.0210 \times 100}{0.69} = \frac{3.2}{0.69} = 4.65\%$ en peso

En volumen tendremos:

Contenido en volumen = $\frac{4.65}{0.94} \times \frac{1400}{1000} = 7.2\%$; o sea:

$$\frac{0.072\ m^3 \text{ de RR-2}}{1.000\ m^3 \text{ de Agr.}} = \frac{0.072\ (1.000)}{1.000} = \frac{72 \text{ lts de RR-2}}{m^3 \text{ de agregado}}$$

sí la mezcla va a ser elaborada con cemento asfáltico, el valor obtenido deberá multiplicarse por 1.25 debido a que los cementos tienen un menor poder de cubrimiento.

La variante 2 consiste en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$A = 0.020\ a + 0.045\ b + cd \quad ; \quad \text{en donde}$$

A = Contenido de asfalto. (cemento asfáltico) respecto al peso del agregado.

a = Porciento de agregado retenido en la malla No.10

b = Porciento de agregado que pasa la malla No.10 y se retiene en la 20

c = Porciento de material que pasa la malla No. 200

d = Coeficiente asfáltico que varía con las caracteristicas del material de acuerdo con los datos de la tabla siguiente.

Material	Valor de "d"
Gravas y arenas de rio ó materiales redondeados de baja absorción	0.15
Gravas trituradas de baja absorción	0.20
Rocas trituradas de absorción media	0.30
Rocas trituradas de alta absorción	0.35

En este caso tambien deberán aplicarse las correcciones enunciadas en la variante 1 .

b) Método del centrifugado equivalente de kerosina y retenido de aceite (CKE)

El método CKE es un método en donde se efectuan unas pruebas y

Se hace uso de unos nomogramas para determinar el contenido óptimo estimado de asfalto. Este método fué desarrollado en el Departamento de Carreteras de California, U.S.A., y se utiliza como primer paso en el método de Hveem de diseño de mezclas asfálticas.

Para proceder con el método de CKE es necesario determinar de antemano lo siguiente:

- Peso específico aparente relativo del material que pasa la malla No.4 (Sap. 4)
- Peso específico aparente relativo del material que se retiene en la malla No.4 (Sap. 4)
- Granulometría del agregado y su área específica (determinadas como se indico en el capítulo de agregados)
- Porciento que pasa la malla No.4

El método consiste en lo siguiente:

1) Se pesan 2 muestras de 100 grs. c/u del material que pasa la malla No. 4 y se colocan en unas copas de centrifugado
2) Se sumergen las copas, conteniendo el agregado, en kerosina hasta que éste se sature.
3) Se centrifugan las muestras saturadas durante 2 minutos con una fuerza de 400 veces la fuerza gravitacional terrestre. (generalmente los aparatos se expenden ya calibrados)
4) Se determina mediante pesado la cantidad de kerosina retenida y se expresa como porciento del peso seco del agregado. A este valor se le conoce como CKE.
5) Se toman 2 muestras de 100 grs. c/u del agregado que pasa la malla de 3/8" y se retiene en la malla No.4 y se colocan en unos pequeños embudos de escurrimiento.

6) Se sumergen los embudos, conteniendo al agregado, en aceite lubricante No. 10, a la temperatura ambiente y durante 5 minutos.

7) Se escurren los embudos durante 15 minutos a una temperatura de 60°C.

8) Se determina la cantidad de aceite retenida, mediante pesado y se expresa como por ciento de aceite retenido respecto al peso del agregado.

Los siguientes pasos consisten en el uso de los nomogramas para lo cual se seguirá la explicación con un ejemplo.

Supongamos los siguientes datos:

Sap. < 4 = 2.64

Sap. > 4 = 2.45

por ciento que pasa la malla no. 4 = 45 %

$$\text{Sap. promedio} = \frac{100}{\frac{55}{2.45} + \frac{45}{2.64}} = \frac{100}{22.5 + 17.1} = 2.53$$

Area específica = 32.4 pies^2/lb.

CKE = 5.6 %

% de aceite = 1.9 %

9) Utilizando el valor del CKE y el peso específico aparente del agregado fino y la gráfica de la figura 47, se determina el valor de la constante Kf

Kf = 1.25

10) Utilizando el prociento de aceite retenido y el peso específico aparente del agregado grueso y la gráfica de la figura 48 se determina el valor de Kc.

Kc = 0.8

11) Utilizando los valores de Kc, Kf, el área específica el por ciento de agregado grueso y la gráfica de la figura No. 49, se determina el valor de la constante Km.

Kc - Kf = 0.8 - 1.25 = - 0.45 (corrección negat.)

Corr. = - 0.15 ; Km = 1.25 = 1.10

12) Utilizando el valor de CKE, el área específica, el peso específico aparente de los agregados, la constante Km y la gráfica de la figura 50, se determina el contenido de asfalto, estimado en la mezcla. - En la gráfica el caso uno se aplica cuando el agregado grueso sea de características semejantes al agregado fino, (Kc aproximadamente -- igual a Kf), de no ser así, se aplica el caso 2 como en el presente - en donde obtenemos 4.6 % como relación de aceite.

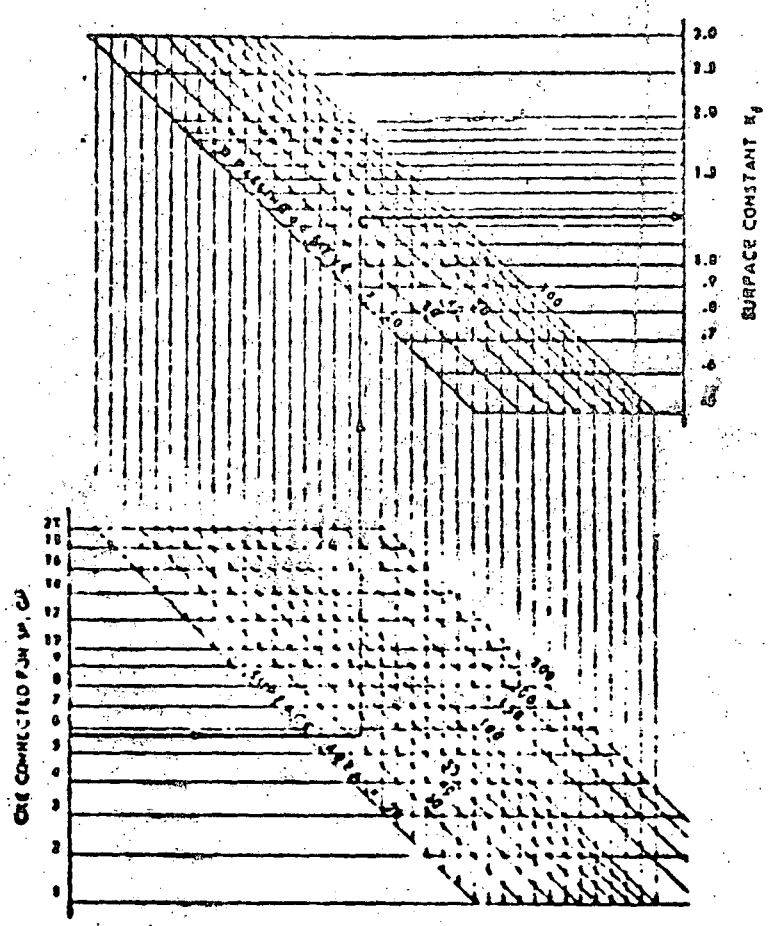
13) Utilizando el área específica, la relación de aceite, el grado - de penetración del producto asfáltico por utilizar y la gráfica de la figura 51 se calcula el contenido óptimo de cemento asfáltico en la - mezcla.

En nuestro ejemplo este valor resulta de 5.7 % si suponemos un grado- de penetración de 100 grados.

4.- Métodos de Diseño con base en pruebas efectuadas sobre especímenes de mezcla asfáltica.

No solamente es importante probar la calidad de los asfaltos y agregados en forma separada, sino que se deben efectuar pruebas a la mezcla de ellos, para establecer las debidas proporciones y las características para tales muestras. Los métodos más ampliamente utilizados con re - sultados satisfactorios son los métodos de Marshall, Hveen y Hubbard - Field.

Se han desarrollado criterios para cada método correlacionando los -



CKE CORRECTED = CKE × $\frac{\text{"spowed" sp. gr. fine}}{2.65}$

NOTE: Do not confuse this correction to CKE with that used in Figure 5

COURTESY CALIFORNIA DIVISION OF HIGHWAYS

Figure 47 Chart for determining surface constant K_s for fine material, from CKE, Hveem method of mix design

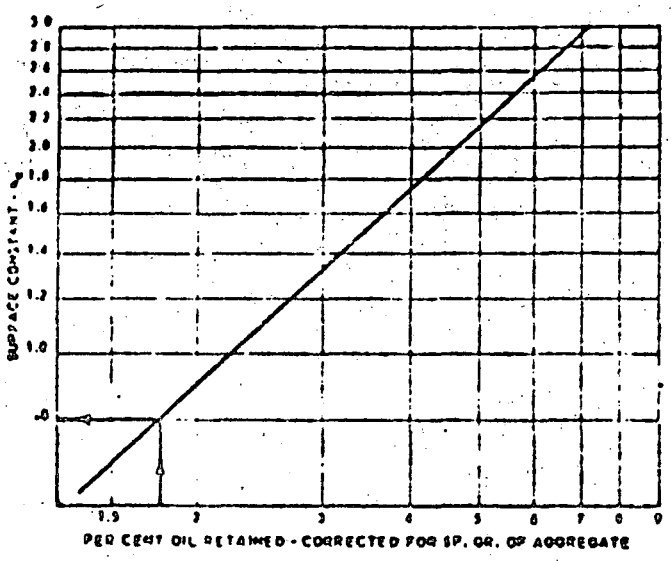


Figure 48. Chart for determining surface constant K_c for coarse material from coarse aggregate absorption, Hveem method of mix design

(Courtesy California Division of Highways)

Material Used: Aggregate - Passing 3/8", Ret. #4 Sieve

Oil - SAE 10

$$\% \text{ Oil Ret. Corrected} = \% \text{ Oil Ret.} \times \frac{\text{"apparent" sp. gr. of Coarse Aggregate}}{2.65}$$

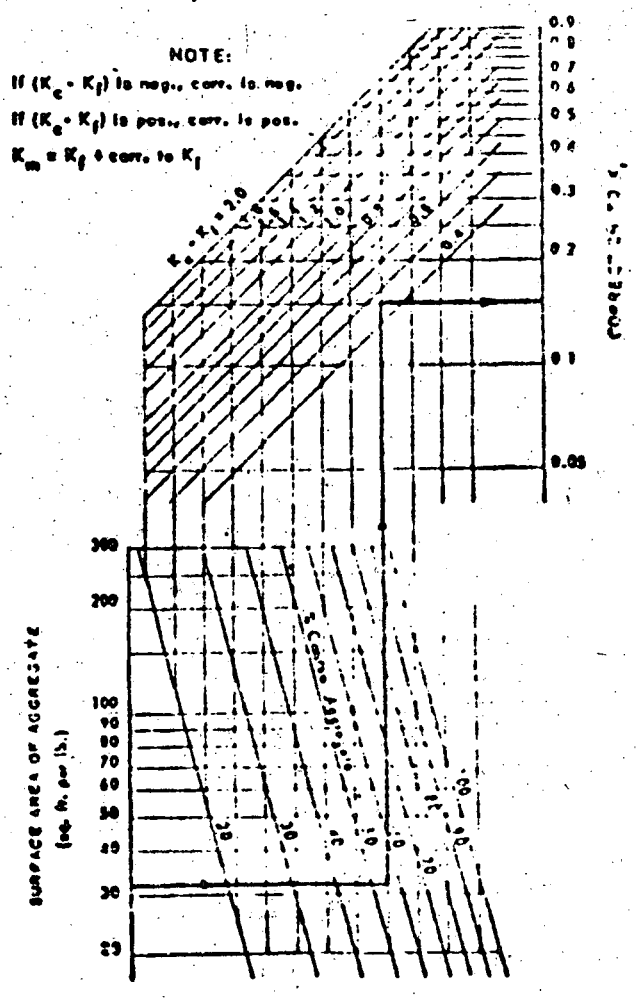


Figure 49. Chart for combining K_f and K_c to determine surface constant K_m for combined aggregate, Hveem method of mix design

(Courtesy California Division of Highways)

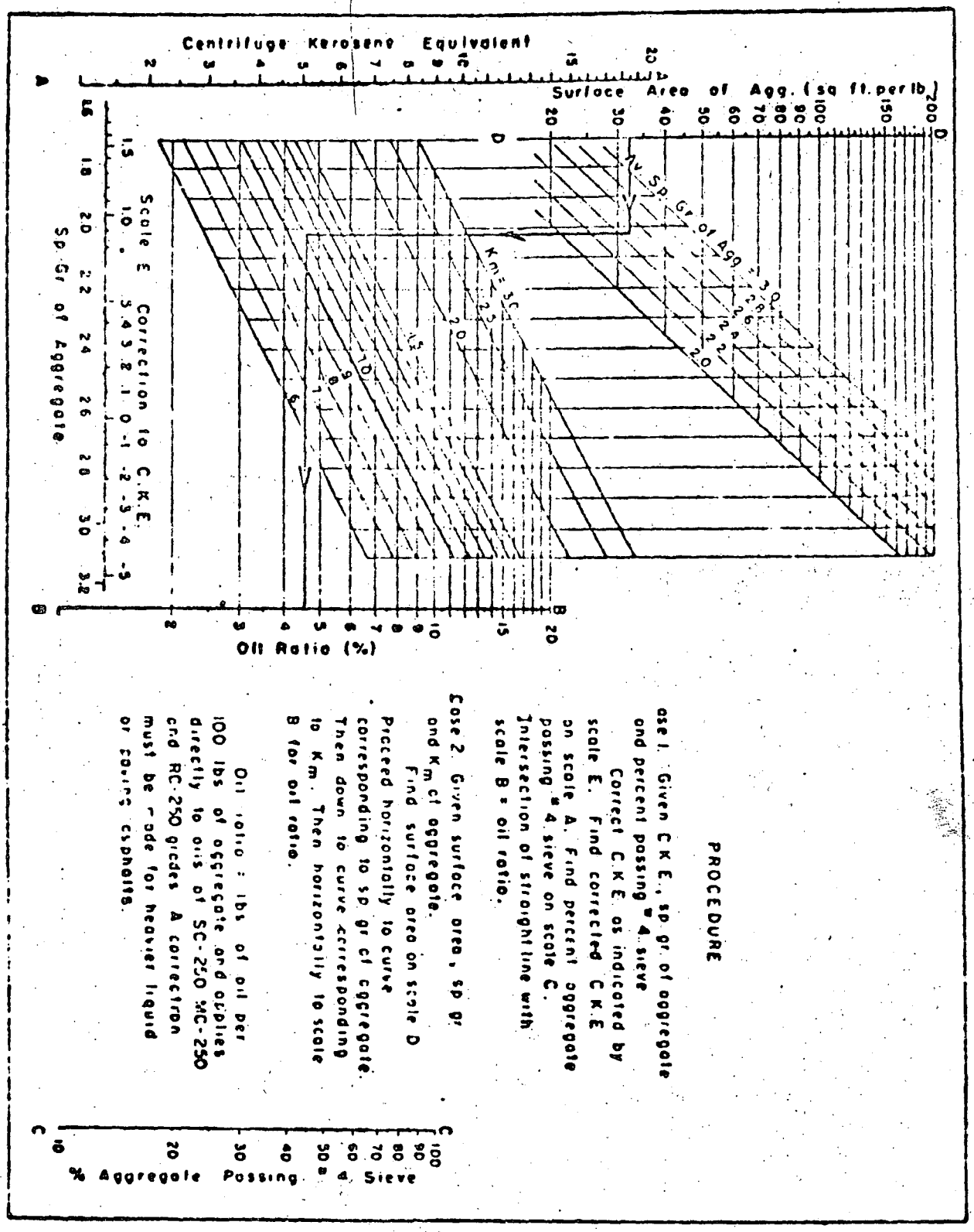
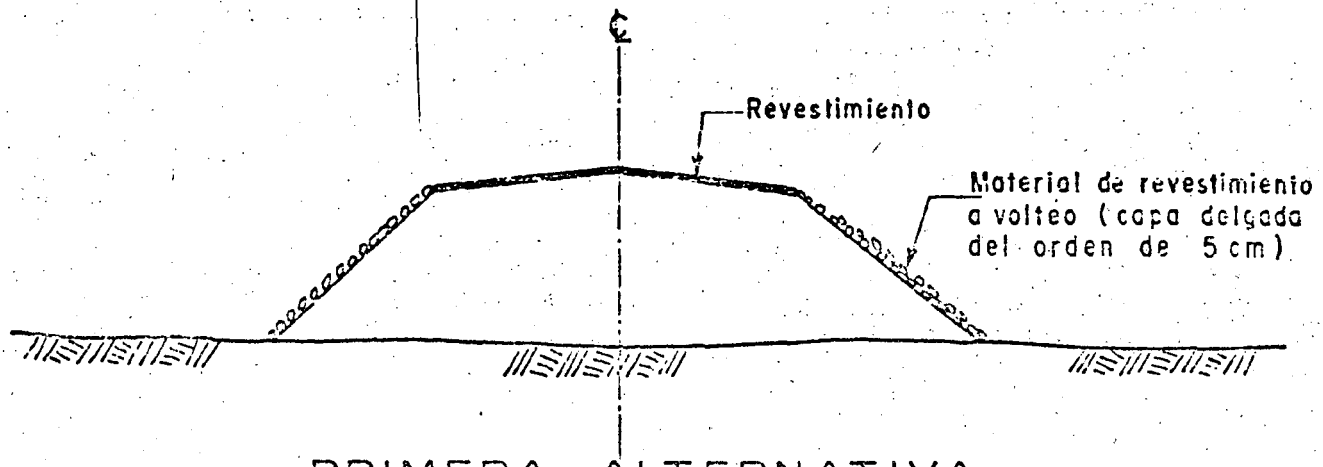
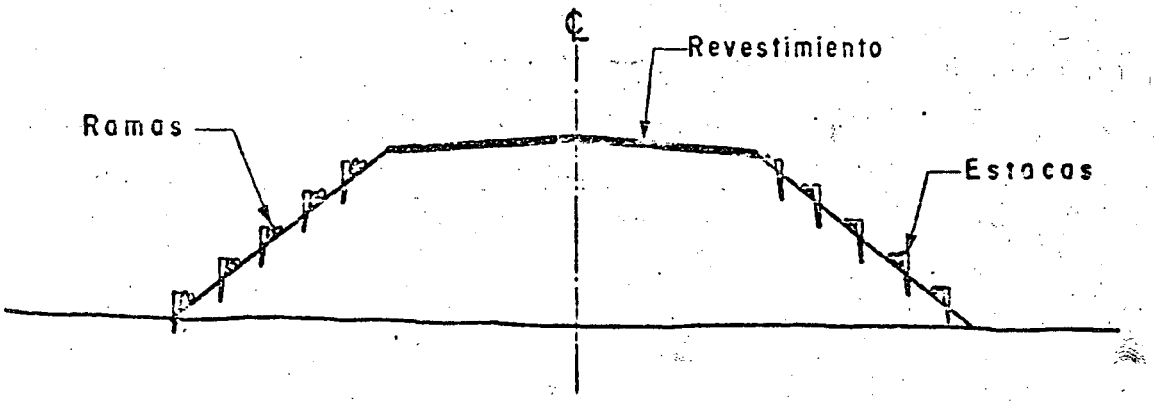


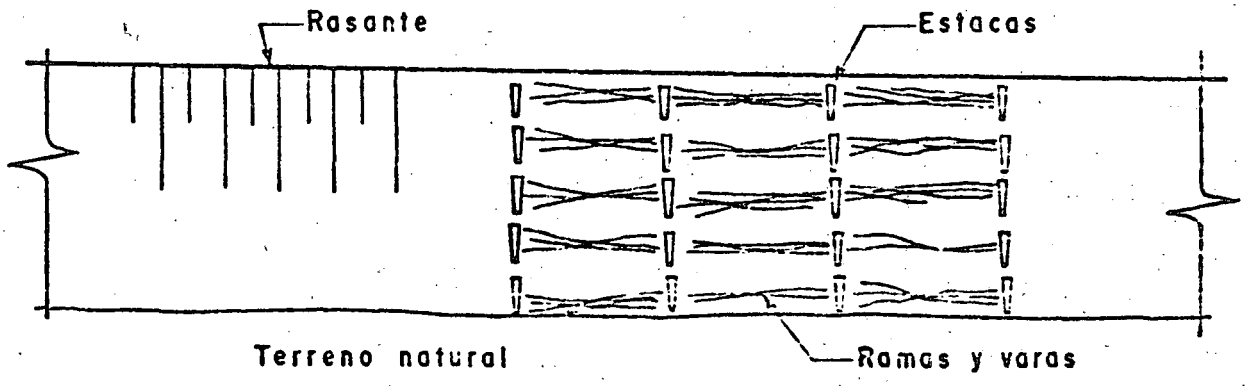
Figure 50 Chart for computing oil ratio for dense-graded bituminous mixtures, Hveem method of design



PRIMERA ALTERNATIVA



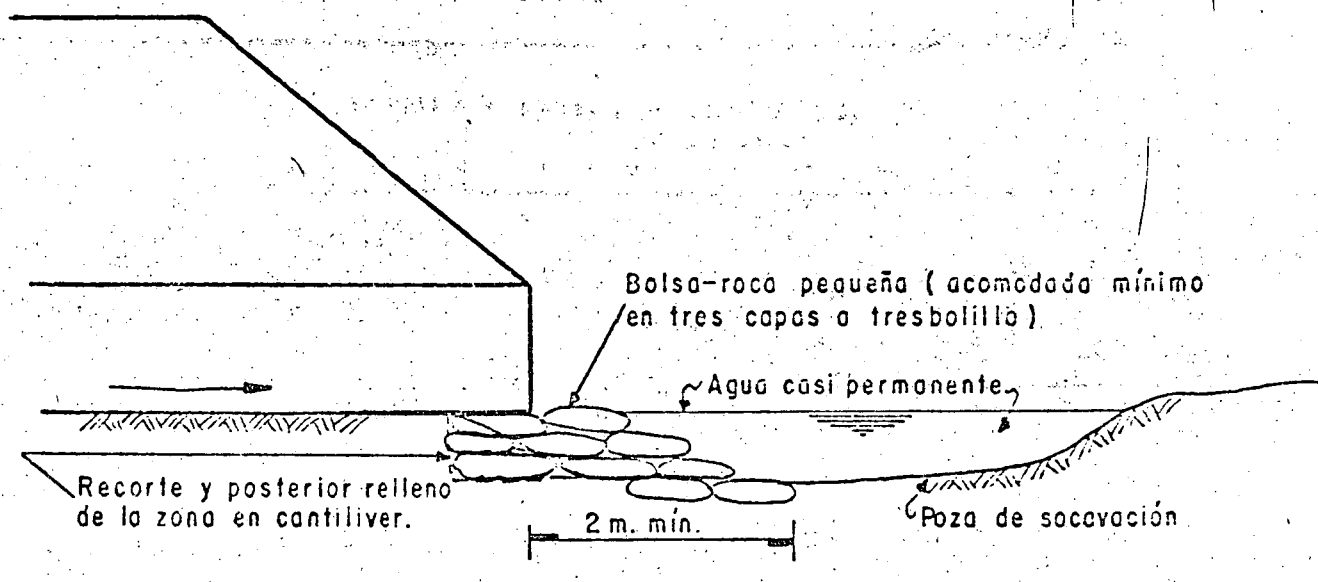
SECC. TRANSVERSAL

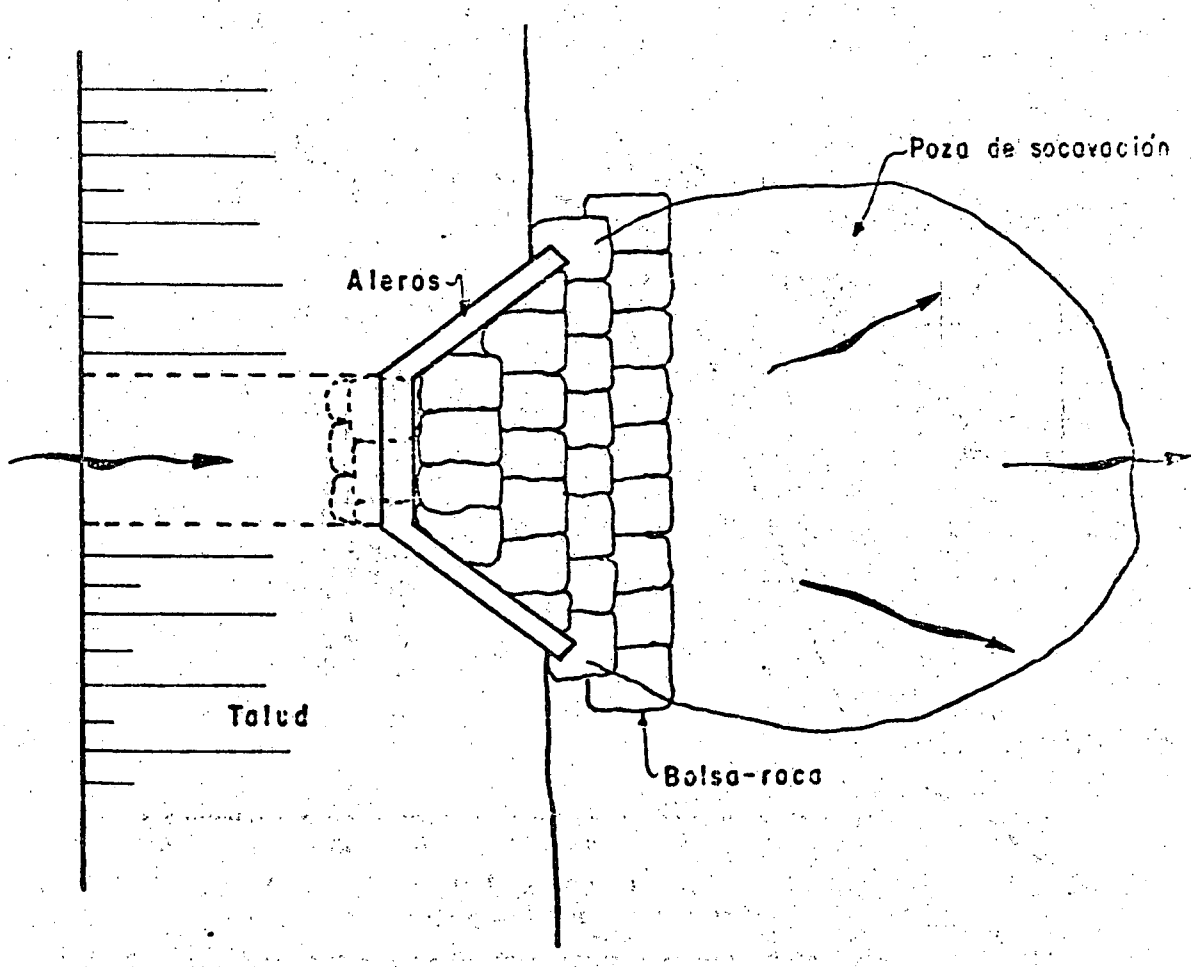


VISTA LATERAL

SEGUNDA ALTERNATIVA

CROQUIS 2


Bolsa-roca pequeña (acomodada mínimo en tres capas a tresbolillo)
Agua casi permanente
Recorte y posterior relleno de la zona en cantiliver.
2 m. mín.
Poza de socavación


Poza de socavación
Aleros
Talud
Bolsa-roca

CROQUIS 3.

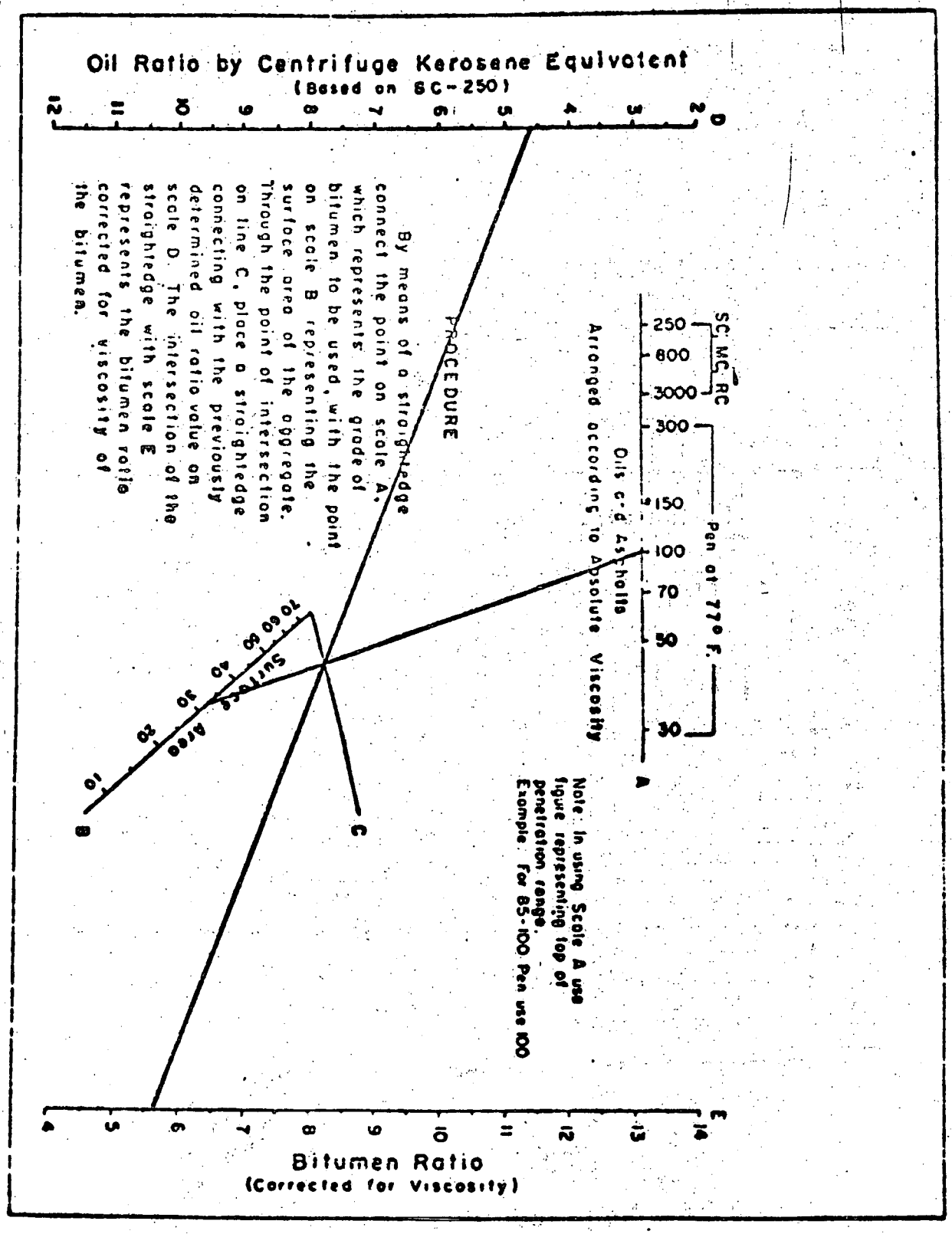
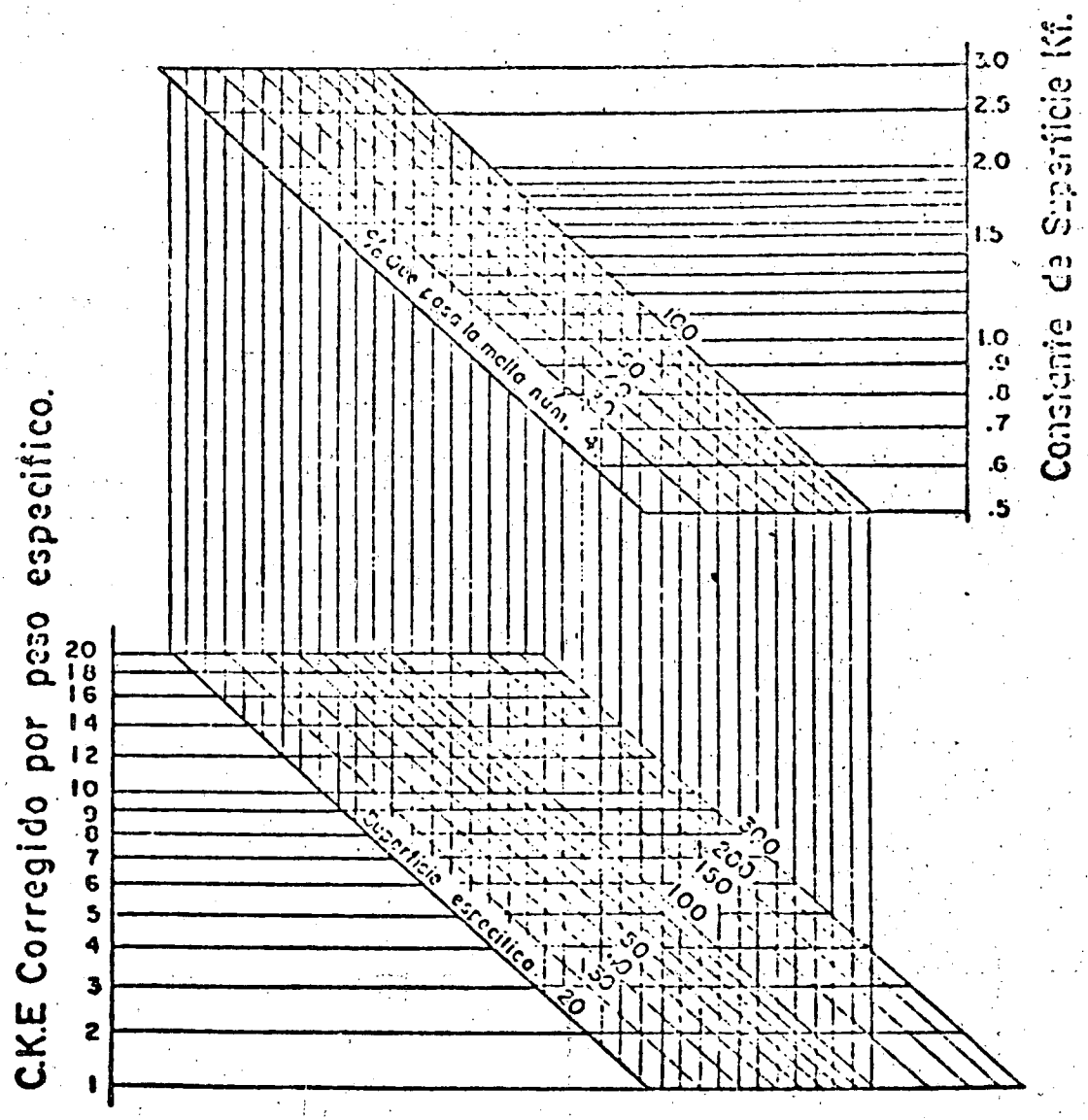


Figure 54 Chart for correcting bitumen requirement due to increasing viscosity or lower penetration of asphalt, Hveem method of mix design

NOMOGRAMA PARA DETERMINAR Kf DEL C.K.E.



$$\text{C.K.E. Corregida} = \text{C.K.E.} \times \frac{\text{Peso específico de finos}}{2.65}$$

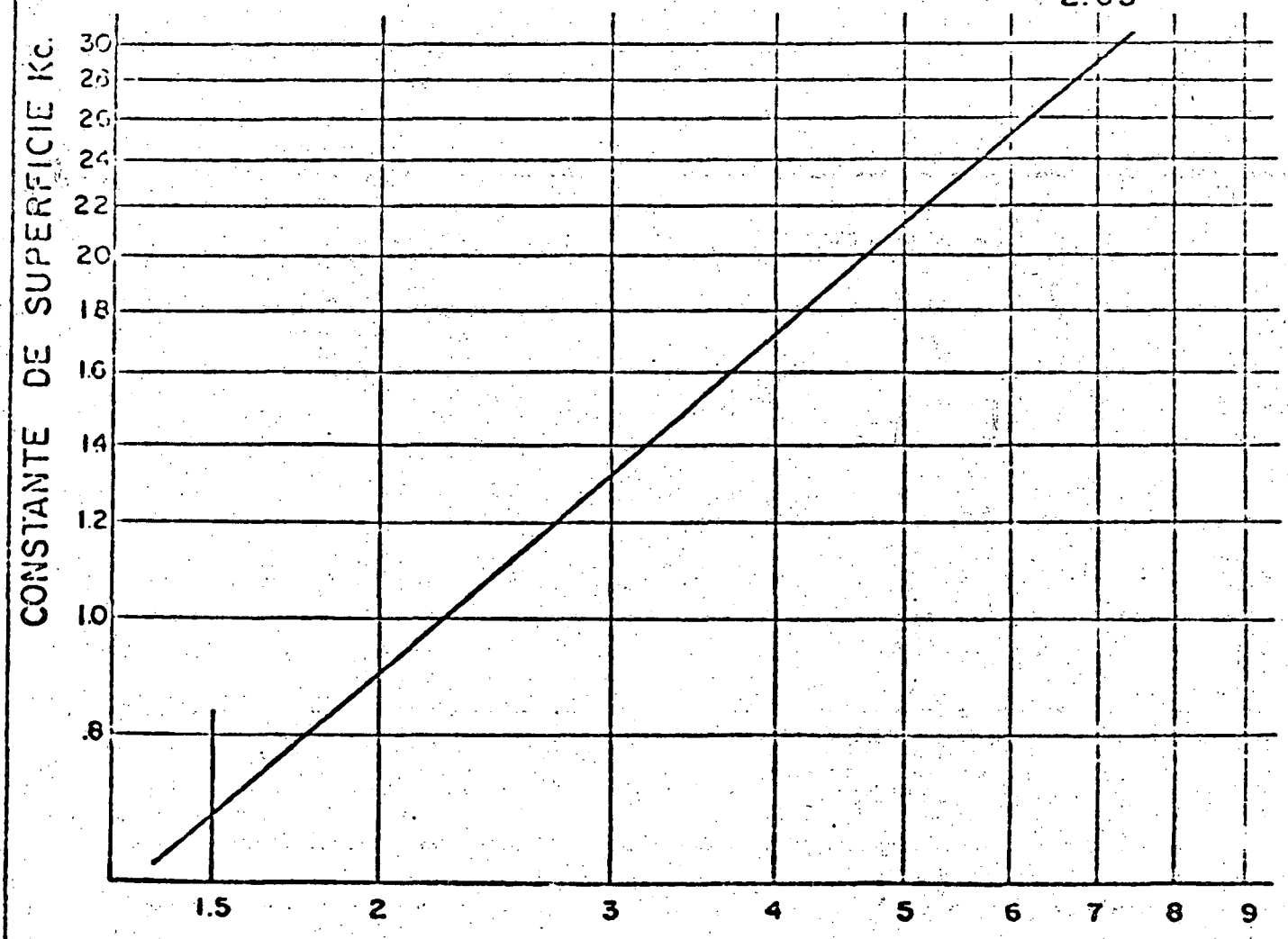
NOTA: No se confunda esta corrección al C.K.E. con la que se hace según figura IV.

FIGURA 161

NOMOGRAMA PARA DETERMINAR Kc A PARTIR DE LA ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO.

Material empleado. { Agregado que pasa 3/8" y retenido en malla Núm.4.
Aceite tipo SAE 10.

% aceite retenido y corregido = % Aceite ret. x $\frac{\text{Peso espec. del agregado.}}{2.65}$



Por ciento de aceite retenido (corregido por peso especifico del agregado.)

FIG. 162.

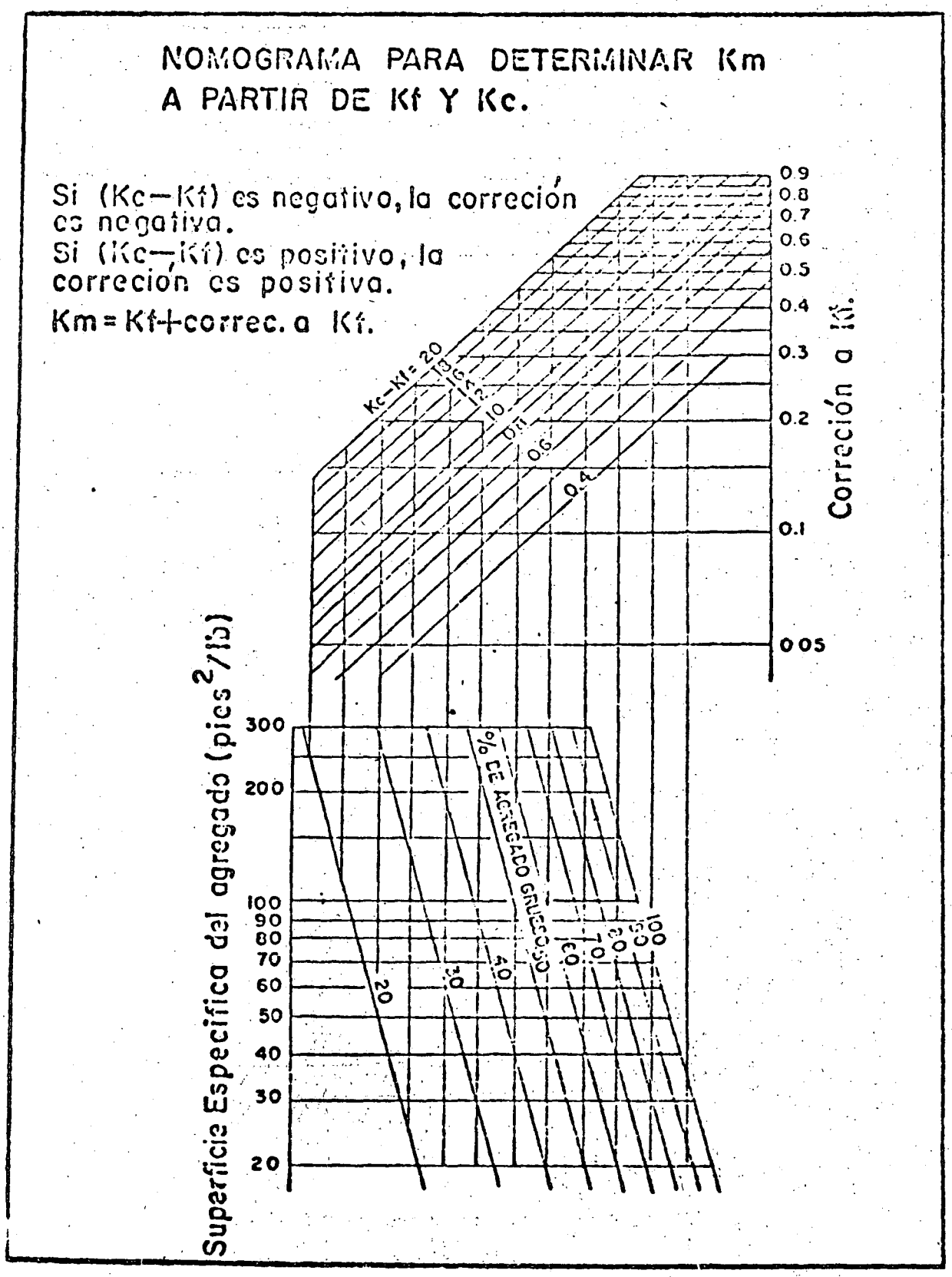
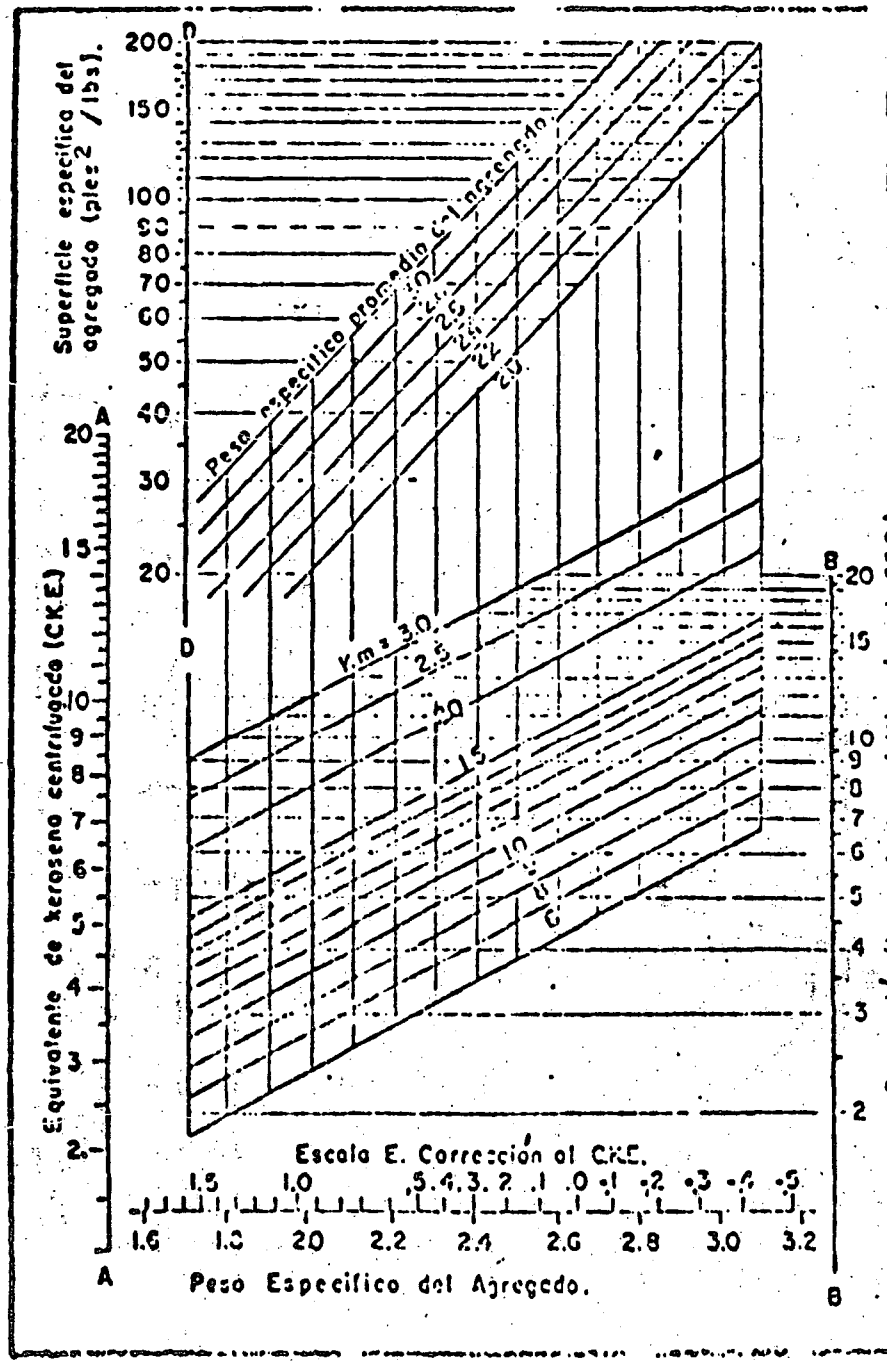

NOMOGRAMA PARA DETERMINAR Km
A PARTIR DE Kf Y Kc.
Si (Kc—Kf) es negativo, la corrección es negativa.
Si (Kc—Kf) es positivo, la corrección es positiva.
Km = Kf + correc. a Kf.
Kc—Kf = 20
18
16
14
12
10
0.8
0.6
0.4
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.05
Corrección a Kf.
Superficie Específica del agregado (pies²/lb)
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
% DE AGREGADO GRUESO
20
30
40
50
60
70
80
90
100

FIGURA 163



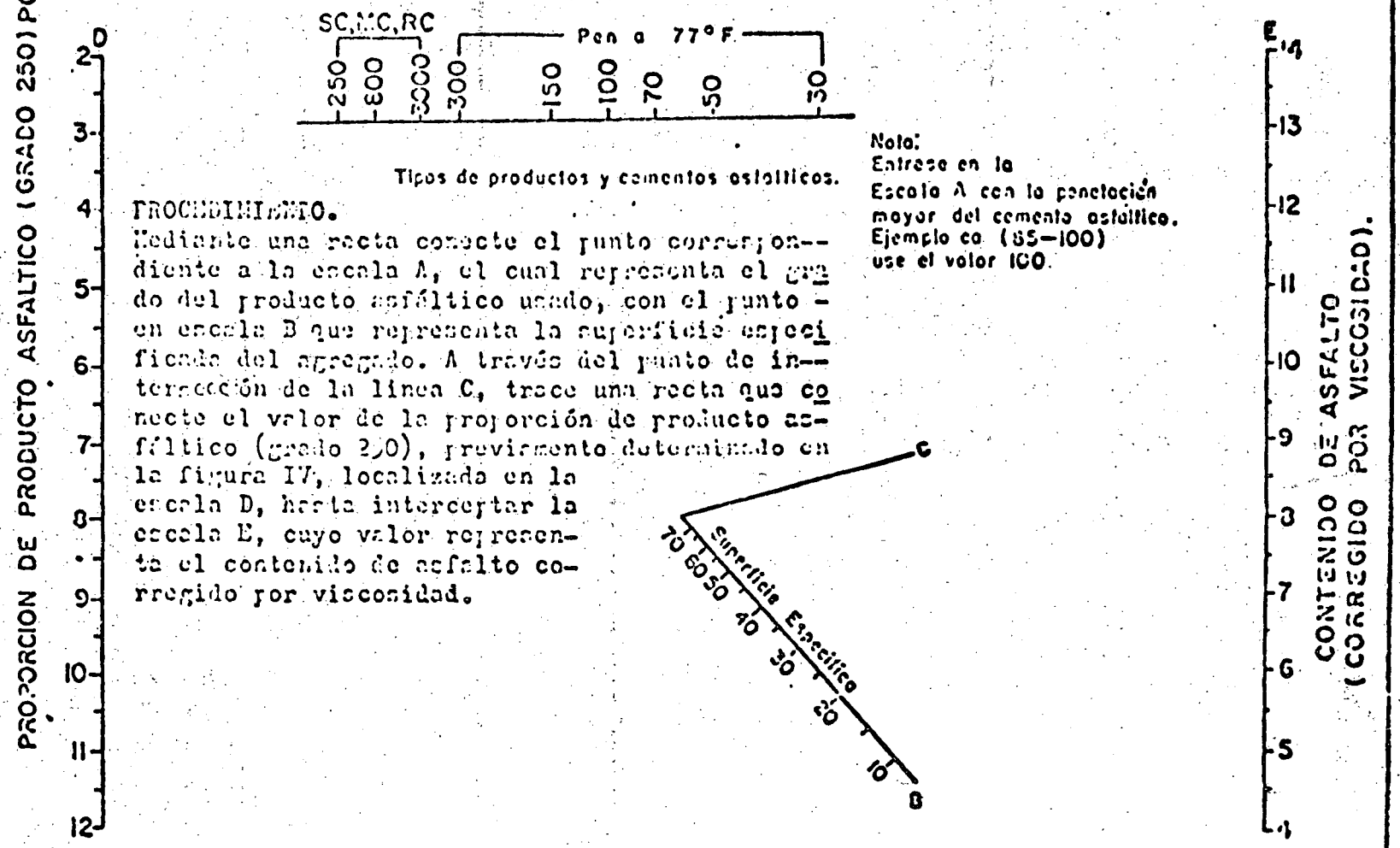
NOMOGRAMA PARA DETERMINAR LA PROPORCION DE PRODUCTO ASFALTICO (GRADO 250) PARA MEZCLAS ALFALTICAS DENSAS.

PROCEDIMIENTO.

Caso 1. Dados el C.K.E., el peso específico del agregado y el porcentaje que pasa la malla No. 4., corrija el valor de C.K.E. de acuerdo con la escala E, localice el C.K.E. corregido en la escala A, una este punto con el porcentaje del agregado que pasa la malla No. 4 localizado en la escala C, con una línea recta y lea, en la intersección de esta línea con la escala B, la proporción de producto asfáltico (grado 250).-Caso 2. Dada la superficie específica, el peso específico promedio del agregado y el Km., localice la superficie específica sobre la escala D, trace una horizontal hasta la curva correspondiente al peso específico del agregado; en el punto de intersección, trace una vertical hasta encontrar la recta correspondiente al Km., y de este punto, trace una horizontal hasta interceptar la escala B para encontrar la proporción de producto asfáltico (Grado 250). NOTA: La proporción de producto asfáltico está dado como porcentaje en peso del agregado, para productos asfálticos de (grado 250).

FIGURA 164

NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO O RESIDUO ASFALTICO



PROCEDIMIENTO.
Mediante una recta conecte el punto correspondiente a la escala A, el cual representa el grado del producto asfáltico usado, con el punto en escala B que representa la superficie específica del agregado. A través del punto de intersección de la línea C, trace una recta que conecte el valor de la proporción de producto asfáltico (grado 250), previamente determinado en la figura IV, localizada en la escala D, hasta interceptar la escala E, cuyo valor representa el contenido de asfalto corregido por viscosidad.

Nota:
Entrese en la Escala A con la penetración mayor del cemento asfáltico. Ejemplo ca (85—100) use el valor 100.

FIGURA 165

resultados obtenidos en el laboratorio con el comportamiento de las mezclas en el lugar bajo las condiciones de servicio. Sin embargo en cada método la correlación se estableció dentro de ciertas limitaciones pues cada método de diseño resulta adecuado solo bajo ciertas condiciones y tipos de mezclas.

En la siguiente tabla se indica la aplicabilidad de los métodos anteriores mencionados.

Aplicabilidad de los Métodos de Diseño

Tipo de Mezcla y Descripción	Marshall	Hveem	Hubbard-Field
I	X	X	X
II	X	D	X
III	D	A	X
IV	A	A	X
V	A	A	X
VI	A	A	X
VII	A	A	A
VIII	A	A	A

A ------ Adecuado

D ------ Dudoso

X ------ Inadecuado

Fig. 52

Los números romanos corresponden a lo siguiente:

I.- Macadam de penetración

II Granulometría abierta

III Granulometría gruesa

IV Granulometría densa

V Granulometría fina

VI (Granulometría) Arena con finos y un máx. de 25 % de grava

VII Mezclas arena asfalto

VIII Mortero asfáltico

a) Método Marshall.

Los conceptos básicos de este método fueron desarrollados por Bruce Marshall y el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos lo mejoró y le agregó algunas correcciones importantes.

El método Marshall se utiliza tanto para el diseño como para el control de mezclas asfálticas conteniendo cemento asfáltico y agregados cuyo tamaño máximo no exceda una pulgada; es decir que este método es aplicable solamente al diseño de mezclas en caliente.

Antes de efectuar la prueba es necesario primero verificar los materiales se encuentren dentro de las especificaciones para concretos asfálticos. Se deben determinar las densidades tanto de los agregados como del cemento asfáltico. Por último se deberá contar con los agregados debidamente preparados por bachadas como se indicó en el diseño de granulometría.

El método Marshall de diseño consiste de lo siguiente:

- Preparación de los especímenes de prueba
- Determinación de los pesos volumétricos de la mezcla compactada.
- Pruebas de estabilidad yflujo.
- Cálculo de los pesos específicos y porcentajes de vacios.

En el método se utilizan especímenes, de mezcla asfáltica en caliente compactados y con una altura de 2 1/2 pulgadas y 4 pulgadas de diámetro. Estos especímenes se elaboran por triplicado y a cienco difirentes contenidos de asfalto de tal manera que el número total de especímenes es de quince. Es práctica en la S. O. P., calcular mediante métodos empíricos el contenido mínimo de cemento asfáltico y posteriormente utilizar los siguientes contenidos:

Contenido calculado - 1 %

Contenido calculado

Contendio Calculado + 0.5 %

" " + 1.0 %

Contenido calculado + 1.5 %

" " + 2.0 %

Los especímenes se preparan utilizando un procedimiento estandarizado. Una vez compactados los especímenes se determinan sus pasos en aire y sumergidos en agua así como sus medidas con el objeto de determinar sus pesos volumétricos y efectuar algunos cálculos. Una vez obtenidos los datos anteriores de los especímenes se calientan a 60°C para efectuar la prueba de estabilidad y flujo. El especímen caliente se coloca entre las dos mordazas de la máquina Marshall (ver fig. 53). Una vez hechos los ajustes necesarios iniciales, se aplica carga al especímen a una velocidad de 2 pulgadas por minuto. La máxima carga registrada durante la prueba, es lo que se conoce como estabilidad Marshall y la cantidad de movimientos o deformación que ocurra entre la carga nula y la máxima es lo que se designa como flujo. El tiempo que transcurra desde la extracción del especímen hasta la obtención de los valores de flujo y estabilidad debe tener una duración no mayor de 30 segundos.

El procedimiento detallado de esta prueba puede consultarse en el manual MS-2 del Instituto del asfalto ó en las especificaciones de la S.O.P., parte novena.

Siguiendo procedimientos de cálculo perfectamente definidos en el método estándad de la prueba, se puede obtener el efecto de la variación en el contenido de asfalto como se ilustra en las siguientes gráficas.

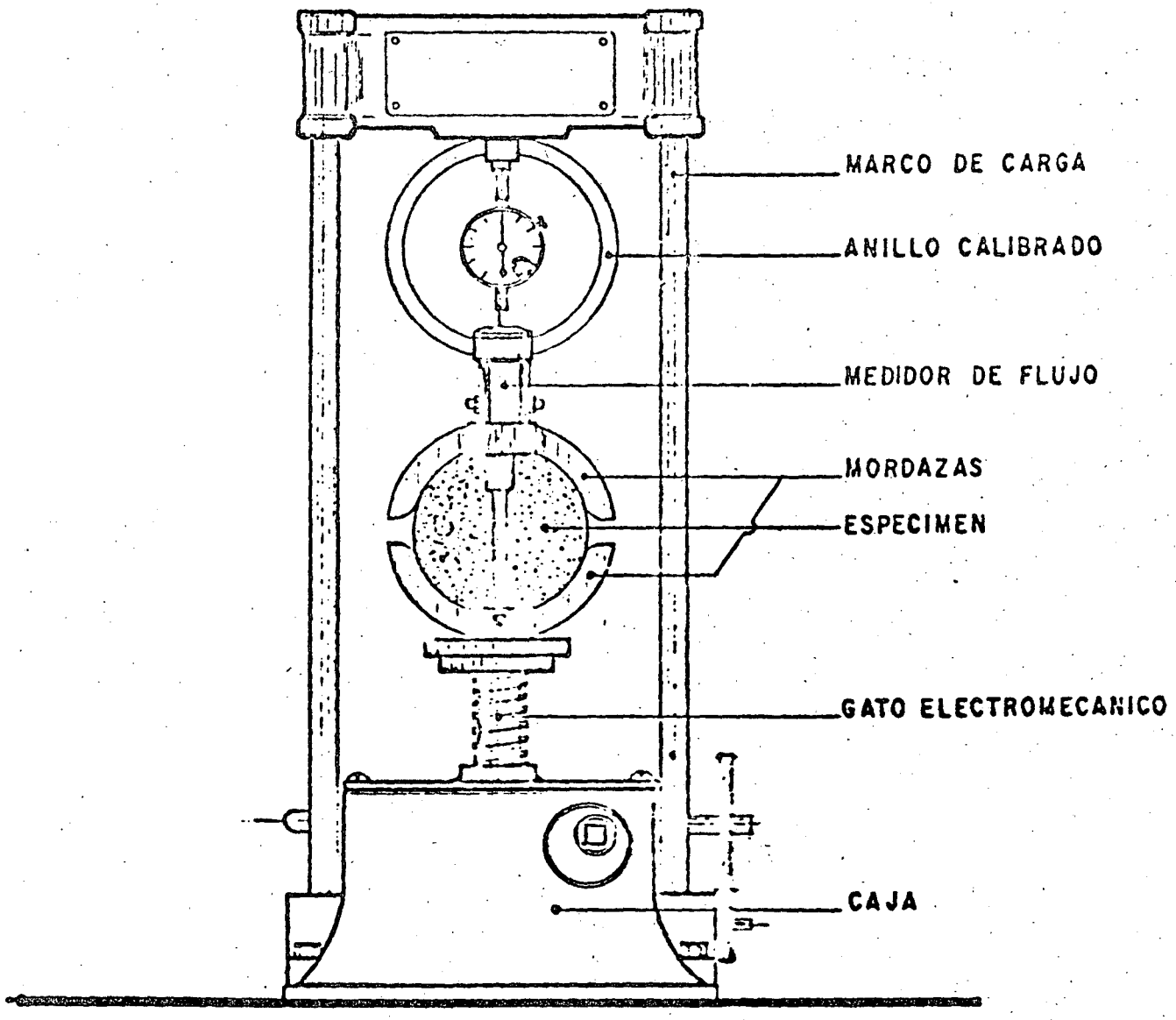
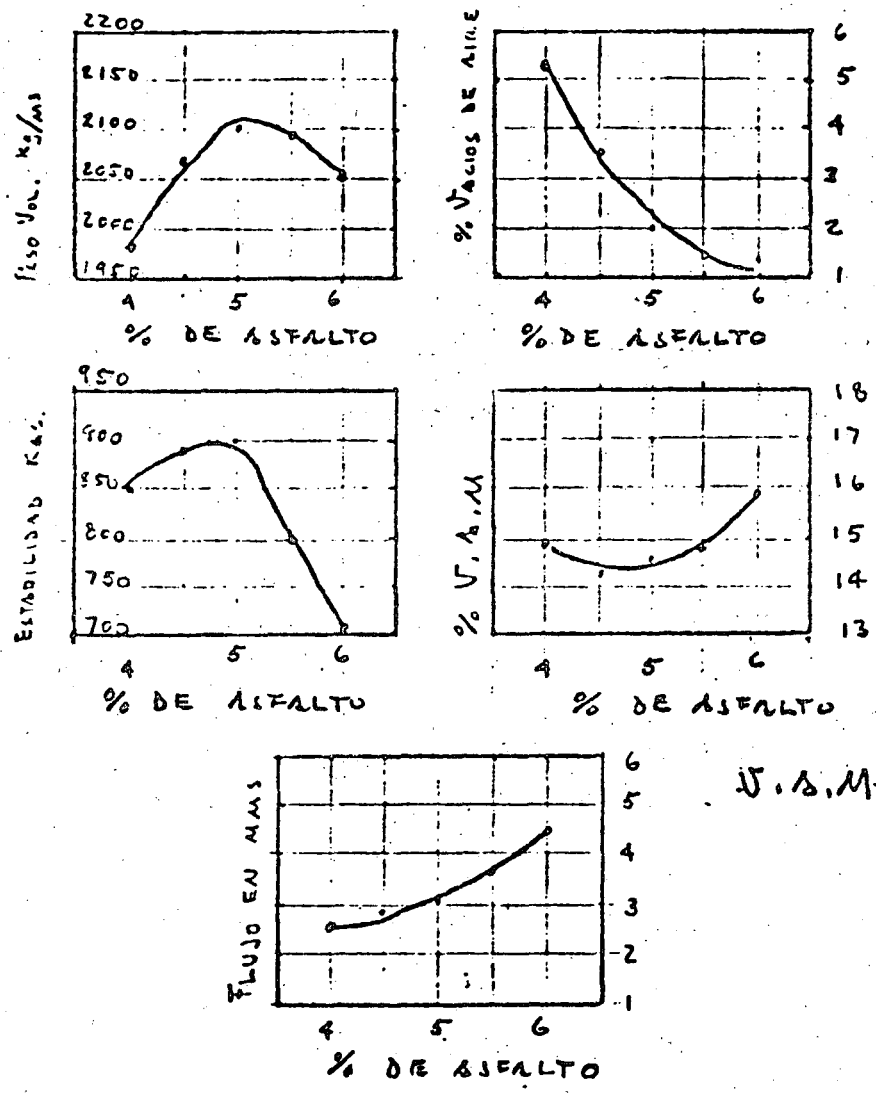


Fig. 53

DISPOSITIVO PARA LA PRUEBA MARSHALL



V.S.M-Vacios en el agregado mineral

FIG. 54

Para determinar el contenido óptimo de asfalto debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Estabilidad óptima o adecuada

Máximo peso volumétrico

Respetar las especificaciones en cuanto a porcentajes de vacios

En las especificaciones de la S.O.P. (pag.50 parte octava,libro primero, segunda edición 1971), se muestra una tabla conteniendo las especificaciones Marshall.

Una vez seleccionados los valores del contenido de asfalto de cada una de las gráficas anteriores, se determina el contenido óptimo simplemente obteniendo el promedio algébraico, ó bien

empleando el criterio ya que puede ser que tengamos que sacrificar alguna de las especificaciones, dentro de ciertos límites, o bien modificar la granulometría para tratar de obtener mejores resultados.

Supongamos que los resultados anteriores corresponden a una mezcla que se pretende utilizar para pavimentos de aeropistas. Las especificaciones S.O.P. fijan:

Estabilidad mínima	700 kgs.
Flujo	2 a 4 mms.
Por ciento de vacios con aire	3 a 5 %
Por ciento de vacios en el Agr. Min.	16 % mínimo

Los contenidos escojidos podrían ser:

Estabilidad	4.8 %
Peso vol.	5.1 %
4 % vacios llenos de aire	4.3 %

Flujo (cumple especificaciones en todo el rango).

$$\text{Promedio} = \frac{4.8 \quad 4.3 \quad 5.1}{3} = 4.7\ \%$$

Para este porcentaje tendremos

Peso vol.	2085 kgs/m^3
% vacios con aire	2.8 %
Estabilidad	900 kgs.
Flujo	2.9 mms.
% Vacios en el Agr.Min.	14.4 %

Se nota que la estabilidad excede el valor mínimo,el flujo está dentro del rango especificado, el porciento de vacios en el

agregado mineral es menor al especificado y el porciento de vacios llenos de aire esta practicamente en el límite inferior, por lo cual se considera que debe modificarse la granulometría ya sea quitando material fino o aumentando el contenido de material grueso. En caso de que lo anterior no de los resultados apetecidos, deberá pensarse en modificar o áun cambiar el agregado, o bien aceptar los riesgos consecuentes.

El riesgo que se correría empleando la mezcla anterior es que el asfalto se llorarfa debido a la recompactación producida por el tráfico.
Si el vólumen de vacios hubiese resultado alto y la estabilidad satisfactoria, esto indicaría (no siempre) que tendríamos en la mezcla una alta permeabilidad lo que permitiría la circulación fácil del agua y aire a través de la mezcla propiciando un envejecimiento rápido del asfálto en este caso habría que aumentar el contenido de material fino o modificar a la mezcla. Si la estabilidad también resultará baja esto significaría una pobre calidad del agregado.

b) Método de Hveem.

El método de Hveen para el diseño de mezclas asfálticas es un procedimiento de Laboratorio basado en 2 propiedades del especímen compactado como son la cohesión y la fricción.
El método fué desarrollado en el departamento de Carreteras de California, bajo la dirección de Francis N. Hveem. El procedimiento de prueba y su aplicación han sido desarrollados con base en estudios extensivos de investigación y correlación en pavimentos asfálticos. El método es aplicable para mezclas con cementos asfálticos; rebajados y emulsiones. El tamaño máximo de los agregados es de una pulgada. En la misma forma que en el método de Marshall, en el método de Hveem necesitamos conocer de antemano las densidades del agregado y el asfalto, así

como la preparación de las bachadas como se indicó cuando hablamos de agregados.

Los aspectos sobresalientes del método de Hveem son:

- Determinación del valor de CKE (Centrifuge Kerosene Equivalent)
- Preparación de los especímenes mediante la compactación por amasado.
- Prueba de Estabilidad
- Prueba de cohesión
- Cálculo de pesos volumétricos y porcentajes de vacios.

Utilizando un compactador de amasado, se elaboran especímenes de 2.5 pulgadas de altura y 4.0 pulgadas de diámetro, mediante procedimiento estandarizados.

El contenido de asfalto en los especimenes se determina de acuerdo con el método del CKE y retenido de aceite, elaborando un juego de especímenes con el contenido óptimo estimado y otros juegos con - 0.5 %

- 0.5 %, + 0.5 % y + 1.0 %
- 0.5 %, + 0.5% y + 1.0 %

Una vez compactados los especímenes se efectuan las mediciones para determinar sus pesos volumétricos y porcentajes de vacios en las mezclas. Se calientan los especímenes a 60°C., y se prueban en el estabilómetro de Hveem.

El estabilómetro de Hveem (ver fig. 55), es un tipo de camara triaxial en la que se colocan los especímenes; se aplican cargas verticales y se determinan mediante lecturas en el manómetro las presiones resultantes en el fluido de la cámara , las cuales son consecuencia de la deformación lateral de el especímen.

Las escalas establecidas en cuanto a la estabilidad corresponden

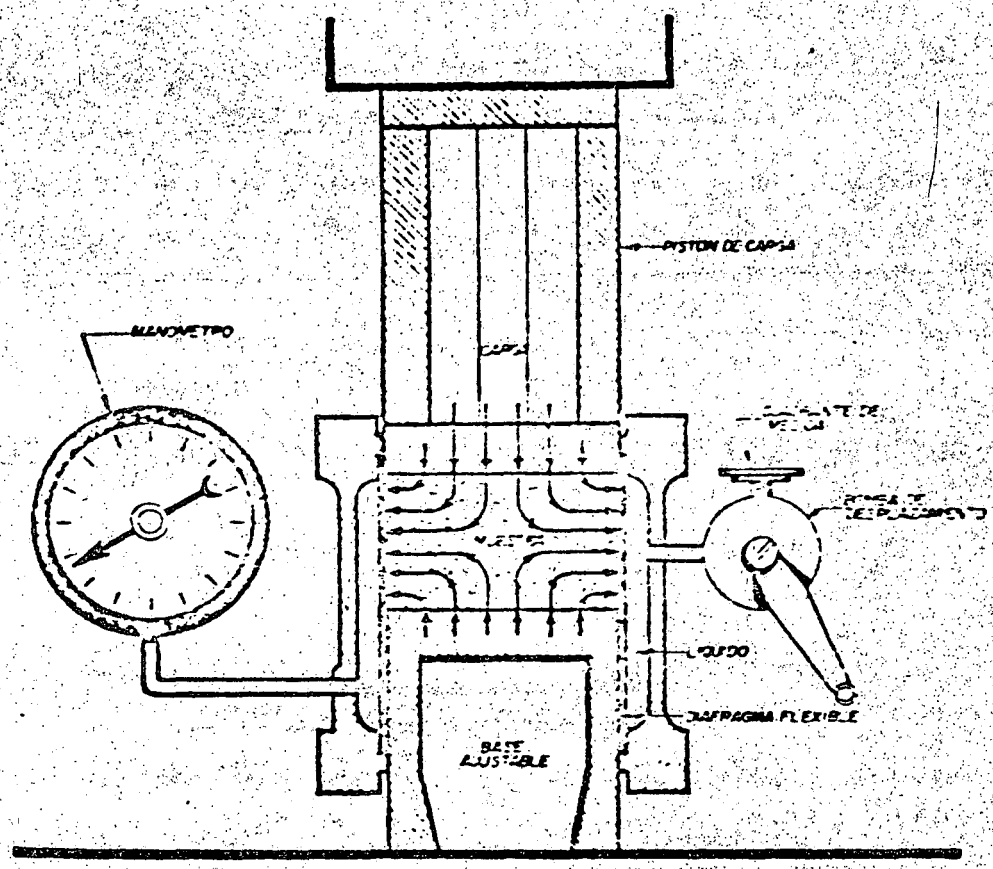


Fig. 55 — Estabilómetro Hveem.

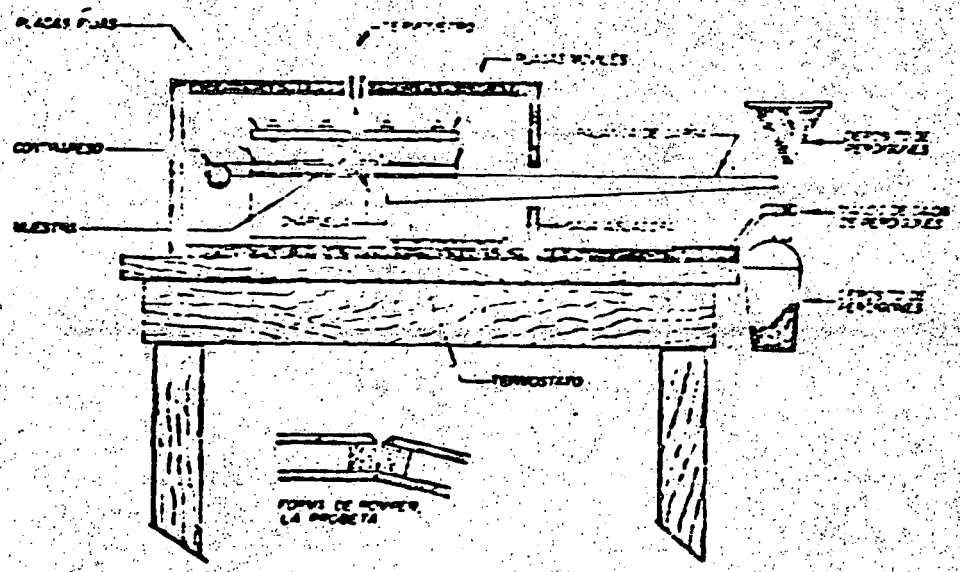


Fig. 58 — Cohesiómetro.

en tal forma que si el especímen fuera un líquido la presión horizontal sería igual a la vertical lo que significaría que la estabilidad fuera nula. Por otro lado si introdujéramos en el estabilómetro un cilindro completamente rígido, éste no se deformaría lateralmente si aplicáramos una carga vertical, en consecuencia no se regsitrarían presiones en el fluido del interior de la cámara y para este caso se consideraría que la estabilidad relativa es de 100. Se ha encontrado que las mezclas asfálticas tienen un valor de estabilidad comprendida entre cero (0) y noventa (90), la estabilidad relativa se calcula con base en la fórmula siguiente:

$$S = \frac{22.2}{\frac{ph \times D2}{Pv - ph} + 0.222}; \qquad \text{en donde;}$$

S = Estabilidad relativa

Pv = 400 lbs/pulg^2 (W = 5000 lbs)

ph = Presión horizontal correspondiente a Pv

D2 = Desplazamiento o deformación en el especímen.

Una vez terminada la prueba de estabilidad se efectúa la prueba de cohesión, la cual es una prueba de flexión (ver figura 58) en la cual el espécimen falla a la tensión.

En esta prueba también se calienta al especímen a una temperatura de 60°C., la cual se mantiene durante la prueba. El especímen se coloca en las mordazas, según se muestra en la figura 58, se aplica carga al brazo móvil mediante el flujo de postas de tal manera que llega el momento en que el especimen falla, lo que hace que se cierre el flujo de postas. Se pesan estas y se determina el valor de cohesión con base en la siguiente fórmula:

$$C = \frac{L}{J\,(0.20\,H + 0.044\,H^2)}$$

C = Valor de cohesión en grs/pulg^2

L = Peso de las postas en grs.

J = Diámetro del especimen, en pulgs.

H = altura del especimen, en pulgs.

La selección del contenido óptimo del asfálto se efectúa en la misma forma que para el procedimiento de Marshall, tomando en cuenta las especificaciones S.O.P. (Parte octava, libro primero segunda elición pag.51).

Algunas mezclas asfálticas que contienen finos de calidad dudosa pueden hacer que la mezcla se expanda bajo la acción del agua. En estos casos es conveniente efectuar una prueba de expansión. La prueba de expansión se usa frecuentemente para mezclas en asfáltos líquidos y granulometrias densas.

La prueba de expansión consiste en compactar la mezcla asfáltica dentro de un cilindro metálico y se deja enfriar a la temperatura ambiente. Se coloca el molde conteniendo el especímen dentro de un recipiente con agua y en la parte superior se coloca el dispositivo para medir expansiones, como se ilustra en la figura 5. Se vierte agua en la parte superior de la placa perforada y se determina la expansión. Mediante fórmulas establecidad se efectua el analisis de pesos específicos y porcentajes de vacios en la mezcla. El método detallado se describe en la norma ASTM. D-1560

c) Método de Hubbard -Field.

El método desarrollado por Prevost Hubbard y F.C. Field es aplicable solamente al diseño de mezclas de arena-asfálto, o a mortero.

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS.
PROCEDIMIENTO DE HUBBARD—FIELD.

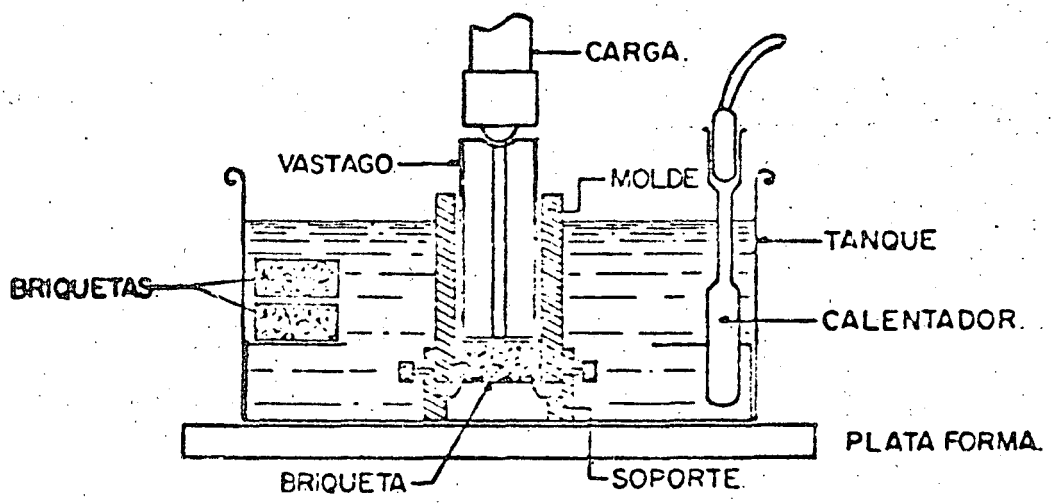


FIG. 59 DISPOSITIVO DE PRUEBA PARA ESPECIMENES DE 2" DE DIAMETRO.

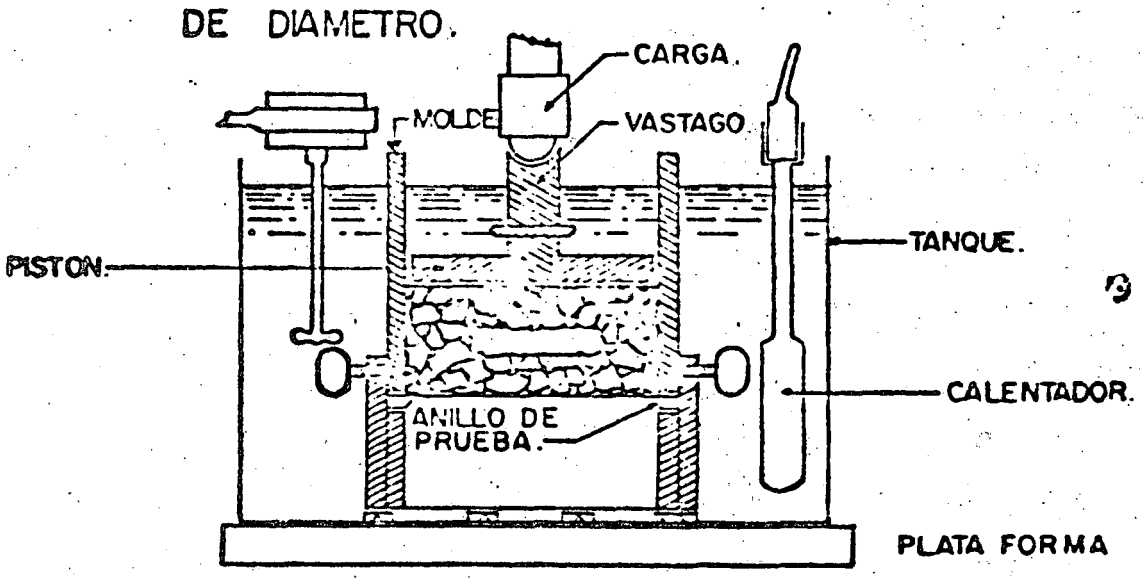


FIG. 60 DISPOSITIVO DE PRUEBA PARA ESPECIMENES DE 6" DE DIAMETRO.

asfálticos, elaboradas con cementos asfálticos, es decir mezclas en caliente. El agregado debe ser menor que la malla No.4 y con un mínimo de 65 % pasando la malla No.10
Antes de aplicar el método deberá verificarse que los materiales cumplan con las especificaciones y deberán determinarse los pesos específicos del agregado y del asfálto.
Los aspectos importantes de este método son los siguientes:

- Preparación de los especímenes de prueba
- Determinación de pesos volumétricos.
- Prueba de estabilidad.
- Análisis de pesos específicos y porcentajes de vacios en la mezcla.

Se estima el porciento mínimo u óptimo de asfálto por medio de algún método empírico y se elaboran varios pares de especímenes con contenidos de asfálto que varien en 0.5 %.
Mediante un procedimiento de compactación dinámica estandarizado (ver figs. 59 y 60), se elaboran especímenes de 2 pulgadas de diámetro y una pulgada de altura. Se efectuan las determinaciones necesarias para efectuar el análisis de pesos específicos y porcentajes de vacios. Utilizando un dispositivo como el ilustrado en la figura 60, se efectúa la prueba de estabilidad. En esta prueba se calienta al especímen a 60° C. y se coloca en el molde de pruebas como se ilustra en la figura 60. Se aplica carga en la forma indicada en la mencionada figura, a una velocidad de 2.4 pulgadas por minuto, para forzar al especímen a pasar a través de un orificio de 1.75 pulgadas de diámetro. La máxima carga soportada es lo que se conoce como estabilidad Hubbard-Field.
El procedimiento para seleccionar el valor del contenido óptimo de asfálto es el mismo que para el método de Marshall, solo que ahora se deben respetar las siguientes especificaciones:

Tráfico	Pesado		Medio o ligero	
Estabilidad (libras)	2000 min.	——	1200 min.	2000 max.
% Vacios llenos de aire	2 min.	5 max.	2 min.	5 max.

El procedimiento detallado se indica en el manual MS-2 del instituto del asfálto o bien en las normas ASTM D1138 y AASHO-T 169

d) Método con base en pruebas de compresión sin confinar.
Este método es bastante sencillo y se aplica tanto a mezclas de agregado con cementos asfálticos ó con asfáltos liquidos. El tamaño maximo de la partícula no se especifica.
Este método se utiliza actualmente en la secretaría de Obras Públicas y consiste escencialmente en lo siguiente:
Se determina si todo el material pasa la malla de 3/8" o queda algún retenido. Este sirve de base para seleccionar el molde de compactación (4" ó 5"). Se preparan las bachadas para cada especímen. En este método la mezcla puede ser compactada por procedimientos estáticos o dinámicos. Para escojer el procedimiento más adecuado deberán elaborarse dos especímenes piloto y compactarlos con los dos métodos. Se adoptará el método que produzca especímenes con mayor peso volumétrico y menor número de partículas trituradas, la preparación y curado de los especímenes deberá reproducir hasta donde, sea posible, a las condiciones de campo.
Una vez elegido el procedimiento de compactación se compactan 6 especímenes con diferentes contenidos de producto asfáltico, variando los contenidos en ± 0.5 % debiendo tener al menos 2 puntos abajo y dos arriba del óptimo estimado.

Se dejan enfriar los especímenes a la temperatura ambiente y se - les somete a la prueba de compresión simple. Se grafican los resultados obtenidos de resistencia ala compresión simple vs. contenido de producto asfáltico. La curva obtenida, generalmente (S.O.P.) - presenta dos máximos. Deberá escogerse el contenido óptimo de la segunda rama ascendente.

El procedimiento detallado de esta prueba es el que se indica en - la cláusula 112-7 de la Parte novena de las especif. S. O. P.-211

e) Método con base en pruebas efectuadas en la Máquina de Pruebas Giratoria.

La máquina de pruebas giratoria (ver figs. 61 y 62), fué originalmente utilizada en el estado de Texas U.S.A. Esta máquina tiene 2 funciones a saber.

- Compactadora por amasado
- Máquina de pruebas.

La máquina es aplicable para probar mezclas asfálticas, suelos y materiales de base. El molde (ver fig. 61), conteniendo el material a probar suelto se fija en la máquina, se le aplica una carga vertical y se hace girar al dispositivo para que se transmita el movimiento de la máquina se registra en unas cartas llamadas girogramas (ver figuras 63 6 64). La máquina esta diseñada en tal forma que el movimiento es sensible a la plasticidad del material.

De esta manera la máquina puede indicar contenidos óptimos de asfalto directamente de las lecturas de los girogramas. Esta determinación es completamente independiente del peso específico, vacios, estabilidad, etc..., todo lo que hace es fabricar mezclas con diferentes contenidos de asfalto, colocar las mezclas con diferentes contenidos de asfalto, colocar las mezclas en el molde, fijar

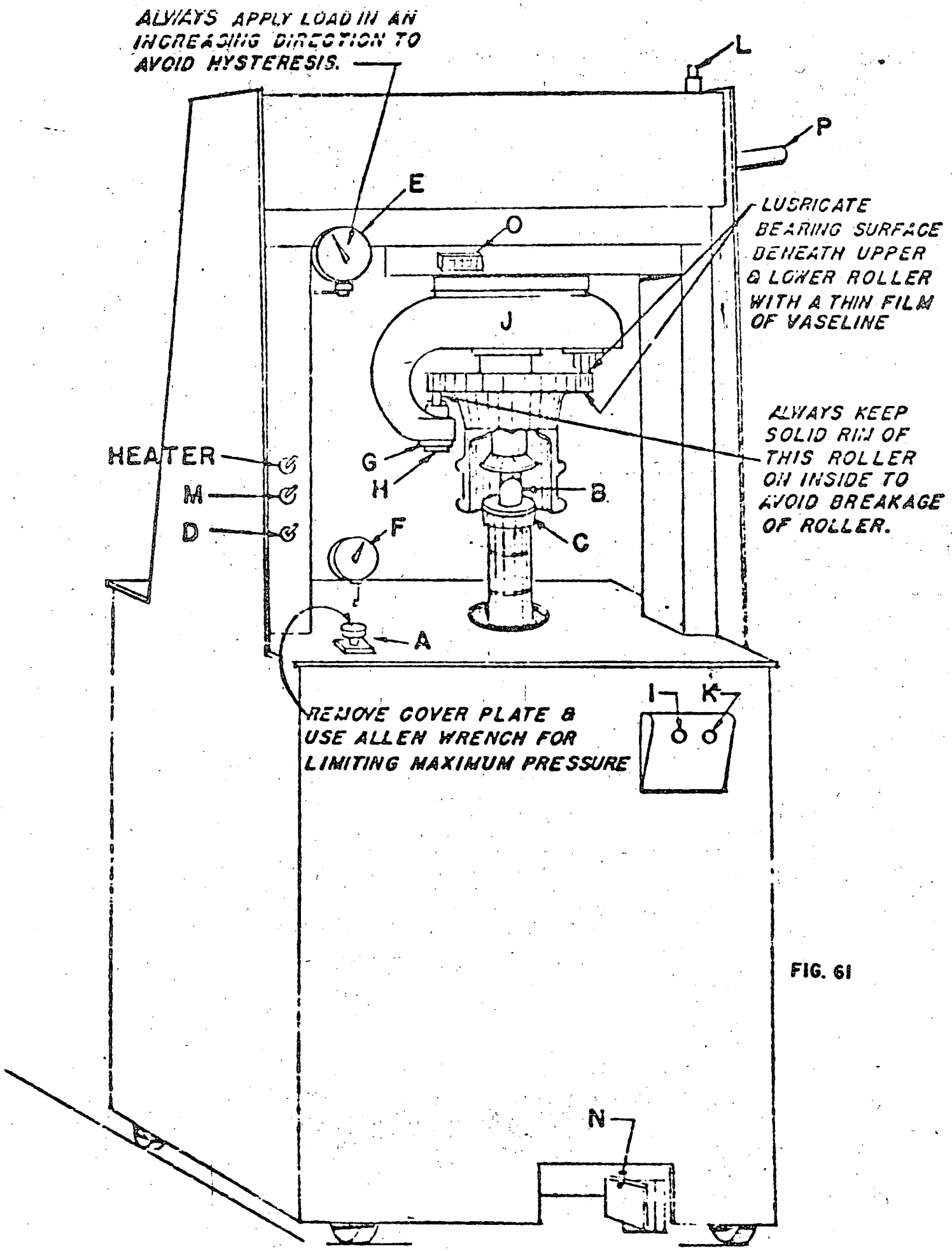
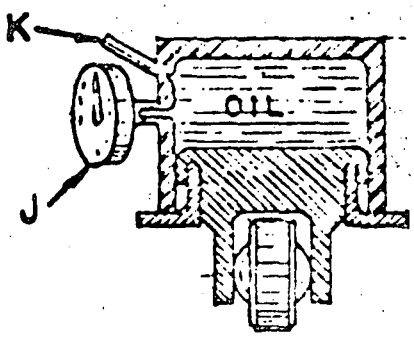
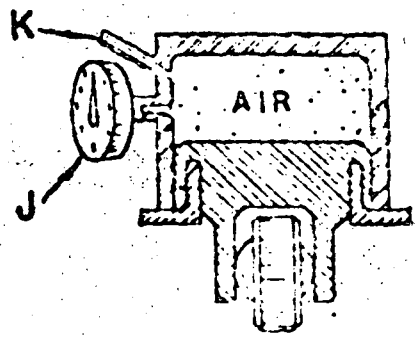

ALWAYS APPLY LOAD IN AN INCREASING DIRECTION TO AVOID HYSTERESIS.
L
P
E
O
LUBRICATE BEARING SURFACE BENEATH UPPER & LOWER ROLLER WITH A THIN FILM OF VASELINE
J
ALWAYS KEEP SOLID RIM OF THIS ROLLER ON INSIDE TO AVOID BREAKAGE OF ROLLER.
HEATER
M
D
G
H
B
C
F
A
REMOVE COVER PLATE & USE ALLEN WRENCH FOR LIMITING MAXIMUM PRESSURE
I
K
N

FIG. 61

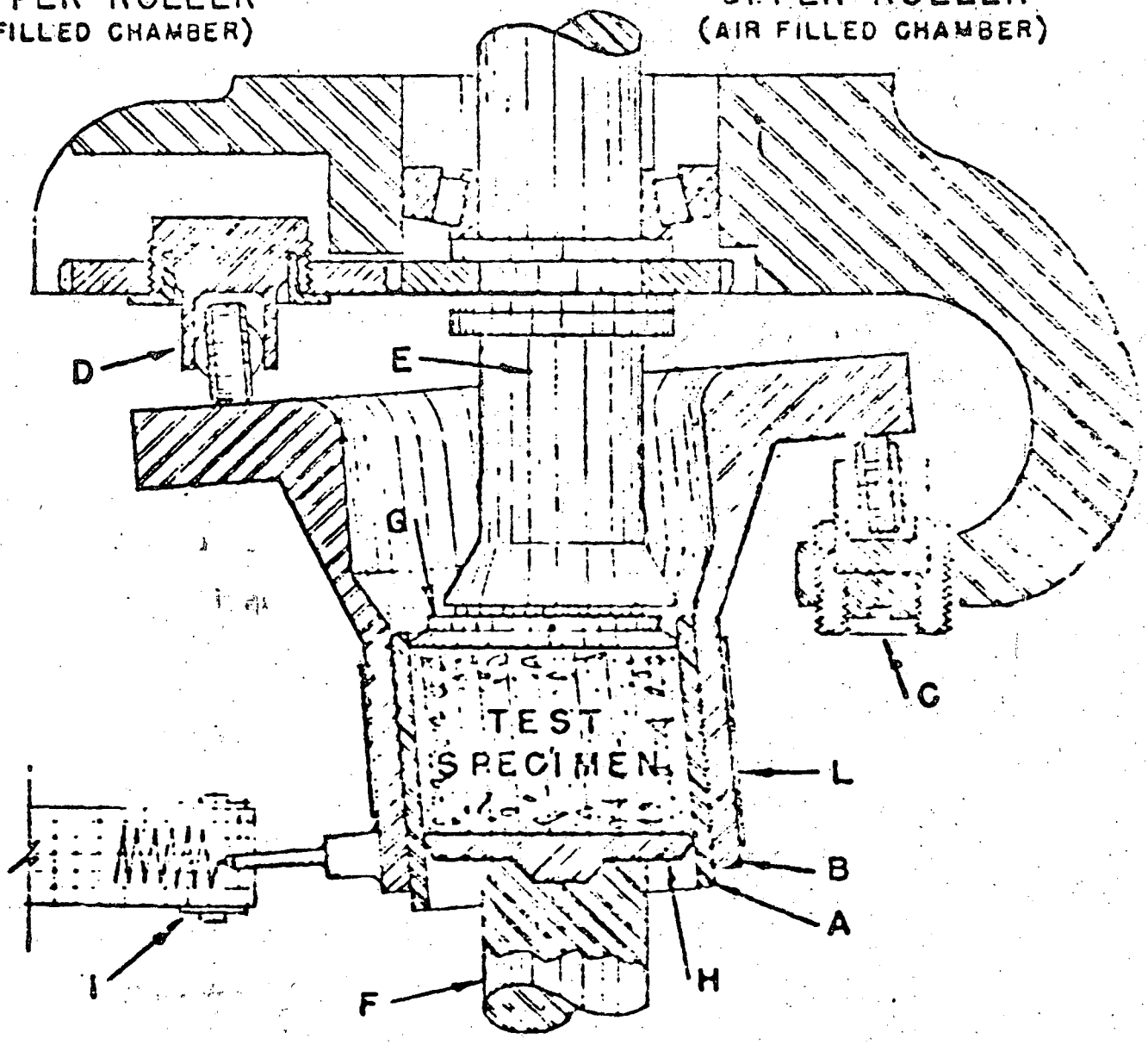
FIG. 61.



UPPER ROLLER
(OIL FILLED CHAMBER)



UPPER ROLLER
(AIR FILLED CHAMBER)



SCHEMATIC SIDE VIEW OF SECTION THROUGH GYRATING MECHANISM

FIG. 62

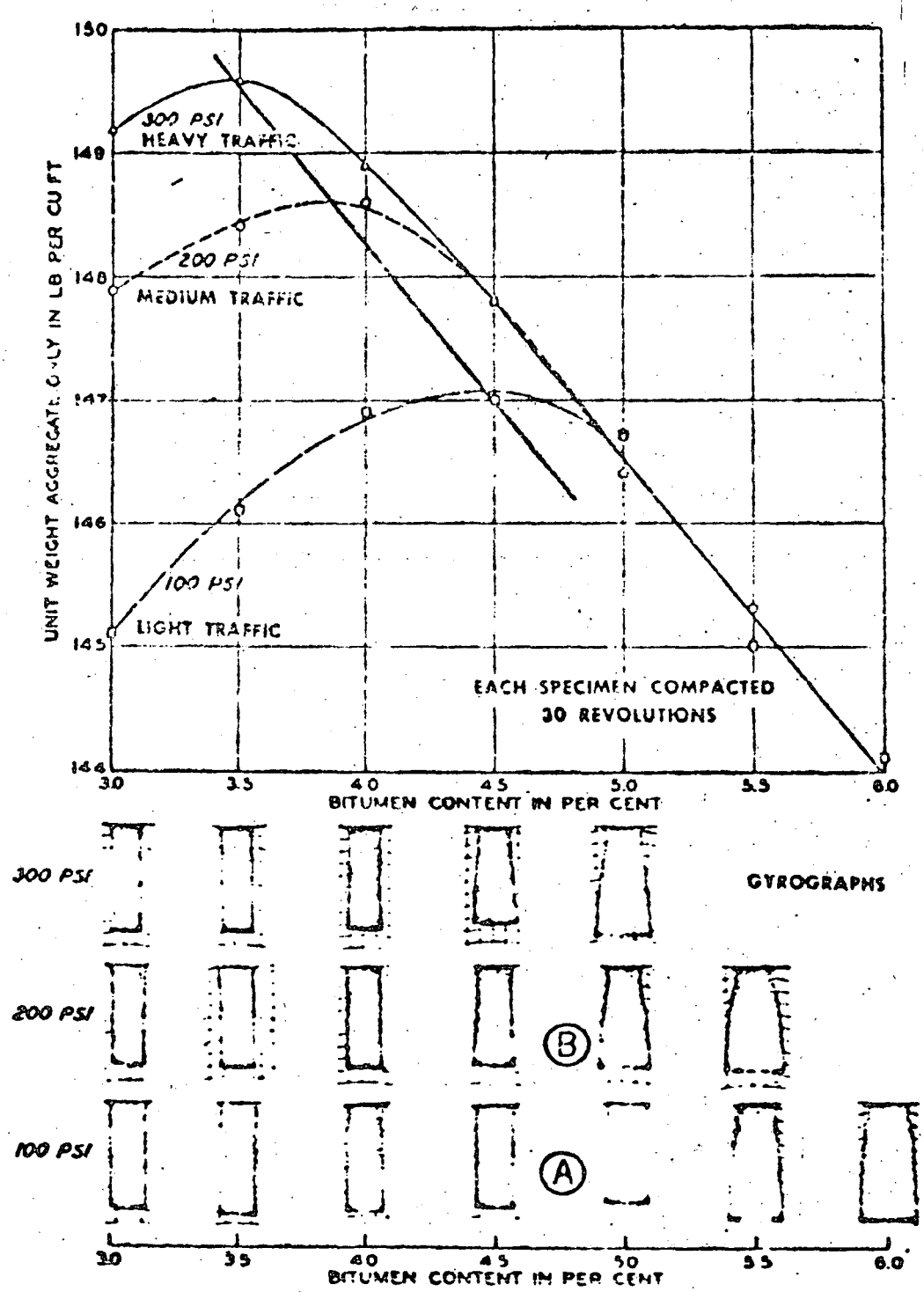
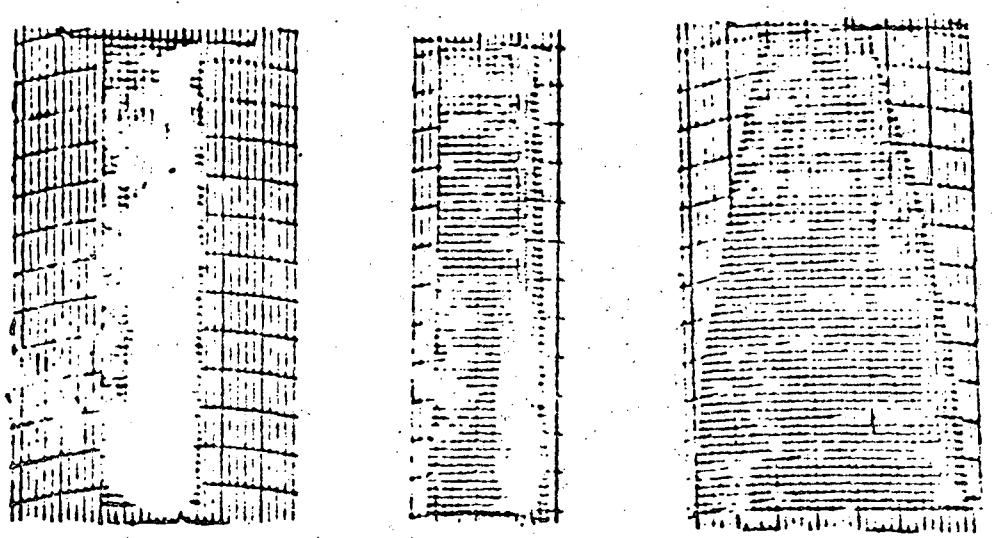


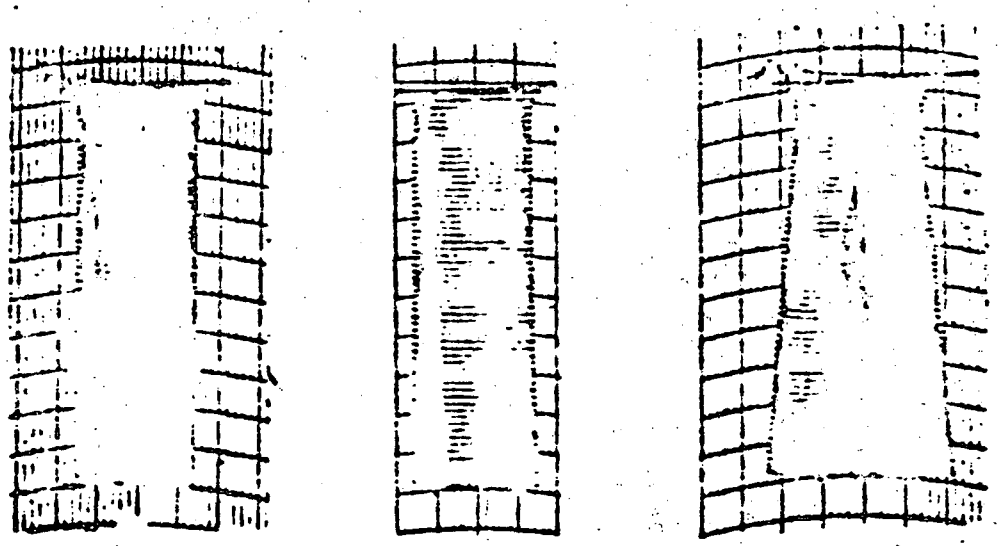
FIG. 63
BITUMINOUS MIXTURE DESIGN & CONTROL
GYRATORY TESTING MACHINE



14.5 16.0 17.5

Moisture Content - Per Cent

GYROGRAPHS FOR SILTY CLAY SOIL



3.9% 4.5% 5.1%

Bitumen Content - Per Cent

GYROGRAPHS FOR BITUMINOUS PAVEMENT MIXTURE

FIG. 64

FIG. 3-A

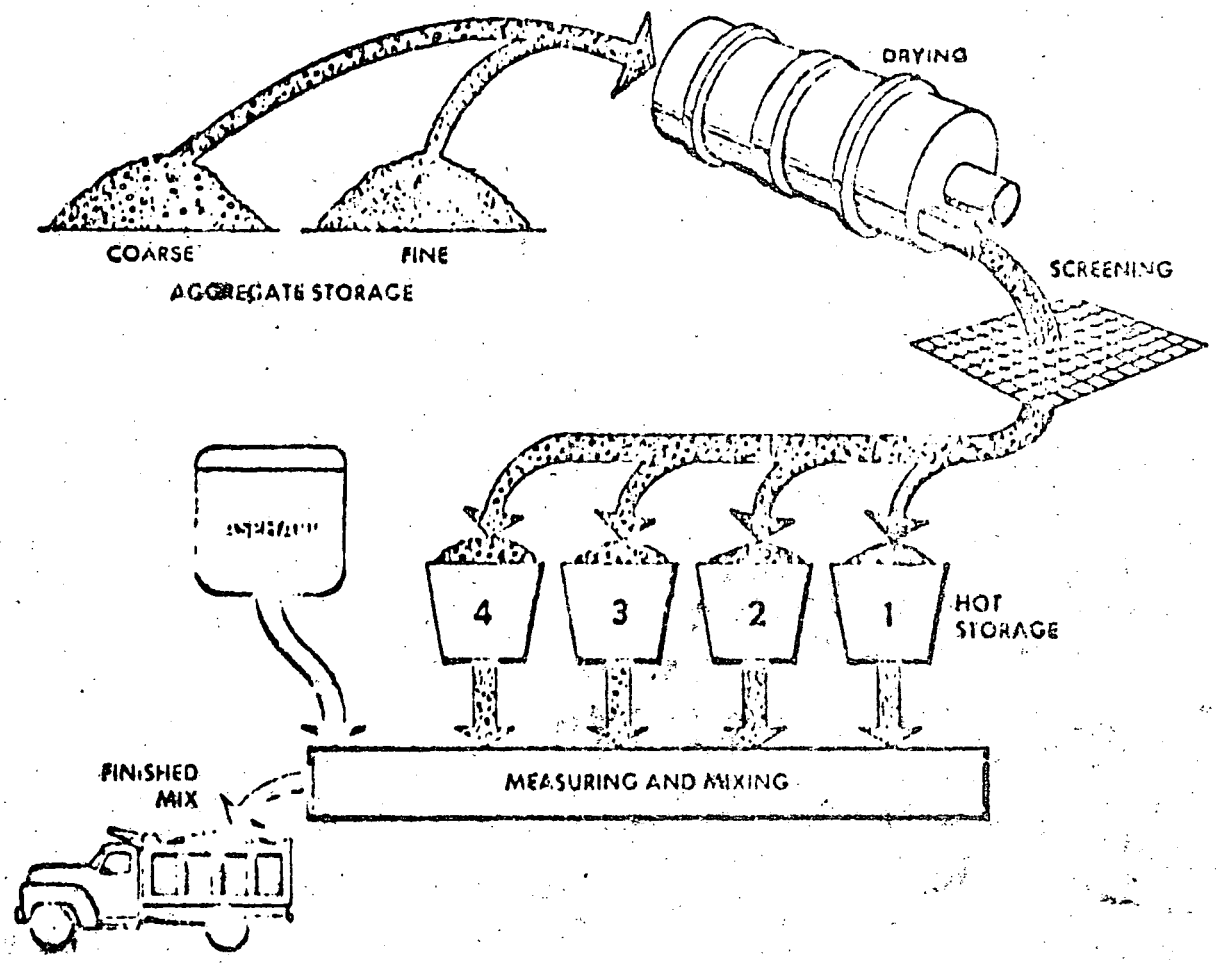


FIG. 65 Typical diagram of asphalt plant

FIG66A ESQUEMA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA POR BACHAS.

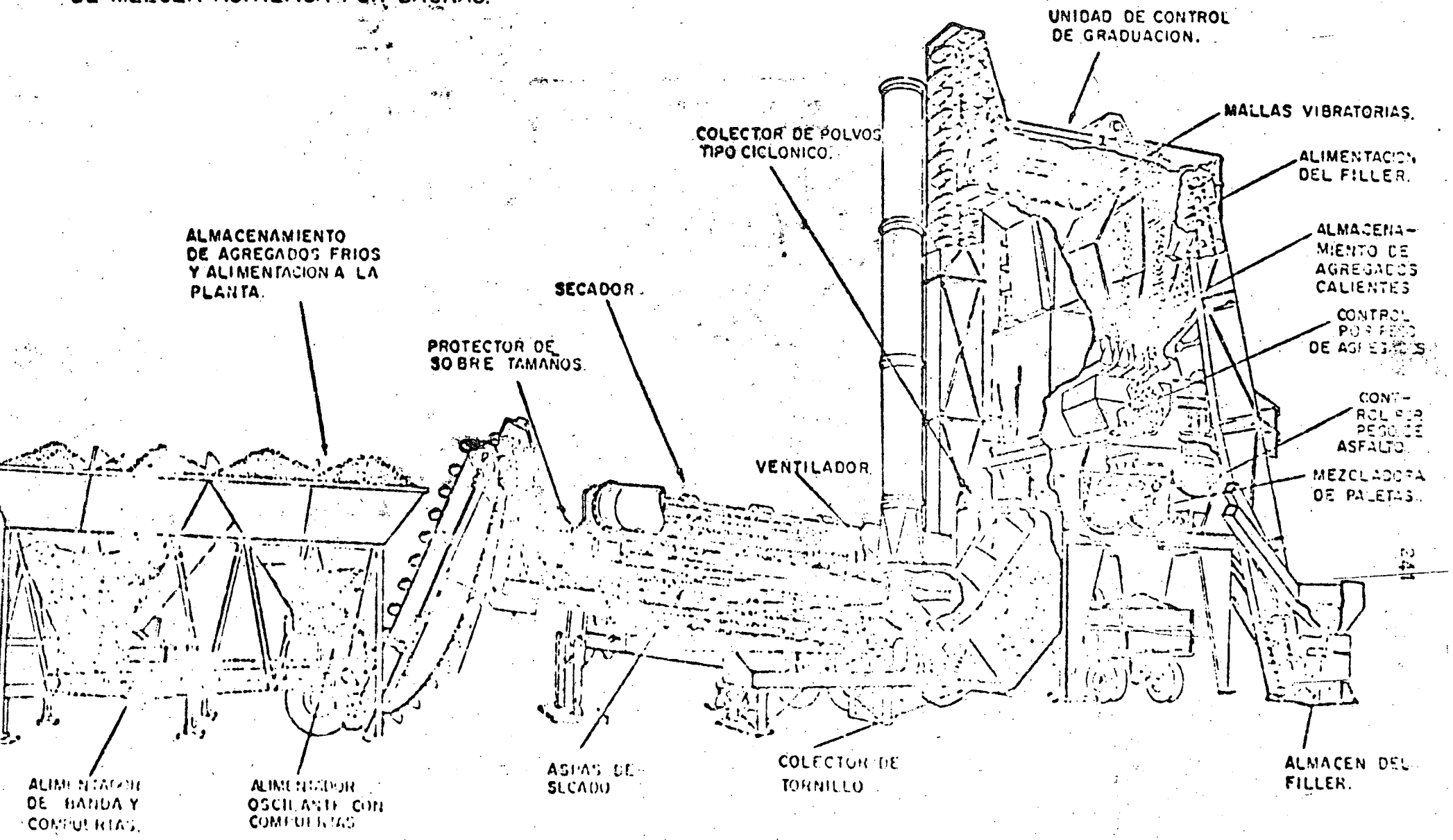
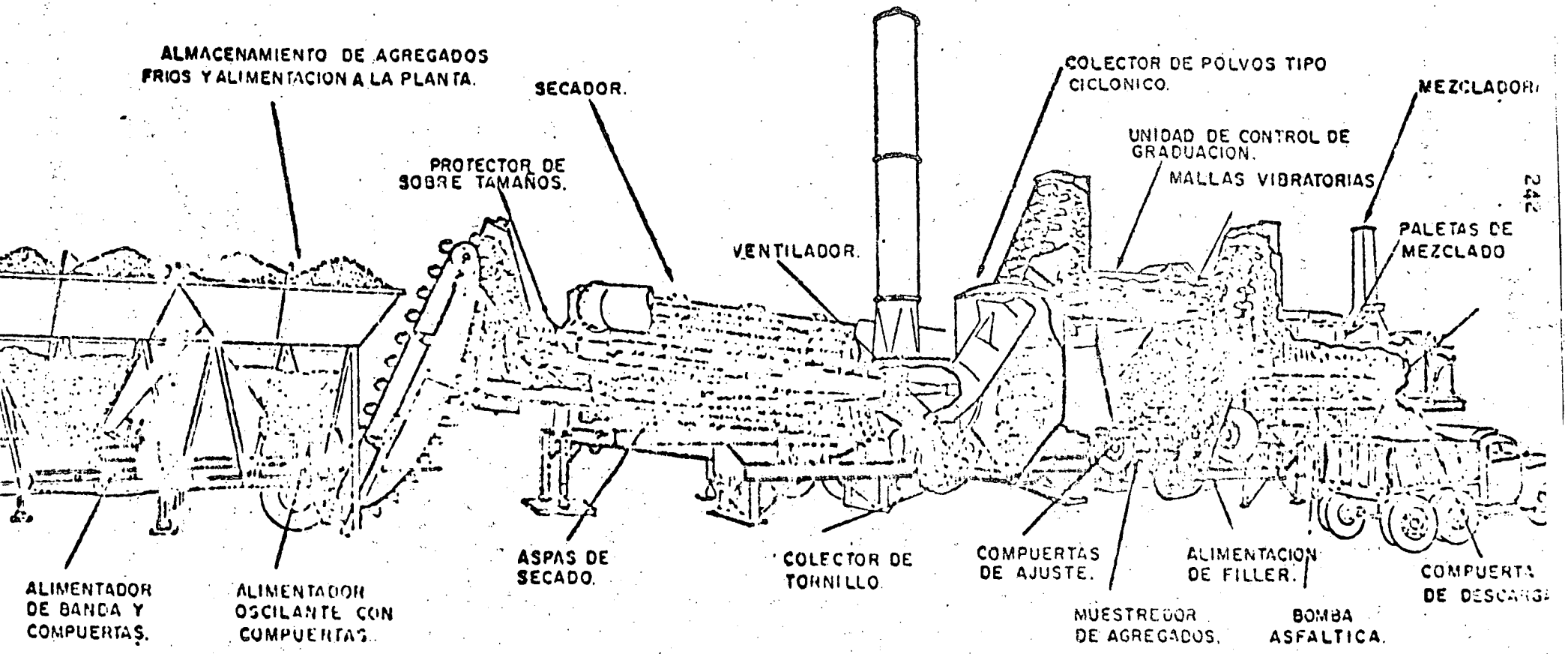


FIG. 6.6 B ESQUEMA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION CONTINUA DE MEZCLA ASFALTICA.



molde, fijar el molde, presionar un botón y obtener el giro grama en 2 o 3 minutos.

Generalmente se requieren cinco especímenes.
La máquina generalmente es capaz de indicar directamente si se tiene una plasticidad excesiva tal como puede ocurrir en suelos granulares con finos plásticos o mezclas asfálticas cuando los vacios se encuentren llenos debido a densificación o al total llenado de los vacios con agua ó asfálto respectivamente. Este fenómeno se indica por un incremento en la anchura del girograma, lo que hace posible predecir, por ejemplo, el contenido máximo permisible de asfálto para una mezcla cuando el peso específico se conoce o se puede estimar. Con la máquina tambien es posible probar pavimentos existentes para estimar si pueden fallar en el futuro debido a la sobreplasticidad ocasionada por la densificación producida por el tráfico y tambien se puede estimar el tráfico que podrá pasar sobre el pavimento antes de que lo anterior ocurra. La limitación de la máquina es que solamente es aplicable a mezclas densas pues las mezclas de textura abierta no son sensibles a los cambios del contenido de asfálto, en esta prueba.
La máquina tambien puede ser usada para producir una consolidación dinamica o bien pruebas de fatiga por repetición de cargas, para de esta forma reproducir las condiciones reales de los pavimentos en el lugar.
Tambien se puede utilizar la máquina para estimar efectos abrasivos efectuando análisis granulométricos antes y despues de someter los especímenes a la prueba giratoria.
La manera de efectuar la prueba es la siguiente:

Se fijan las revoluciones. la presión vertical y el angulo de

inclinación del compactador de acuerdo con el tipo de tráfico.
Se prueban los especímenes con diferentes contenidos de asfalto y se obtienen los girogramas correspondientes.
Se examinan los girogramas para determinar el contenido de asfalto en el cual la banda del girograma se amplia al incrementar el número de giros. Cuando la banda se empieza a ampliar, significa que la mezcla empieza a fallar debido al llenado de los vacios.
De esta manera se puede establecer un límite superior para esta mezcla y la compactación aplicada.
En la figura 63, se muestra un ejemplo de diseño de una mezcla asfáltica considerando tráfico ligero, medio y pesado.
En la figura 64, se muestra un ejemplo de aplicación a una arcilla limosa.

6.- Plantas Asfálticas y Elaboración de Mezclas en Planta.

Como ya se ha mencionado las mezclas preparadas con cementos asfálticos se deben elaborar en plantas (ver fig.65)
Una planta asfáltica debe consistir de:

- Depósitos del agregado sin calentar.
- Sistema de secado y separación de polvos.
- Sistema de cribado.
- Depósitos del agregado preparado y caliente.
- Depósitos del cemento asfáltico caliente.
- Sistema de Medición y de mezclado

1.- Tipos de Plantas. Las plantas asfálticas generalmente se clasifican en primer lugar en cuanto a su tipo de instalación y en segundo lugar al tipo de producción de la mezcla.
En cuanto al tipo de instalación las plantas pueden ser:

- Planta estacionaria; es la que se encuentra instalada permanentemente.
- Planta Portátil; esta planta puede ser facilmente desmantelada y movida por ferrocarril o carretera, para posteriormente volverla a instalar con un mínimo de tiempo y energía.

En cuanto al tipo de producción de la mezcla pueden ser:

- De producción continua. En este tipo de planta el agregado y el asfalto son preparados, mezclados y descargados en una operación continua.
- De producción por bachadas. En este tipo de planta los agregados y el cemento asfáltico se mezclan por bachadas en una revolvedora y posteriormente se descargan.

2.- Operación e inspección de plantas asfálticas.

Uno de los aspectos escenciales en la operación de la pavimentación es que se cuente con uniformidad y continuidad es decir que la planta y el demás equipo de construcción deben estar en perfecto balance.

Una de las partes principales en una planta es el sistema de secado y es este sistema el que generalmente controla a la capacidad de la máquina, pues como se puede entender el porciento de humedad que contenga el agregado hará que la operación de secado sea más rápida ó más lenta.

En el sistema de cribado hay que tener la precaución de no sobrecargarlo de agregado, so pena de que las partículas más pequeñas se trasladen sobre el agregado grueso cayendo por consecuencia en tolvas a las que no corresponden.

Cuando se tenga el problema de la humedad en los agregados se puede tomar una de las 2 medidas siguientes; o ambas:

Aumentar el calor quemando más combustible.
Reducir el flujo de agregado.

Combiene revisar periodicamente a las mallas del sistema de - cribado para reponerlas o repararlas cuando se encuentren muy dañadas, pues de no hacer esto, los alambres pueden encontrarse rotos y dejar pasar agregado con tamaños más grandes de los supuestos.
En cuanto a las temperaturas para la manipulación del cemento asfáltico, el provedor debe proveer tablas o gráficas en donde se indique la variación de la viscosidad con la temperatura.

Inspección de la mezcla asfáltica en los camiones. Deberá primero checarse que la caja del camión no presente orificios o depresiones fuertes que puedan ocasionar que la mezcla asfáltica se rasque en esas zonas. Tambien debe revisarse que el camión no contenga material nocivo para la mezcla asfáltica.
Existen algunos medios para impedir que la mezcla se pegue a la caja; uno consiste en aplicar una solución de una parte de cal en 3 partes de agua; otra alternativa consiste en la aplicación de agua con jabón. Ambas soluciones son nocivas para la mezcla si se aplican en exceso por consiguiente debe drenarse la solución excedente antes de colocar la mezcla asfáltica.

Inspección de la mezcla.
Deberá observarse constantemente a la mezcla pues ningún dispositivo o método de prueba es más conveniente que el ojo humano. El principal factor que hay que controlar es la temperatura, la cual con un poco de experiencia puede controlarse simplemente observando la apariencia de la mezcla, o bien utilizando termómetros con vástagos de acero.

El sobrecalentamiento de la mezcla ocasiona que el asfálto se envejezca rapidamente por lo cual hay que evitar que esto suceda Si se nota que la mezcla desprende un humo azul esto será un indicio de sobrecalentamiento.

Si la mezcla no presenta una fluidez que se pudo haber estimado en el laboratorio o en la planta, sino que presente una fluidez mas lenta, esto será indicio de que la mezcla se encuentra menos caliente de lo requerido. , lo anterior tambien se puede deducir si la mezcla presenta picos al encontrarse colocada en el camión.

Es muy importante que el muestreo que se efectúe sea representativo, pues esta es una de las mayores fuentes de error al checar las mezclas. Las especificaciones de la S.O.P. en su parte novena indican los procedimientos de muestreo.

La granulometría debe checarse con el mayor cuidado. Si se notara deficiencia o exceso de asfálto esto podria ser un indicio de cambios en la granulometría y deberá por consiguiente checarse ésta.

Los cambios en la textura de la mezcla compactada tambien pueden ser indicios de una granulometría variable.

Deben efectuarse pruebas en corazones extraidos de pavimentos compactados con el fin de determinar su compactación y calidad, así como contenido de asfálto. Las pruebas de extracción además de servir para determinar el contenido de asfálto proveen el agregado para determinar la granulometría.

En la siguiente tabla se dan causas provables de ciertas irregularidades que se pueden tener en el caso de mezclas en caliente. (Ver fig. 67)

Algunas deficiencias que pueden justificar el rechazo de una mezcla en caliente son las siguientes.

FIG. 67 —POSIBLES CAUSAS DE DEFICIENCIAS EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTACION

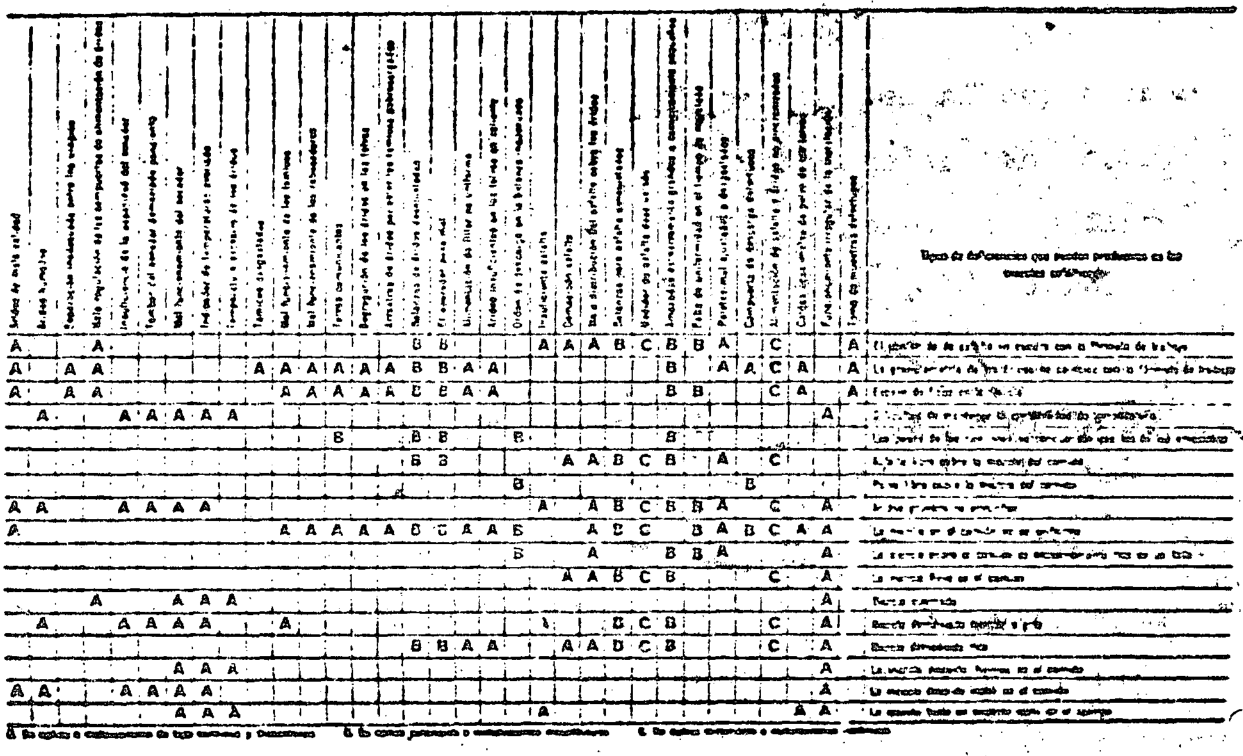
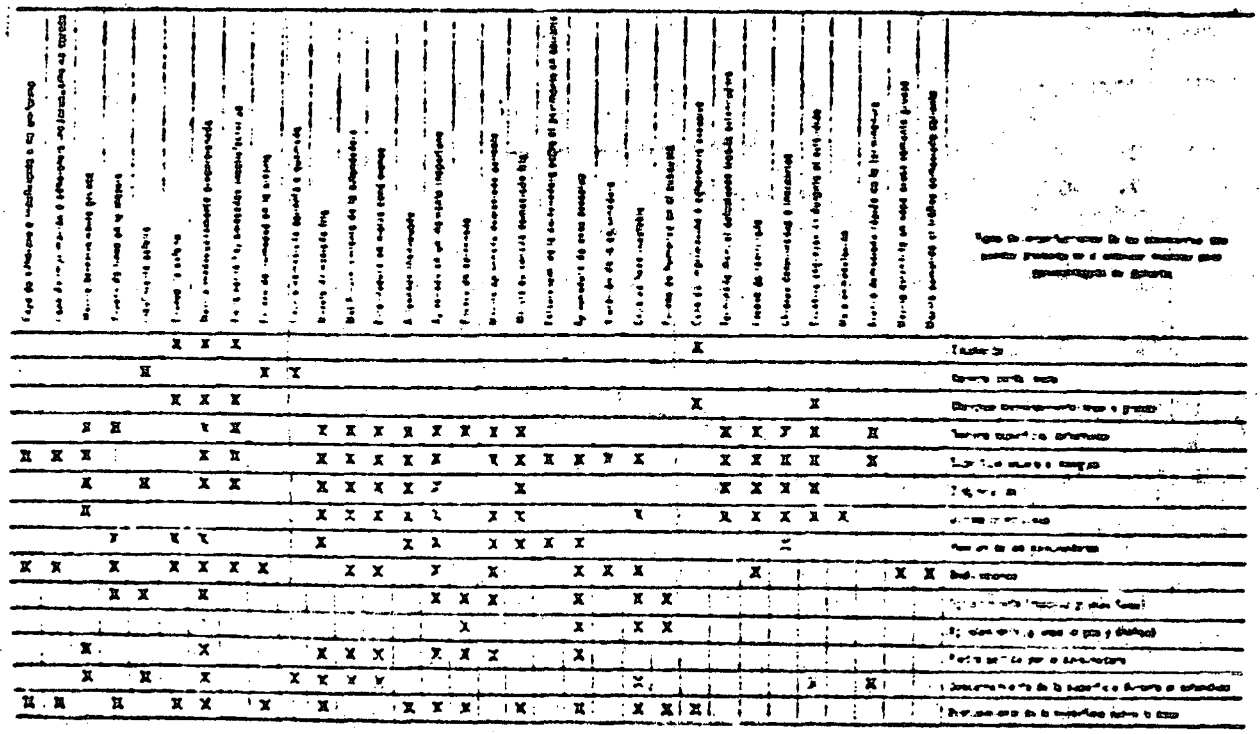


FIG. 68 —POSIBLES CAUSAS DE IMPERFECCIONES EN LOS PAVIMENTOS TERMINADOS



- Mezcla calentada excesivamente: Esto como antes se mencionó, queda evidenciado por la aparición de humo azul. Si esto sucede deberá checarse inmediatamente la temperatura pues si ésta queda fuera de especificación se rechazará la mezcla.
- Mezcla relativamente fría: Esto se puede detectar si la mezcla presenta una apariencia rígida. ó bien que las partículas mayores no se encuentren totalmente cubiertas.
- Mucho asfalto: La mezcla no presenta taludes.
- Poco asfalto: La mezcla presenta una apariencia granular, cubrimiento de las partículas insuficientes y carencia del ligero brillo negro. El pavimento se nota café y la mezcla no se compacta satisfactoriamente.
- Mezclado no - uniforme: Se observan zonas grumosas o de color café en medio de zonas negras, con brillo intenso.
- Exceso de agregado grueso: La mezcla presenta trabajabilidad pobre y compactada presenta una textura abierta y/o muy rica - en asfalto.
- Exceso de agregado fino: Se nota que la mezcla está pobre como si estuviera hirviendo, y/o al compactarse presenta una - textura más cerrada.

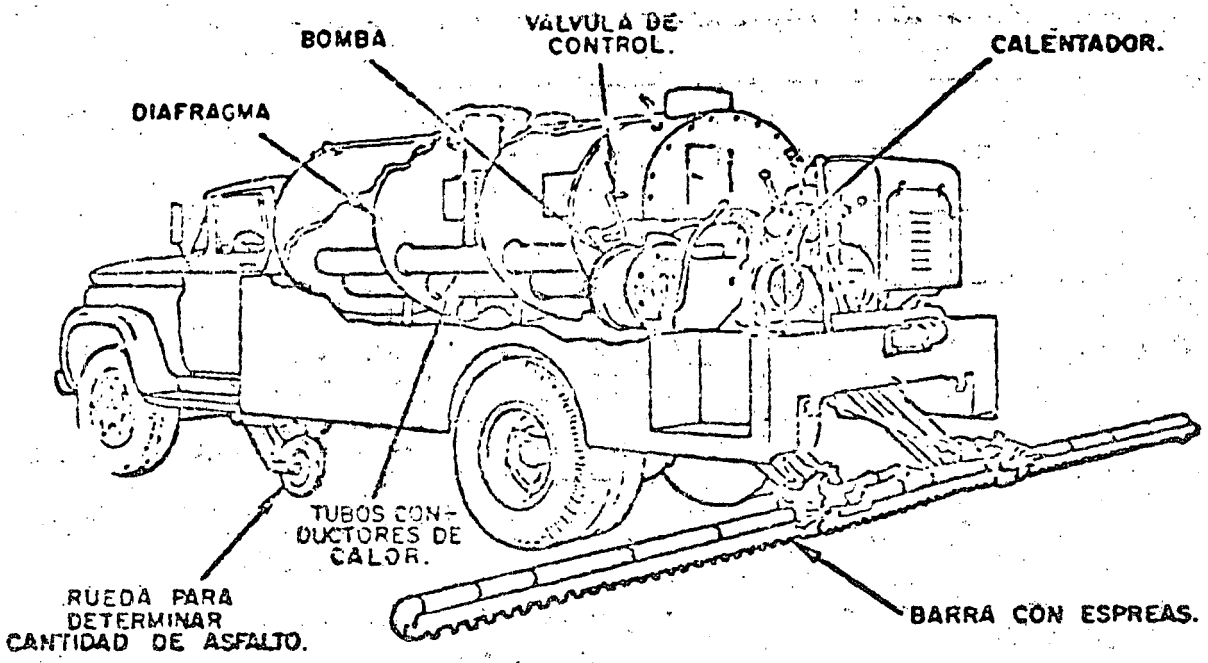
Exceso de agua: La mezcla suelta vapor y burbujas como si estuviera hirviendo, también puede presentar la mezcla una apariencia jabonosa y como si tuviera exceso de asfalto.

Varios: Se puede tener segregación debida a la mala manipulación o bien contaminaciones (gasolinas, aceites)...

3.- Construcción de pavimento:

Una vez que los agregados han sido seleccionados y combinados, la

FIG. C9 PETROLIZADORA.



TIPOS DE ESPARCIDORES MECANICOS DE MATERIAL PETREO.

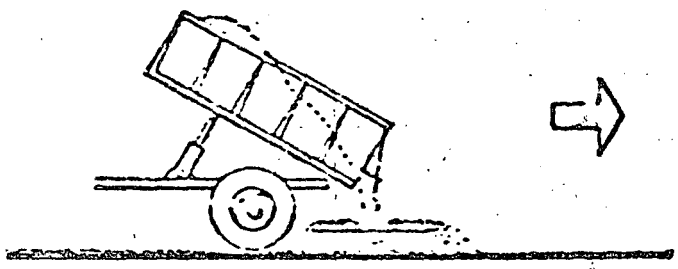


FIG.170 ESPARCIDOR DE ROTACION

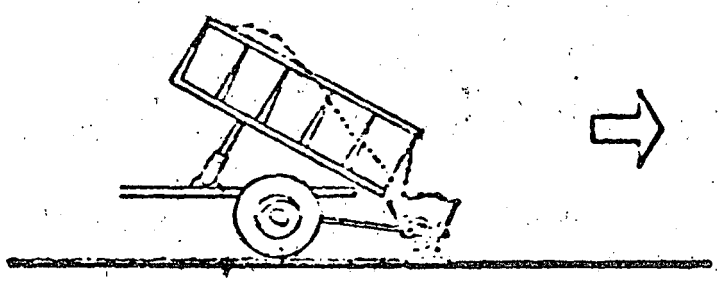


FIG.172 ESPARCIDOR DE TOLVA (MONTADO EN RUEDAS).

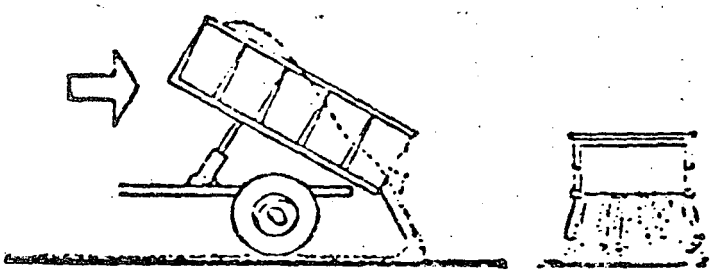


FIG. 173 ESPARCIDOR DE PALETA.

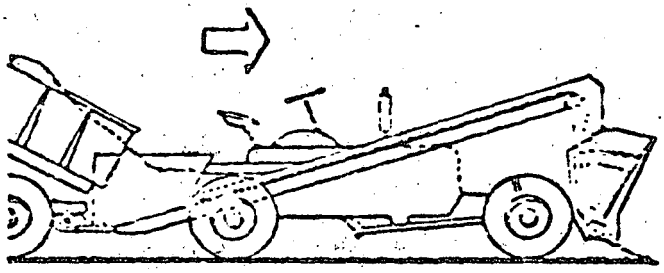


FIG.174 ESPARCIDOR DE TOLVA AUTO PROPULSADO.

mezcla ha sido diseñada, la planta montada, calibrada e inspeccionada, se produce la mezcla y se lleva al lugar de su tendido La mezcla se lleva al lugar por medio de camiones y depositada, in situ , sobre la máquina pavimentadora (ver fig.) o bien colocada en camellones en frente de la máquina. La máquina extiende la mezcla, al desplazarse, con el ancho y espesor suelto requerido. Al hacer esta operación el material sufre una pequeña compactació Transcurrido un pequeño lapso, cuando la mezcla se encuentra aún caliente se compacta con rodillos lisos y/o neumáticos. Posteriormente veremos cual es el uso más adecuado para estos, y otras máquinas compactadoras. La compactación se debe continuar hasta que se tenga el peso específico requerido ó que la temperatura haya bajado a un punto tal que una compactación posterior produzca resultados indeseados.

Para la construcción del pavimento, como antes se mencionó, se debe tener equilibrio en el equipo tanto de la planta como del transporte, colocación y compactación.

Un equipo adicional es una pipa con aspersores de asfalto para proporcionar el riego de impregnación y el riego de liga.
La compactación consiste de 3 fases a saber:
La compactación inicial. Es una compactación adicional a la producida por la máquina pavimentadora.
Es en esta etapa en donde se logra practicamente el peso específico deseado. La compactación intermedia densifica un poco más y sella la superficie. La compactación final borra las marcas que quedaron en las etapas anteriores.

Los tipos de compactadores más usuales para las operaciones anteriores son:

Rodillo liso.

Rodillo neumático.

Compactadores vibratorios.

Combinación de rodillo liso y neumático.

Los rodillos lisos se pueden utilizar para las 3 fases de la compactación.

Los neumáticos son utilizados a veces para la compactación inicial, pero generalmente se les prefiere para la fase intermedia,

Los vibratorios se utilizan tambien en las fases inicial e intermedia.

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA

Se proporcionan los datos de granulometría, densidades, CKE, % retenido de aceite, estabilidad y cohesión.

Se tienen además:

LL = 32%

LP = 23%

WLS= 30%

Desgaste los angeles = 32%

Equivalente de arena = 72%

Interperismo acelerado = 48%

Desprendimiento por fricción = 28%

1° Calcular la granulometría, y clasificar el material

2° Ajústese la granulometría para que cumpla las especificaciones granulométricas para concreto asfáltico.

3° Diga si el material es adecuado para concreto asfáltico, y por qué?

4° Calcúlese el % de cemento asfáltico óptimo aproximado por medio de los métodos CKE y retenido de aceite.

5° Calcule los pesos parciales y acumulados por **bachada** para cada contenido de asfalto, para cuando menos cinco contenidos de asfalto diferentes.

6° Obténgase el contenido óptimo de asfalto por el método de Hveem con los datos proporcionados. Comparar con las especificaciones y hacer un breve comentario del dato obtenido (respecto al peso seco del agregado).

7° Grafique la granulometría de diseño y las especificaciones para concreto asfáltico, así como la curva de Fuller para un tamaño máximo de 1".

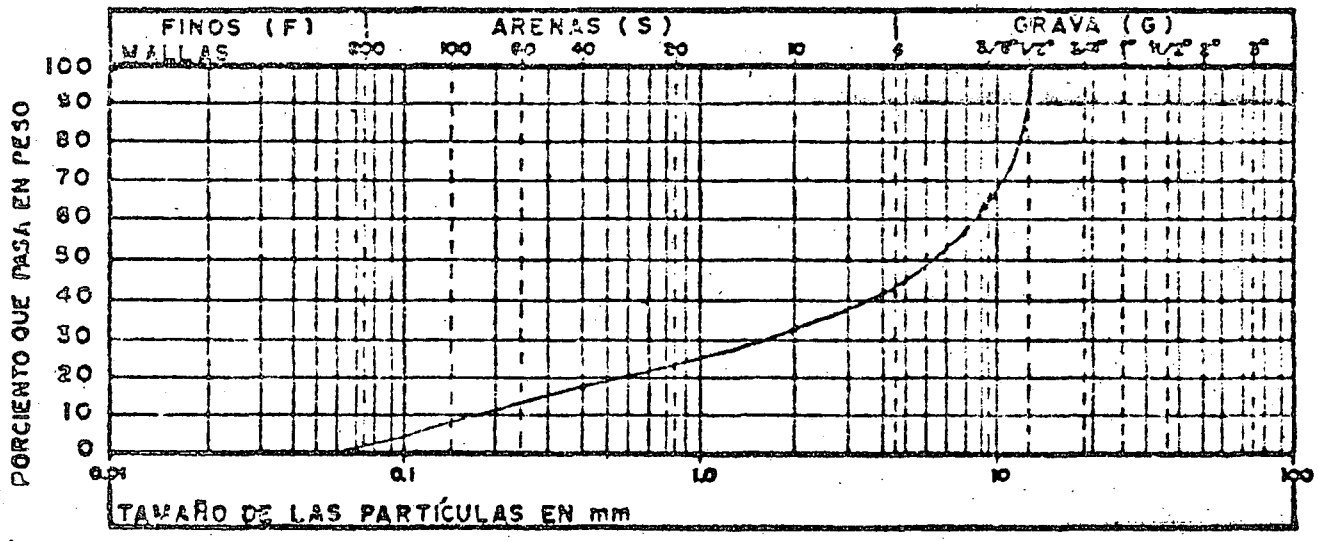
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
OFICINA DE PRUEBAS FÍSICAS

ESTUDIO: _____ ENSAYE: 78 - E
OBRA: _____ LOCALIZACIÓN: _____
SONDEO Nº _____ MUESTRA Nº _____
PROFUNDIDAD: _____ FECHA: _____
OPERÓ: _____ CALCULÓ: _____

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO DE LA MUESTRA: _____ gr.

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NUM. 4				MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA NUM. 4			
Malla	Peso retenido	Retenido parcial	Material que pasa	Malla Núm.	Peso retenido	Retenido parcial	Material que pasa
	Wi (gr.)	i (%)	(%)		Wj (gr.)	j (%)	(%)
3"				10	47.4	10.0	32.4
2"				20	45.4	9.6	22.8
1 1/2"				40	26.0	5.5	17.3
1"				60	21.2	4.5	12.8
3/4"				100	23.1	4.9	7.9
1/2"				200	30.4	6.6	1.3
3/8"	11350	35.2	64.8	pasa 200	6.0	1.3	
Núm. 4	7227	22.4	42.4	SUMA	200.0		
pasa Núm. 4	13700	42.4					
SUMA	32277						



D_{10} = 0.16
D_{30} = 1.70
D_{60} = 9.00

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{9.00}{0.16} = 56.2$

$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}\ D_{60}} = \frac{(1.7)^2}{0.16 \times 9.0} = 2.$

>3" = 0.0 %
G = 57.6 %
S = 41.1 %
F = 1.3 %
<Núm. 40 = 17.30 %

CLASIFICACIÓN S.O.P. Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL (GW), GRAVA FORCSA, BIEN GRADUADA, CON ARENA, BLANCA.

ABSORCIÓN Y DENSIDAD APARENTE DE MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8"

PESO HÚMEDO (Wm)	gr.	VOLUMEN DESALOJADO	cm³
PESO SECO (Ws)	gr.	PESO SECO (Ws)	gr.
AGUA ABSORBIDA (Wm−Ws=Wa)	gr.	DENSIDAD APARENTE ($\frac{Ws}{Vm}$)	
ABSORCION $\frac{Wa}{Ws}$ x 100	%	PESO VOL. SECO Y SUELTO	kg/m³

FORMA 13-0602-C

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS Y CONTROL DE CALIDAD
DEPARTAMENTO DE ENSAYE DE MATERIALES

REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO

MATERIAL GRANULOMETRIA AJUSTADA EXPEDIENTE
ENSAYE NUM. 78-E MUESTRA NUM. FECHA RECIBO
ENVIADA POR FECHA INFORME AGOSTO 1972
PROCEDENCIA

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA

PESO VOL. SUELTO

% QUE PASA MALLA

1"	
3/4"	
1/2"	
3/8"	80.0
1/4"	
No. 4	52.3
" 10	40.0
" 20	28.1
" 40	21.4
" 60	15.8
" 100	3.8
" 200	.6

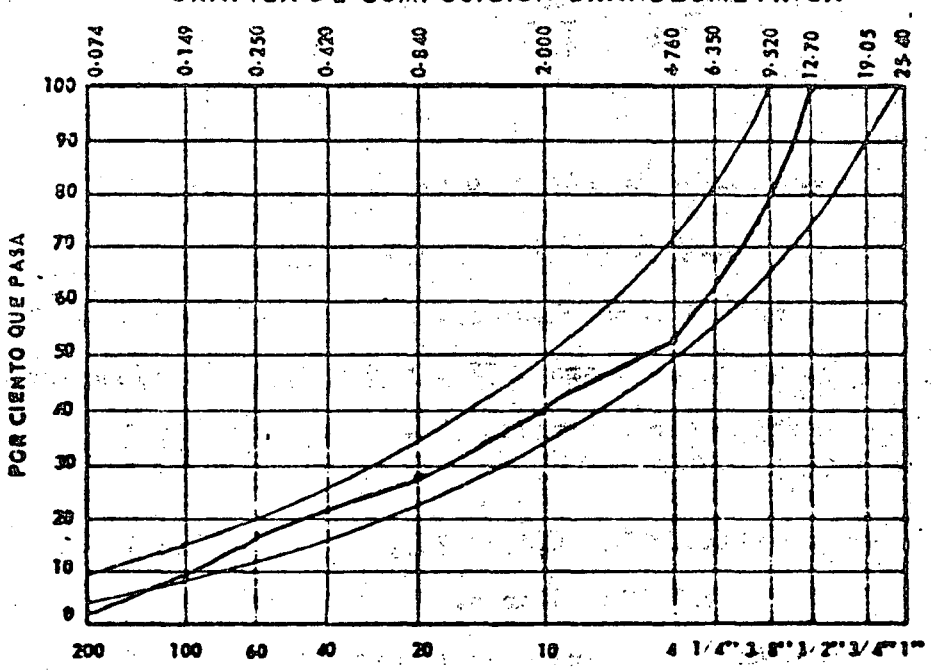
DENSIDAD

ABSORCION

% DESGASTE

EQUIVALENTE DE ARENA

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO

TIPO

TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION

PENETRACION

PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

CONT. OPT. DE ASFALTO (%) (*)

PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA (Kg/cm3)

ADITIVO RECOMENDADO

GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA %

CONT. ASFALTO EN MEZCLA (*)

PERMEABILIDAD DE LA CARPETA

(*) NOTA: EL CONTENIDO DE ASFALTO SE REFIERE AL RESIDUO ASFALTICO DEL PRODUCTO UTILIZANDO EXPRESADO COMO % EN PESO DEL MATERIAL PETREO SECO.

RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DE	EL JEFE DE LA OFICINA

2º Ajuste de la granulometría.

	3/8"	4	10	20	40	60	100	200
original	64.8	42.4	32.4	22.8	17.3	12.8	7.9	1.3
ajustado	80.0	52.3	40.0	28.1	21.4	15.8	9.8	1.6

$$\frac{80.0}{64.8} = \frac{X}{42.4} \qquad \therefore X = \frac{80.0 \times 42.4}{64.8} = 52.3$$

3º El material en cuanto a lo especificado por:

- Granulometría puede considerarse aceptable.
- Desgaste los angeles 32%, especificación: 40% máximo, aceptable.
- Equivalente de arena 72%, especificación 55% mínimo, aceptable.
- Interperismo acelerado 48%, especificación 12% máximo riesgo, no es aceptable.
- Estabilidad: De 26.4 a 33.7, por lo que no llena los requisitos para ningún tipo de tránsito diario.
- Porcientos de vacíos en la mezcla: De 22 a 28%, especificación 4%. Lo que indica que este material es totalmente inadecuado para el uso en concreto asfáltico.
- Absorción: Finos 14.1%

  Gruesos 14.5%

  Especificación: De 1 a 3%, por lo tanto, es inadecuado su empleo en este tipo de mezclas.

En resumen se puede afirmar que este material no es adecuado para el empleo en concretos asfálticos, por su alta absorción, por su alto contenido de vacíos en la mezcla y por no satisfacer el requisito de estabilidad.

ENSAYE: 78-E EXPEDIENTE: _____ FECHA: Agosto 1972

C.K.E.		FINO		% Aceite Ret. GRUESOS	
324.00	318.45	318.55	312.30	106.25	106.28
318.45	213.38	312.30	215.78	103.70	103.70
5.55	105.07	6.25	96.92	2.55	2.58
5.28		6.475		2.40	2.49
5.88				2.45	

DESGASTE
P. MUESTRA=
P.M. Desg. Fino=
% DESGASTE= 32

PESO VOL. SUELTO Kg/m³

DENSIDAD DE FINOS		DENSIDAD DE GRUESOS
A – Peso Seco DEL MAT. EMPLEADO = 262.9 gr.		A – Peso Seco DEL MAT. EMPLEADO = 137.7 gr.
B – PESO MAT. c/SUP. SECA Y SAT. = 300.0 gr.		B – PESO MAT. c/SUP. SECA Y SAT. = 157.6 gr
V – VOLUMEN DEL MATRAZ = 500.0 cm³		C – PESO SUMERGIDO DEL MAT. = 85 gr.
* W – PESO DEL AGUA AGREGADA = 362.7 gr.		
P.M. – PESO DEL MATRAZ = 147.8 gr.		— PROBETA —
PM + A = 295.2 gr.	— PROBETA —	D – P. HUMEDO = 157.6 gr.
PM + A + S = 595.2 gr.	D – P. HUMEDO = 300.0 gr.	E – V. DESALOJADO = 74.0 c.c.
P. TOTAL = 810.5 gr.	E – V. DESALOJADO = 132 cc	DENSIDAD = D/E = 2.13
AGUA AGREG.	DENSIDAD = D/E = 2.27	
— ABSORCION —		— ABSORCION —
P.M. HUMEDO = 300.0 gr.	Agua = 37.1 gr.	P.M. HUMEDO = 157.6 gr.	Agua = 19.9 gr.
P.M. SECO = 262.9 gr.	% = 14.1	P.M. SECO = 137.7 gr.	% = 14.5

$$D_{F.} = \frac{A}{V - W} = \frac{262.9}{500 - 362.7} = 1.91$$

$$D_{AP.\,F.} = \frac{A}{(V-W)-(B-A)} = \frac{262.9}{(500-362.7)-(300-262.9)} = 2.62$$

$$D_{G.} = \frac{A}{B - C} = \frac{137.7}{157.6 - 85.0} = 1.9$$

$$D_{AP.\,G.} = \frac{A}{A - C} = \frac{137.7}{137.7 - 85.0} = 2.61$$

PRESION DE EXPANSION						
FECHA	HORA	EXPANSIOMETRO	1	2	3	4
		LECT. FINAL				
		LECT. INICIAL				
		DIFERENCIA				
		KILOGRAMOS				
		ESFZO. Kg/cm²				

LABORATISTA: _____ CALCULISTA: _____

* W = P. TOTAL – B – P.M. = 810.5 – 300.0 – 147.8 = 362.7 gr.

CALCULOS DE LAS BACHADAS.

MALLA	% QUE PASA	MALLAS		% QUE PASA "A" Y SE RETIENE EN "B"	PESO PARCIAL	PESO ACUMULADO
		"A" PASA	"B" RET.			
1/2"	100.0	1/2"	3/8"	20.0	240.0	240.0
3/8"	80.0	3/8"	4	27.7	333.5	573.5
4	52.3	4	10	12.3	148.0	721.5
10	40.0	10	20	11.9	143.0	864.5
20	28.1	20	40	6.7	81.0	945.5
40	21.4	40	60	5.6	67.0	1012.5
60	15.8	60	100	6.0	72.0	1084.5
100	9.8	100	200	8.2	98.5	1183.0
200	1.6	200		1.6	19.0	1200.0

PESO DE CEM. ASF. PARA DIF. PORCENTAJES. (GR.)	% CEM. ASF.	PESO TOTAL ACUMULADO (GRS.)
1200 x 0.03 = 36	3	1200 + 36 = 1236
1200 x 0.04 = 48	4	1200 + 48 = 1248
1200 x 0.05 = 60	5	1200 + 60 = 1260
1200 x 0.06 = 72	6	1200 + 72 = 1272
1200 x 0.07 = 84	7	1200 + 84 = 1284

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

Expediente: _____

DATOS DE PROYECTO DE MEZCLA EN CALIENTE.

SERIE DE. OBRA _____

PRUEBA 78-E LOC. _____

40.0 % A.G. 58.2 % A.F. FECHA Agosto 1972

PESO ESP. ASF. 1.002 PEN. ASF. 90 NUM. LAB. ASF. _____

PESO ESP. AGR. AG.= 2.61 A.F. 2.62 MEZCLA _____ NUM. LAB. AGR. _____

GRANULOMETRIA, CKE y PORCENTAJE DE ASFALTO

TAMAÑO DE MALLA.	1½	1	¾	½	⅜	4	8	16	30	50	100	200	270
LIMITE ESPECIFICACIONES			100	100/80	90/70	70/50	50/35	/	29/18	/	16/8	10/4	/
% QUE PASA					80.0	52.3	40.0	28.1	21.4	15.8	9.8	1.6	
FACTOR DE SUP. ESPECIFICA Pie²/lb						0.02	0.04	0.08	0.14	0.30	0.80	1.00	
SUPERFICIE ESPECIFICA					2.13	1.05	1.60	2.25	2.94	4.74	7.84	1.60	

* CKE: AF. 5.51 AG. 2.40 Kf 1.58 Kc. 1.02 Km. 1.58-0.14 = 1.44

%ASF. ESTIMADO CON ENSAYE CKE. 5.7

%ASF. EN PESO CRITERIOS PROY. _____ SUP. ESP. TOTAL. 24.2 Pie²/lb.

IDENTIFICACION DE PROBETA	7	8	9	10	11
% ASFALTO POR PESO DE AGREGADOS	3	4	5	6	7
% ASFALTO POR PESO DE MEZCLA	2.91	3.85	4.75	5.65	6.50
PESO EN EL AIRE, EN g.	965	975	981	958	992
PESO EN EL AGUA, EN g.	427	432	455	423	455
DIFERENCIA DE PESOS, EN g.	538	543	526	535	537
PESO APARENTE POR UNID. DE VOL.	1.79	1.80	1.87	1.85	1.85
** PESO ESPECIFICO MAXIMO TEORICO	2.49	2.46	2.43	2.40	2.37
% HUECOS-MEZCLA TOTAL	28.0	26.80	23.0	23.0	22.0
PESO UNITARIO Kg/m³	790	800	1870	1850	1850

ESTABILOMETRO

CARGA TOTAL Kgs.	Lbs.					
226	500	7.0	7.0	7.8	7.5	9.0
453	1000	9.5	9.5	11.0	10.5	14.0
907	2000	14.0	14.0	16.5	17.5	24.0
1360	3000	21.0	20.0	23.0	27.0	37.0
1814	4000	30.0	28.0	31.8	38.0	51.0
2268	5000	40.0	38.0	42.5	52.0	67.0
2721	6000	54.0	49.5	56.0	71.0	85.5
CARGA VERT. A UNA PRESION HOR.=100						
VUELTAS MANIVELA		3.50	3.85	3.65	3.50	2.80
ESTABILIDAD CORREGIDA POR ALT.		33.70	33.1	31.5	28.7	26.40

COHESIOMETRO

TEMPERATURA °C	60	60	60	60	60
ALTURA EFECTIVA, PULG.	2.66	2.70	2.61	2.66	2.61
PESO DE PERDIGONES. (Grs.)	1155	1369	1400	1234	1134
VALOR DE COHESIOMETRO.	352	399	426	365	345

* Los valores de As y Ac son valores corregidos.

** $\frac{Wa}{Wa - Ww}$

Laboratorista: _____ Calculista: _____

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOTECHIA
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

ESTABILIDAD Y COHESION EN MEZCLAS ASF.

ESTUDIO: _____ ENSAYE: 78-E
OBRA: _____ LOCALIZACION: _____
SONDEO Nº: _____ MUESTRA Nº: _____
PROFUNDIDAD: _____ FECHA: AGOSTO 1972
CALCULISTA: _____

CALCULO DE LA ESTABILIDAD

$$S = \frac{22.2}{\frac{P_H \times D}{P_V - P_H} + 0.222}$$

$P_V = 400$ lb/pulg.^{2}

S = Valor de estabilidad

P_H = Presión horizontal, en lbs/pulg.^{2}. Para P_V = 400 lbs/pulg.^{2}, (ó sea para una carga de 5,000 lbs)

D = Desplazamiento ó número de vueltas de la manivela

% Asf.	P_H	D	I	II	III	IV	S	Altura de la muestra en pulgs.	S Corregido por altura
			$P_H \times D$	$P_V - P_H$	I/II	III+0.222	22.2/IV		
2.91	40.0	3.50	140	360.0	0.390	0.612	36.3	2.66	33.7
3.85	38.0	3.85	146	362.0	0.404	0.626	35.5	2.70	33.1
4.72	42.5	3.85	164	357.5	0.457	0.679	32.8	2.61	31.5
5.65	52.0	3.90	182	348.0	0.522	0.744	29.9	2.66	28.7
6.50	67.0	2.90	197	333.0	0.561	0.783	28.4	2.61	26.4

CALCULO DE LA COHESION

$$C = \frac{L}{W(0.20\,H + 0.044\,H^2)}$$

C = Valor de cohesión en grs/pulg.^{2}

L = Peso de los perdigones en grs.

W = Diámetro del espécimen en pulgs.

H = Altura del espécimen para cohesión en pulgs.

% Asf.	L (GRS)	H (PULGS.)	V	VI	VII	W (PULGS.)	VIII	IX	C
			0.20 H.	H^2	0.044 VI		V+VII	W×VIII	L/IX
2.91	1.85	2.66	0.532	7.10	0.312	4	0.844	3.376	352
3.85	1.360	2.70	0.540	7.30	0.321	4	0.861	3.444	394
4.72	1.400	2.61	0.522	6.80	0.299	4	0.821	3.284	426
5.65	1.234	2.66	0.532	7.10	0.312	4	0.844	3.376	365
6.50	1.134	2.61	0.522	6.80	0.299	4	0.821	3.284	345

CALCULO DEL PESO ESPECIFICO MAXIMO TEORICO DE MEZCLAS ASFALTICAS

EXPEDIENTE. 7% E FECHA. _____ CALCULISTA. _____

$$\text{PESO ESP. MAX. TEORICO DE LA MEZCLA} = \text{VII} = \frac{100}{\frac{\%\ \text{Asfalto}}{\text{P.E. Asf.}} + \frac{\%\ \text{Aridos}}{\text{P.E. Aridos}}}$$

I	II	III	IV	V	VI	VII
%Asfalto con relación al peso de los agregados.	$\frac{100}{1+\text{I}}$	100 − II	$\frac{\text{III}}{\text{P.E. Asfalto}}$ *	$\frac{\text{II}}{\text{P.E. Agregados}}$ *	IV + V	$\frac{100}{\text{VI}}$
3.0	97.09	2.91	2.90	37.2	40.10	2.49
4.0	96.15	3.85	3.84	36.8	40.64	2.46
5.0	95.25	4.75	4.74	36.5	41.24	2.43
6.0	94.35	5.65	5.64	36.1	41.74	2.40
7.0	93.50	6.50	6.48	35.8	42.28	2.37

* P.E. del asfalto

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

SERIE DE PRUEBA: 78-E DATOS DE PROYECTO DE MEZCLA EN CALIENTE. OBRA: _____

EMPLAZAMIENTO: _____

G. 40 % AF. 58.2 % ; PASA MALLA 200 1.6 % FECHA: AGOSTO 1972

PESO ESP. ASF.: 1.002 PENETRACION ASFALTO: 90 NUM. LAB. PARA ASF. USADO: _____

PESO ESP. MED. AGREG.: 2.61 NUMS. LAB. PARA AG. USADOS: _____

% ASF. PROB. NUM.	% ASF. PROF. NUM. *	PESO GRAMOS		VOL. TOTAL	PESO ESP.		VOLUMEN, % DEL TOTAL			HUECOS, %			PESO UNITARIO	ESTABILIDAD CORR. POR ALT.
		EN AIRE	EN AGUA	cm^3	POR UNIDAD DE VOLUMEN	MAX. TEOR. **	ASFALTO	AGREGADOS	HUECOS	AGREGADOS	LLENOS ASFALTOS	MEZCLA TOTAL	Lb/Pie^3	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
ASFALTO % PESO AGREGADOS	ASFALTO % PESO MEZCLA			C-D	$\frac{C}{E}$		$\frac{B \times F}{P.E.\ ASF}$	$\frac{(100-B) \times F}{P.E.\ AGR.}$	100-H-I	100-I	$\frac{H}{K}$ 100	$100-\frac{100F}{G}$	$\frac{1000F}{K}$ Kg/m^3	
3	2.91	965	427	538	1.79	2.49	7.26	66.8	25.94	33.2	21.8	28.0	1790	33.7
4	3.85	975	432	543	1.80	2.46	9.46	66.2	24.34	33.8	27.9	26.8	1800	33.1
5	4.75	981	455	526	1.87	2.43	11.55	68.9	19.55	31.1	37.2	23.0	1870	31.5
6	5.65	988	453	535	1.85	2.40	13.55	66.9	19.55	33.1	40.9	23.0	1850	28.7
7	5.50	992	455	537	1.85	2.37	16.40	66.2	17.40	33.8	48.4	22.0	1850	26.4

* — ASF. % PESO MEZCLA $100 - \frac{100}{1 + \text{columna } A/100}$

** PESO ESP. MAX. TEORICO $\frac{100}{\frac{\%\ ASF.}{P.E.\ ASF.} + \frac{\%\ ARIDOS}{P.E.\ AGREGADOS}}$

LABORATORISTA: _____

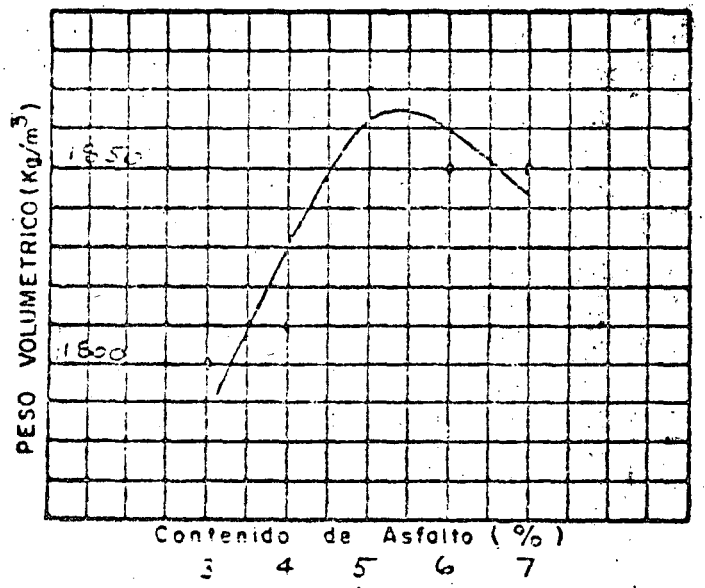
CALCULISTA: _____

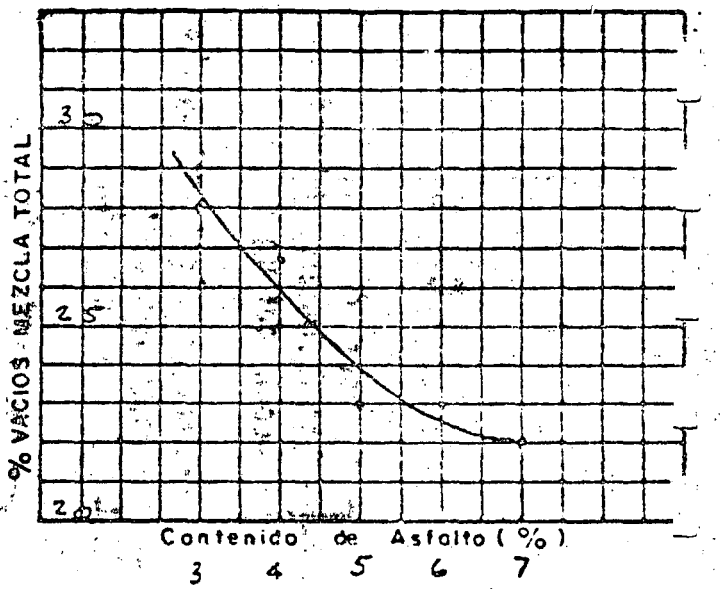
S. O. P.
DIR. GRAL. DE SERVS. TECS.
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA.

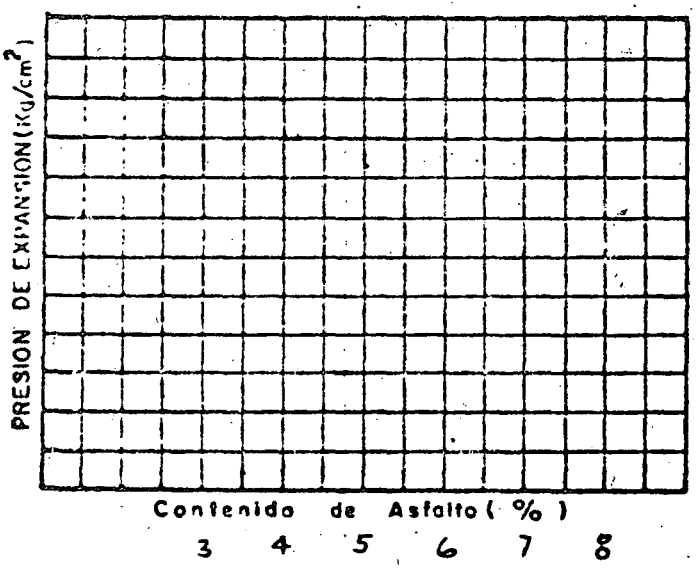
METODO DE HVEEM

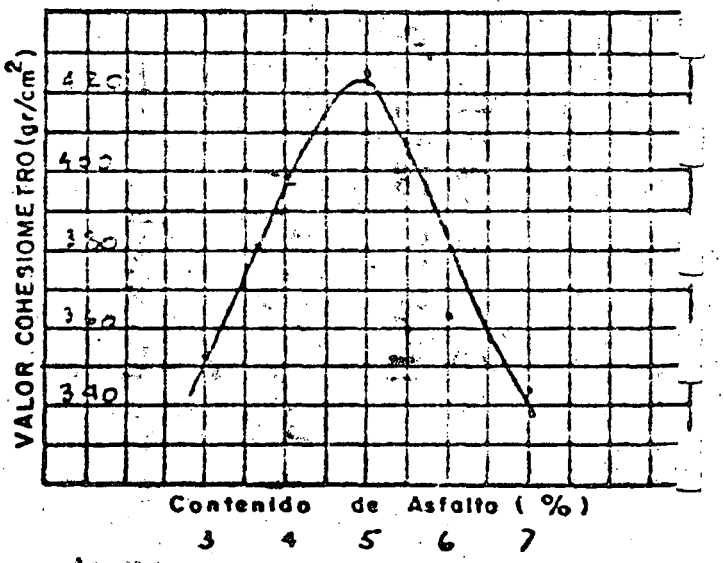
GRAFICA DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LABORATORIO

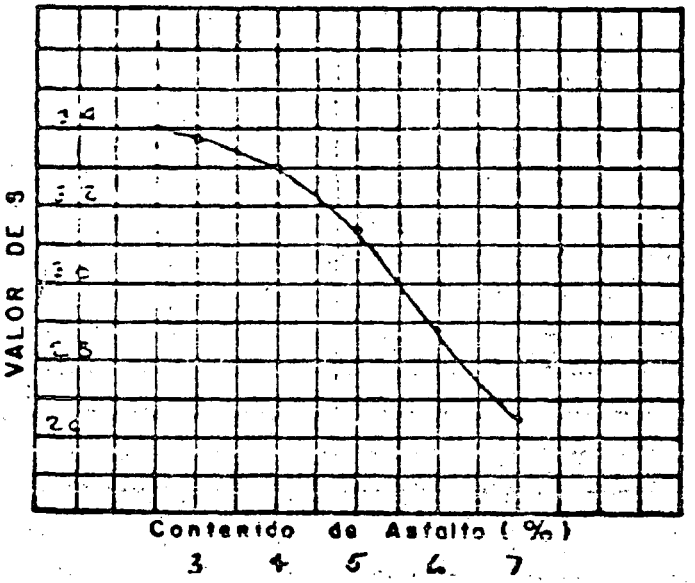
Expediente: _____











Obra : _____

Ensaye 78-E Fecha: 16 AGOSTO-7

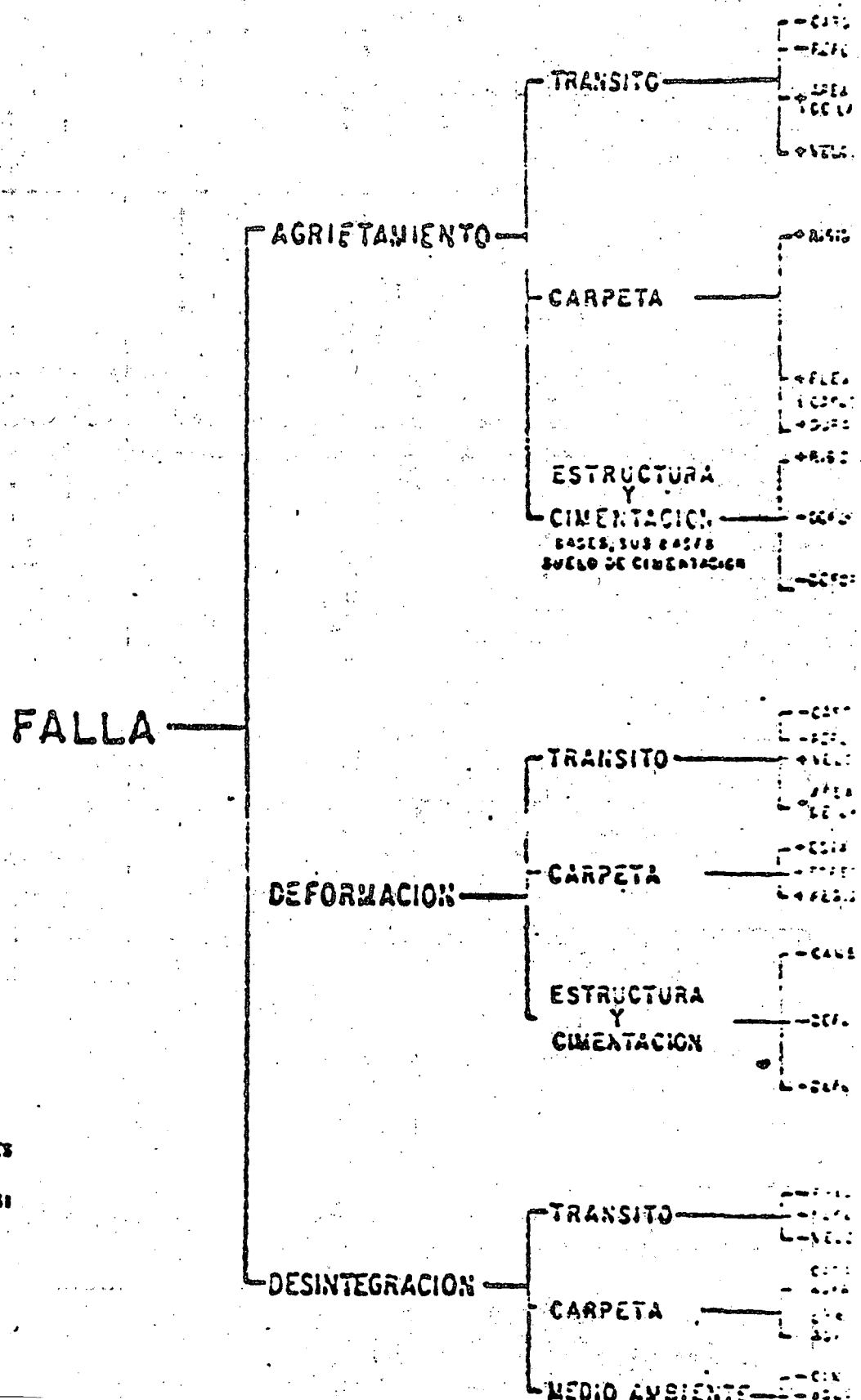
Clasif. Mat.: _____

Operador. _____ Calculó. _____

Graficó. _____ Revisó. _____

DAS PARA
DE PAV

1 EL PROBLEMA	2 MANIFESTACIÓN O SÍNTOMAS VISIBLES DE PELIGRO O FALLA	3 FACTORES O CAUSAS ULTIMAS	5 V PR



SIMBOLOS

- VARIABLES QUE SON PERJUDICIALES O DESTRUCTIVAS SI AUMENTAN
- VARIABLES QUE SON BENEFICIAS SI AUMENTAN.

VARIABLES QUE DEBEN SER EVALUADAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

ESO CAU-MAS	4 VARIABLES PRINCIPALES	5 VARIABLES SECUNDARIAS	6 VARIABLES ADICIONALES	7 METODO DE PRUE O EVALUACIO
	CARGA POR RUEDA			1 PESO
	REPETICIONES			2 CONTEO
	AREA DE INFLUENCIA DE LA CARGA	AREA DE CONTACTO LLANTA-PAVIMENTO		3 MEDIDA DEL AREA
		NUMERO DE LLANTAS		4 CONTEO
		ESPACIAMIENTO EJES		5 MEDIDA DEL ESPACIAMIENTO
	VELOCIDAD			6 REGISTRO DE TIEMPOS
	ALIGERO	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO		7 VISCOSIMETRO PENETROMETRO
			TEMPERATURA	8 TERMOMETRO
			CANTIDAD DE ASFALTO	9 PESO Y C.B.E
		CARACTERISTICAS DEL AGREGADO		10 ANALISIS GRANULOMETRICO
			DENSIDAD	11 PESO Y CALCULO
		ESPESOR DE LA LOSA		12 MEDIDA
	PESADO	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	CONSISTENCIA ASFALTO, PENETRACION	7 VISCOSIMETRO-PENETROMETRO
			FRAGILIDAD	13 PRUEBA DE FRAGILIDAD
			ESPESOR DE LA PELICULA	14 CONTENIDO AREA DE PELICULA
		AGREGADO		15 ANALISIS GRANULOMETRICO
	CARGAS DE PARADA O ARRANQUE	ESPESOR DE LA LOSA		12 MEDIDA
	DURAS CARGAS	CONSISTENCIA DEL ASFALTO		16 PRUEBA DE ABRASION
		CONSISTENCIA AGREGADOS	RESISTENCIA A LA TENSION	17 PRUEBA DE FLEXIBILIDAD
	RIGIDEZ DE BASE Y SUBBASE	TIPO DE BASE		18 PENETROMETRO
			ESPESOR	12 MEDIDA
	DEFORMACION PLASTICA	FRICCION		18 ESTABILOMETRO
		COHESION		19 CONSISTOMETRO, LIMITES,
		INERCIA		20 PESO
	DEFORMACION ELASTICA	ELASTICIDAD DE LAS PARTICULAS		
		AIRE O GAS		21 RESILIOMETRO O PRU
		HUMEDAD		
	CARGA POR RUEDA			1 PESO
	PESO O GAS			2 CONTEO
	VELOCIDAD			6 REGISTRO DE TIEMPOS
	AREA DE INFLUENCIA DE LA CARGA	AREA DE CONTACTO LLANTA PAVIMENTO		3 MEDIDA DEL AREA
		Nº DE LLANTAS		4 CONTEO
		ESPACIAMIENTO EJES		5 MEDIDA DEL ESPACIAMIENTO
	ESTABILIDAD	CANTIDAD DE ASFALTO		22 ESTABILOMETRO
		FRICCION ENTRE PARTICULAS		
	ESPESOR			12 MEDIDA
	RESISTENCIA DE LA CARPETA			23 CONSISTOMETRO
	CAMBIO DE VOLUMEN	CONSOLIDACION		24 MEDIDA DEL NIVEL DE CONSOLIDACION
		EXPANSION		25 MEDIDA DE EXPANSION Y CONTRACCION
		EXCESO DE CARGA	SOPORTE LATERAL	26 MEDIDA DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL
	DEFORMACION PLASTICA	FRICCION		18 ESTABILOMETRO
		COHESION		19 CONSISTOMETRO, LIMITES,
		INERCIA		20 PESO
	DEFORMACION ELASTICA	PARTICULAS ELASTICAS		
		AIRE		21 RESILIOMETRO
		HUMEDAD		30 PESADO Y SECADO
	PRESION DE LA LLANTA			27 MEDIDA PRESION DEL AIRE
	REPETICIONES			2 CONTEO
	VELOCIDAD			6 REGISTRO DE TIEMPO
	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	CANTIDAD INSUFICIENTE		9 C.B.E
		FRAGILIDAD		13 PRUEBA DE ADHESION
	CARACTERISTICAS DEL AGREGADO	POROSIDAD		22 PRUEBA DE ABRASION
		HIDROFILIA (FALTA DE ADHERENCIA CON EL ASFALTO)		31 PRUEBA DE ADHERENCIA
	CIMENTACION DESIGUALDAD			21 RESILIOMETRO
	AGUA			30 PESADO Y SECADO

CLASIFICACION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

CONDICION	NOMBRE COMUN O TIPO DE DEFECTO	CAUSA
FALLAS DE PAVIMENTACION		
Insuficiencias en la pavimentación o en la composición de la carpeta asfáltica	Desintegración (disgregación)	Escasez de asfalto Endurecimiento del asfalto Acción del agua
	Agrietamiento	Endurecimiento del asfalto Bajas temperaturas Escasez de asfalto
	Inestabilidad (deformación plástica)	Exceso de asfalto Exceso de agua Partículas del agregado lisas y pulidas
Carencia de apropiada relación recíproca entre la estructura de la carpeta y la base	Grietas por Deslizamiento	Escasez de adherencia entre las capas Capa de superficie demasiado delgada Alta presión de las llantas en el tránsito
Debilidad en la base, sub-base o en los suelos de cimentación de la terracería	Agrietamiento	Deformación plástica de la capa de apoyo Cimentación elástica (fenómeno de rebote elástico)
	Grietas profundas, ondulaciones transversales	Deformación plástica de la base Base insuficiente
	Rotura completa de parte a parte	Cimentación deficiente (de mala calidad)

FUENTE: TIPOS Y CAUSAS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS. POR. F.H.W.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

D . G . P . L

Departamento Geotecnia

Oficina de Pavimentos

CONDICIONES PAVIMENTO FLEXIBLE

Camino o Aeropuerto : _____

Observador _____

Fecha _____

	Trama de A																			
TIPO GRIETA																				
Fisuración																				
Longitudinal																				
Transversal																				
Poliédrica (7.5 cm Aprox.)																				
Poliédrica (15 cm Aprox.)																				
En forma de mapa (>30 cm)																				
Reflexión																				
Menor que 0.3175 cm. (1/8")																				
Menor que 0.635 cm. (1/4")																				
Mayor que 0.635 cm. (1/4")																				
Desprendimiento Local																				
Desprendimiento general																				
Deformación Transv. Marcada																				
Deformación																				
Distorsión																				
Asentamiento Subrasante																				
Bacheo Superficial																				
Bacheo Profundo																				
Reconstrucción Localizada																				
Rugosidad Superficial																				
Drenaje Superficial																				
Subdrenaje																				
Condiciones generales																				
Certificación General																				
Trabajos Requeridos																				

0 : Ninguna
1 : Menor
2 : Moderado
3 : Mayor
4 : Severo

10 Muy Bien
9 } A
8 } Bien
7 } B
6 } Regular
5 } C
4 } Pobre
3 } D
2 } Muy Pobre
1 }
0 }

Observaciones (Drenaje)

_____

Observaciones : _____

INSTRUCTIVO SIMPLIFICADO PARA DETERMINAR LOS DETERIOROS EN SUPERFICIES DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

GRIETAS

1. Fisuración.- Grietas capilares generalmente dispersas, sin orientación definida. Pueden deberse a una superficie pavimentada muy vieja, es decir a las contracciones de un asfalto endurecido y oxidado.

2. Longitudinal.- Son paralelas al eje del camino, conviene anotar si aparecen al centro en los tercios medios o en las orillas. Generalmente se deben a fallas del terreno de cimentación de terraplenes o a juntas de construcción mal acabadas.

3. Transversal.- Son grietas perpendiculares al eje del camino generalmente debidas a contracciones por cambios bruscos de temperatura. Son muy frecuentes en zonas sujetas a heladas.

4. Poliédrica (7.5 cm aprox.).- También se les llama de alambre de gallinero. Sus módulos alcanzan hasta 7.5 cm de separación. Generalmente acusan contenidos de agua elevados en las capas inferiores; se deben a debilidades en la subrasante o en la base y pueden degenerar en baches. Como otra causa pueden determinarse a espesores muy delgados de la carpeta respecto al tránsito.

5. Poliédrica (15 cm aprox.).- Se les denomina popularmente como piel de cocodrilo y sus módulos alcanzan hasta 15 cm de separación, generalmente son ortogonales, lo mismo que los anteriores y también acusan contenidos de agua elevados en las capas inferiores y se deben generalmente a subrasantes elásticas o con rebote elástico.

6. En forma de mapa (mayor de 30 cm).- Son grietas ortogonales con separación hasta de 30 cm debidas a la contracción del asfalto por oxidación o por temperatura.

7. Grieta de reflexión.- Son aquellas que habiendo existido en capas inferiores llegan a reflejar en capas de nueva construcción aunque estas últimas sean de buena calidad.

8. Menor que 1/8" indica abertura de la grieta cualquiera que sea su forma menor que ¼" idem.

9. Mayor que ¼", idem

DESPRENDIMIENTOS

1. Local.- Se refiere a la emigración de material correspondiente a la carpeta debido al paso de los vehículos y se acusa por material pétreo suelto a los lados de las rodadas en forma local.

2. General.- Idem en forma general.

DEFORMACIONES

1. Deformación transversal marcada.- Se refiere a aquellas deformaciones que ha sufrido el pavimento por el paso de los vehículos provocando canalización a lo largo del camino por donde pasan las llantas.

2. Deformación.- En el registro falta la palabra longitudinal y se refiere a la deformación que se produce como si la carpeta "se arrugara" y que generalmente produce vibraciones fuertes en los vehículos. Puede deberse principalmente a exceso de asfalto en la carpeta o bien a escasez de espesor en ésta.

3. Distorsión.- Es la deformación que se produce en forma aleatoria y aislada a manera de chipotes. Puede deberse a exceso de asfalto o a defecto de construcción.

4. Asentamiento de subrasante.- Es la deformación local que generalmente produce fallas en los pavimentos de manera que se pueda deber a condiciones muy definidas. Del caso puede aparecer por ejemplo en donde hay claros de alcantarilla mal compactados.

BACHEOS

1. Superficial.- Se refiere a desprendimientos de carpeta únicamente, generalmente se les llaman "calaveras" y pueden estar localizados o generalizados. En este caso conviene hacer una estimación de los porcentajes con respecto al área total del pavimento en la sección analizada.

2. Profundo.- Interesan las capas de base o sub-base y en ocasiones pueden estar acusados por zurcos, por desprendimientos generalizados o por cualquiera de los defectos anteriormente mencionados ya en estado sumamente avanzado.

3. Reconstrucción localizada.- Se refiere a los bachas ya tratados o bien a aquellos trabajos que se han tenido que realizar para abrir una alcantarilla, reconstruir tramos muy críticos, etc.

Los deterioros anteriores deben calificar de 0 a 4, dependiendo de su grado de avance, según se indica en la tabla.

CONDICIONES DE SUPERFICIE

Se califica de 1 a 10 según que vaya de muy pobre a muy bien.

1. Rugosidad superficial.- Indica si el pavimento está liso o tiene una rugosidad adecuada.

2. Drenaje superficial.- Se refiere a que la lluvia sea bien drenada debido al bombeo. Su deficiencia se acusa por encharcamiento en la superficie.

3. Subdrenaje.- Se refiere a si el camino cuenta con él o no y si las capas inferiores se saturan por falta de éste.

4. Condiciones generales.- Se refieren a su estado de conservación en cunetas, contracunetas, etc.

En el renglón de calificación general adjudíquese al camino de una manera subjetiva, comparativamente con otros caminos que el calificador conozca (autopista recien construida tendría calificación de 10, camino revestido tendría calificación de 0).

En el renglón de trabajo requerido se referirá a si esos tramos necesitan atención inmediata.

1.- Principles of pavement Desing. Yoder
2.- Airport Planning and Design. Horonjeff
3.- Bituminous Materials in Road Construction
Her Majesty's Stationary office. England
4.- Asphalt Technology and Construction
Educational Series No. 1 (ES-1)
The asphalt Institute
Asphalt Institute Building
College Park, Maryland 20740
5.- Tomo II, Caminos. Escario
6.- Pavimentos Asfálticos. Martin y Wallace
7.- Asfaltos. M. Velazquez
8.- Les Emulsions de Bitume et leurs techniques D'application.
Sindicat des fabricants d'émulsions routières de bitume
52, Champs-Elysées, Paris
9.- Manuales del Instituto de Asfalto

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI-CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. CARRETERAS METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.

ING. CARLOS FERNANDEZ LOAIZA

Octubre,1973.

T E M A I

INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

El enfoque científico para la solución de un problema de ingeniería consiste en definir el objetivo funcional y la extensión y a continuación, encontrar soluciones para el problema. Para ilustrar el objeto de construir un pavimento, considérese la diferencia entre un camino vecinal con una superficie de rodamiento de-- revestimiento y una autopista con pavimento de alta calidad. Al conductor de un vehículo no le importa de que material está construido el pavimento, pero si percibe el rodamiento del vehículo y la velocidad a la que puede circular en forma segura. En el ca-- mino vecinal él transita lentamente y siente el rodamiento más irregular, mientras que en la autopista, transita más rápidamente, con más seguridad y pocas vibraciones del vehículo. Si el conductor tiene prisa por llegar a su destino, la rugosidad del pavimento es un factor muy importante en la seguridad del viaje. Por lo anterior se puede establecer que el diseño de un pavimento no es gobernado por el peso del vehículo, sino que el objeto del pavi-- mento es proporcionar una superficie funcional para la operación segura de los vehículos. Esta analogía representa una diferencia significativa en relación con los análisis de diseño actuales que enfatizan el peso de los vehículos como consideración primaria de diseño.

Objetivos de la construcción de un pavimento.

El objetivo primario de la construcción de un pavimento es, como se dijo anteriormente, proporcionar una superficie para permitir la operación de un tipo especificado de vehículo, para lo cual, pueden mencionarse tres importantes requisitos funcionales:

a) El vehículo debe operarse dentro de un rango de velocidad definido.
b) La rugosidad de la superficie del pavimento no debe generar una vibración en el vehículo arriba de cierto nivel de tolerancia.
c) Debe asegurarse una operación segura de los vehículos.

Además de estos requisitos funcionales, el costo total y la vida del servicio son también factores gobernantes. Un diseño óptimo es el que balancea el costo total incluyendo la inversión de capital y la conservación, contra el comportamiento del pavimento.

Por lo anterior, se puede dar una definición formal de pavimento:

Pavimento: Estructura consistente en una o más capas de material tratado, mediante la cual puede realizarse un tránsito de vehículos rápido, seguro y cómodo; ofreciendo una superficie de rodamiento capaz de soportar las cargas de los vehículos, de los agentes del intemperismo y cualquier otro agente perjudicial.

Entre las características estructurales que debe tener un pavimento se encuentran las siguientes:

a) Debe tener una resistencia y un espesor total suficiente, tanto para soportar las cargas de los vehículos como para transmitir adecuadamente los esfuerzos a las terracerías, de modo que éstas no se deformen de manera perjudicial.
b) Debe prevenir la penetración o la acumulación de agua en el interior.
c) Debe tener una capa superior que sea adecuada para el rodamiento y ser resistente tanto a las cargas de los vehículos como a los agentes del intemperismo.

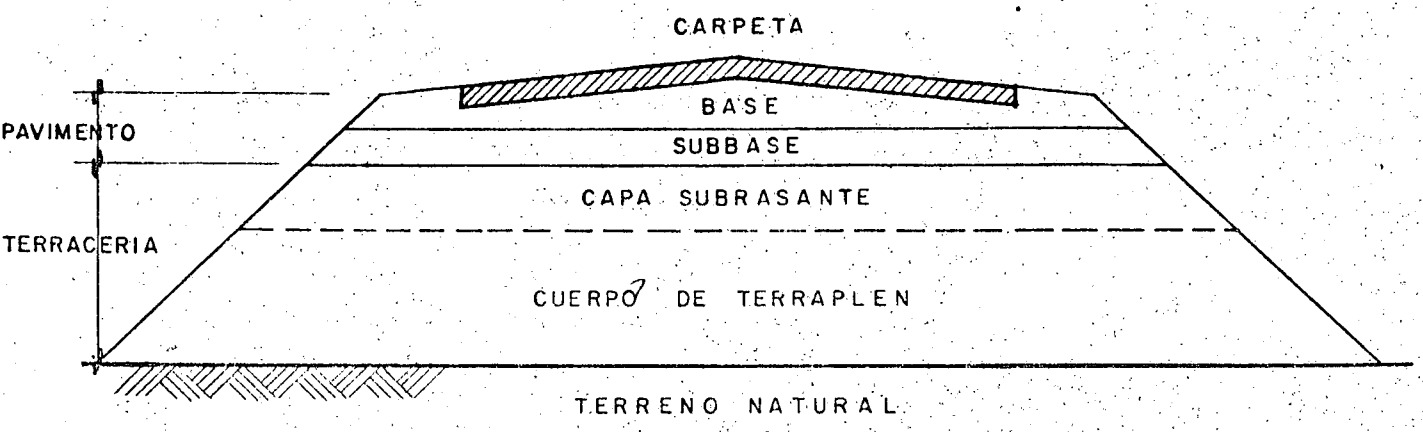
Lo descrito anteriormente difiere de las definiciones convencionales en las que se dice que "la función a priori de un pavimento--- es distribuir las cargas de los vehículos de manera que los esfuerzos que lleguen a la subrasante no excedan la capacidad de soporte de la misma", esto, ha sido la causa de muchas confusiones por los motivos que se explican a continuación:

La expresión anterior es cierta pero ha dado lugar, a que se considere a la subrasante como capa crítica y en algunos métodos de diseño de espesores actuales, se separa la estructura de un camino - en dos, pavimento y terracerias. Los que se diseñan por separado, tomando a la capa subrasante como liga, asignándole un valor arbitrario, lo cual puede conducir a tres diferentes situaciones, que- el pavimento quede bien diseñado, subdiseñado o sobrediseñado. La estructura de un camino, trabaja como una cadena, la cual se rompe por el eslabón más débil, de lo que surge la pregunta ¿ Debido a - qué capa fallará el pavimento ?; La respuesta es que puede ser --- cualquiera, a la que podríamos llamar capa crítica o sea en la --- cual la relación entre la resistencia de la capa y el nivel de esfuerzos a que esta sometida por efectos del tránsito sea más desfavorable. Por lo anterior, se hace énfasis en que el diseño debe-- ser integral, o sea que en lugar de decir diseño de pavimentos, debe ser diseño integral de la estructura vial.

TIPOS BASICOS DE PAVIMENTO.

Existen actualmente dos tipos básicos de pavimento: flexibles y rígidos:

a) Pavimento Flexible



SECCION TIPICA DE UN CAMINO CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN TERRAPLEN

Los pavimentos flexibles estan formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase, la calidad de las capas es descendente hacia abajo; en la figura anterior, se muestra un corte típico de un pavimento flexible en terraplén.

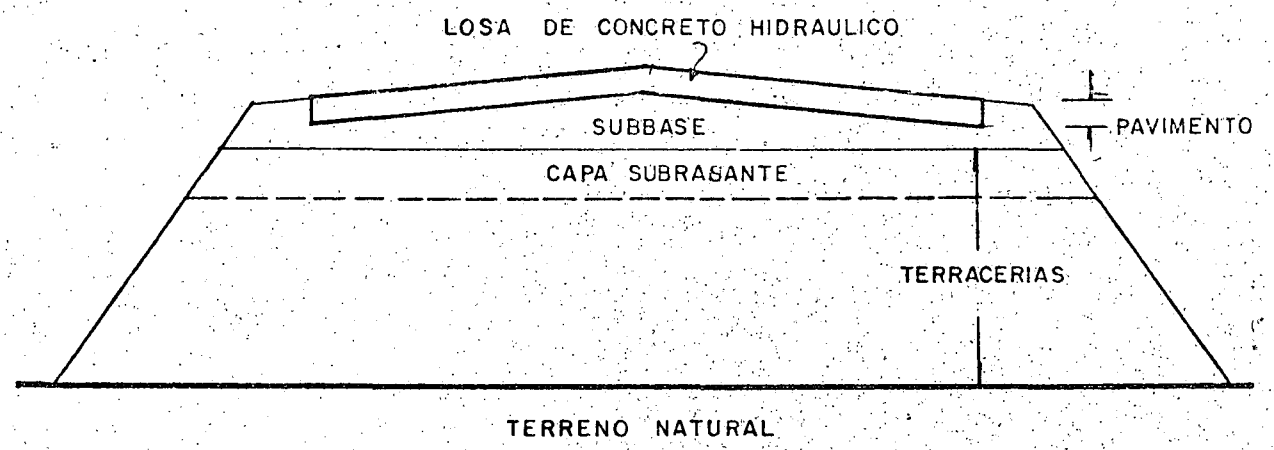
El diseño de pavimentos flexibles; emplea el principio de que una carga de cualquier magnitud, puede disiparse con la profundidad a través de capas sucesivas de material, o sea que la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica al ser transmitida hacia abajo de la superficie, ya que se va repartiendo en una área mayor. Por esa causa, los materiales con progresivamente menor calidad se emplean, conforme aumenta la profundidad.

En resumen, la resistencia de estos pavimentos es el resultado de la acción conjunta del sistema de capas, de manera que en este caso el espesor del pavimento es afectado grandemente por la resistencia de la subrasante.

Enfatizando lo dicho anteriormente, al diseñar un pavimento flexible se debe ir analizando capa por capa, buscando que la resistencia de cada una, sea compatible con el nivel de esfuerzos a que estará sometida, haciendo el análisis para toda la estructura del camino.

El definir generalmente el pavimento flexible como al conjunto de tres capas (carpeta, base y subbase), no pasa de ser una costumbre, ya que, por ejemplo, las diferencias entre base y subbase es la calidad del material, y en ocasiones se colocan capas subrasantes con calidad de subbase o se pueden colocar dos o tres capas de subbase de diferentes materiales, etc. por lo que la definición dada es relativa y depende fundamentalmente, de la manera en que se trabaje y del caso en particular.

b) Pavimento rígido.



SECCION TIPICA DE UN CAMINO CON PAVIMENTO RIGIDO EN TERRAPLEN

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado (subbase)

Estos pavimentos estan regidos por las características estructurales de la losa de concreto, ya que ésta, a causa de su rigidez y alto módulo de elasticidad, tiende a repartir la carga sobre una área relativamente grande del terreno; así la mayor parte de la capacidad estructural lo da la losa, por lo cual el factor principal considerado en el diseño de

pavimentos rígidos es la resistencia del concreto, por esta razón, variaciones pequeñas en la resistencia de la subrasante, tienen poca influencia en la capacidad estructural del camino.

La capa de subbase puede o no existir.

Por lo que se ha visto, la diferencia fundamental entre los dos tipos de pavimentos es en la forma en que distribuyen la carga en las terracerías.

En algunos casos los pavimentos rígidos tienen un recubrimiento bituminoso. El término rígido o flexible es relativo, que tan flexible es un pavimento asfáltico o que tan rígido es un pavimento de concreto hidráulico, es dificil de definir, lo más correcto sería decir pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos asfálticos.

Funciones de las distintas capas de un pavimento.

a) Pavimentos flexibles.

- Carpeta

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además, debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base. Cuando esta hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento. Desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento, es el elemento más importante.

- Base

La base es un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores, los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar-

el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascención capilar.

Las bases pueden construirse de diferentes materiales como:

I) piedra triturada o grava de depósito de aluvión (base hidráulica)
II) Materiales estabilizados con cemento, asfalto o cal.
III) Macadam
IV) Losas de concreto hidráulico

Desde el punto de vista económico, la base permite reducir el espesor de la carpeta que es más costosa.

- Subbase

Una de las funciones principales de la subbase es de carácter económico ya que se usa para disminuir el espesor de material de base (material más costoso). Su función desde el punto de vista estructural es similar a la base.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante, generalmente formada por materiales finos. La subbase más fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

La subbase también se coloca para absorver deformaciones perjudiciales de las terracerías, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Otra función de la subbase es la de actuar como dren para desarojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascención capilar hacia la base, de agua procedente de las terracerías.

b) Pavimentos rígidos

- Losa de concreto hidráulico

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y --- transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen.

- Subbase

La capa de subbase es usada en pavimentos rígidos por las siguientes razones:

I) Control del bombeo
II) Control de las heladas
III) Drenaje
IV) Control de la contracción y expansión de las terracerías
V) Facilidad de construcción.

La subbase proporciona alguna capacidad estructural aunque no se coloca con ese fin, pues la losa debe ser suficiente para soportar las -- cargas y por lo tanto la subbase casi no influye en el espesor de losa en el caso de carreteras e influye muy poco en aeropistas.

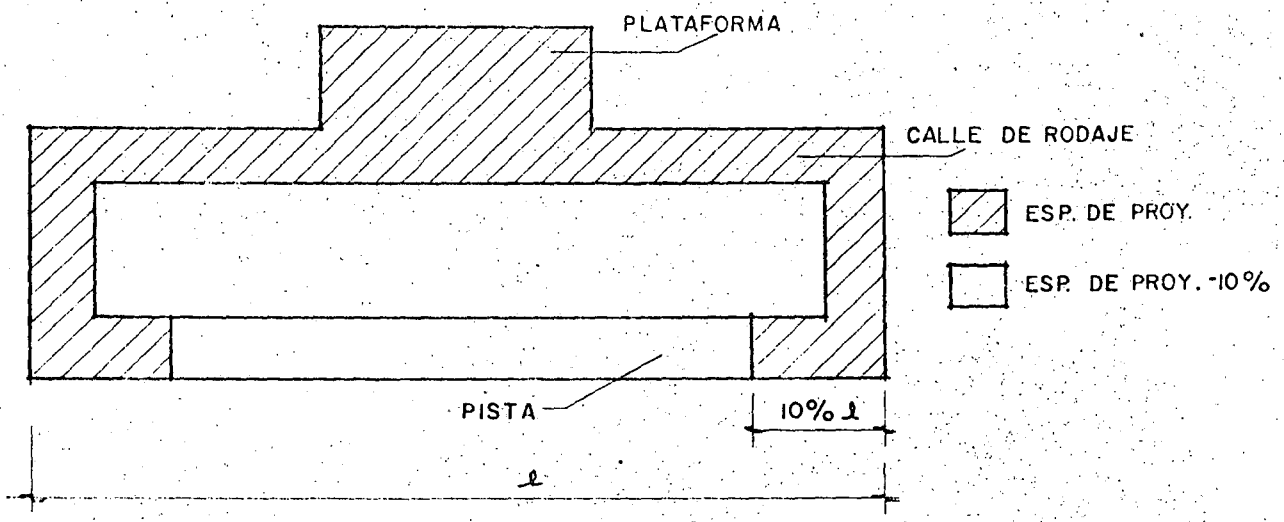
COMPARACIONES ENTRE PAVIMENTOS DE CARRETERAS Y AEROPISTAS.

De acuerdo al uso, los pavimentos se dividen en pavimentos de carreteras y de aeropistas (clasificación más general), ambos tienen diferentes características.

a) Geometria

Desde el punto de vista geométrico, los pavimentos de carreteras son más largos que los de aeropistas; mientras que el ancho de las aeropistas es mayor que los de carreteras ya que los primeros llegan a tener 60m, mientras que los de las carreteras su ancho máximo difícilmente pasa de 21.0 m.

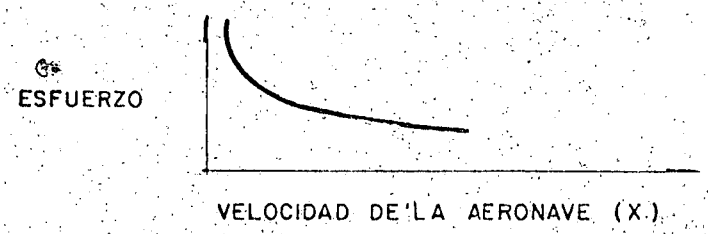
Por otra parte, debido a las cargas grandes de las aeronaves, el espesor de pavimentos de aeropistas es mayor que los de carreteras; y mientras que estos últimos se mantienen practicamente constantes en los de aeropistas no sucede esto, en la práctica actual.



ZONIFICACION TIPICA ACTUAL DE UNA AEROPISTA

La zonificación actual de las aeropistas considera que la situación más crítica es en las partes donde la aeronave está parada y con el motor funcionando, o donde esta estacionada, por lo cual las plataformas de estacionamiento, calles de rodaje y cabeceras de pistas se construyen con un espesor 10% mayor que el resto del pavimento. La justifica

ción de lo anterior lo explicaremos con la siguiente gráfica, válida - para las aeronaves de pistón.



(x) Se considera la velocidad de la aeronave mientras las ruedas es-- tén en contacto con el pavimento. Al aterrizar la aeronave va parcialmente sustentada y el impacto lo sufre la parte superior (carpeta) del pavimento.

b) Cargas

Las cargas que soportan los pavimentos de aeropistas son bastante mayores que las de carreteras, al mismo tiempo el tránsito es mucho más intenso en las carreteras.

Por otra parte, la presión de inflado de las llantas de aeronaves es- de 3 a 5 veces mayor que la de los vehículos.

El tránsito en las aeropistas esta más canalizado que en las carreteras.

TEMA II

M U E S T R E O

I. Es necesario para el correcto diseño de un pavimento, que se cuente con valores de resistencia representativos del tramo en estudio. Para lograr esto se acude frecuentemente a la utilización de valores promedio de muestras obtenidas según cierto patrón de distribución uniforme.

Es sabido sin embargo, que los suelos son en general sumamente variables, aún dentro de zonas muy pequeñas, por lo que se debe pensar en efectuar un muestreo lo más representativo posible, dentro de una cierta formación podemos tener un rango bastante amplio en valores de resistencia, mientras que en otra, las resistencias obtenidas pueden presentar pequeñas variaciones. Se considera conveniente tomar en cuenta a las variaciones propias del suelo durante las etapas de muestreo, para lo cual se puede acudir a criterios estadísticos simples.

En estadística uno de los valores que más se utilizan es la media aritmética que es:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

en donde:

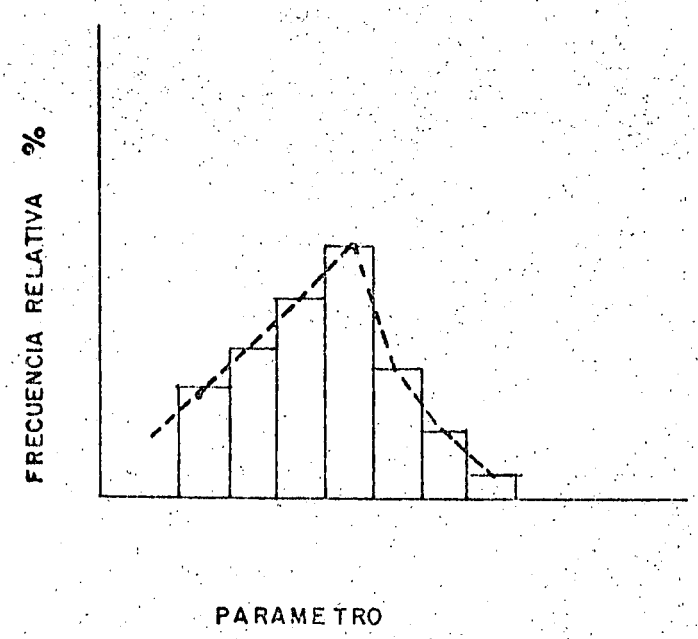
x_i = valor del evento "i"
n = número total de eventos

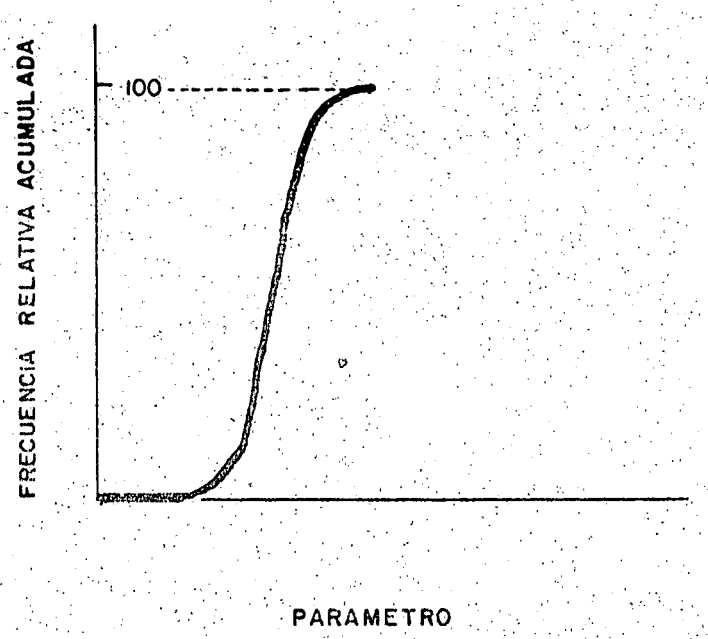
Otro término comunmente empleado es la desviación estándard:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

La desviación estándard da una idea de la dispersión que se tiene en los eventos analizados. Sin embargo, la desviación estándar no nos dice mucho si no tomamos en cuenta al valor promedio ($\bar{x}$), ya que por ejemplo-

CONCEPTOS DE ESTADISTICA





MEDIA = $\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$

DESVIACION ESTANDARD = $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{N}}$

COEFICIENTE DE VARIACION = C.V. = $\frac{\sigma}{\bar{X}}$

FIG.I.0.- Definiciones de Estadistica

podemos tener que las desviaciones estándar de 2 lotes de probetas ensayadas a la comprensión simple, resultan de:

$$\sigma_1 = 20 \text{ kg/cm2} \quad y$$

$$\sigma_2 = 30 \text{ kg/cm2}$$

Aparentemente la población de valores que resultó con σ_1 = 20 kg/cm2, es menos variable que en el caso en que se tiene σ_2 = 30 Kg/cm2, sinembargo, pudiera ser que las medias fueran:

$$\bar{x}_1 = 70 \text{ Kg/cm2}$$
$$\bar{x}_2 = 450 \text{ Kg/cm2}$$

Al observar estos valores se tiene una idea más clara respecto a dispersiones.

Pues por ejemplo si hacemos lo siguiente:

$$C_1V_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{x}_1} = \frac{20}{70} = 0.28$$

$$CV_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{x}_2} = \frac{30}{450} = 0.07$$

Al valor C.V. se le conoce como coeficiente de variación, el cual nos está indicando que en el proceso 2 se tienen menores dispersiones relativas.

A continuación se presenta un ejemplo de muestreo en donde se ve la gran utilidad de la estadística.

Supongamos que se cuenta con el dinero suficiente para efectuar 25 pozos a cielo abierto con extracción de muestras inalteradas y laposterior ejecución de pruebas triaxiales. Se desea que las muestras sean lo más representativas de la zona muestreada, que ha sido dividida en 4 tramos a lo largo del trazo, como se indica en la Figura I.1, y cuyas longitudes son de 140 m, 140m,160m y 150 m. -- respectivamente.

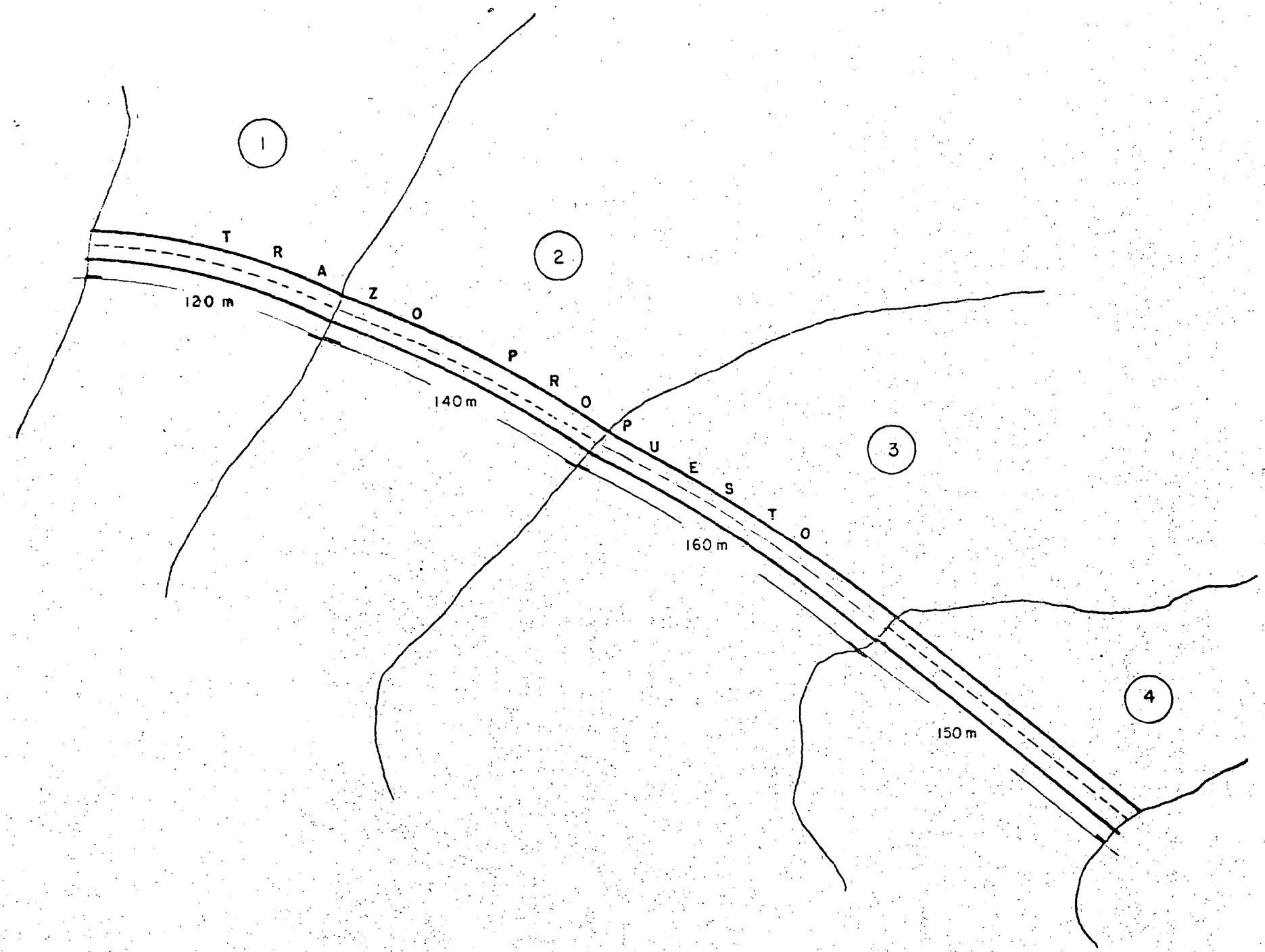


FIG.1.1.- Trazo cruzando diferentes tipos de suelos

Mediante posteadora se tomaron muestras de acuerdo con una distribución uniforme, de tal manera que el número de muestras no fuera menor de 5 - en cada tramo. A los materiales obtenidos se les determinó un Límite - Líquido (LL), Indice Plástico (IP) y el porcentaje que pasa la malla -- No. 200 (% pasa 200). Para cada tramo se calcularon, para cada una de- las propiedades determinadas, los valores de las medias ($\bar{x}$) desviaciones, estándard (σ) y los coeficientes de variación (c.v.), obteniendo los valores indicados en la tabla Número (I.1). Como se puede notar en dicha tabla, se obtienen 3 valores del coeficiente de variación de - acuerdo con las 3 propiedades estudiadas para cada suelo.

En la tabla Número I.2, se muestra la distribución de los sondeos de -- acuerdo con el empleo del coeficiente de variación máximo y en la tabla I.3, de acuerdo con el coeficiente de variación medio.

En la tabla I.4, se muestra la distribución de los sondeos tomando en-- cuenta solamente las distancias. Observando la tabla No. I.5 en donde- se muestran las diferentes distribuciones obtenidas para los sondeos,-- se notará que el empleo de distribuciones uniformes resulta, en unos casos, en distribuciones desventajosas pues por ejemplo en el tramo 2 se- requieren de 12 a 15 sondeos, mientras que si se considera una distribución uniforme solo se requieren 6, lo que no dará una idea de la variación de los suelos en esta zona y en consecuencia el valor de diseño obtenido de dicha zona no será representativo. En tal virtud, el empleo- de la estadística es de mucha utilidad para el mejor aprovechamiento -- del dinero disponible para la etapa de muestreo.

III. SELECCION DE PARAMETROS DE DISEÑO

Una vez que se cuenta con la variación de los parámetros de diseño para cada zona o tramo, gracias a un muestreo racional, el ingeniero se va - afrontando al problema de la selección de algunos de dichos valores para su empleo en el diseño. Pudiera ser que en algún caso, que más bien sería la excepción que la regla, los valores de resistencia obtenidos-- para un cierto tramo fueran muy uniformes por lo que el problema referi

TABLA NUMERO I.1

Suelo	Propiedad	No. de Muestras	Media x	Desviación Estandar	Coeficiente de Variación
1	L.L. (%)	5	36.2	6.0	16.5
	I.P. (%)	5	16.7	4.4	26.4
	Pasa 200	5	86.4	12.2	14.1
2	L L (%)	6	37.0	12.4	61.1
	I P (%)	6	17.5	10.8	69.4
	Pasa 200	6	82.7	19.4	73.9
3	L L (%)	5	37.7	5.9	15.6
	I P (%)	5	17.7	4.9	27.9
	Pasa 200	5	84.6	11.2	13.2
4	L L (%)	6	36.5	5.5	15.1
	I P (%)	6	17.1	4.0	23.3
	Pasa 200	6	80.9	11.1	13.7

TABLA NUMERO I.2

Distribución de los sondeos con base en el coeficiente de variación máximo para cada grupo.

Suelo	Longitud m.	Coef. Máx. de variación	Factor de muestreo	Número de muestras necesarias
(A)	(B)	(C)	(B) (C)	
1	120	26.4	3170	3.7
2	140	73.9	10350	12.0
3	160	27.9	4470	5.2
4	150	23.3	3500	4.1
			21490	25.0

Ejemplo: $\frac{3170}{21490} = 25 = 3.7$

EL V. R. S. DE DISEÑO DEPENDE DE:

1.- $\bar{x} = \frac{\Sigma (V.R.S.)_i}{n}$ Media

2.- $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma [(V.R.S.)_i - \bar{x}]^2}{n}}$ Desviación estándar

3.- $C.V. = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ Coeficiente de variación

4.- Nivel de Confianza

5.- Costo Relativo = $\frac{\text{Costo de Mantenimiento}}{\text{Costo de Conservación}}$

6.- Tránsito

7.- Clima

8.- Drenaje

9.- Calidad de construcción, etc.

TABLA II.1

do no existiría. El caso más frecuente es que se presenten variaciones de cierta consideración en los valores de resistencia obtenidos para cada tramo o banco.

Supongamos que para un cierto tramo se obtienen los siguientes datos de V.R.S. (valor relativo de soporte que es la relación, expresada como porcentaje, que existe entre la resistencia que el suelo en estudio opone a la penetración de un pisón estándard y la opuesta por una grava de buena calidad):

V.R.S.	Rango	No. de valores	% Rel.	% acum.
7,6,3,4,5.	0 - 2.0	2	15.4	15.4
8,5,1,4,5.	2.1- 4.0	4	30.8	46.2
5,4,2,10.	4.1- 6.0	4	30.8	77.0
	6.1- 8.0	2	15.4	92.4
	8.1-10.0	1	7.6	100.0
		13	100.0	

Graficando los rangos obtenidos contra los porcentajes acumulados se obtiene la curva de la figura II.1. En esta figura tenemos una representación gráfica de la variación de los V.R.S. en el tramo considerado. Pensando ahora en el diseño, podriamos seleccionar al V.R.S. correspondiente al percentil 10 (ver Fig. II.1) en cuyo caso el valor de diseño sería aproximadamente de V.R.S. = 1%, o bien podriamos seleccionar al percentil 90 (90% de los valores son iguales o menores al considerado) en cuyo caso el valor de diseño sería aproximadamente de 7%, una alternativa más podría ser el percentil 50 en cuyo caso el valor de diseño sería aproximadamente 3%.

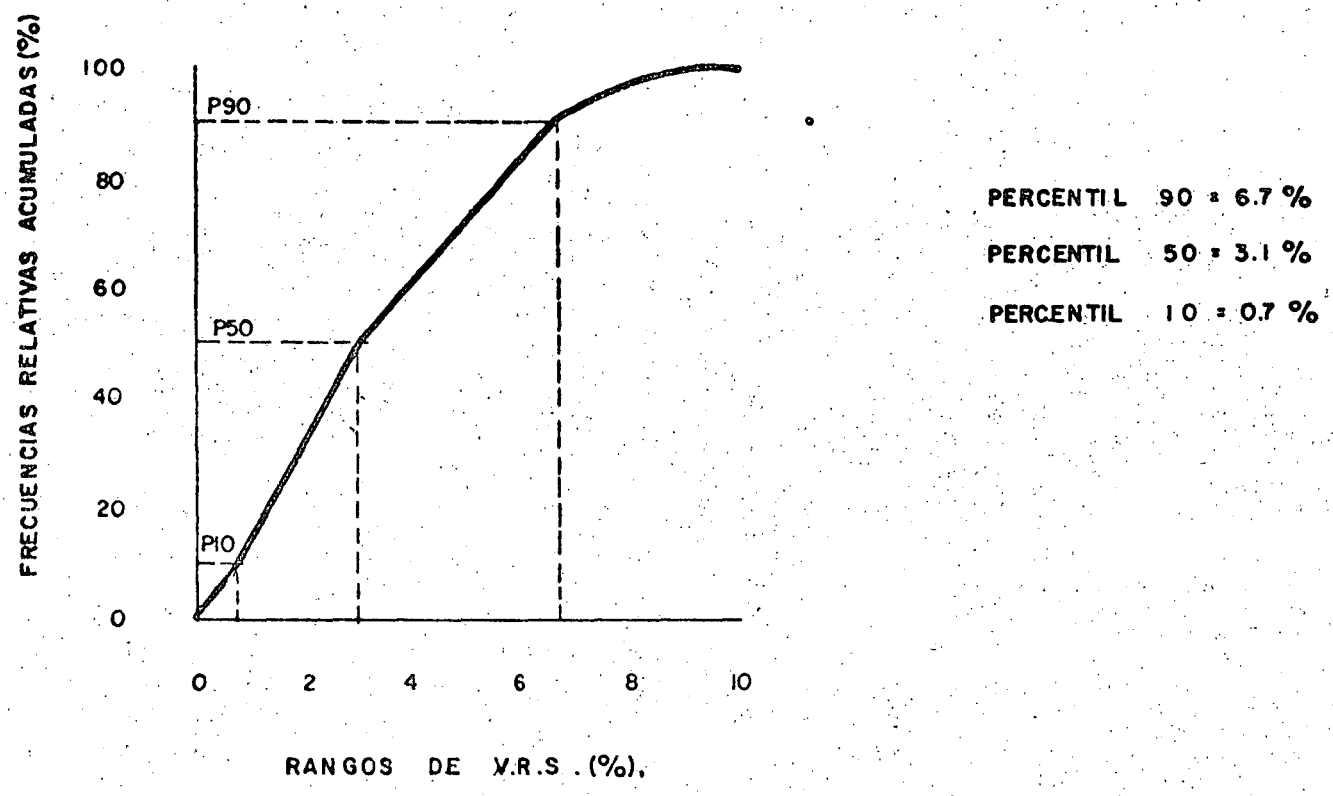


FIG.II.1.- Histograma de Frecuencias Relativas Acumuladas

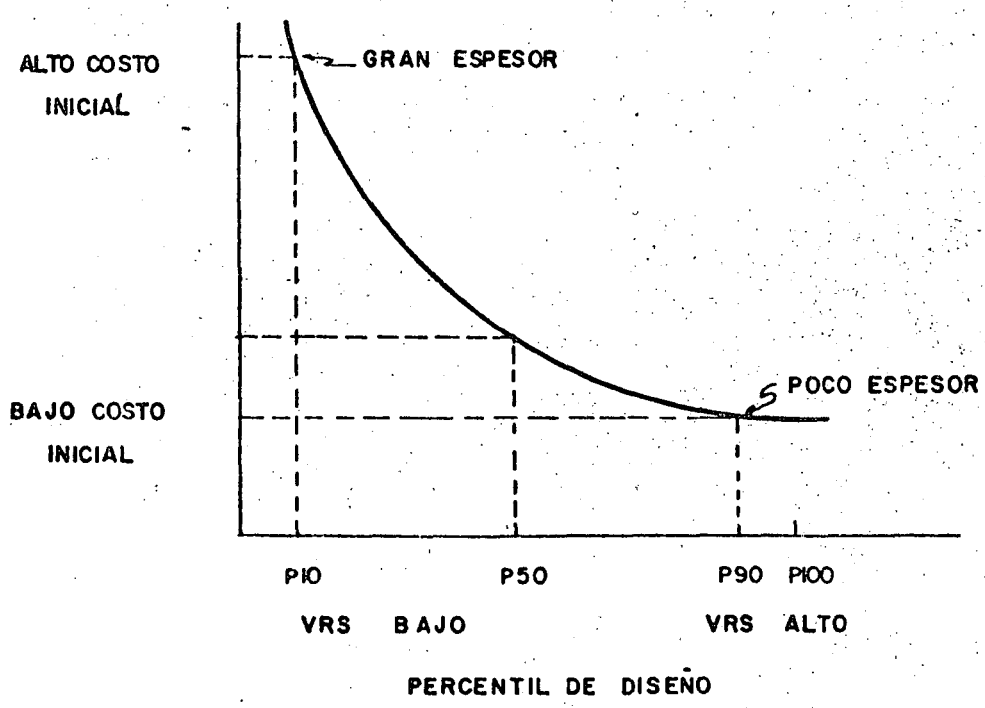


FIG.II.2.- Relacion Costo Inicial VS. Percentil de Diseño

Ahora bien, según se indica en la Figura II.1, el hecho de escoger un valor tan bajo como el correspondiente al percentil 10, es decir un V.R.S. = 1.0, hará que se requiera un gran espesor de pavimento y en consecuencia el costo de construcción será alto;si se selecciona un percentil tan alto como 90, se requerirá un espesor pequeño, lo que significará un bajo costo de construcción inicial. En la Figura II.2 se muestra en forma cualitativa a la variación de los costos de construcción inicial para los correspondientes percentiles de diseño.

Es un tanto obvio que el espesor requerido para un pavimento es función inversa de la resistencia del suelo de cimentación, a igualdad de otros parámetros como pueden ser el tránsito, clima, etc. En la Figura II.3 se presenta la gráfica de frecuencias relativas contra rangos de resistencia de la variación de V.R.S., vista anteriormente. Designando a los percentiles P_{10}, P_{50}, P_{90}, como puntos b, a y c, respectivamente, se tiene que si se considera el punto "b" para el diseño, el pavimento quedará bien diseñado solo en aquellos puntos en que el V.R.S. sea del orden de 1%; como estos valores representan al 10% del total de valores, se tiene que en el 90% restante el pavimento quedará sobrediseñado. En lo que respecta al punto "c", se tendría que el pavimento quedaría bien diseñado solo en aquellos puntos en que el V.R.S. fuera alto y subdiseñado en la mayor parte del tramo en donde se tienen valores menores. Escogiendo un valor promedio, punto "a", se tendría que el pavimento quedaría subdiseñado en la mitad del tramo en consideración y sobrediseñado en la otra mitad. Desde luego lo anterior significa que el espesor requerido para el percentil 10 es mayor que el requerido para el percentil 50 y este a su vez es mayor que el espesor necesario para el percentil 90.

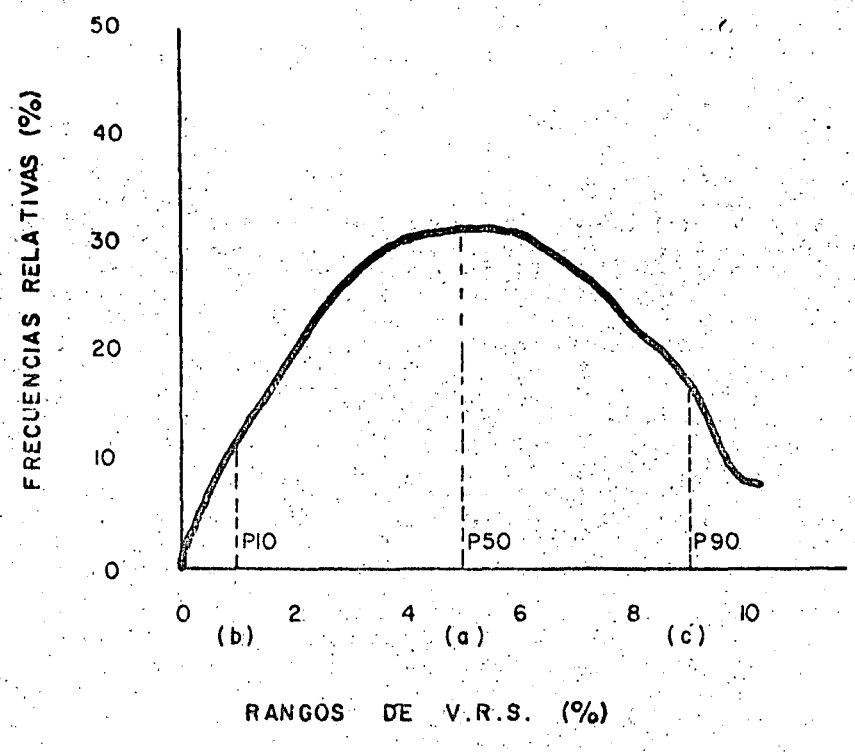
Es práctica común evaluar a los pavimentos de acuerdo con el criterio de la AASHO , que consiste en calificarlos con valores de 0 a 5, dando la calificación mínima para un pavimento practicamente intransitable mientras que la más alta, correspondería a un pavimento en excelentes-

condiciones. Se fija una cierta calificación como nivel de rechazo, la cual cuando es alcanzada indica que el pavimento ha llegado a su funcionalidad mínima y requiere de reparaciones. Esta calificación actual la pueden llevar a cabo los mismos usuarios del camino.

Refiriéndonos nuevamente a las 3 posibilidades para la selección de un valor de diseño (P_{90}, P_{50} ó P_{10}), se tiene que cualquiera que haya sido el valor seleccionado, inicialmente pudimos haber logrado la misma calificación para los 3 casos (4.5 en nuestro problema) como se muestra en la Figura II.4. Sin embargo, debido a que el espesor en "b" es mayor que el espesor en "a" y mayor que el espesor en "c", esto tendrá que reflejarse forzosamente en el comportamiento del pavimento de tal manera que el primer pavimento en alcanzar el nivel de rechazo será el pavimento "c". Es decir que la vida del pavimento "c", será menor que la del "a" y ésta a su vez menor que la del "b"

Ahora bien, supongamos que hemos considerado una vida de diseño total de "m" años, (ver la Figura II.4); para llegar a esta vida el pavimento "c" requerirá de fuertes gastos de conservación, no así el pavimento "b". Por otro lado, hay que recordar que el costo inicial del pavimento "b" fue el mayor de todos.

Lo anterior nos conduce a un compromiso como el ilustrado en la Figur II.5, en donde se muestra que tomando en cuenta tanto el costo inicial como el de conservación se puede obtener un valor óptimo tomando en cuenta a las alternativas que nos plantean los diferentes percentiles de diseño, tarea que es en realidad bastante laboriosa, pero que con la ayuda de la ingeniería de sistemas se puede resolver en forma racional.



ESPESOR = f ($\frac{1}{\text{RESISTENCIA}}$, TRANSITO, CLIMA, ETC...)

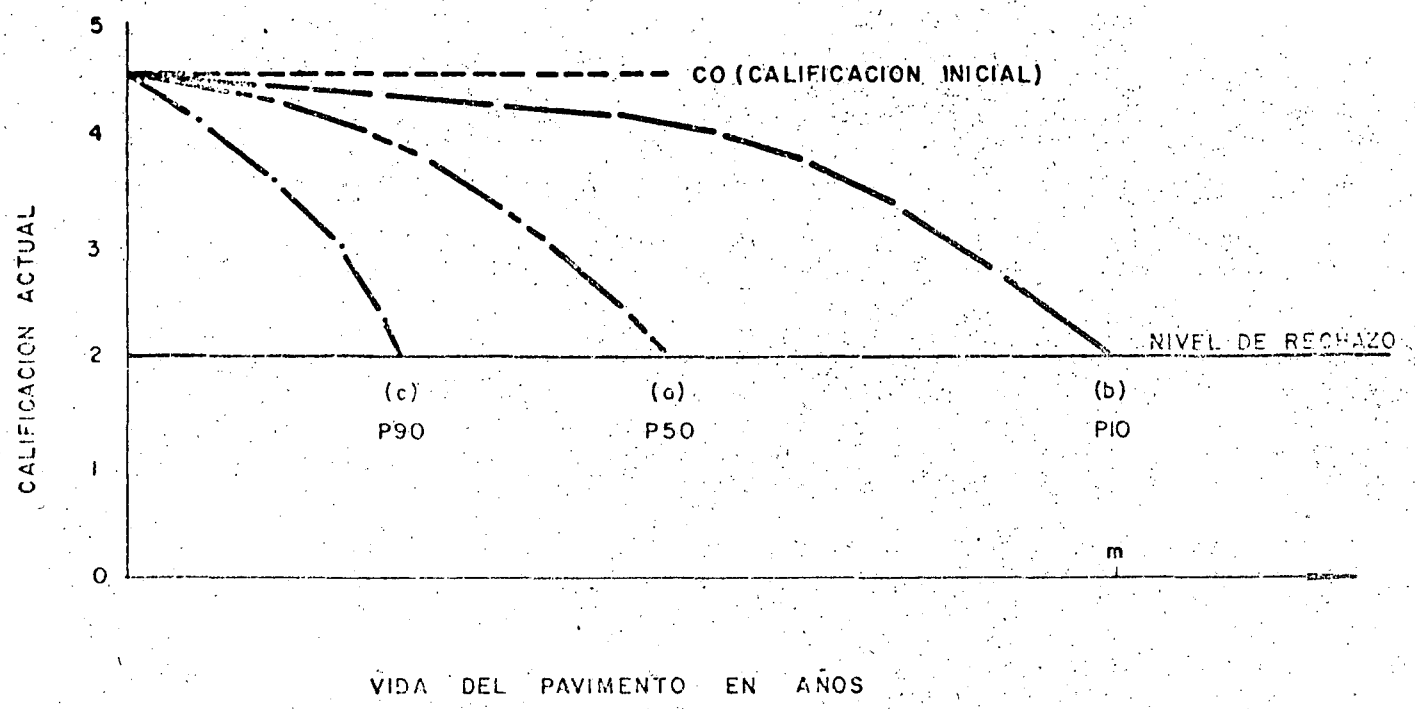
(a) MITAD SOBREDISEÑADO , MITAD SUBDISEÑADO (P 50)

(b) MAYOR PARTE SOBREDISEÑADO (P10)

(c) MAYOR PARTE SUBDISEÑADO (P90)

ESPESORES : $T_b > T_a > T_c$

FIG. II. 3.- Relaciones de Diseño



ESPESOR : $T_b > T_a > T_c$

VIDA $_c$ < VIDA $_a$ < VIDA $_b$

COSTO DE CONSTRUCCION : $CC_b > CC_a > CC_c$

COSTO DE CONSERVACION : $MC_b < MC_a < MC_c$

FIG. II. 4 - Variación, con el tiempo, en el comportamiento de un pavimento

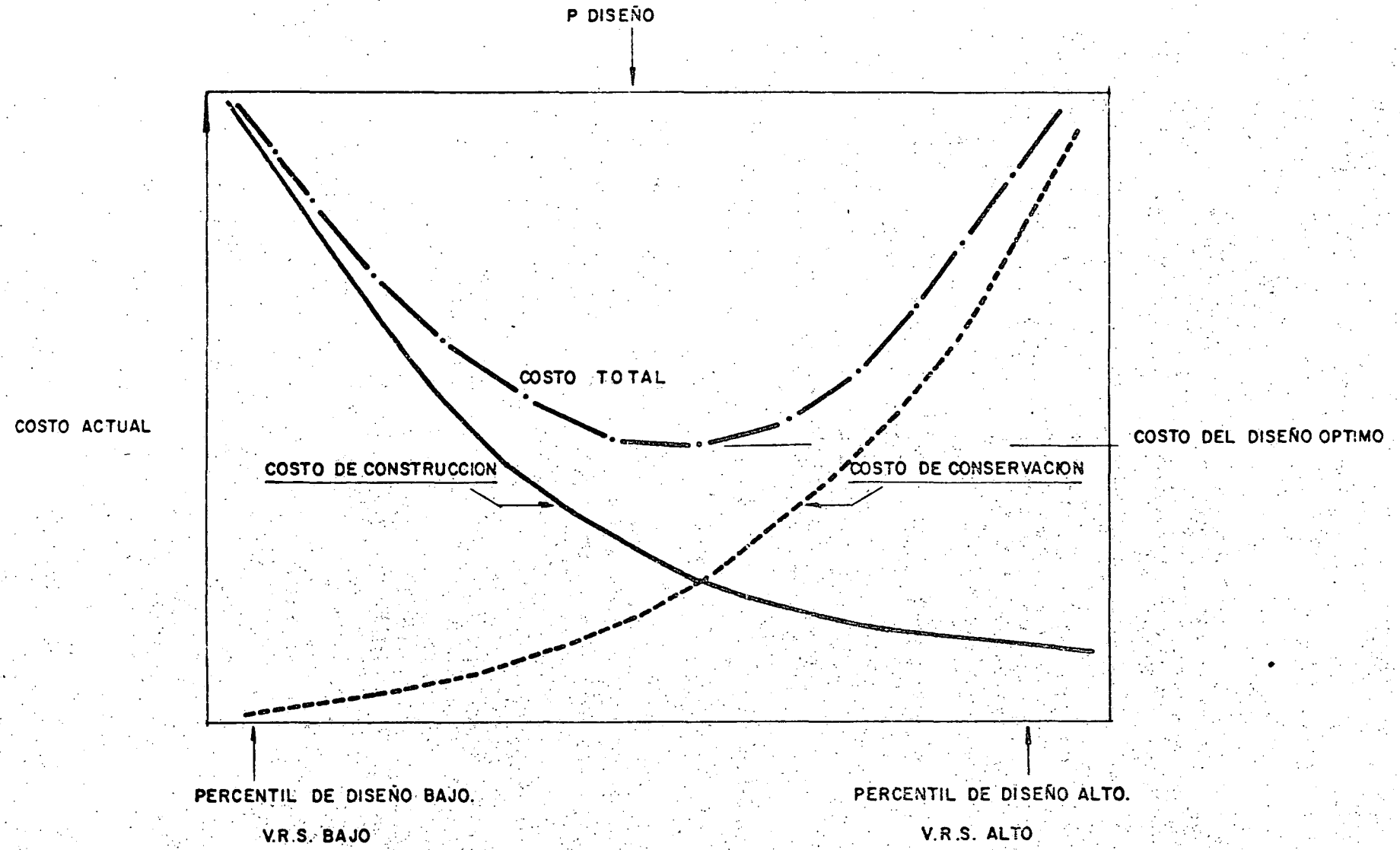


FIG. II.5.- Diseño Optimo en cuanto a Costos

EL V. R. S. DE DISEÑO DEPENDE DE:

1.- $\bar{x} = \frac{\Sigma (V.R.S.)_i}{n}$ Media

2.- $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma [(V.R.S.)_i - \bar{x}]^2}{n}}$ Desviación estándar

3.- $C.V. = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ Coeficiente de variación

4.- Nivel de Confianza

5.- Costo Relativo = $\frac{\text{Costo de Mantenimiento}}{\text{Costo de Conservación}}$

6.- Tránsito

7.- Clima

8.- Drenaje

9.- Calidad de construcción, etc.

TABLA II.1

CONSIDERAR PERCENTILES DE DISEÑO MENORES SI:

1.- Se tiene gran variabilidad en los suelos

2.- Desviaciones muy costosas

3.- Procedimiento de construcción, inadecuado

4.- Control deficiente

5.- Costos de mantenimiento altos

6.- Tránsito muy intenso

7.- Factores políticos o criterios de decisión.

TABLA II.2

Como se ha visto hasta ahora el V.R.S. de diseño depende del V.R.S. promedio ($\overline{VRS}$), del coeficiente de variación en el valor del V.R.S. y del nivel de confianza que se desee en la representatividad del V.R.S. seleccionado. Depende el valor de diseño también de la relación que se admita entre el costo de mantenimiento y el costo de construcción inicial, así como de otros factores como el tránsito, el clima, condiciones de drenaje, etc.

Se ha llegado a recomendar utilizar percentiles de diseño bajos si:

- Se tiene gran variabilidad en los suelos
- No se quieren tener problemas de desviaciones durante las reconstrucciones.
- Los procedimientos de construcción son inadecuados o deficientes.
- Los costos de mantenimiento pueden ser muy altos.
- El tránsito será muy elevado.

En lo que respecta a resistencia, se hizo referencia al caso especial del V.R.S. pero debe tenerse presente que en la misma forma se podría tratar de resultados de pruebas de placa, triaxiales, etc.

IV. SUELOS FINOS.

A) COMPACTACION DE LABORATORIO

Actualmente se cuenta con un gran número de técnicas de laboratorio para compactar suelos finos pero en general pueden distinguirse 4 formas fundamentales, a saber:

- Compactación Estática
- Compactación Dinámica, o por impactos
- Compactación por amasado
- Compactación vibratoria

La Compactación Estática, (Figura III.1), consiste en la aplicación de una carga sobre una placa de distribución de cargas que se encuentra colocada sobre el suelo a compactar previamente introducido en el molde, de tal manera que para compactar al suelo se le comprime (Referencias 1 y 2)

La Compactación Dinámica (FiguraIII.2) consiste en la aplicación, mediante impactos, de una energía a un suelo previamente colocado dentro de un molde de compactación. Se deja caer un pisón estandarizado sobre el suelo a compactar; se regula tanto la altura de caida,como el número de golpes a aplicar, el número de capas y el volúmen del molde. Algunos de los procedimientos más usuales para compactar suelos mediante impactos son los métodos AASHO, Cuerpo de Ingenieros, Proctor Estándard y Método de Texas (Referencia 2)

El método de compactación por amasado (Figura III.3) consiste en la aplicación de un pisón calibrado sobre un suelo que previamente ha sido colocado dentro de un molde; el pisón desciende con relativa lentitud, hasta quedar en contacto con la superficie del suelo, continúa descendiendo y cuando el suelo presenta una resistencia a la penetración igual a la de la calibración del pisón, éste sube para aplicar una nueva presión en otra zona del suelo. Dos ejemplos de este tipo de compactación son la compactación mediante el procedimiento de Hveem y el Método Harvard. (Referencia 2).

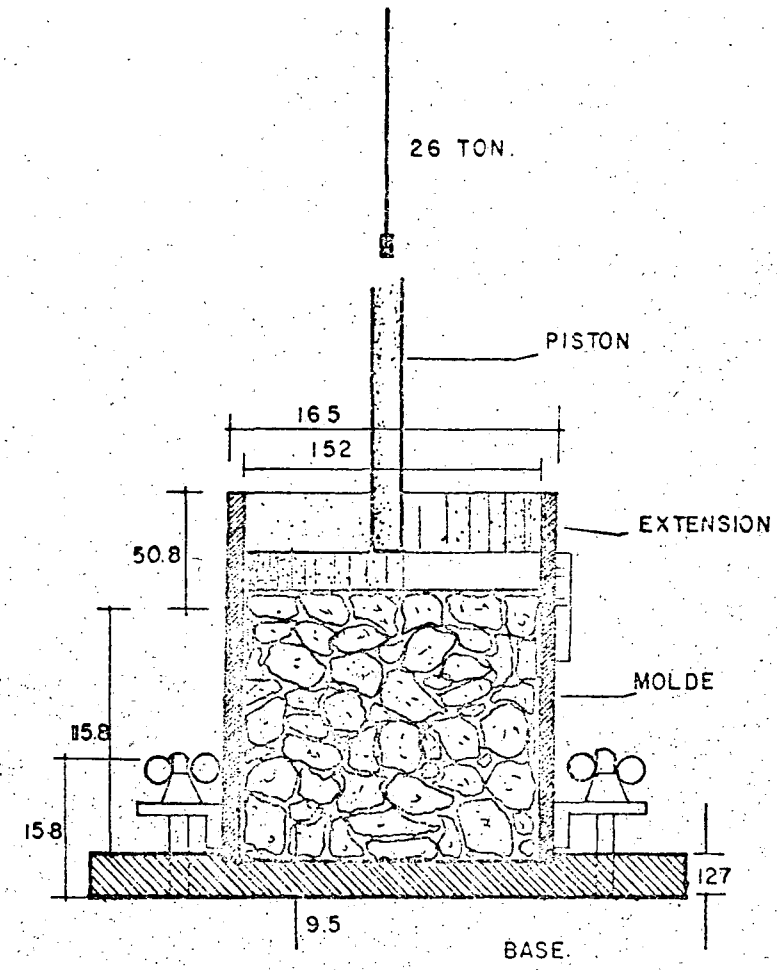


FIG. III.1.- Compactacion por Carga Estatica

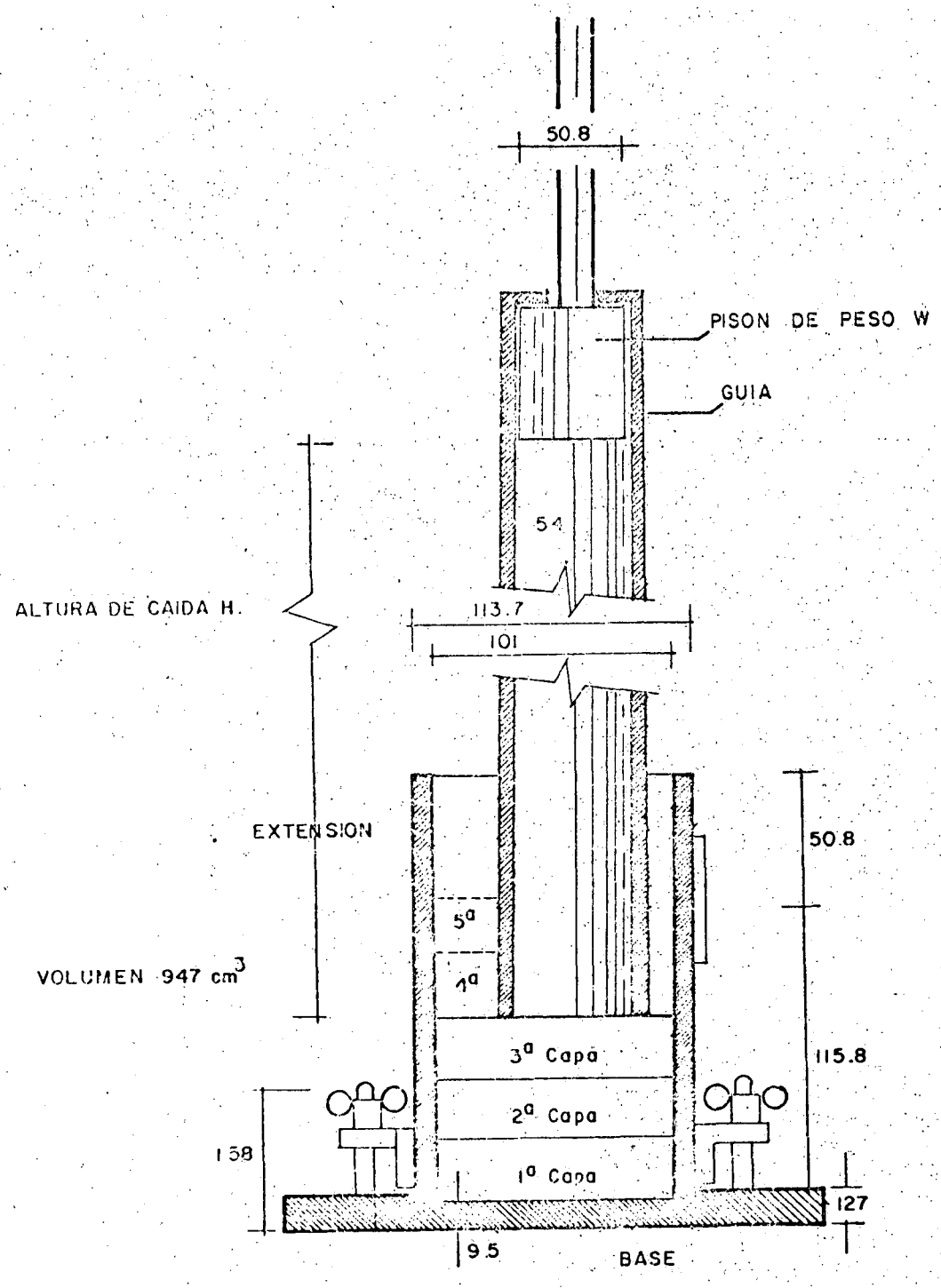


FIG.III. 2.- Compactacion por Impactos.

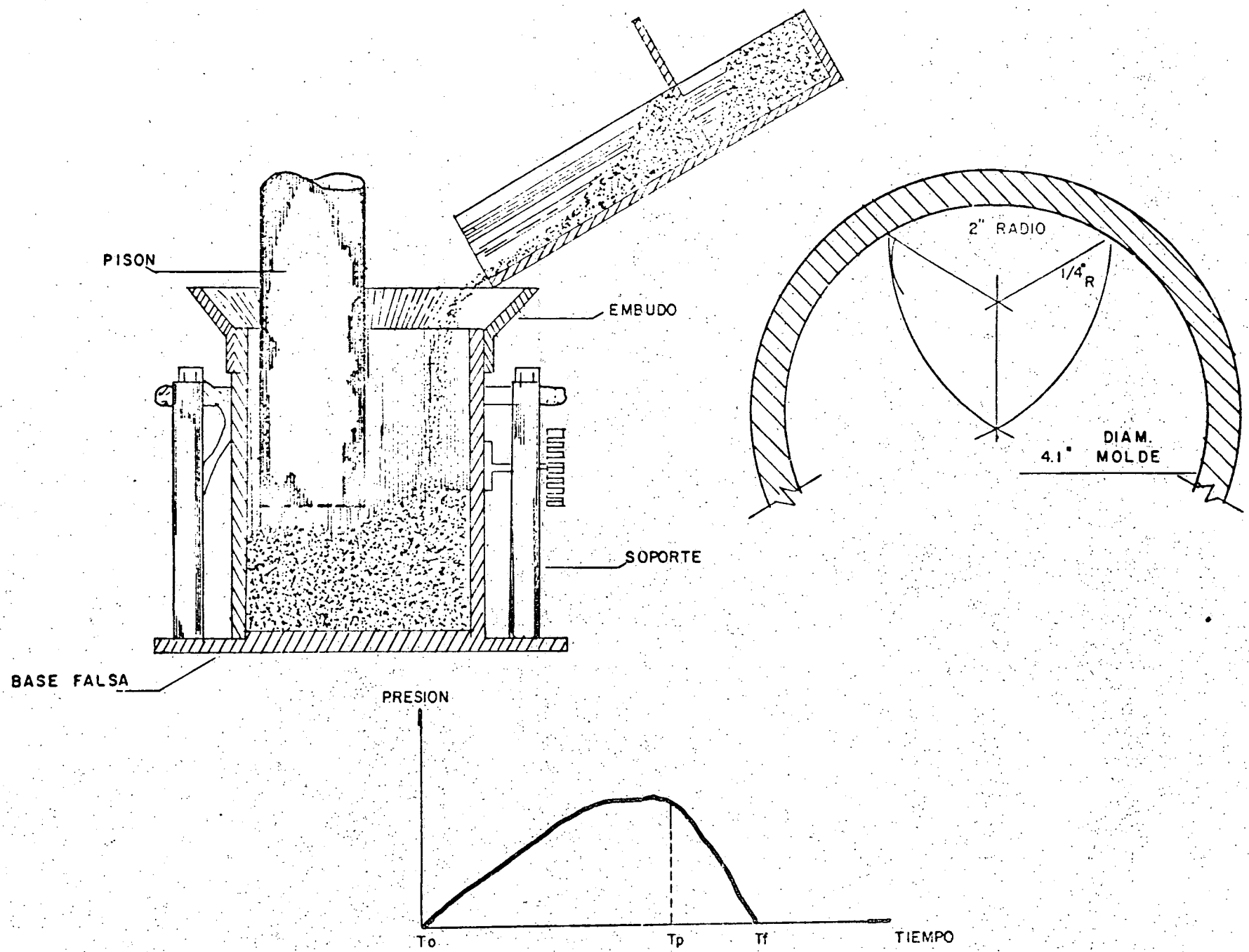


FIG. III. 3 - Procedimiento de Compactacion por Amasado

Un tipo diferente de compactación por amasado es el ideado por el Departamento de Texas California, consistente en una acción de remoldeo confinado. En la Figura III.4 se muestra la máquina utilizada para este procedimiento y en la Figura III.5 se muestra en detalle al sistema de compactación, que consiste de un molde adosado a un bastidor el cual tiene en su parte inferior un marcador que traza los desplazamientos del molde sobre un girograma. El especimen se encuentra confinado tanto vertical como horizontalmente. Se hace girar la ménsula superior lo que produce la acción de moldeo en el especimen. La amplitud del desplazamiento registrado en el girograma será un inidicio de lo plástico que se encuente el suelo dentro del molde, lo cual se referencía con el peso volumétrico y la humedad óptima. Si el desplazamiento es constante, la humedad que contenga el suelo será menor que la óptima para esta energía, si el desplazamiento se incrementa rápidamente la humedad es excesiva (Referencia 3)

El procedimiento de compactación vibratoria resulta aplicable a suelos más bien gruesos aunque también puede dar buenos resultados en el caso de suelos finos no cohesivos como arenas muy finas, arenas uniformes, etc. Sin embargo en estos suelos es necesario, para tener éxito en su compactación, que se encuentren totalmente secos o saturados pues de otro modo, pueden presentarse tensiones capilares entre los granos lo que impedirá su compactación efectiva. En la Figura III.6 se muestra el dispositivo de laboratorio especificado por la ASTM para la compactación por vibración (Referencia 4). El aparato consiste de una mesa vibratoria montada sobre un bastidor mediante un sistema de amortiguamiento; sobre la mesa se coloca el molde que contendrá al suelo en su interior. Sobre el suelo se coloca un cilindro de acero para producir confinamiento vertical. En la parte inferior de la mesa se encuentra adosado un electromagneto al cual se le puede controlar tanto la amplitud de oscilación como su frecuencia.

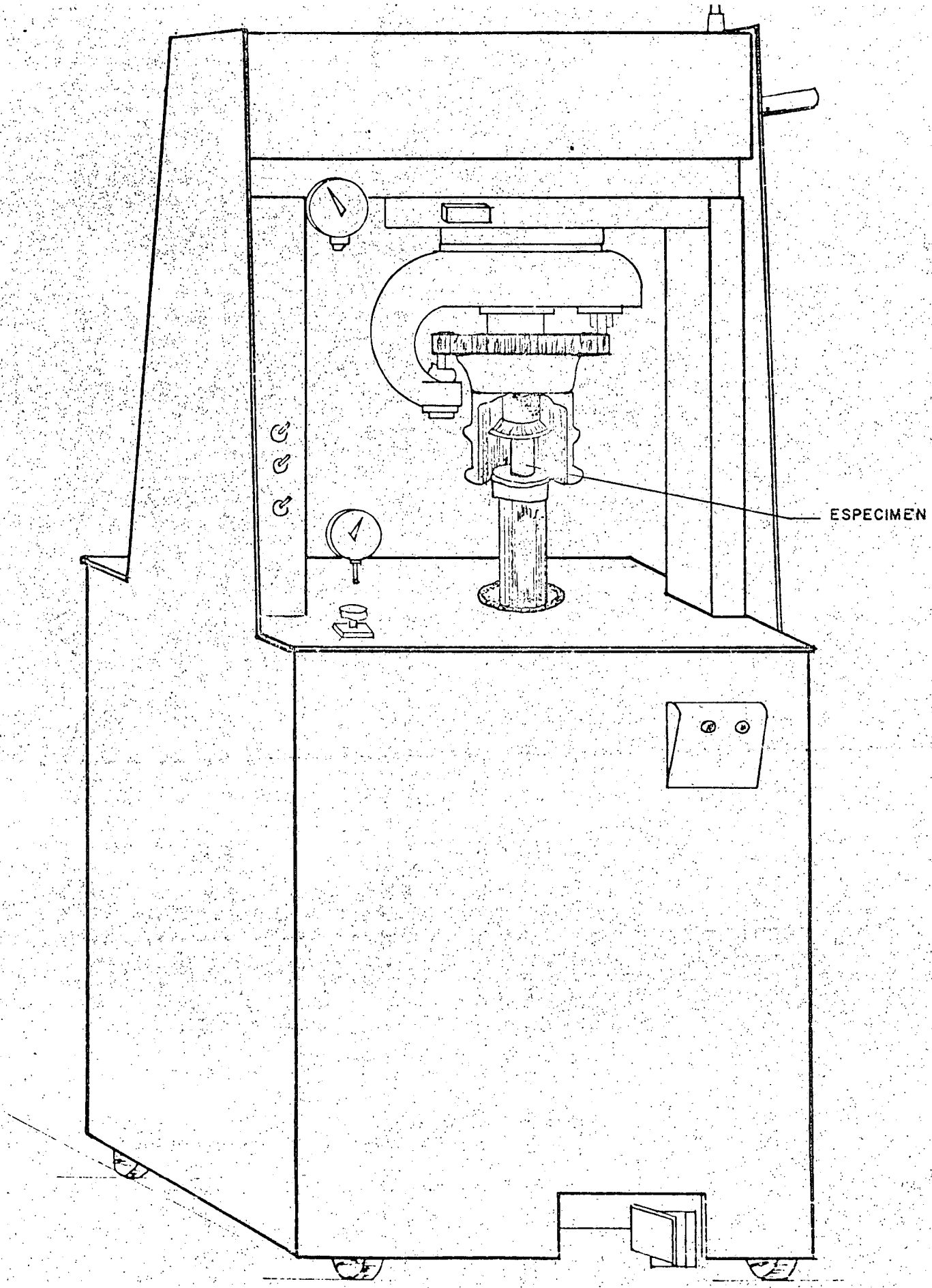


FIG. III.4.- Maquina Giratoria de Texas

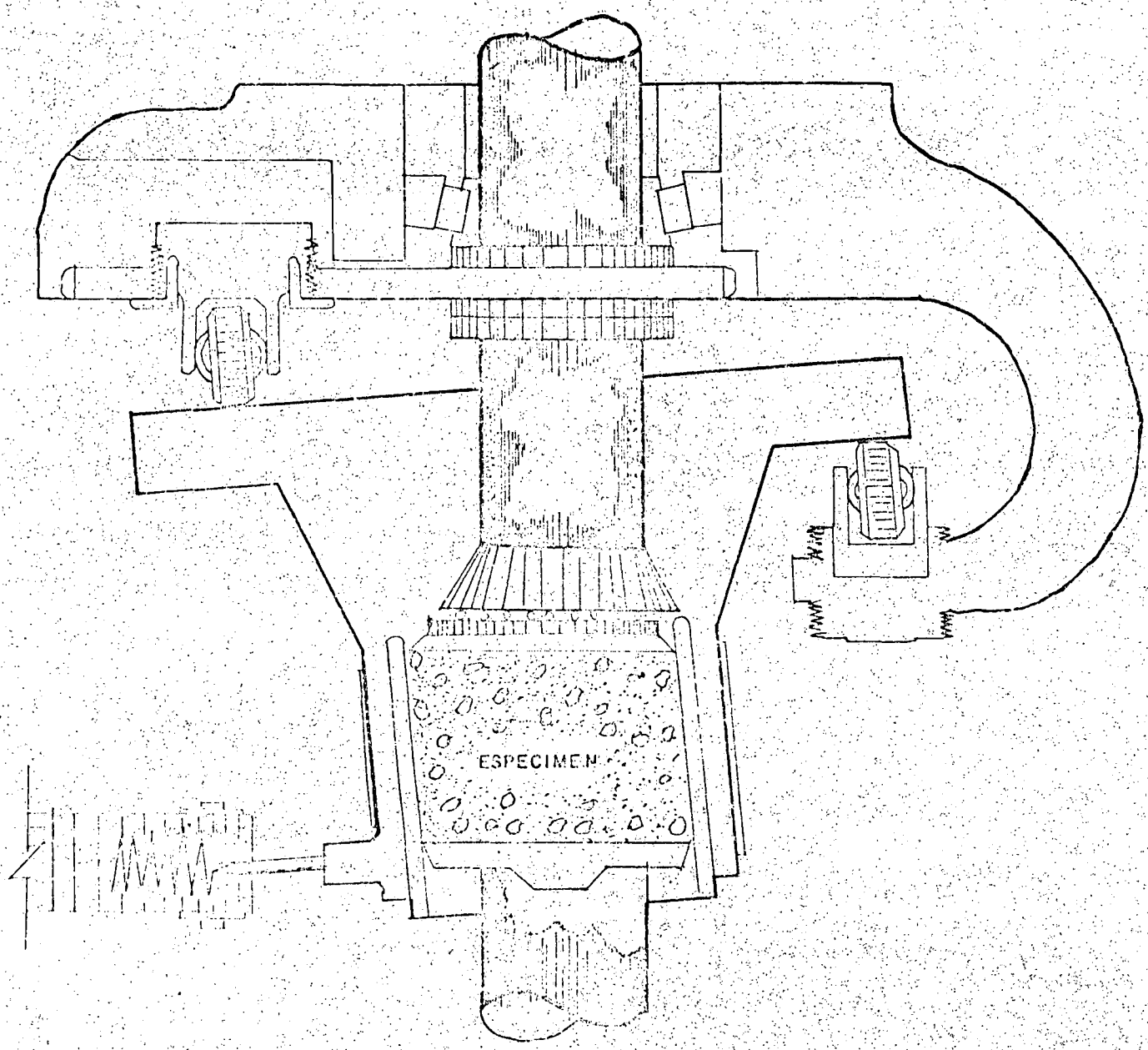


FIG. III 5 - Dispositivo esquematico de la maquina de compactacion giratoria.

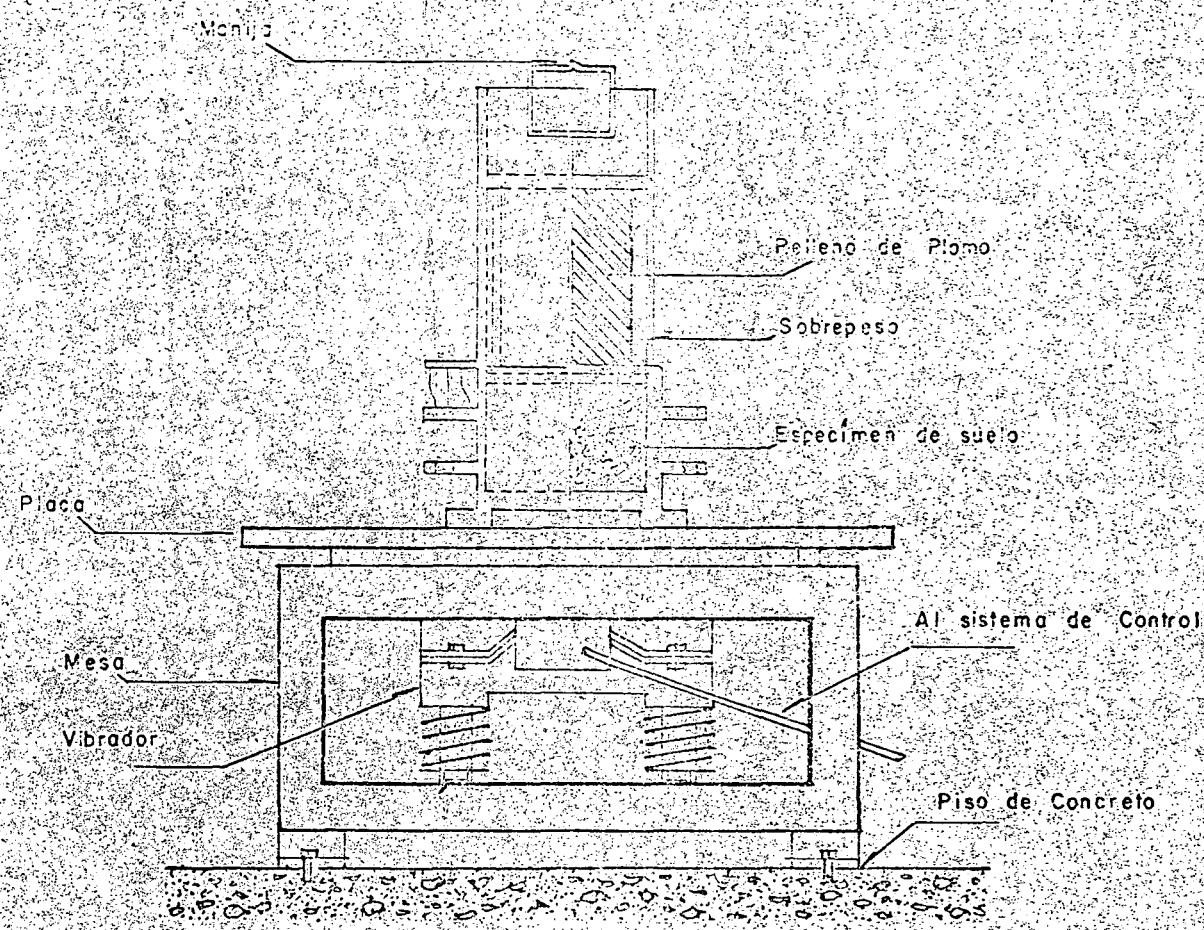


FIG. III 6.- Aparato de compactacion vibratoria tipo ASTM

Cualquiera que sea el procedimiento de compactación empleado, en-- general, las curvas de peso volumétrico seco " γ_d " contra humedad de compactación " ω " adoptarán la forma ilustrada en la Figura - III.7, es decir que se tendrá una rama ascendente y una rama des-- cendente para cada energía de compactación, manifestándose un peso volumétrico máximo a una cierta humedad designada como "humedad óptima". Como se ve en la Figura III.7, la energía de compactación- tiene una influencia decisiva tanto en los pesos volumétricos como en la humedad de compactación, por lo que es muy conveniente que - la prueba que se emplee para el control de la compactación sea compatible con la forma de compactación de campo, pues como se muestra en la Figura III.8 resultaría un tanto antieconómico tratar de lo-- grar los pesos correspondiente a la curva I, con un cierto rodillo- que produce en unas 6 pasadas un peso volumétrico semejante al obtenido con la energía correspondiente a la curva IV.

B) COMPACTACION DE ARCILLAS

Es ampliamente reconocido el hecho de que las arcillas estan constituidas por laminillas o agujas o tubillos microscópicos, presentándose en las superficies de las partículas, fuerzas eléctricas que-- producen fuertes atracciones de unas partículas con otras (Referencias 5 y 6). Dependiendo de un gran número de efectos físico-químicos, las partículas arcillosas se pueden unir según diferentes orientaciones, pero como quiera que sea siempre forman una cierta estructura fuertemente unida gracias a fuerzas eléctricas.

Si secamos perfectamente a un suelo arcilloso y posteriormente lo - compactamos mediante impactos con una energía alta, obtendremos lo- indicado como punto "F" en la Figura III.9. Los pequeños grumos arcillosos estarían constituidos por arcillas fuertemente estructuradas. Si el suelo es compactado con una energía más baja (punto A), los grumos se agruparían menos. A medida que empezamos a agregar - agua, por su carácter dipolar, satisface las cargas eléctricas existentes en la superficie de algunas partículas permitiendo que se de-

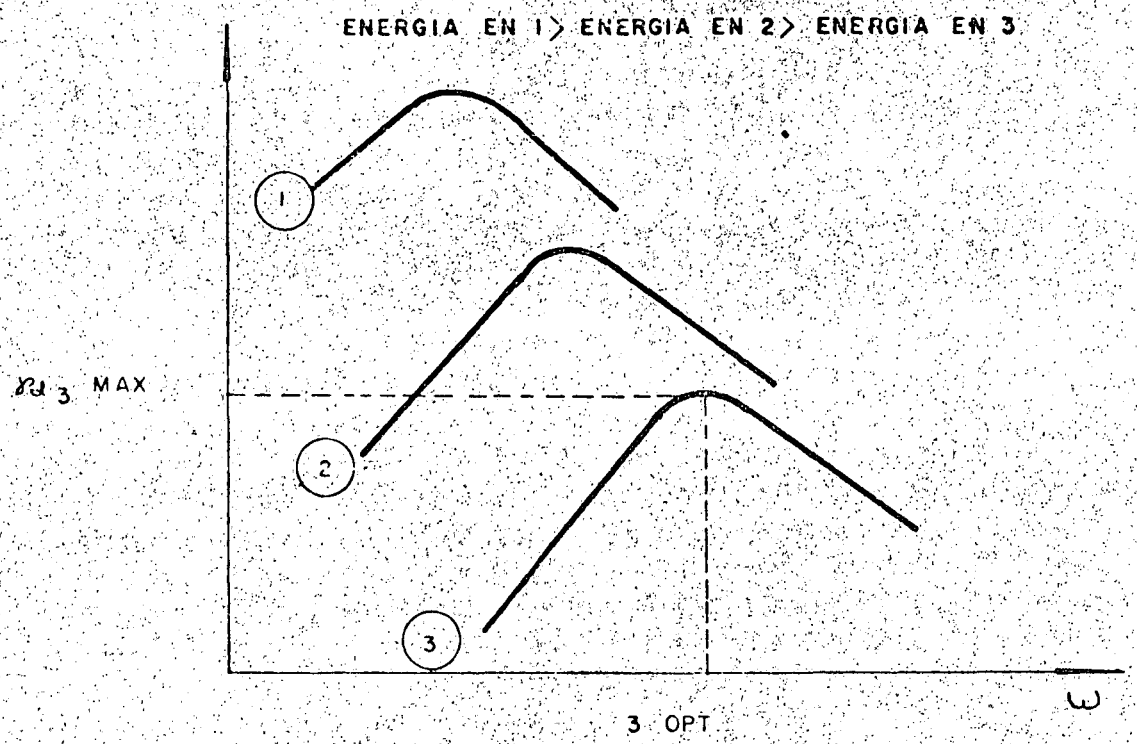


FIG.III.7- Curvas γ_d vs ω, para diferentes energias de compactacion

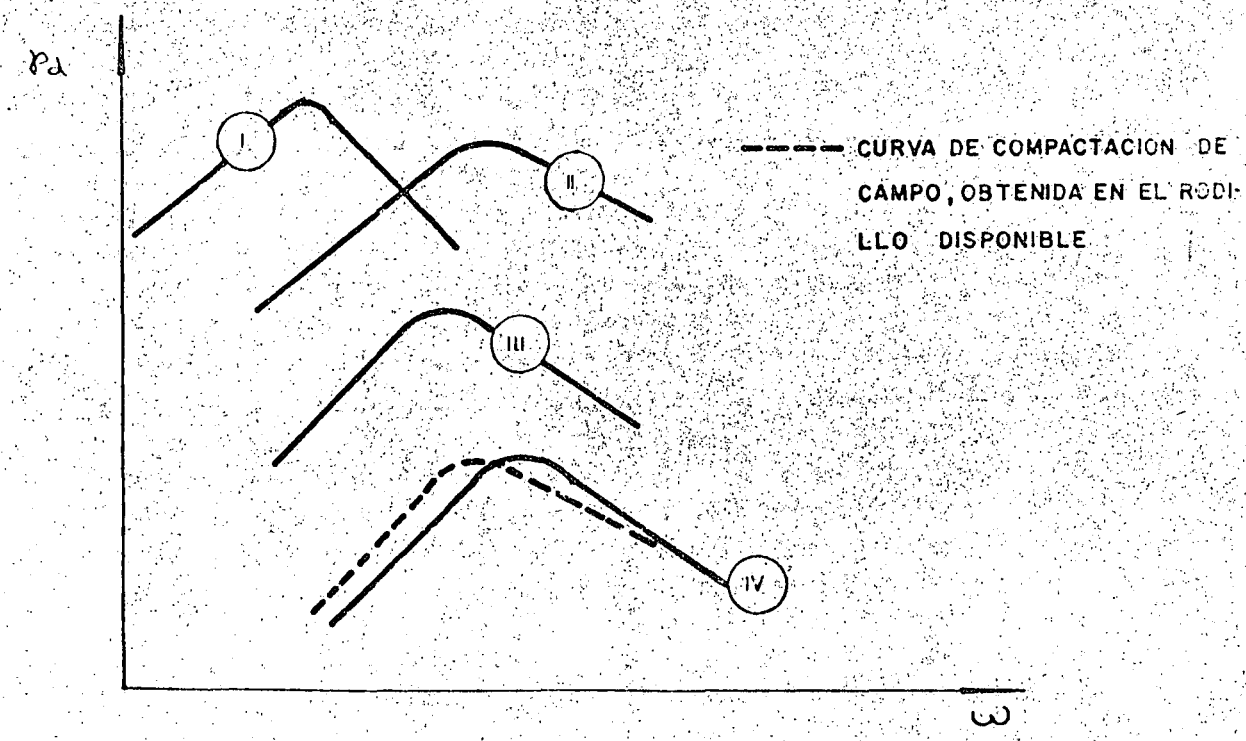


FIG.III.8- Curvas de compactacion obtenidas con diferentes metodos y energias

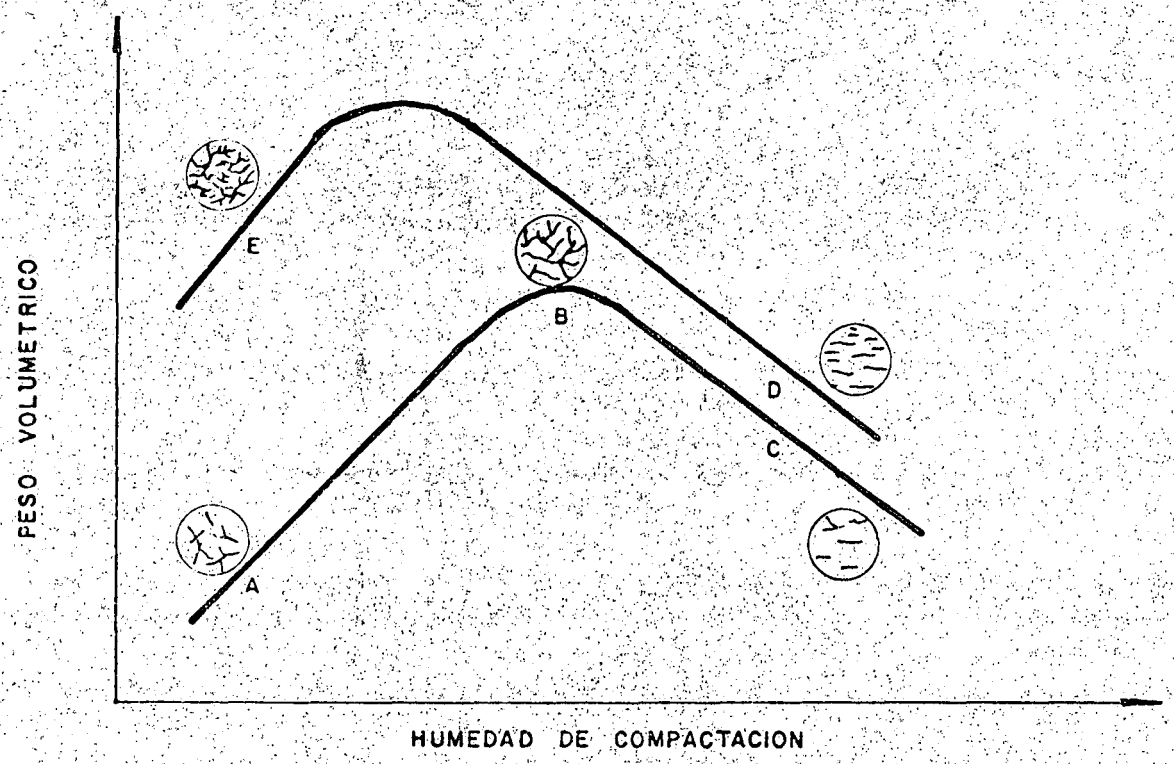


FIG III 9- Estructuracion que adoptan los suelos de acuerdo con diferentes humedades de compactacion

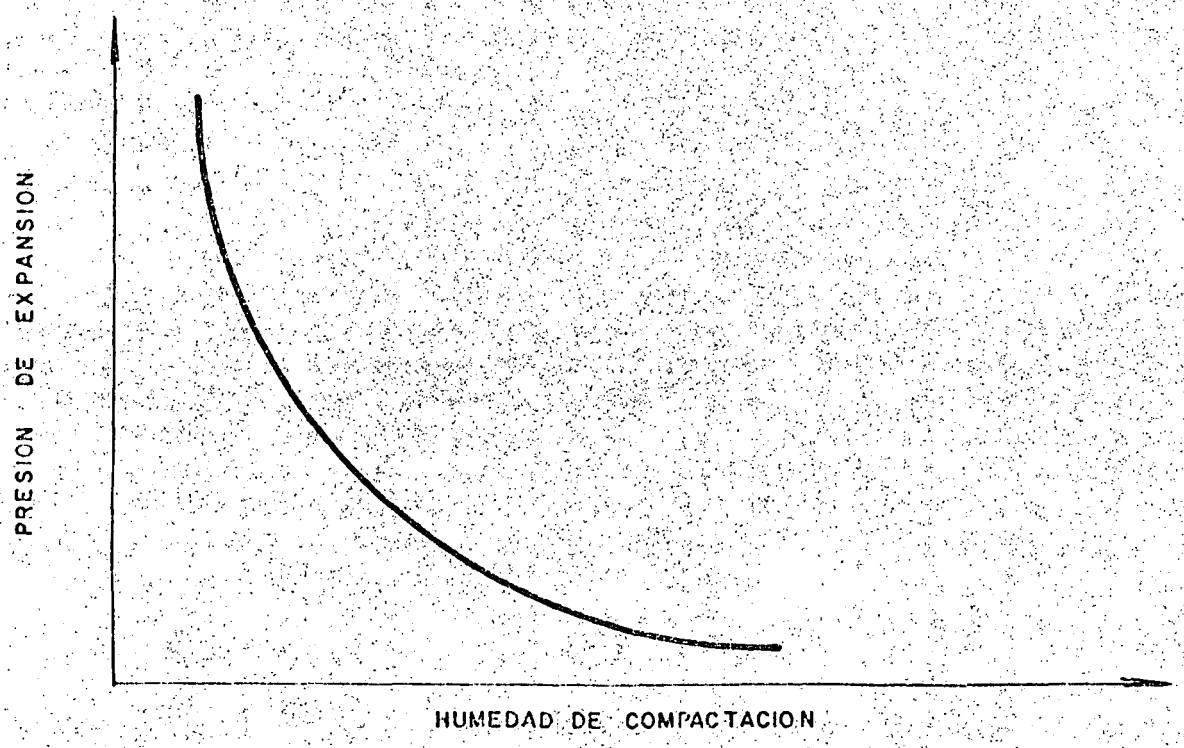


FIG III 10- Variacion de la presion de expansion para diferentes humedades de compactacion

sarrollen fuerzas de repulsión entre ellas al quedar cubiertas por-películas de agua adsorvida. Las partículas cubiertas por agua podrán deslizarse unas con respecto a otras buscando acomodos más o--menos paralelos al sufrir la aplicación de la energía de compacta--ción. Esto hará que se logren pesos volumétricos más altos. A medida que se va incrementando el contenido de agua aumenta el número de uniones rotas y en consecuencia también aumenta el número de partículas orientadas en forma paralela, llegándose finalmente a las - condiciones ilustradas en los puntos "D" y "C" de la Figura III.9; solo que en estos momentos se ha adicionado una cantidad de agua --tal, que ésta ocupará volumenes que antes ocupaban los sólidos y --los pesos volumétricos se ven disminuidos.

Lo anterior tiene una consecuencia muy importante y que es la si---guiente:

> Si a un suelo arcilloso se le compacta con una humedad muy - baja, las partículas pueden quedar orientadas en forma aleatoria, si posteriormente se permite que se sature este suelo, todas las partículas se rodearán de una película de agua,---produciéndose fuertes expansiones. Si por otro lado la arcilla ha sido compactada con un alto contenido de agua y pos--teriormente se le satura, las expansiones serán muy bajas o-practicamente nulas, debido por un lado, a que las partícu--las se encuentran orientadas con cierto paralelismo y por otro lado, a que las partículas ya se encontraban practicamente rodeadas de una película de agua antes de someter el suelo a la saturación. El efecto de la expansión es más pronunciado a medida que la arcilla tiene una área específica ma--yor, es decir a medida que sus partículas son más pequeñas--lo que hace que las montmorilonitas sean de una alta expansi

vidad. En la Figura III.10 se muestra la variación de la expansión con la humedad de compactación.

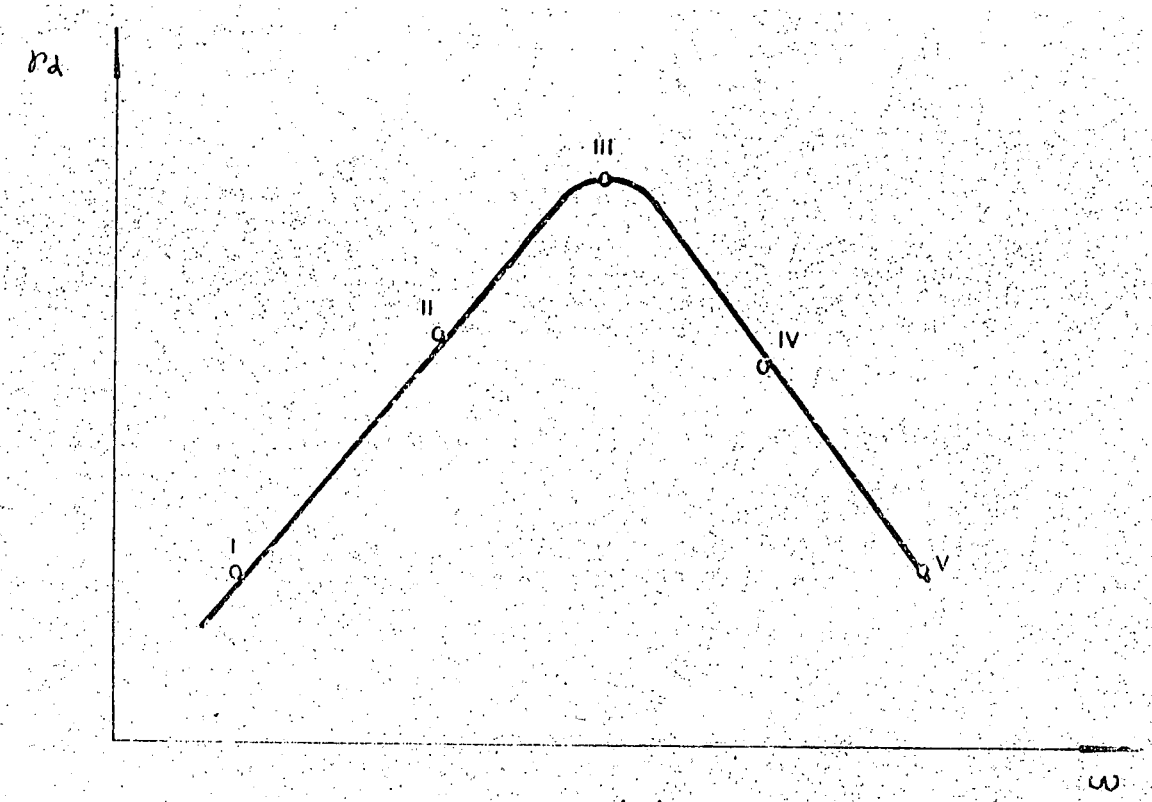
Lo anterior nos haría pensar en la conveniencia de compactar a una arcilla con humedades altas. Sin embargo, de hacerlo así se nos presentaría una importante contrapartida, es decir:

Al compactar un suelo arcilloso con una humedad muy superior a la óptima y permitir después que se seque totalmente, aparecerán fuertes tensiones entre las partículas orientadas lo que provocará agrietamientos en la masa del suelo.

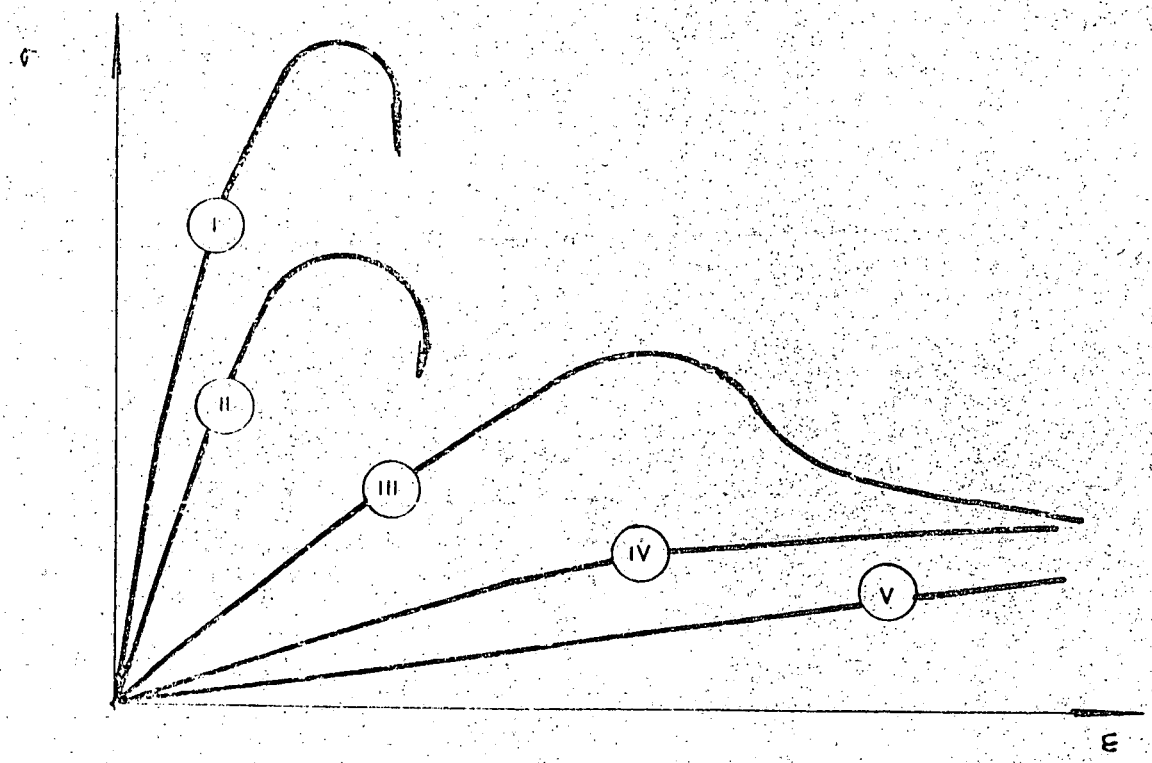
Esta situación sería prácticamente despreciable en un suelo arcilloso compactado con poca humedad debido a su estructuración.

Como se ve se establece un fuerte compromiso en lo que se refiere a la humedad de compactación y es el ingeniero el que deberá decidir la humedad a emplear. Se podrían evitar que se desarrollen expansiones compactando a un suelo con una humedad superior a la óptima, pero se debe tener la seguridad de que el suelo nunca se va a secar, o bien que los agrietamientos producidos por el secado sean perfectamente reconocidos y controlados.

Veamos ahora como influye la humedad de compactación en la resistencia de los suelos arcillosos. Lambe presenta en su texto (Referencia 7), los resultados de un estudio efectuado por Seed y los cuales se muestran en la Figura III.11 en forma cualitativa. Con una misma energía, se compactaron varios especímenes a los pesos volúmetricos y humedades mostradas en la Figura III.11a. Estos especímenes fueron posteriormente sometidos a pruebas de comprensión obte--



(a)



(b)

FIG. III.11.- Variacion de la resistencia de una arcilla con la humedad de compactacion

niendo lo indicado en forma cualitativa en la Figura III.11b, en donde se muestra que la resistencia de los especimenes compactados del lado seco de la humedad óptima fué mucho mayor que la de los especimenes compactados del lado húmedo. Es de hacerse notar que las resistencias máximas de los especímenes compactados del lado seco, se presentaron a pequeñas deformaciones, debiéndose su falla al colapso de la estructura arcillosa, mientras que los especímenes compactados del lado húmedo presentaron sus máximas resistencias bajo grandes deformaciones debidas al flujo de las partículas orientadas en forma paralela. Es esta otra consecuencia importante que deberá tenerse presente en el momento de decidir la humedad de compactación que se empleará en el campo.

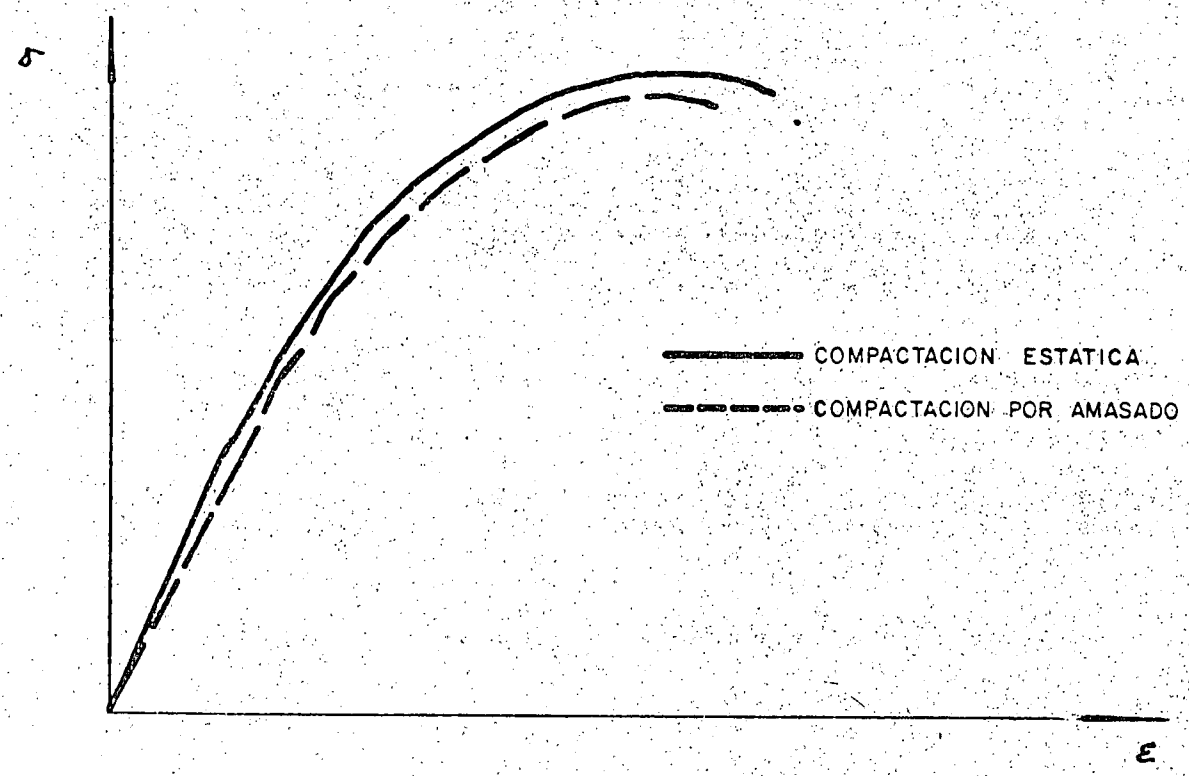
La humedad de compactación afecta también a la permeabilidad, pues al compactar a una arcilla del lado "húmedo", las partículas se orientan en forma paralela y normal al dispositivo compactador, lo que ocasiona que una partícula de agua penetre más dificilmente a través del suelo, no así cuando la arcilla presenta una estructura aleatoria al ser compactada del lado "seco".

Un aspecto que reviste gran interés en la compactación de arcillas, es como ya se dijo, el grado con que la compactación de laboratorio reproduzca a la compactación de campo, o viceversa, pues como se muestra en la Figura III.12, al compactar un suelo con una humedad menor a la óptima, (lado seco), la estructura en la arcilla sufre relativamente poco remoldeo ya sea que se le compacte en forma estática o por amasado, no siendo así cuando se compacta con una humedad superior a la óptima (lado húmedo) pues la compactación estática remoldea menos al suelo, el cual conserva en mayor grado su estructura y en consecuencia presenta mayor resistencia que en el caso de que se compacte por amasado, en donde se obtiene una estructura paralela y que presenta menores resistencias: Este aspecto reviste una

importancia fundamental, pués si en el laboratorio se compactan unos especímenes en forma estática y del lado "húmedo" y posteriormente se les somete a pruebas de resistencia, ésta resultará mayor que la que se obtendría en el campo al compactar por amasado. Seed y Chan (Referencia 8) encontraron que para una humedad ligeramente excedida de la óptima y en un suelo constituido por una arcilla limosa, la compactación estática produjo especimenes con una resistencia de 4 veces la resistencia obtenida con compactación dinámica, para una deformación unitaria de 5% y teniendo ambos especímenes el mismo peso volumétrico. Como una conclusión general a este último aspecto se deduce que al compactar a un suelo mediante impactos o amasado se pone al suelo en sus condiciones mas desfavorables.

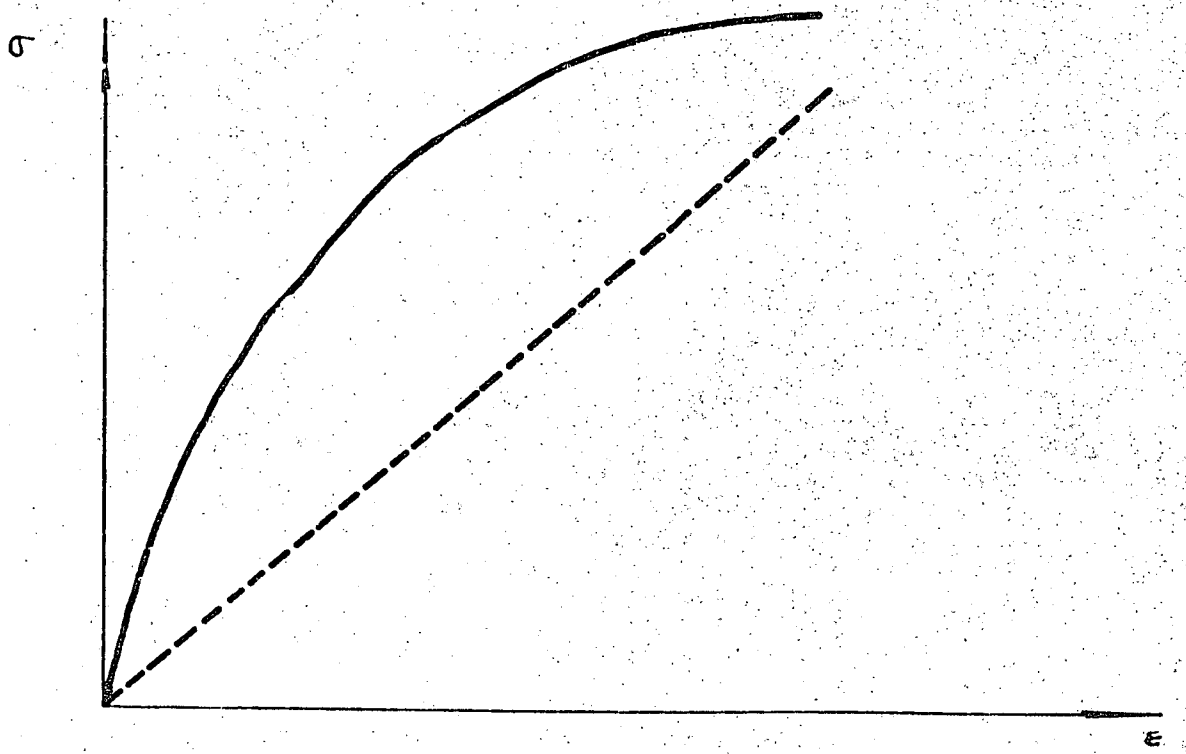
Conscientes de este tipo de problemas el cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos propuso un procedimiento en donde se toma en cuenta a las relaciones entre peso volumétrico-humedad de compactación y resistencia a la penetración (V.R.S.). El método consiste en términos generales en lo siguiente:

Empleando tres diferentes energías de compactación dinámica, se elaboran dos familias de curvas. La primera familia, mostrada en la Figura III.13a consiste en curvas de peso volumétrico vs. humedad de compactación, la segunda familia esta constituida, como se muestra en la Figura III.13b, por curvas de V.R.S. vs. humedad de compactación. Las curvas I corresponden a la mayor energía de compactación y las curvas III a la menor energía. Simultáneamente podrían elaborarse otras familias de curvas correspondientes a expansiones producidas por saturación o a V.R.S. en especímenes saturados. Con los datos de las familias de curvas de γ_d vs ω y V.R.S. vs. W, se elabora una familia como la mostrada en la Figura III.13c, en donde se ha comparado a la humedad de compactación contra el V.R.S. y el γ_d.



(a)

LADO SECO



(b)

LADO HUMEDO

FIG.III.12: Variacion del comportamiento de una arcilla con el procedimieto de compactacion

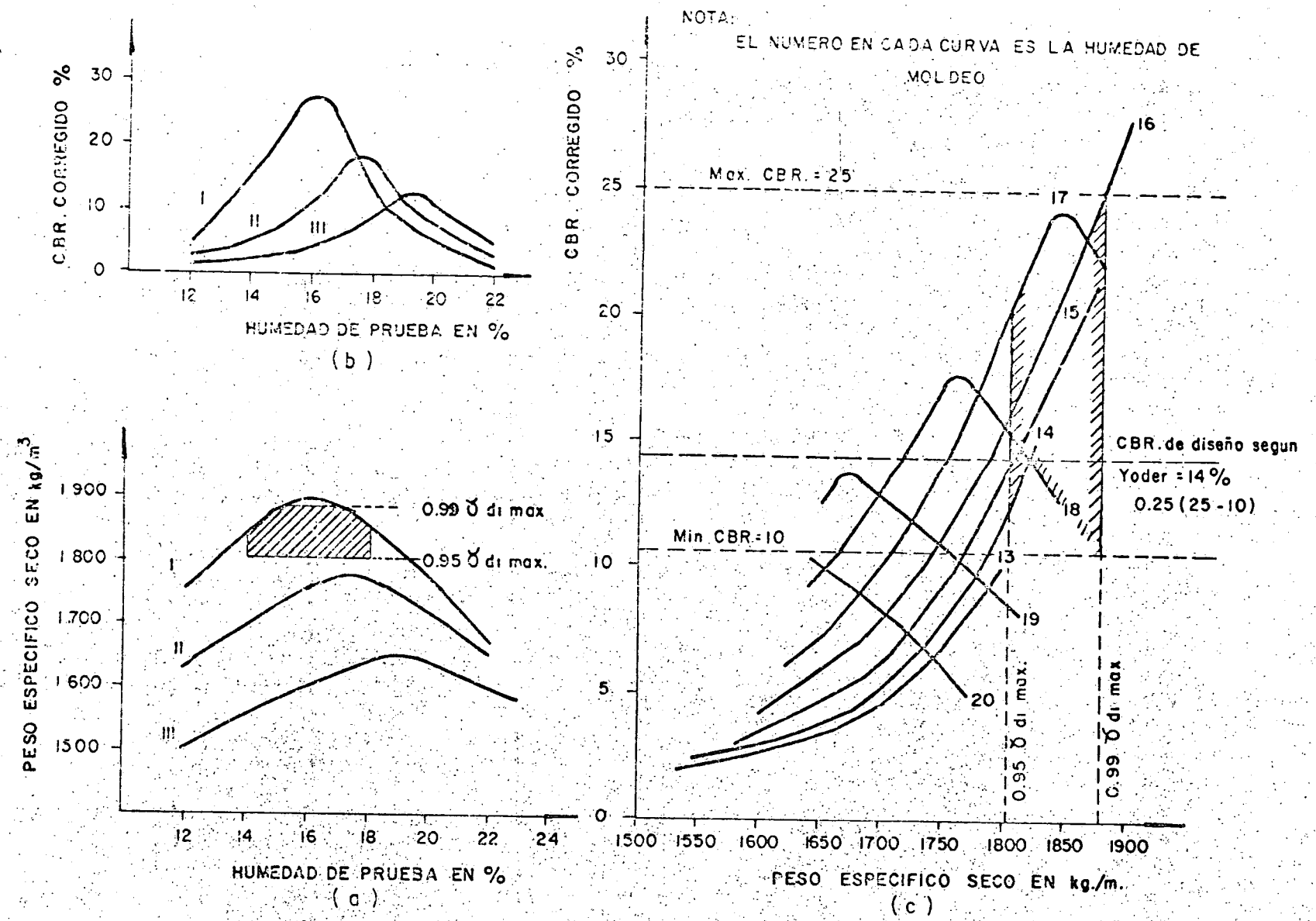


FIG.III.13- Representacion grafica de pruebas C.B.R.. Criterio del cuerpo de Ingenieros para la eleccion del C.B.R. de diseño

Analizando esta última gráfica podemos notar lo siguiente:

Si se tiene un peso volumétrico alto por ejemplo 1 900 Kg/m3, con una humedad de compactación alta, por ejemplo 20%, el v.r.s. será cercano a 0%, pero si la humedad de compactación es baja, por ejemplo 16%, el v.r.s. será del orden de 27%. Por otro lado si se tiene un peso volumétrico bajo, por ejemplo 1 750 Kg/m3. y una humedad alta, por ejemplo 20%, se tendrá un v.r.s. de aproximadamente 6%. Lo anterior pone en evidencia que un peso volumétrico alto no siempre significa una resistencia alta, cuando se habla de suelos cohesivos. La utilidad del método del cuerpo de ingenieros reside en que conociendo el peso volumétrico y la humedad en el lugar, podemos inferir el v.r.s.

Supongamos ahora que la humedad en el lugar varía de 14% a 18% y que con el equipo disponible se pueden lograr pesos volumétricos de 1810 a 1875 Kg/m3. Con estos datos obtenemos la zona achurada de la Figura III.13c. Esta zona encerraría a todos los posibles valores de V.R.S. que se obtendrían en el campo para los rangos de peso volumétrico y humedad mencionados. Adicionalmente, de la referida figura podría seleccionarse el valor de diseño que si se toma como lo recomienda Yoder, dicho valor sería:

$$\text{V.R.S. diseño} = \text{V.R.S. min} + 0.25\ (\text{V.R.S. máx} - \text{V.R.S. min.})$$

Desde luego, cada método de diseño de pavimentos indica el criterio para seleccionar al valor de diseño.

En el caso de que la expansión sea de consideración, deberá también manipularse a la gráfica correspondiente conjuntamente con la gráfica fig-(1) — V.R.S. Asimismo podrian tomarse en consideración a los valores del V.R.S. obtenido de especimenes saturados.

Finalmente, gracias al método del cuerpo de ingenieros, pueden manipularse a las humedades y pesos volumétricos para ajustarse a las condiciones de campo y de diseño. (En la referencia 9, se puede estudiar el método detallado).

En algunas ocasiones el ingeniero se ve enfrentado al problema de construir caminos sobre suelos de peligrosidad potencial alta en lo que respecta a posibles problemas. Entre dichos suelos se podrían mencionar a los suelos lateríticos, suelos colapsables, suelos sensitivos, suelos resilientes y turbas.

Suelos lateríticos. En zonas tropicales y en donde la precipitación y topografía son favorables para que se percole el agua a traves de un suelo puede suceder que si el agua que se percola contiene alcalinidad entonces el sílice de las rocas es arrastrado dejando atrás a los compuestos de alumina y hierro, dando como resultado a lo que se conoce como suelo laterítico. En el sentido ingeniril el suelo laterítico presenta pesos volumétricos muy bajos y una humedad muy alta, de tal manera que al removerlo se transforma a un estado casi líquido y extremadamente difícil de compactar. Este tipo de suelos estan constituidos generalmente por gravas, limos y arcillas y se les ha logrado estabilizar con cal o cemento para su empleo como bases o subbases. Otras veces se les ha secado para su aplicación.

Suelos colapsales. Estos suelos son potencialmente peligrosos para las estructuras que se construyan sobre ellos. Se designa como suelos colapsales a aquellos suelos que decrecen en volúmen al sufrir saturación. El colapso se puede presentar solo por saturación, o bien por la acción combinada de saturación con cargas. Este tipo de suelos pueden ser del tipo residual, ó depositados por agua o aire

y están caracterizados por presentar una estructura suelta, frecuentemente en el rango de los limos o las arenas y se les encuentra--- generalmente en las zonas áridas o semiáridas. A los suelos susceptibles de colapso se les puede identificar con base en los pesos volumétricos. Si el peso volumétrico es lo suficientemente bajo como para proporcionar un espacio de vacios mayor que el necesario para- contener una humedad superior al límite líquido, entonces es de temerse el colapso por saturación, aunque se pueden presentar colap-- sos para volúmenes de vacios menores a los referidos sobretodo si - sobre el suelo se han colocado cargas. Un suelo colapsable en estado seco puede presentar grandes resistencias. En lo que respecta - al empleo de suelos colapsables en caminos estos pueden ser muy buenos materiales si son debidamente compactados. Para mayores deta-- lles respecto a este tipo de suelos puede consultarse la Referencia 10.

Arcillas sensitivas. Se dice que una arcilla es sensitiva cuando - en estado inalterado presenta cierta resistencia, la cual desaparece totalmente al remoldear al suelo. Las partículas arcillosas-- en un suelo sensitivo presentan entre ellas grandes vacios encontrándose las partículas unidas en forma irregular. En general en este- tipo de arcillas, los factores dominantes son el tipo y cantidad de electrolito presente, la presencia de compuestos orgánicos, de sa-- les o de agentes activantes.

Cuando se altera alguno o algunos de estos agentes por efecto de la percolación de agua a traves del suelo, éste queda en condiciones - críticas de estabilidad por lo que una vibración puede producir su- colapso. Es conveniente reconocer la presencia de este tipo de arcillas para poder preveer su comportamiento y estar conscientes de- los problemas que pueden presentar. Es conveniente no remoldear -- estos suelos cuando sobre ellos se desplanten terraplenes, aunque--

algunas de estas arcillas presentan el efecto de tixiotropia (recuperación de la resistencia). En la referencia 6, se puede consultar-- en gran detalle el comportamiento de este tipo de suelos.

Los suelos que presentan rebote elástico (resilientes), presentan el problema de que rapidamente fatigarán el pavimento por lo que es conveniente que,ó se deshechen ó se estudie a fondo la forma y humedades de compactación, observando los efectos producidos en pruebas -- especiales de laboratorio. Los suelos constituidos por turbas (altamente orgánicos) deben ser definitivamente removidos cuando esto sea posible o bien preconsolidarlos antes de construir los pavimentos. Es un tanto obvio el hecho de que este tipo de materiales no se deban usar en terracerías o terraplenes.

V AGREGADOS GRUESOS (AGREGADOS PARA BASES Y SUBBASES)

Se ha definido como base el material que subyace a la superficie de rodamiento y como subbase a la capa que subyace a la base. Generalmente se le llama subbase al material que subyace a las losas de -- concreto en el caso de pavimentos rígidos en cuyo caso la función - de dicha subbase es la de:

- Evitar efectos de bombeo (Expulsión de agua y suelo a través-- de las juntas de las losas.)
- Proteger contra la acción de las heladas
- Propiciar drenaje
- Reducir los efectos de cambios volumétricos en las subrasantes.
- Incrementar la capacidad estructural

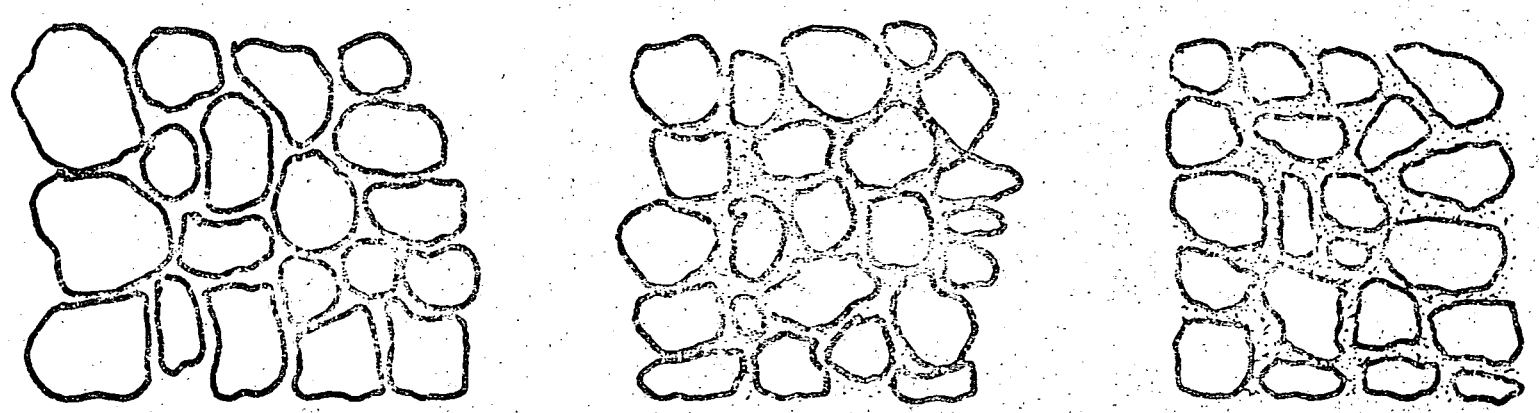
- Proporcionar una plataforma de trabajo para la construcción de las losas.

Cuando la superficie de rodamiento esta constituida por una carpeta asfáltica se utiliza a las bases y subbases con el objeto de incrementar la capacidad de soporte de el pavimento aumentando su rigidez y resistencia a la fatiga, así como propiciando una distribución de cargas hacia las capas inferiores. Sin embargo en estos casos la capa puede emplearse también como capa drenante.

En la Figura IV.1, se muestran los estados físicos que puede presentar un suelo en el que predomine el agregado grueso, en el caso "a", se tiene solamente al agregado grueso sin finos, los contactos son de grava a grava, el suelo es poco trabajable pero presente una resistencia alta a la comprensión si se encuentra confinado. En el caso "c", se tiene ahora al agregado dentro de una matriz de suelo fino, por lo que el comportamiento de este material estará gobernado por el comportamiento del suelo fino, el suelo será menos permeable que en el caso "a" y será más trabajable pero su resistencia será menor. En el caso "b" se tiene un agregado con los suficientes finos para llenar los huecos dejados por los agregados gruesos, se tendrá mejor distribución de los esfuerzos, y mayor peso volumétrico que en el caso "a" y presentará una mejor estabilidad.

Como se ve, se tiene un compromiso en lo que respecta al contenido de finos, ya que estos afectan directamente al comportamiento del suelo.

A este respecto, Yoder (Referencia 11) muestra la variación del peso volumétrico y del V.R.S. para diferentes contenidos de finos. Dichas variaciones se muestran en la Figura IV.2 en donde se pueden notar varios aspectos a saber:



(a) AGREGADO GRUESO SIN FINOS.

(b) AGREGADO CON SUFICIENTES FINOS PARA LOGRAR LA MAXIMA DENSIDAD

(c) AGREGADO CON GRAN CANTIDAD DE FINOS

FIG. IV. I.- Estados Fisicos de Agregados Gruesos

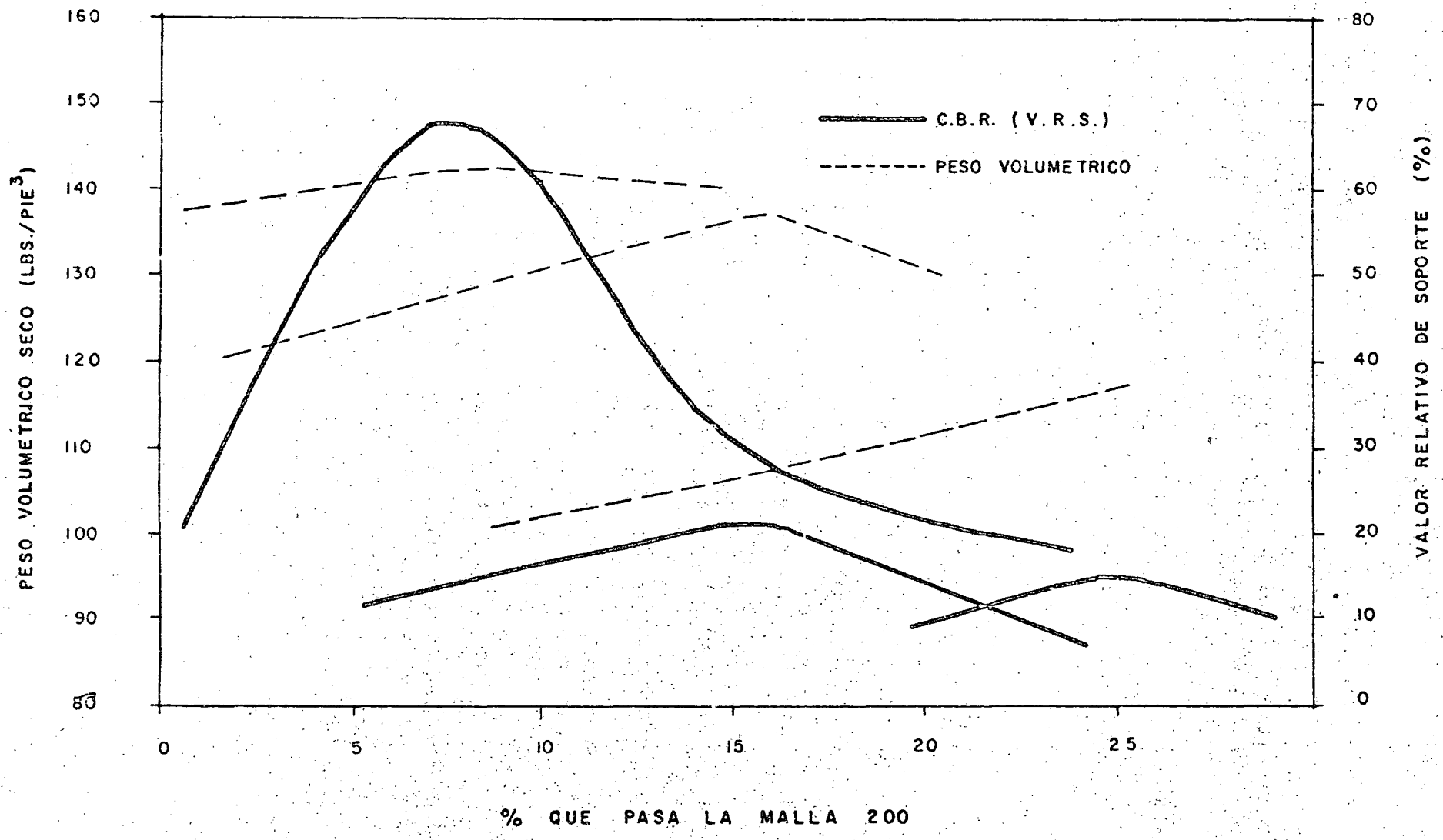


FIG.IV.2 - Variaciones observadas en suelos compactadas al 100% AASHO estandar

- El porcentaje de finos para lograr el máximo peso volumétrico es mayor que el correspondiente al V.R.S. máximo.

- Las gravas son sumamente sensibles a la variación de finos en lo que respecta al valor de V.R.S. las arenas son menos sensibles.

- El peso volumétrico se ve poco afectado, en el caso de las gravas, por el contenido de finos.

Por otro lado, se ha encontrado que la grava triturada presenta en general, mayor estabilidad que la grava redondeada debido principalmente a la mejor trabazón que se logra con la primera, por lo cual debe emplearse este tipo de materiales siempre que sea posible.

En lo que respecta a la plasticidad de los finos, Yoder (Referencia - 11), presenta una gráfica como la mostrada en la Figura IV.3, en donde se puede notar que a medida que los finos son más plásticos su influencia es más deletérea cuando su porcentaje se excede más allá del 5%. Por razones como las anteriores, es común que en las especificaciones para bases se fije el límite líquido a un valor máximo de 25% y el Indice Plástico a 6%.

En lo que respecta a la granulometrías muchas veces se exige apegarse a especificaciones muy rígidas. Por otro lado es muy común que las granulometrías de una gran mayoría de materiales presenten discontinuidades, caso común el de los suelos lateríticos y suelos triturados. Al existir este tipo de discontinuidades en las granulometrías, por tener deficiencia en algún o algunos tamaños intermedios, en cuyo caso se incrementa el volúmen de vacios, Faiz (Referencia 12) ha demostrado que bajo ciertas condiciones, este hecho puede ser beneficioso.

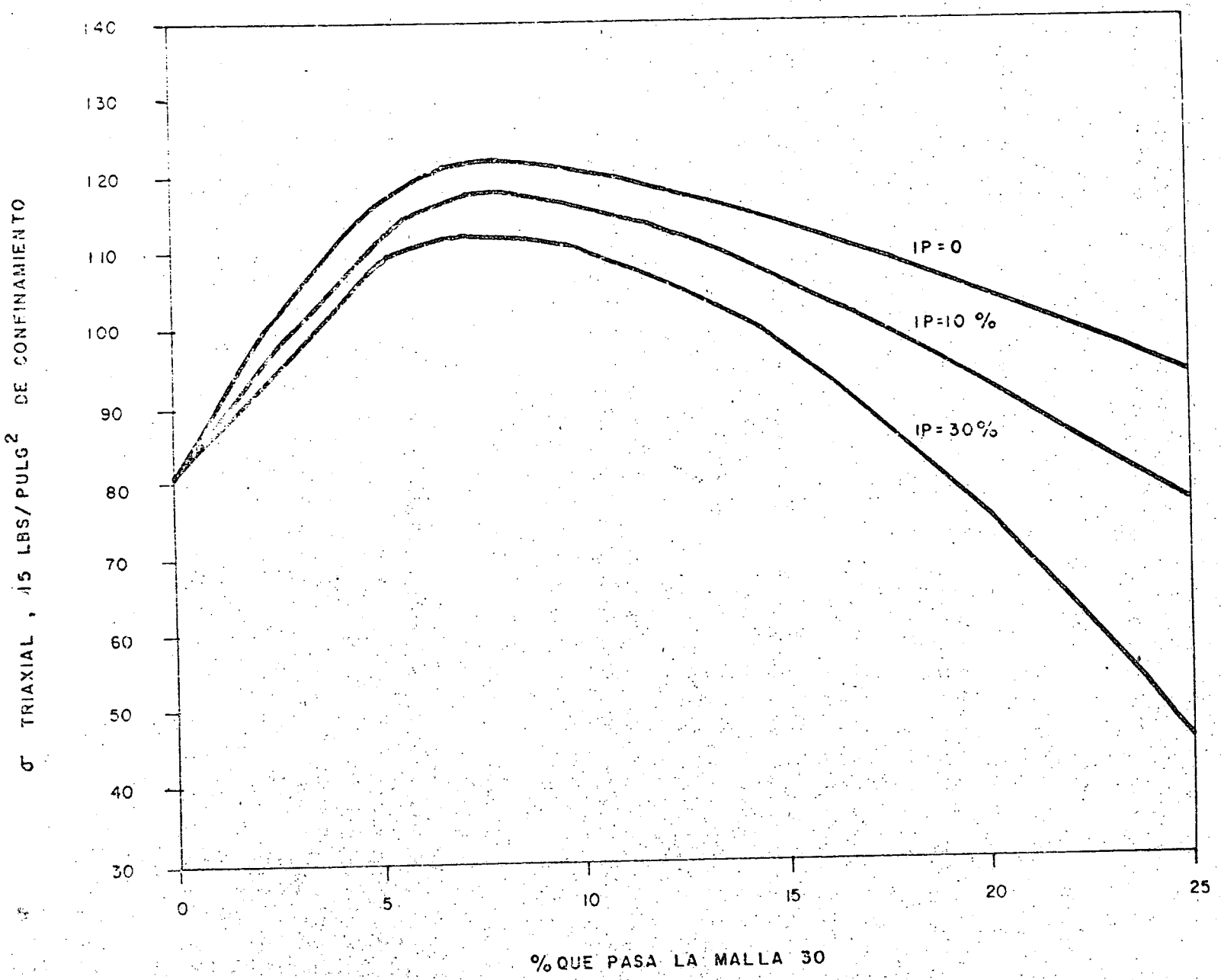
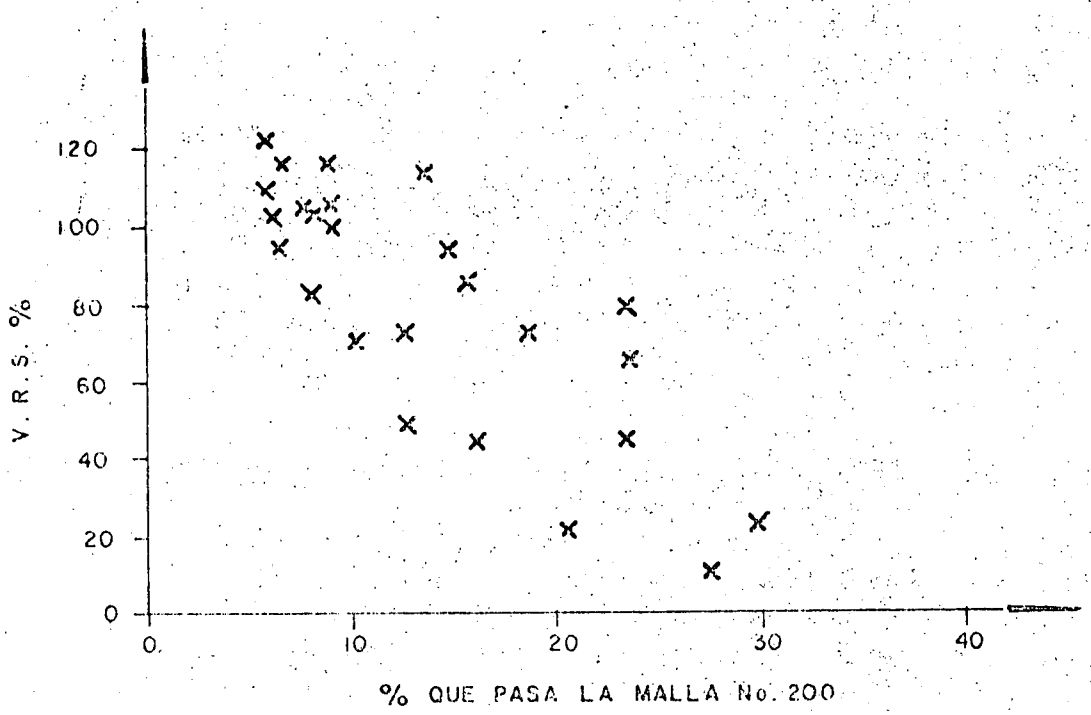


FIG.IV.3.- Efecto de la Plasticidad de los Finos

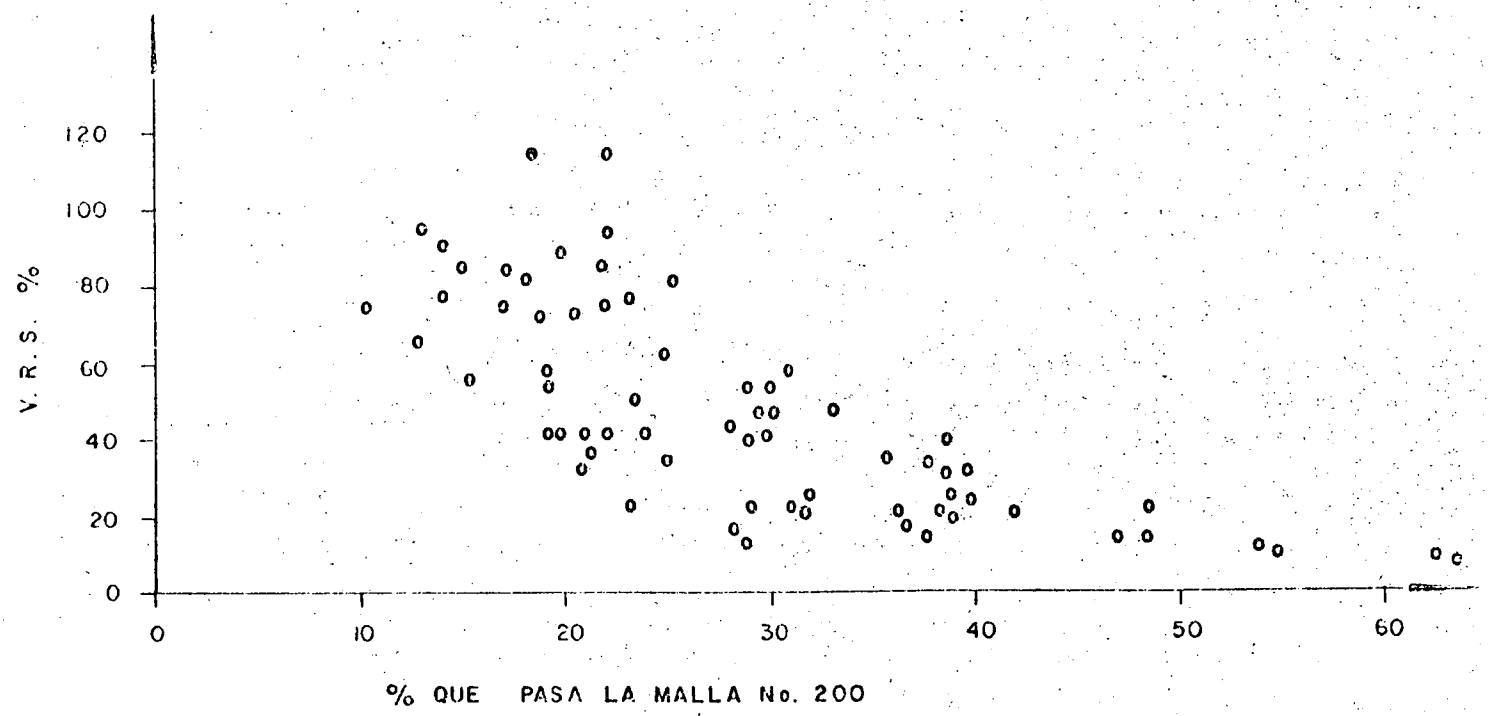
Abundando un poco más en la influencia que tienen los finos sobre el comportamiento de los materiales de base y subbase, en la Figura IV.4.a, se muestran los resultados de C.B.R. (V.R.S.) contra los porcentajes en material que pasa la malla no. 200 obtenidos de muestras inalteradas tomadas de los materiales que constituyen la base de los pavimentos de la Cd. de Oaxaca, en la parte "b" de la Figura se muestra el mismo aspecto para los materiales de subbase. Como se aprecia en dicha figura, la tendencia general es que a mayor contenido de finos se tiene un V.R.S. más bajo.

Un aspecto importante en la compactación, es la energía necesaria para lograr los pesos volumétricos deseados. En la Figura IV.5 se indica una variación entre pesos volumétricos obtenidos en la prueba AASHO estándard y los obtenidos con la AASHO modificada (la energía de la AASHO modificada es aproximadamente 5 veces mayor que la de AASHO estándard). En dicha figura se puede apreciar que el peso volumétrico seco logrado en gravas, con la prueba AASHO estándard es del orden del 97% del logrado con la ASSHO modificada, mientras que en el caso de arcillas el porcentaje referido es del orden de 87%.

Esto pone de manifiesto el hecho de que las gravas necesitan relativamente poca energía para lograr pesos volumétricos altos, no así en el caso de las arcillas en donde el aumentar considerablemnte la energía de compactación hace que se obtengan pesos volumétricos más altos.
No obstante lo anterior, no hay que perder de vista como se indica en la Figura IV.6, que el peso volumétrico se incrementa en forma lineal con el logaritmo de la energía. Esto significa por ejemplo que el mismo incremento que se logra en el peso volumétrico de 1 a 10 pasadas de un rodillo se logra de 10 a 100 pasadas, es decir a medida que se dan más pasadas, cada una de ellas es menos eficiente que la anterior. Este aspecto es más pronunciado en el caso de gravas que en el caso de arcillas. No hay que perder de vista que el exigir en el campo pesos volumétricos altos requiere que se cuente con equipos pesados para lograrlo.



(a) MATERIAL DE BASE



(b) MATERIAL DE SUBBASE

FIG. IV. 4.- Resultados obtenidos en muestras inalteradas de los pavimentos de Oaxaca, Oax.

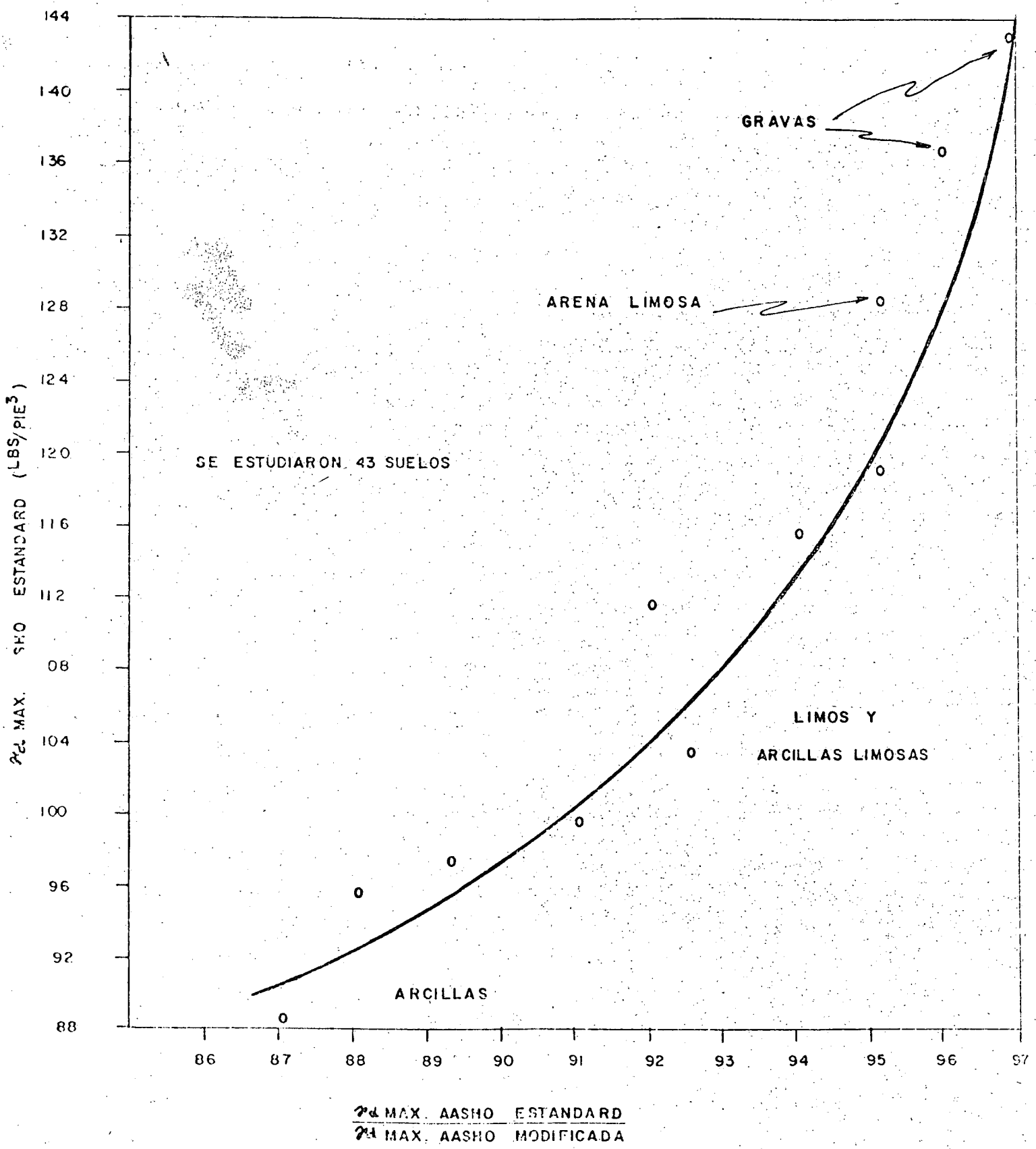


FIG.IV.5.- Relaciones entre los pesos logrados con las pruebas AASHO (Yoder, II).

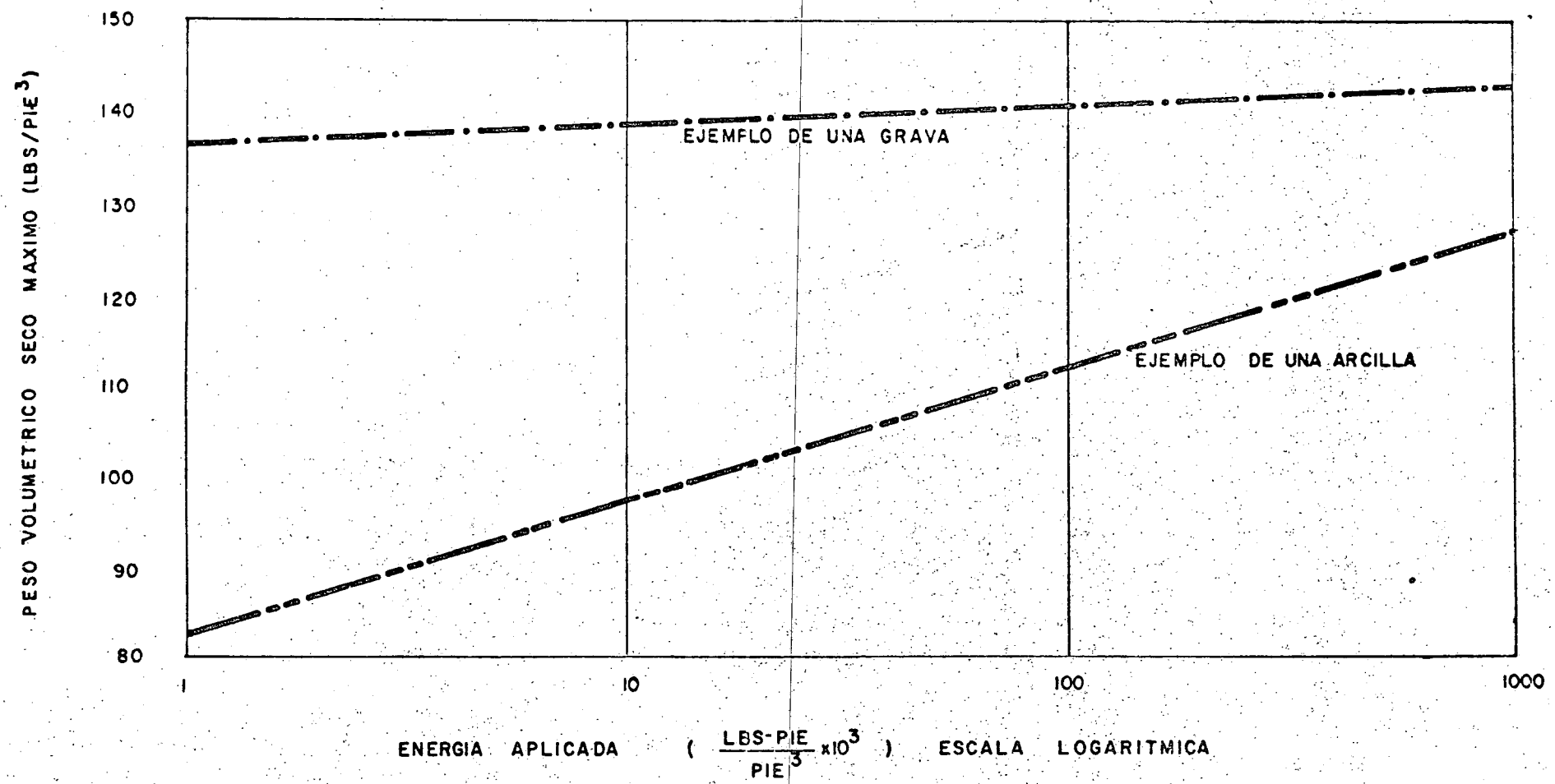


FIG. IV. 6.- Variacion del peso volumetrico seco maximo con el esfuerzo o energia de compactacion

En el caso de pavimentos de concreto, si el suelo que queda bajo las losas es susceptible de formar suspensiones al saturarse y si además se tiene un tránsito intenso y de cargas pesadas, se puede presentar la expulsión de dicho suelo (bombeo) a través de las juntas por lo que las losas pierden apoyo y se fracturan. Se han reportado casos en los que los suelos de cimentación presentan efectos de bombeo al penetrar a las capas superiores. La PCA (Portland Cement Association) ha editado una serie de recomendaciones (ver Referencia 13) para evitar el efecto de bomba.

* El bombeo se produce debido al rápido desplazamiento de una losa con respecto a la contigua provocado por las llantas al pasar de una losa a otra, lo que provoca la expulsión de suelo saturado hacia afuera y arriba de las juntas. También se puede provocar la introducción de gravas en dichas juntas.

Con el objeto de evitar la penetración de el suelo de subrasante, a las capas superiores, si éstas están constituidas por granulometrias abiertas se recomienda colocar plantillas de arena entre la subrasante y la capa superrior, las cuales pueden ser de un espesor de 3 a 10 cms. y con un tamaño nominal (tamaño 90%) del orden de 1/8".

En el caso de suelos finos se vió la gran influencia que tiene el agua de compactación con respecto a la resistencia obtenida y los pesos volumétricos logrados, de tal grado que se hace necesario utilizar métodos como el propuesto por el cuerpo de ingenieros para solucionar el problema. En la Figura IV.7, se presenta una gráfica correspondiente a la aplicación del método del cuerpo de ingenieros al caso de una grava bien graduada y arcillosa (GW-GC) Como se puede apreciar en dicha figura, cualquiera que sea la humedad de compactación, a mayor peso volumétrico se obtuvo siempre un valor mayor del V.R.S.

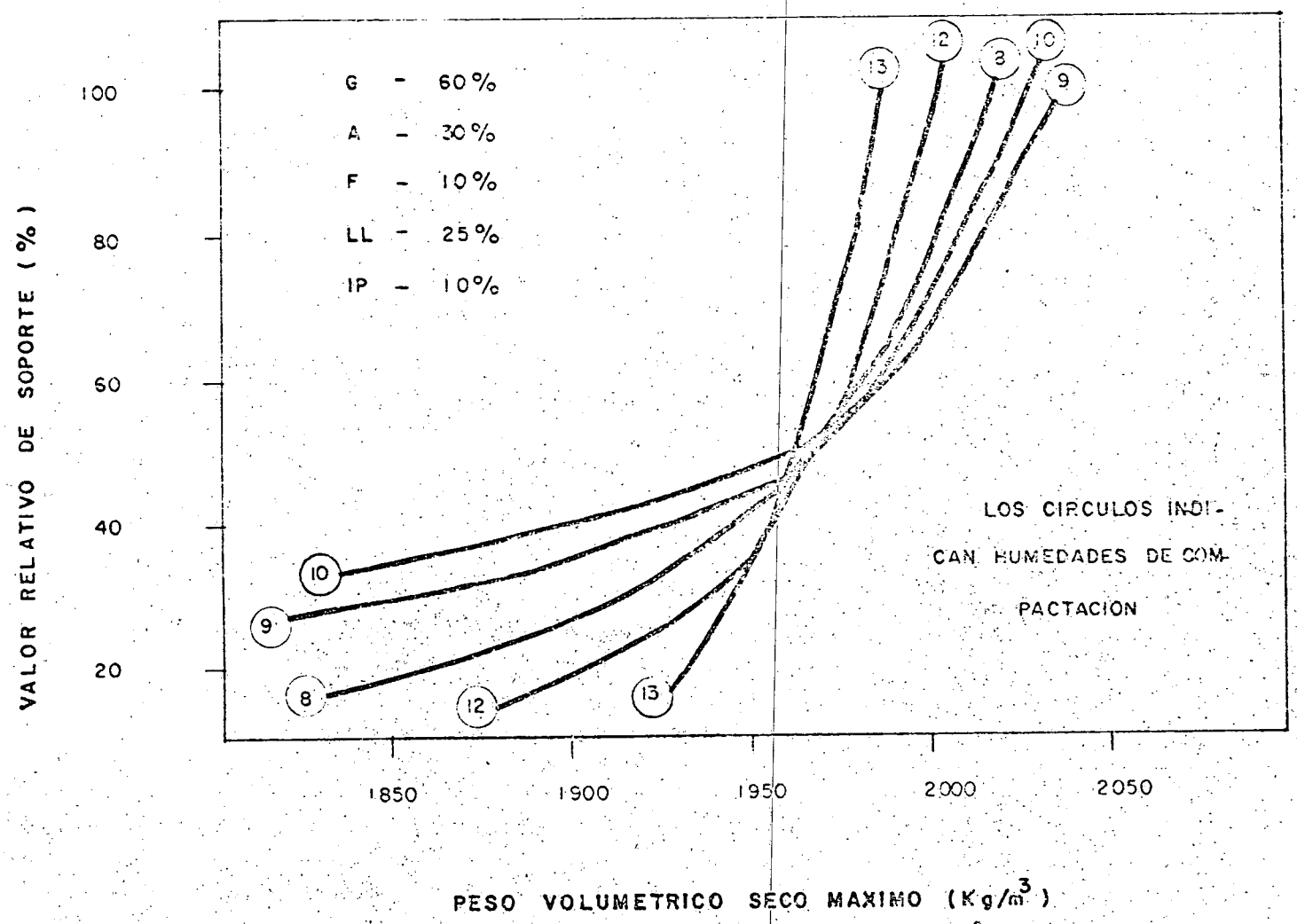


FIG IV.7.- Metodo del Cuerpo de Ingenieros aplicado a una grava.

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

1.- Especificaciones generales de construcción de la S.O.P. Parte Novena.

2.- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Alfonso Rico y Hermilo del Castillo. Ed. Limusa.

3.- Texas Highway Department. Materials and Test Division. Test Method Tex-114-E. Austin Texas. 1970.

4.- Manual de Especificaciones. ASTM. Parte II

5.- Applied Clay Mineralogy. Ralph E. Grimm. Mc Graw-Hill Brook Co.

6.- Fundamentls of Soil Behavior. James K. Mitchell. Ed. Wiley.

7.- Soil Mechanics T. William Lambe, Robert V. Whitman. Ed. Wiley

8.- Seed, H.B., C.K. Chan, 1959. Structure and Strength Characteristics of Compacted Clays. J. Soil Mech. Fond. Div. ASCE. Vol. 85, No. SM5

9.- Soils Manual (Asphalt Institute) MS-10

10.- Dudley, J.H. (1970) "Review of Collapsing Soils" Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division A.S.C.E. Vol. 96 No. SM-3

11.- Principles of Pavement Design. E.J. Yoder. M.W. Witczak. Ed. Wiley, 2a. Ed.

12.- Faiz, A. Effect of Skip-Grading on Stability of Soil Aggregate Mixtures" Joint Highway Research Project Report 10, 1971.

13.- Subgrades, Subbases and Shoulders for concrete pavement, Portland Cement Association. 33 w. Grand Ave., Chicago 10, Ill.

14.- Correlation of Compaction and Classification Test Data. George W. Ring III, and John R. Sallberg, Physical Research Division, and Webster H. Collins, Development Division, Burcan of Public Roads.

15.- Johnson, A.W., y Sallberg, J.R. Highway Research Board. Boletin 272, 1960.

7. METODOS DE DISEÑO

7.1. EVOLUCION DE LOS METODOS DE DISEÑO

El diseño racional de carreteras, ha sido uno de los grandes problemas al que ha tenido que enfrentar la Ingeniería, ya que a partir de principios del siglo actual, con la aparición y el desarrollo explosivo del automóvil, se tuvo que desarrollar una tecnología especial que garantizara la estabilidad de las fuertes inversiones aplicadas a la construcción de carreteras.

Dentro del amplio campo de las estructuras viales, el referente al diseño de pavimentos, es uno de los más importantes ya que el pavimento es la parte final de la estructura vial y de él depende en gran parte, la calidad y eficiencia del servicio que preste la via, y asimismo es una parte fundamental en la durabilidad de la estructura, ya que una falla de cualquiera de las capas que forma el pavimento, puede provocar el destrozo de la estructura, lo anterior resalta la importancia de este campo.

La evolución de los métodos de diseño estructural de carreteras, ha sido por etapas o sea se han ido desarrollando de acuerdo a las necesidades y avances técnicos de la época, en etapas perfectamente definidas, las que se explicaran brevemente a continuación.

El enfoque general de los procedimientos de diseño de principios del siglo a la segunda Guerra Mundial, consistió esencialmente en construir secciones tipo de pavimento y evaluar su comportamiento en el campo, en términos de "satisfactorio" o "no satisfactorio", repitiendo la construcción de los que funcionaron bien y descontinuando o modificando los diseños no satisfactorios (fig.7.1). Entre estos procedimientos se cuentan los mostrados en la parte A de la fig.7.4.

FIG.7.1 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE LOS PRIMEROS METODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

Al crecer las velocidades y pesos de los vehículos, así como incrementarse los volúmenes de tránsito, se agudizó la necesidad de racionalizar los métodos de diseño; el problema creció durante la Segunda Guerra Mundial, tanto en carreteras como en aeropistas, adquiriendo un mayor énfasis el desarrollo de métodos más objetivos de diseño, lo que se fue logrando en fases sucesivas, tanto en la evaluación del comportamiento, como en el diseño de interconexiones dentro del sistema, llevadas a cabo con mayor especificación, este es el caso del desarrollo de muchos de los procedimientos de diseño de pavimentos actuales.

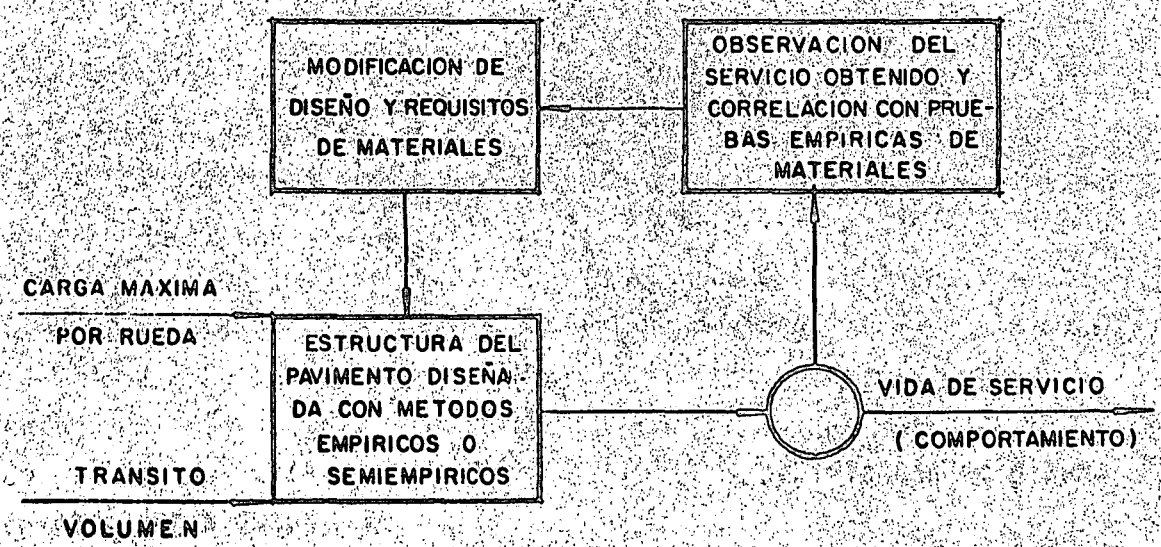


FIG.7.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA EVOLUCION DE LAS TECNICAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

En la fig.72, se muestra la evolución de muchas de las técnicas actuales de diseño, las cuales se han desarrollado principalmente a través de observaciones medibles del comportamiento y el uso de los resultados para modificar tanto las especificaciones de materiales, como los métodos de prueba. Los métodos resultantes son primariamente empíricos aunque los diseños por si mismos pueden ser expresados como ecuaciones y los valores de prueba de los materiales, en ocasiones, se relacionan a una teoría matemática (ejemplo: módulo de elasticidad de Young). Entre estos métodos se cuentan los mostrados de B a F de la fig.74

En los 1950s, los enfoques teóricos al diseño estructural de pavimentos empezaron a consolidarse y se relacionaron con el comportamiento exhibido de pavimentos en servicio. Entre esta época y los 1960s, se produjeron los primeros esfuerzos comprensivos en evaluar la validez de los procedimientos de diseño de pavimentos a través de la observación sistemática del comportamiento de modelos de pavimentos hechos a escala natural, tal es el caso de las pruebas de tramos de carretera realizados en Inglaterra, Canadá, Estados Unidos (pruebas WASHO y AASHO) y México, entre otros, que produjeron como resultado los métodos de diseño mostrados en la parte G de la fig.74.

Por otra parte, la asimilación de técnicas desarrolladas en el período postguerra, tales como la investigación de operaciones y la electrónica, ha permitido enfoques teóricos y la utilización de sistemas, para trabajar el problema desde un enfoque más completo, tomando en cuenta un número mayor de variables dentro de los métodos de diseño, integrando modelos teóricos muy aceptables, sin embargo, el desconocimiento de los valores reales de muchos de los parámetros involucrados, ha dado lugar a que no se consigan todavía, resultados completamente satisfactorios.

En la fig.7.3, se muestra la estructura básica de los métodos actuales de diseño de pavimentos.

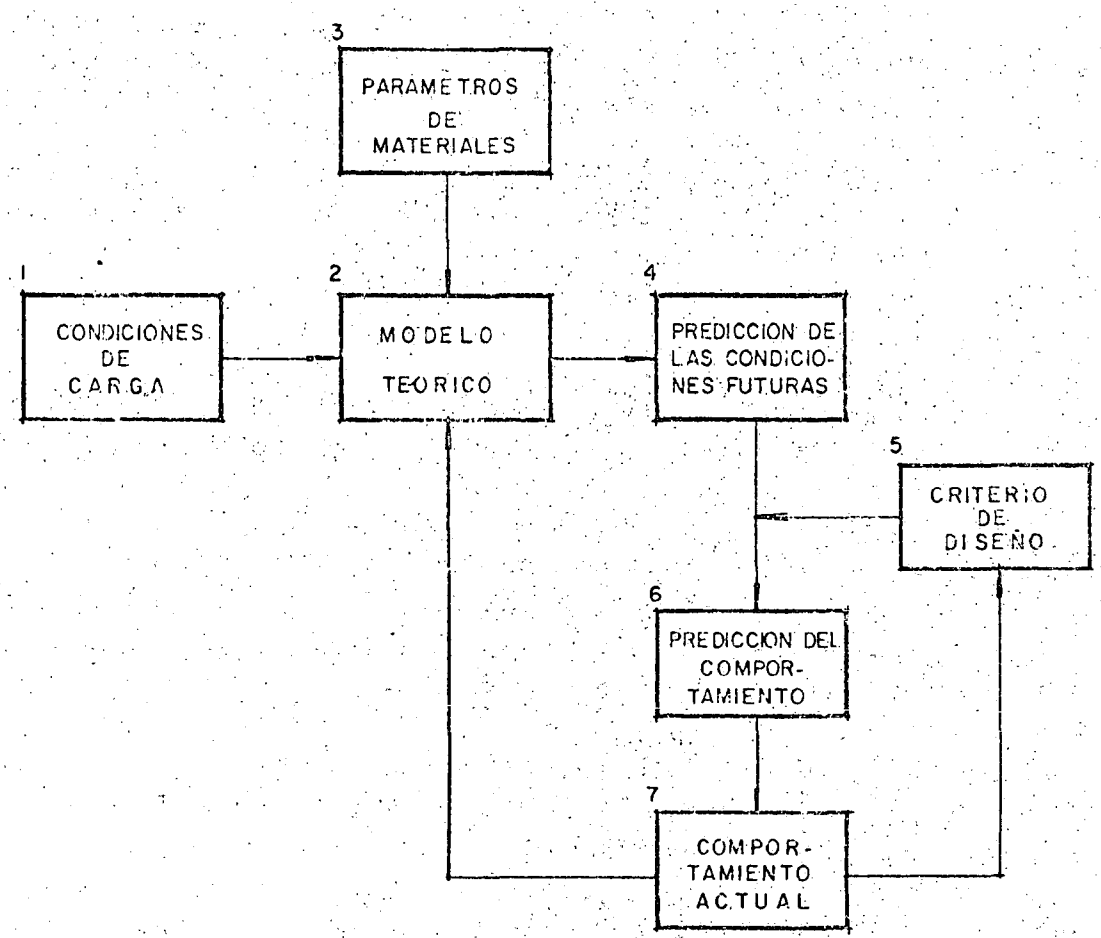


FIG.7.3 ESTRUCTURA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO ACTUALES

Implícitamente, los modelos actuales de comportamiento de pavimento, suponen que son predisores perfectamente confiables del comportamiento futuro del pavimento, o al menos de alguna condición crítica tales como niveles de esfuerzo o deflexión del pavimento. El criterio

de diseño puede ser expresado explícitamente o implícitamente, como deflexiones o esfuerzos límites, entre otros. En otras palabras el uso de estos criterios de diseño implica tanto, un comportamiento satisfactorio, como no satisfactorio del pavimento.

La falla del pavimento resulta de un deterioro progresivo de su índice de servicio, proceso que empieza al ser puesta la carretera en servicio. Las características más interesantes de los pavimentos, para el que proyecta, son su probable edad de falla y la corriente de costos necesaria para conseguir esta vida de servicio. Con los procedimientos actuales, la relación del criterio de diseño con las vidas probables de servicio, se basa más en consideraciones subjetivas, que en evidencias sistemáticamente colectadas del comportamiento del campo. En otras palabras, de acuerdo a la fig.7.3, las relaciones entre los pasos 4, 5 y 6 no pueden establecerse formalmente. El criterio de diseño de pavimentos para carreteras, no puede ser visto como fin en si mismo, sino simplemente como un medio para predecir la edad de falla.

Los enfoques actuales que tienen comprobación experimental basada en análisis estadísticos del comportamiento de pavimentos en servicio, tienen edades de falla medidas directamente y relacionan estas medidas al diseño estructural, cargas del tránsito y condiciones climáticas. Entre estos enfoques, se encuentran los métodos de diseño de Canadá, de Inglaterra, los derivados de la prueba de AASHO; y el que propone actualmente el Instituto de Ingeniería de México, entre otros. Sin embargo, la mayor deficiencia de estos métodos es la dificultad para generalizar los resultados y usos para condiciones diferentes a donde se desarrollaron los originales. Su principal aplicación viene de la aplicación a las condiciones similares a las de su desarrollo, en este sentido proveen al ingeniero de pavimentos de la información necesaria para optimizar los costos de capital y de conservación de los pavimentos. (parte E de la fig.7.4)

METODOS	CARACTERISTICAS	LIMITACIONES
A. BASADOS EN "EXPERIENCIAS" Ontario; Centros Urbanos de E.U.	Tratan de prevenir la falla. Sencillos y rápidos de aplicar. Muy bajo el costo del diseño.	1) No proporcionan comparaciones económicas de alternativas (A, B, C, D, E, F, G.) 2) Muy débil relación entre el diseño y la evaluación del comportamiento --- (A, B, C, D, E, F) 3) Fallan en reconocer el efecto de capas (A, B, C) 4) Los efectos ambientales se toman en cuenta solamente en forma subjetiva. 5) Fallan en tomar en cuenta el efecto de las repeticiones de carga en el daño en el pavimento. (A, B, C, D, F) 6) No toman en cuenta en forma adecuada las variaciones constructivas (A, B, C, D, F,) 7) No distinguen el efecto de cargas dinámicas (A, B, C, D) 8) No estiman en forma adecuada el efecto de la variación estacional de resistencia (A, B, C, D, F) 9) No se evalúa adecuadamente en laboratorio el comportamiento de los materiales en servicio.
B. BASADOS EN PRUEBAS SENCILLAS DE RESISTENCIA. CBR: Kentucky; Wyoming; Cuerpo de Ingenieros, S.O.P.	Tratan de prevenir la falla Equipo y proced. sencillos, para medir las propiedades de terracerías y bases correlacionadas empíricamente con el esp. de pav.	
C. BASADOS EN CLASIFICACION DE SUELOS Indice de grupo; Agencia Federalde Aviación.	Tratan de prevenir la falla. Pruebas sencillas de clasificación para asignar resistencias a las terracerías, correlacionados empíricamente con el esp. de pav.	
D. BASADOS EN PRUEBAS TRIAXIALES Kansas; Texas; California.	Tratan de prevenir la falla. Los valores de prueba se usan para el análisis de estabilidad de las componentes del pavimento y terracerías.	
E. BASADOS EN PRUEBAS DE PLACA Marina de E.U. Mc Leod	Tratan de prevenir la falla, limitando la deflexión, prueban en prototipos terracerías y pavimento.	
F. BASADOS EN ANALISIS ESTRUCTURALES DE SISTEMAS DE CAPAS Método Shell con 3 capas	Tratan de controlar o evitar el mecanismo de falla. Análisis objetivos para predecir esfuerzos y deformaciones en cualquier punto de la estructura.	
G. BASADOS EN EVALUACIONES ESTADISTICAS DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS. (1960-1976) Shook y Finn; Canadiense, Inglés, I.I.	Tienden a medir la relación entre la vida útil y el comportamiento y controlan la falla, limitando la deflexión, pruebas a escala natural y evaluación.	

FIG. 7.4 CLASIFICACION DE LOS ENFOQUES ACTUALES PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

7.2. EJEMPLO DEL METODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

1. ANTECEDENTES

Se requiere diseñar la estructura de un tramo de carretera, cuyas características se describen a continuación:

a) Carretera de dos carriles de circulación, de 3.60m de ancho cada-uno, situada en la parte central de la república, en una llanura, cuyas características climáticas son: Precipitación anual 800 mm y temperatura media anual es de 20°c, con terraplén entre 1 metro y 1.30 de acuerdo al proyecto geométrico.

b) Terracerías y terreno natural formados por una arcilla limosa CL, de calidad mala según las actuales especificaciones de calidad de la SOP.

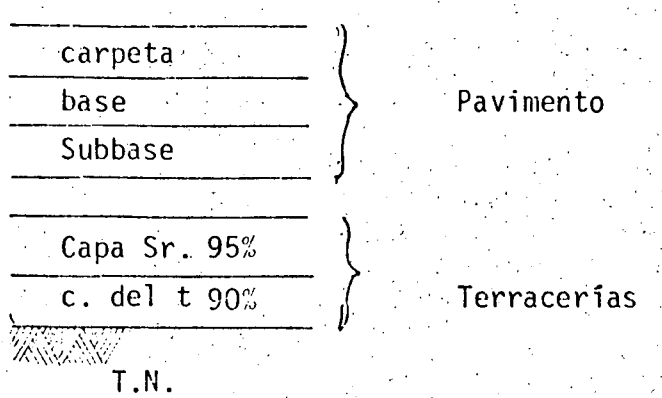
c) Los materiales necesarios para las capas de subbase y base existen en la región, por lo que se cuentan también agregados para la elaboración de la carpeta asfáltica.

d) Tránsito inicial esperado: 500 vehículos en las dos direcciones,-- distribuidos como se muestra más adelante.

e) Vida de proyecto: 12 años

f) Taza de crecimiento anual del tránsito 12%.

Se estructurará la carretera de la forma siguiente:

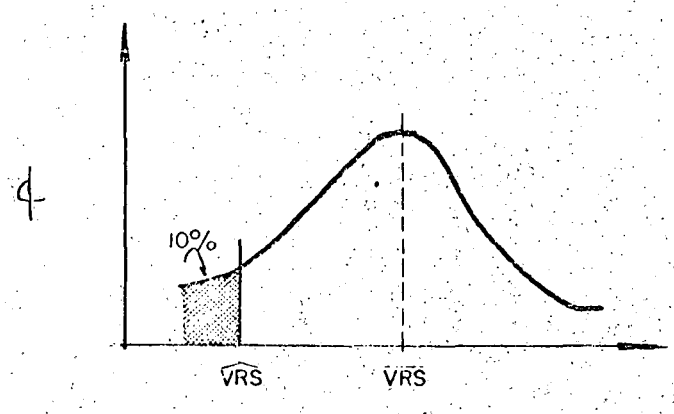


2. ESTIMACION DE LOS VALORES RELATIVOS DE SOPORTE CRITICO ESPERADOS EN EL CAMPO.

A la arcilla limosa CL, que formará las terracerías de la estructura vial, se le realizó la prueba del Cuerpo de Ingenieros y eligiendo, respecto a la prueba de compactación AASHO estandar, el grado de compactación correspondiente con la humedad que se considera, la de equilibrio de acuerdo al criterio inglés, se tienen los siguientes resultados:

95% compactación ——— $\overline{VRS} = 8\ \%$; $\sigma = 1.28$
90% compactación ——— $\overline{VRS} = 5.5\%$; $\sigma = 1.00$

El terreno natural se considera con un valor medio de 5% con un $\sigma = 2.0$. Para elegir los valores relativos de soporte críticos para diseñar, se tomó un nivel de confianza de 90%, que significa que se corre el riezgo que el 10% de la superficie de la carretera, tenga un valor menor que el encontrado, según se muestra en la gráfica.



El valor de diseño se calcula con la fórmula:

$$\widehat{VRS} = \overline{VRS}\ (1 - CV)$$

donde:

V = Coeficiente de variación = $\sigma / \overline{VRS}$

C = Factor que depende del nivel de confianza en este caso, de 90% es igual a 1.282

entonces:

Para 95% de compactación $\widehat{VRS} = 8 \quad (1 - 1.282 \times 0.16) = 6.4$

Para 90% de compactación $\widehat{VRS} = 5.5 \; (1 - 1.282 \times 0.18) = 4.2$

Natural $\widehat{VRS} = 5.0 \; (1 - 1.282 \times 0.40) = 2.5$

3. CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE.

El cálculo del tránsito equivalente se muestra en la tabla siguiente, en que se supone un espesor de pavimento de 30 cm.

4. DISEÑO DE ESPESORES.

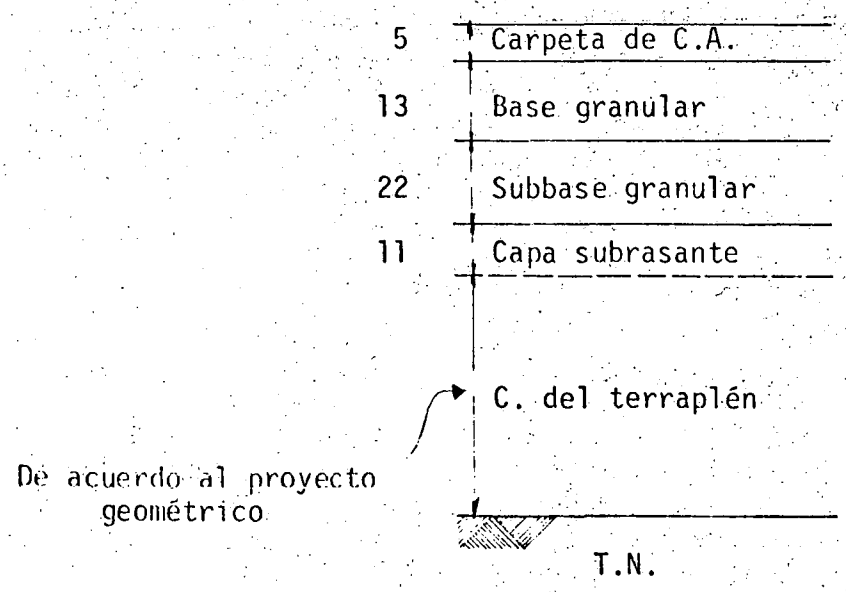
De acuerdo a la gráfica de diseño, fig. 7.8 , el resultado es:

Para $\widehat{VRS} = 6.4$ y $\Sigma L = 754'000$, $Z = 45$ cm.

Para $\widehat{VRS} = 4.2$ y $\Sigma L = 754'000$, $Z = 56$ cm.

Para $\widehat{VRS} = 2.5$ y $\Sigma L = 754'000$, $Z = 73$ cm.

De acuerdo a la gráfica el espesor mínimo de base es de 12.5 cm. supone-- mos 13 y el espesor de carpeta de concreto asfáltico será de 10/2 = 5 cm. por lo que el diseño quedará:



Si el espesor que requiere el terreno natural por motivos del tránsito fuera mayor que el fijado por el proyecto geométrico, tendría que hacerse un ajuste en este último, ya que de otra manera estariamos provocando la falla de la estructura por el terreno de cimentación.

Notas: EJEMPLO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE. METODO I.I UNAM

TIPO DE VEHICULO	Número de vehículos en ambas direcciones	Coeficiente de distribución	Número de vehículos en el carril de proyecto	Coeficiente de vehículos cargados o vacíos	Número de vehículos cargados o vacíos por carril N_i, N'_i	Coeficientes de carga por tránsito, F_i, F'_i		Número de ejes equivalentes de 8.2 ton, $N_i F_i$, $N'_i F'_i$	
						z=0 cm.	z=30 cm.	z=0 cm.	z=30 cm.
A_p	150	0.5	75.0	C= 1.00	75.00	0.005	0	0.38	0
				V= 0.00	0	0.005	0	0	0
A_c	63	0.5	31.5	C= 0.30	9.45	0.34	0.010	3.21	0.09
				V= 0.70	22.05	0.34	0	7.50	0
B	52	0.5	26.0	C= 1.00	26.00	2.0	1.100	152.00	28.60
				V= 0.00	0	2.0	0.507	0	0
C2	111	0.5	55.5	C= 0.63	34.97	0.88	0.442	30.77	75.46
				V= 0.37	20.53	0.88	0.003	18.07	0.06
C3	52	0.5	26.0	C= 0.79	20.54	0.88	0.653	18.08	13.41
				V= 0.21	5.46	0.88	0.006	4.80	0.03
T2-S1	12	0.5	6.0	C= 0.79	4.76	3.0	1.707	14.22	8.09
				V= 0.21	1.26	3.0	0.029	3.78	0.04
T2-S2	30	0.5	15.0	C= 0.78	11.70	4.0	1.480	46.80	17.32
				V= 0.22	3.30	4.0	0.051	13.20	0.17
T3-S2	30	0.5	15.0	C= 0.79	11.85	5.0	1.025	59.25	12.15
				V= 0.21	3.15	5.0	0.032	15.75	0.10
		Total	250.0			T_0, T'_0 = Tránsito equivalente inicial		287.81	92.52

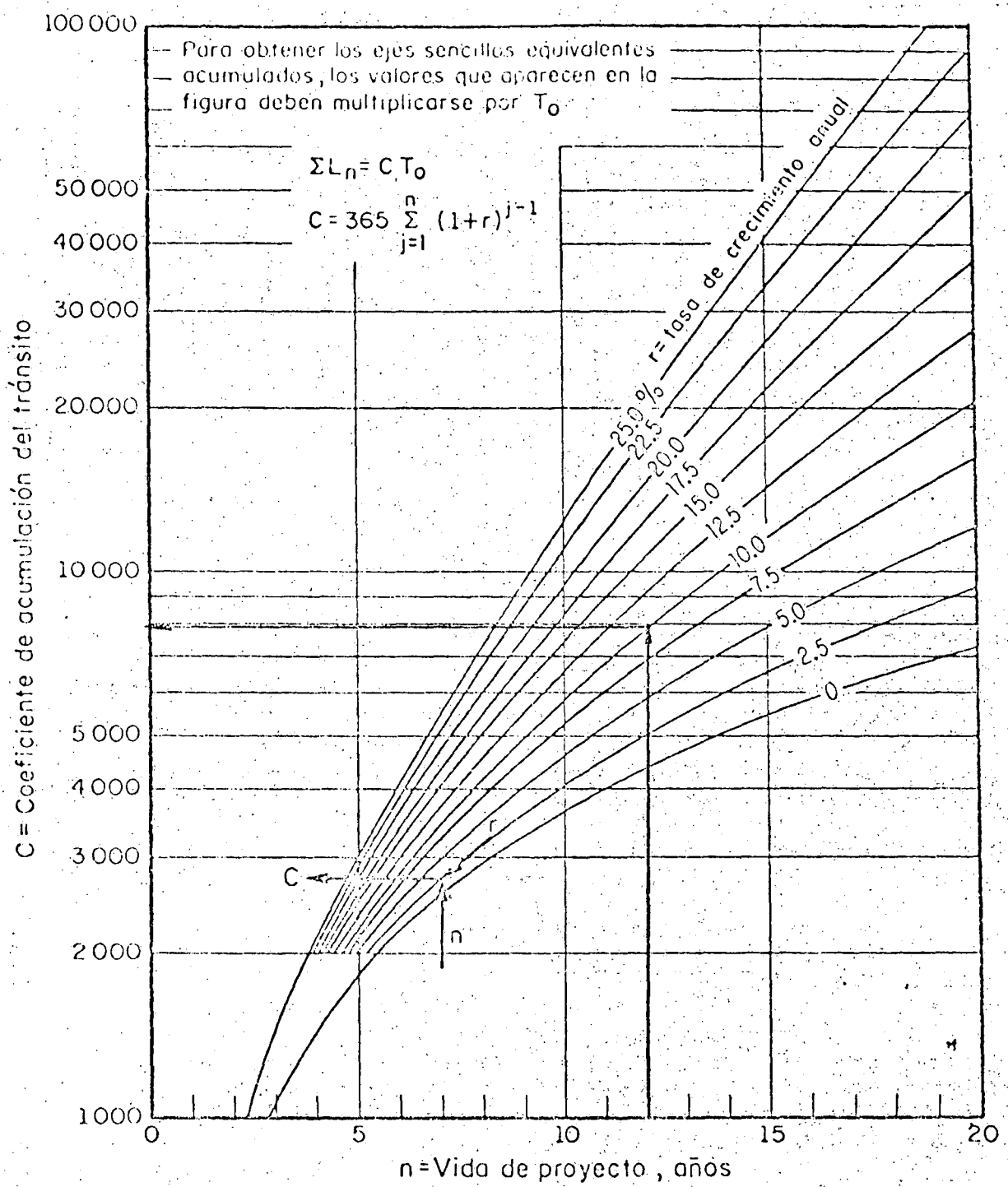
NUMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION PARA EL CARRIL DE PROYECTO,%
2	50
4	40 - 50
6 o más	30 - 40

Años de servicio, n = 12 Tasa de crecimiento anual, r = 10 %

Coeficiente de acumulación del tránsito, C = 7,900

Tránsito acumulado, $\Sigma T_n = CT_0$ = 2273699 (z = 0) $\Sigma T'_n = CT'_0$ = 754608 (z = 30)

Fig. 75 CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE



ΣL_n tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

C coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r

T_0 tránsito medio diario por carril en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

$T_0 = \Sigma N_i F_i + \Sigma N_i' F_i'$

N_i, N_i' promedio diario por carril de vehículos tipo i (cargados o descargados, respectivamente), durante el primer año de servicio

F_i, F_i' coeficiente de daño relativo producido por cada viaje del vehículo i (cargado o descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 ton

FIG. 26 Ejemplo del calculo del coeficiente de acumulacion del transito

K_v = Coeficiente de equivalencia para el vehículo vacío
K_c = Coeficiente de equivalencia para el vehículo cargado

	Características			Coeficientes de daño				Coeficientes de daño			
	Peso, ton		p/	Cargado, K_c				Vacío, K_v			
	Cargado	Vacío	(kg/cm²)	z = 0	z = 15	z = 22.5	z = 30	z = 0	z = 15	z = 22.5	z = 30
Ap 1	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000	0.0023	0.000	0.000	0.000
2	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000	0.0023	0.000	0.000	0.000
3											
Σ	2.0	1.6	–	0.0046	0.000	0.000	0.000	0.0046	0.000	0.000	0.000
Ac 2 (CARGA=2.5 ton)	1.6	1.2	4.2	0.17	0.002	0.001	0.000	0.17	0.001	0.000	0.000
2	3.3	1.2	4.2	0.17	0.040	0.010	0.010	0.17	0.000	0.000	0.000
3											
Σ	4.9	2.4	–	0.34	0.042	0.011	0.010	0.34	0.001	0.000	0.000
B 3 (25 PASAJEROS)	4.2	2.0	5.6	1.0	0.150	0.050	0.050	1.0	0.040	0.025	0.025
2	8.3	7.0	5.8	1.0	1.000	1.000	1.000	1.0	0.500	0.500	0.500
3											
Σ	12.5	10.0	–	2.0	1.150	1.100	1.100	2.0	0.640	0.515	0.525
C2 4 (CARGA=5.1 ton)	2.5	1.5	5.0	0.44	0.025	0.008	0.002	0.44	0.002	0.000	0.000
2	6.8	2.7	5.0	0.44	0.440	0.440	0.440	0.44	0.025	0.008	0.003
3											
Σ	9.3	4.2	–	0.88	0.465	0.448	0.442	0.88	0.027	0.008	0.003
C3 5 (CARGA=9.7 ton)	2.6	1.7	5.0	0.44	0.025	0.008	0.003	0.44	0.004	0.001	0.000
2	14.0	5.2	5.0	0.44	0.650	0.650	0.650	0.44	0.040	0.010	0.004
3											
Σ	16.6	6.9	–	0.88	0.675	0.658	0.653	0.88	0.044	0.011	0.004
T2-S1 6 (CARGA=9.7 ton)	3.0	2.5	5.8	1.0	0.040	0.015	0.007	1.0	0.020	0.006	0.002
2	8.0	3.6	5.8	1.0	0.900	0.900	0.900	1.0	0.080	0.010	0.005
3	7.8	3.0	5.8	1.0	0.800	0.800	0.800	1.0	0.040	0.015	0.007
Σ	18.8	9.1	–	3.0	1.740	1.715	1.707	3.0	0.140	0.031	0.014
T2-S2 7 (CARGA=13.3 ton)	4.0	3.5	5.8	1.0	0.120	0.060	0.050	1.0	0.080	0.020	0.020
2	8.5	4.0	5.8	1.0	1.000	1.020	1.050	1.0	0.120	0.010	0.010
3	12.1	3.8	5.8	2.0	0.450	0.400	0.400	2.0	0.010	0.002	0.001
Σ	24.6	11.3	–	4.0	1.570	1.480	1.480	4.0	0.210	0.032	0.031
T3-S2 8 (CARGA=16.0 ton)	3.9	3.5	5.8	1.0	0.100	0.050	0.025	1.0	0.050	0.020	0.010
2	13.0	5.4	5.8	2.0	0.600	0.500	0.500	2.0	0.040	0.015	0.005
3	13.0	5.0	5.8	2.0	0.600	0.500	0.500	2.0	0.010	0.010	0.002
Σ	29.9	13.9	–	5.0	1.300	1.050	1.025	5.0	0.100	0.055	0.017

Fig 7.7 Coeficientes de daño por tránsito para vehículos típicos

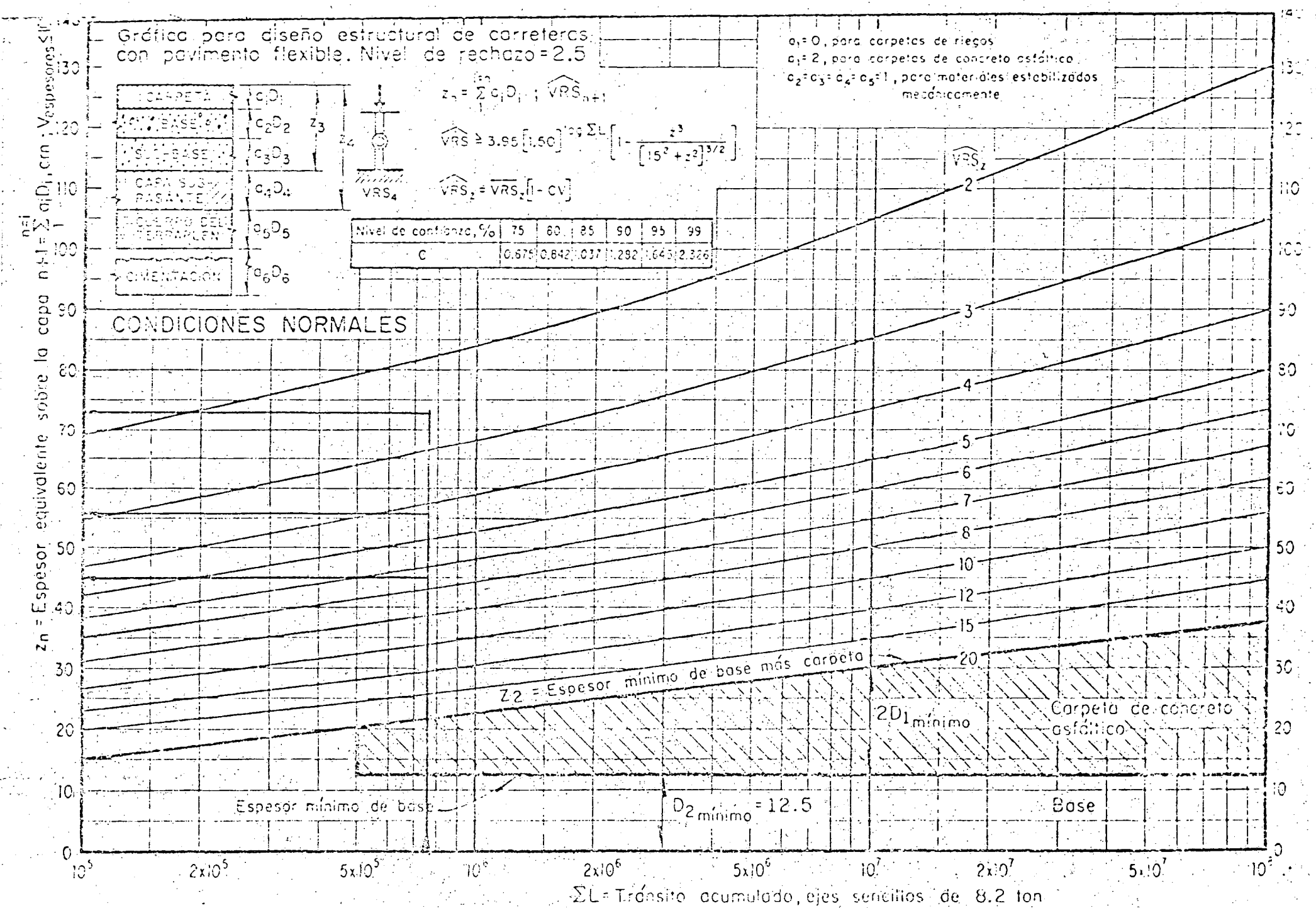


Fig. 7.3 Gráfica de diseño para condiciones normales

7.3 METODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Este procedimiento trata de asegurar un buen comportamiento y una larga-vida de los pavimentos de concreto, basándose en:

1) Proporcionar al pavimento una cimentación razonablemente uniforme.

2) Prevenir problemas de bombeo y de cambios volumétricos en las terracerías por medio de una subbase relativamente delgada en los casos que se requiera.

3) Diseñar las juntas para: controlar los esfuerzos producidos por alabeo, permitir una transferencia de carga adecuada y evitar los daños producidos por la infiltración de material extraño en las juntas.

4) Diseñar el espesor de losa para que soporte los esfuerzos producidos por el tránsito, dentro de límites de seguridad razonables.

El objetivo de este método, es el mismo que para otras estructurales ingenieriles o sea el encontrar el espesor mínimo necesario que resulte en el costo anual más bajo, tomando en cuenta tanto el costo inicial de construcción, como el costo de conservación.

A continuación se presentan los criterios fijados por este procedimiento:

a. Propiedades del concreto

Al flexionarse una losa de concreto bajo las cargas, se producen en ella, tanto esfuerzos de compresión como de flexión. Sin embargo, los esfuerzos compresivos son muy pequeños para influir en el espesor de la losa; por otra parte, las relaciones entre el esfuerzo a la flexión y la resistencia flexionante son mucho mayores por lo que estas dos últimas características del concreto son las que se usan para el diseño de espesores.

La PCA, recomienda que la resistencia a la flexión se determine con pruebas de módulo de ruptura, hechas en vigas de 15.2 x 15.2 x 76.2 cm. (6x6x30 pulg), realizando el ensaye cargando la viga en los tercios ya que considera que este es el método que da una mejor estimación de la resistencia buscada.

Las pruebas de módulo de ruptura se hacen generalmente a los 7, 14, 28 y 90 días. Las pruebas a los 7 y 17 días se utilizan para comparar sus resultados con los especificados y para determinar cuando los pavimentos pueden abrirse al tránsito. Las pruebas a los 28 y 90 días se utilizan para el diseño de espesores. Se recomienda que se realice el diseño con el módulo de ruptura determinado a los 90 días y solo cuando no sea posible ésto, usar el 110 por ciento del módulo obtenido a los 28 días.

b) Cimentación de las losas

La sustención dada al pavimento de concreto, por las terracerías y la subbase cuando se utiliza, es el segundo elemento principal en el diseño de espesores. El soporte de la cimentación se estima en términos del módulo de reacción k, que es igual a la presión en Kg/cm2, aplicada a una área cargada (generalmente una placa circular de 76.2 cm. de diámetro), dividida entre la deflexión (cm) correspondiente a esa presión; los valores de K, se expresan en Kg/cm3 La prueba se realiza sobre la capa donde va a descansar el pavimento de concreto.

Usualmente no es económico el usar subbase con el propósito único de incrementar el módulo de reacción k. Sin embargo cuando es necesaria por otras razones, hay un incremento en k, que debe usarse en el diseño de espesores. Cuando se usa subbase granular la PCA, da un criterio que se presenta, proporciona el incremento de k, que puede esperarse en función del espesor que se coloque.

TABLA 7.1

EFECTO DE LA SUBBASE GRANULAR EN EL VALOR DE K. (Kg/cm3)

VALOR K DE TERRACERIAS	VALOR DE K EN LA SUBBASE			
	10 CM.	15 CM.	23 CM.	30 CM.
1.4	1.8	2.1	2.4	3.1
2.8	3.6	3.9	4.5	5.3
5.6	6.2	6.4	7.6	9.0
8.4	9.-	9.2	10.4	12.0

c. Fatiga.

Como otros materiales de construcción, el concreto se sujeta a los efectos de fatiga. Una falla de fatiga ocurre cuando el material se rompe bajo repeticiones continuadas de cargas que causan relaciones de esfuerzos de menos de la unidad. Como los esfuerzos críticos en el concreto son de flexión, la fatiga debida a esfuerzos de flexión es la usada para diseños de espesores, con la utilización de la relación entre el esfuerzo a la flexión y el módulo de la ruptura. Por ejemplo si una carga causa un esfuerzo de flexión de 35 Kg/cm2 y el módulo de la ruptura es ---- 50 kg/cm2,

$$\text{Relación de esfuerzos} = \frac{35}{50} = 0.70$$

La investigación sobre fatiga a la flexión muestra, que a medida que esa relación decrece, el número de repeticiones de esfuerzos necesario para la falla se incrementa. Cuando la relación de esfuerzos es menor de 0.50 el concreto puede practicamente soportar un número ilimitado de repeticiones de esfuerzos sin pérdida en la capacidad de carga.

Para el diseño de espesores, se usan los datos de la tabla 7.2, con base en la hipotesis de Minor, que dice: La resistencia a la fatiga no consumida por repeticiones de una carga, esta disponible para repeticiones de otras cargas. Teoricamente la fatiga total utilizada no debe exceder del 100%. En la práctica, el 100 por ciento es adecuado para diseños basados en módulos de ruptura a los 90 días. Para diseños basados en módulos de ruptura a los 28 días, el consumo de fatiga puede incrementarse hasta 125 por ciento, para tomar en cuenta la resistencia ganada después de los 28 días.

TABLA 7.2

RELACION DE ESFUERZOS Y REPETICIONES DE CARGA PERMITIDAS			
Relación de* esfuerzos	Repeticiones permitidas	Relación de esfuerzos	Repeticiones de esfuerzos
0.51 **	400 000	0.69	2 500
0.52	300 000	0.70	2 000
0.53	240 000	0.71	1 500
0.54	180 000	0.72	1 100
0.55	130 000	0.73	850
0.56	100 000	0.74	650
0.57	75 000	0.75	490
0.58	57 000	0.76	360
0.59	42 000	0.77	270
0.60	32 000	0.78	210
0.61	24 000	0.79	160
0.62	18 000	0.80	120
0.63	14 000	0.81	90
0.64	11 000	0.82	70
0.65	8 000	0.83	50
0.66	6 000	0.84	40
0.67	4 500	0.85	30
0.68	3 500		

* Esfuerzo por carga entre el módulo de ruptura

** Repeticiones ilimitadas para relaciones de esfuerzos de 0.50 o menos.

d. FACTORES DE SEGURIDAD DE LAS CARGAS

Los factores de seguridad por el efecto dinámico de las cargas, que recomienda esta Asociación son:

1. Para carreteras principales con volúmenes de tránsito altos, FS=1.2

2. Para carreteras y calles con volúmenes medianos de tránsito, FS=1.1

3. Para carreteras, calles residenciales yotras vias de volúmenes de tránsito bajos, FS=1.0

El uso de los conceptos presentados, se ilustra en un ejemplo:

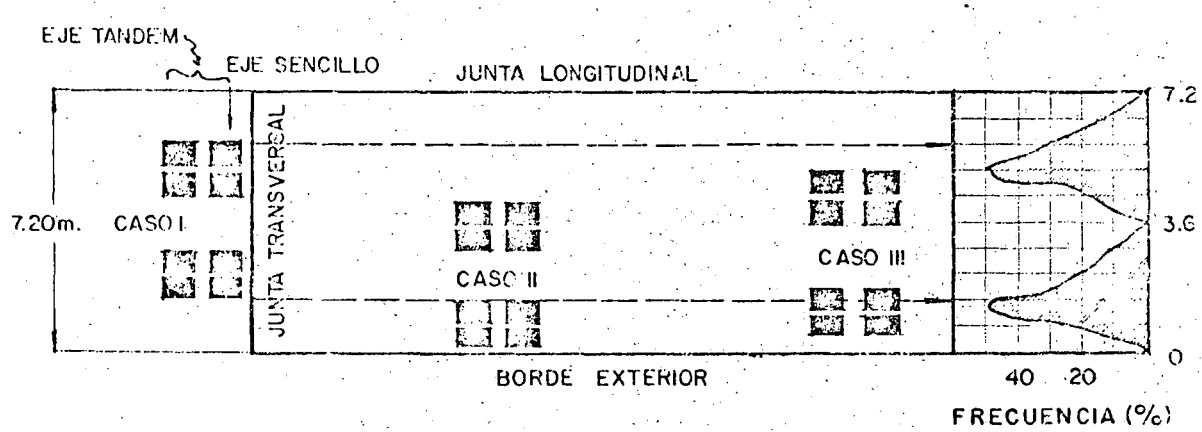


FIG.7.9 POSICIONES DE LA CARGA Y DISTRIBUCION DEL TRANSITO

e. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LAS CARGAS

Para analizar los esfuerzos en las losas de concreto, la PCA, considera los tres casos mostrados en la fig.7.9, en donde también aparece el diagrama de distribución de frecuencias del tránsito.

Los esfuerzos tanto para ejes sencillos como para ejes en tandem, para los tres casos de la fig.7.9, se pueden determinar por medio de las cartas de influencia de Pickett y Ray, que las desarrollaron en base a las ecuaciones teóricas desarrolladas por Westergaard.

El análisis de los esfuerzos calculados con las cartas de influencia y de los datos de distribución del tránsito, ha mostrado que:

1) El caso I, da mayores esfuerzos que el caso II, cuando las cargas de ejes sencillos pasan a más de 8 cm. del borde exterior del pavimento, o sea el caso I, da los esfuerzos máximos para el 99.8 por ciento del tránsito de ejes sencillos.

2) El caso I, da mayores esfuerzos que el caso II, cuando los ejes en tandem, pasan a más de 3 cm. del borde exterior del pavimento, o sea el caso I, da los máximos esfuerzos para el 99.9 porciento del tránsito de ejes en tandem.

3) Los esfuerzos mayores para la fracción del uno por ciento del tránsito que pasa por el borde exterior o muy cercano a este, no afecta al diseño de espesores.

Gráficas de diseño para el caso I, para ejes sencillos y en tandem, se presentan en las fig.7.10 y 7.11, y en ambos casos cubren intervalos muy amplios de carga, de módulo de reacción de esfuerzos y de espesores. El uso de las gráficas se muestra en ellas por medio de flechas.

VIDA DE PROYECTO

El término vida de proyecto no tiene una definición precisa, para algunas agencias o ingenieros, consideran que la vida de un pavimento termina, cuando la primer sobrecarpeta de espesor considerable, es colocada. En base a este concepto, el considerar una vida de proyecto de 20 años parece razonable.

Otro punto de vista es considerar que la vida del pavimento no termina cuando se le coloca una o dos sobrecarpetas, mientras el concreto siga siendo el elemento estructural más importante en la estructura vial. Desde este enfoque y con base en las experiencias, la PCA, justifica - una vida de proyecto de 40 años.

TRANSITO

El número y peso de los ejes pesados, esperados durante la vida de proyecto, son factores fundamentales en el diseño de pavimentos de concreto. En México,se podrían estimar los pesos con los vehículos tipo, -- que se presentan en la fig. 7.7, y para hacer la proyección del tránsito auxiliarse de la fig.7.6

Todos los conceptos vertidos anteriormente, se explicarán mejor con el ejemplo que se presenta a continuación.

EJEMPLO

a) ANTECEDENTES.

Se requiere diseñar un pavimento rígido para un tramo de carretera, con las siguientes características:

1. Carretera de dos carriles de circulación de 3.60 m. de ancho- cada uno.

2. Terracerías y terreno natural formados por una arcilla limosa- CL, cuyo módulo de reacción k, al nivel de la capa subrasante es del orden de 2.8 kg/cm2.

3. Para evitar problemas de cambios volumétricos de las terracerías, se colocará una subbase granular de 15 cm. de espesor. El módulo de reacción obtenido K, de realizar unas pruebas en- un tramo de prueba, fue de 4.0 kg/cm3.

4. Se utilizará para las losas, concreto cuyo módulo de ruptura a los 28 días, en pruebas de viga cargada en los tercios fue de 45 kg/cm3.

5. Tránsito inicial esperado: 500 vehículos en las dos direcciones, cuya distribución se muestra en la fig.7.12

6. Vida de proyecto: 20 años

7. Taza de crecimiento anual del tránsito, 10% para los vehículos ligeros y 5% para los pesados

La estructura quedará de la siguiente forma:

Losa de concreto
Subbase
Terracerías

b) CALCULO DEL TRANSITO

El cálculo del tránsito se presenta en la fig.7.12 y la tabla 7.3

c) CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

El cálculo del espesor del pavimento se presenta en la fig. 7.13

d) COMENTARIOS

En el ejemplo presentado el espesor de diseño, fue de 18 cm. se probó un espesor de 16 cm., pero la fatiga que se utiliza es de 280 por ciento; por otra parte, se probó un espesor de 20 cm. y el resultado fue que la fatiga utilizada no pasa del 30 por ciento, por lo que se dejo como definitivo el de 18 cm. que se antoja un diseño bien balanceado, hay que hacer notar que si se pudiera aumentar el módulo de ruptura del concreto en 1 kg/cm2, se reduciría la fatiga -

utilizada hasta 45 por ciento, lo que demuestra la importancia tan grande que tienen en el diseño de pavimentos rígidos la calidad -- del concreto.

R e f e r e n c i a s

1. Portland Cement Association "Thickness Design for Concrete Pavements" Portland Cement Association (1966)

2. S. Corro C y G. Prado O. "Diseño Estructural de carreteras con pavi-- mento flexible", Informe No. 325, Instituto de Ingeniería,UNAM, México, D.F. (1974)

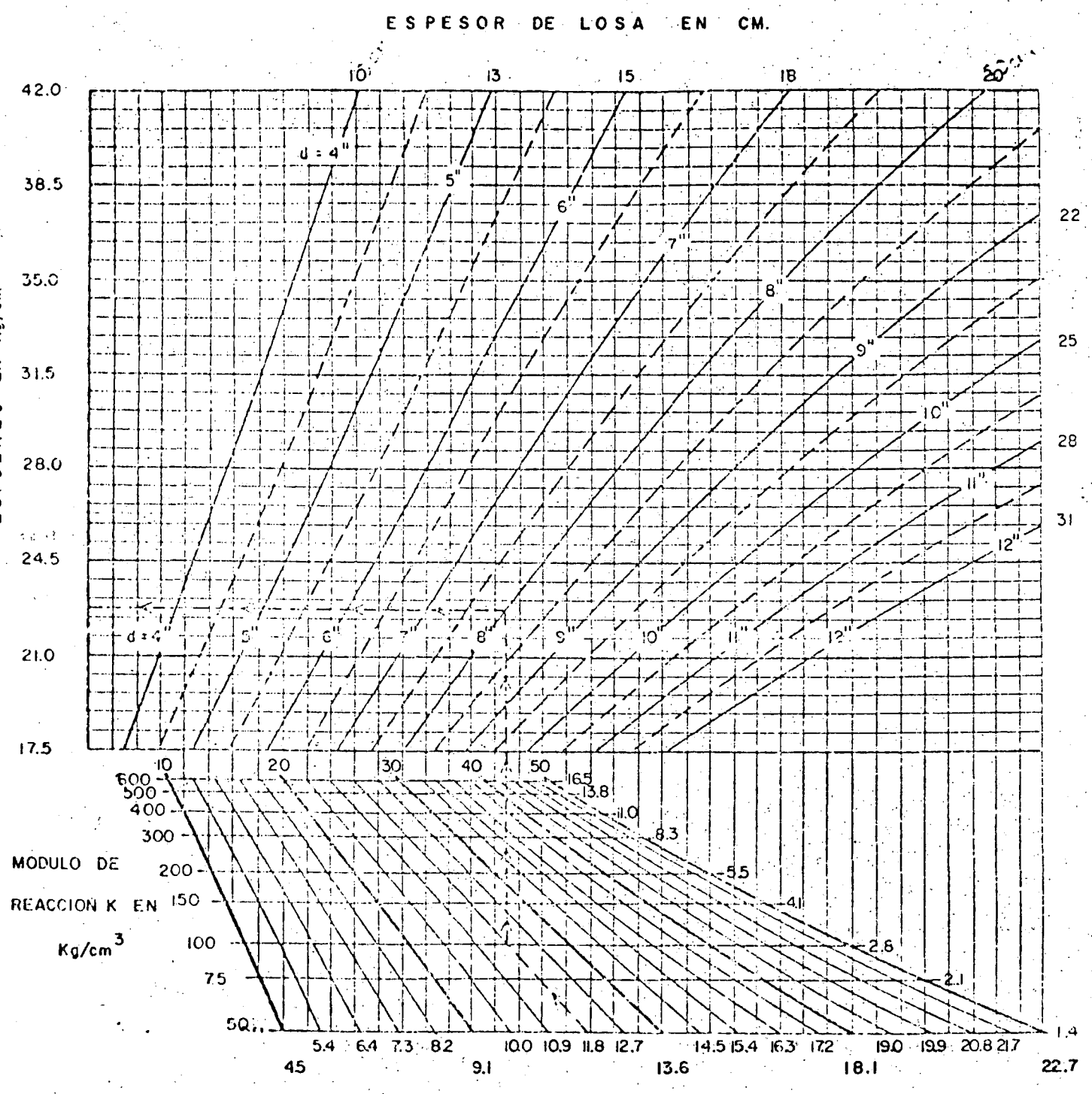


FIG. 7.10 Gráfica de diseño para cargas en ejes sencillos (ref 1)

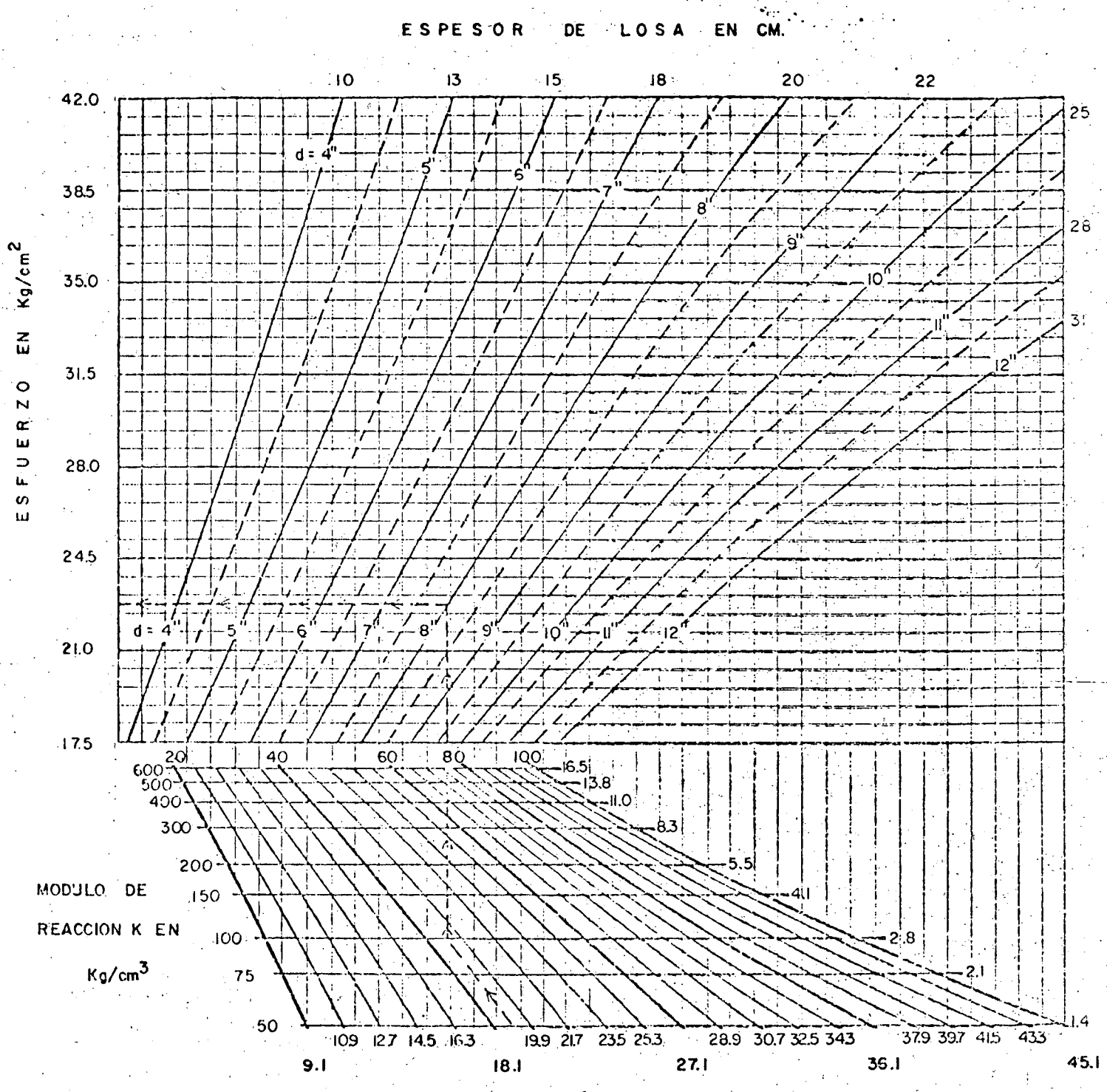
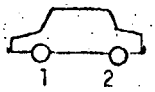
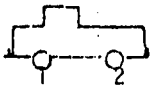
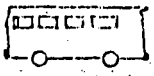
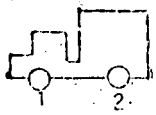
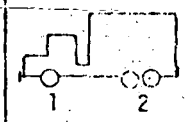
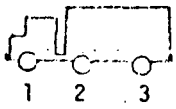
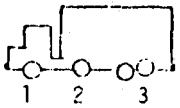
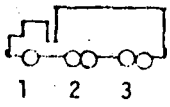


FIG 7.11 Grafica de diseño para cargas en ejes en tandem (ref.)

TABLA 7.3

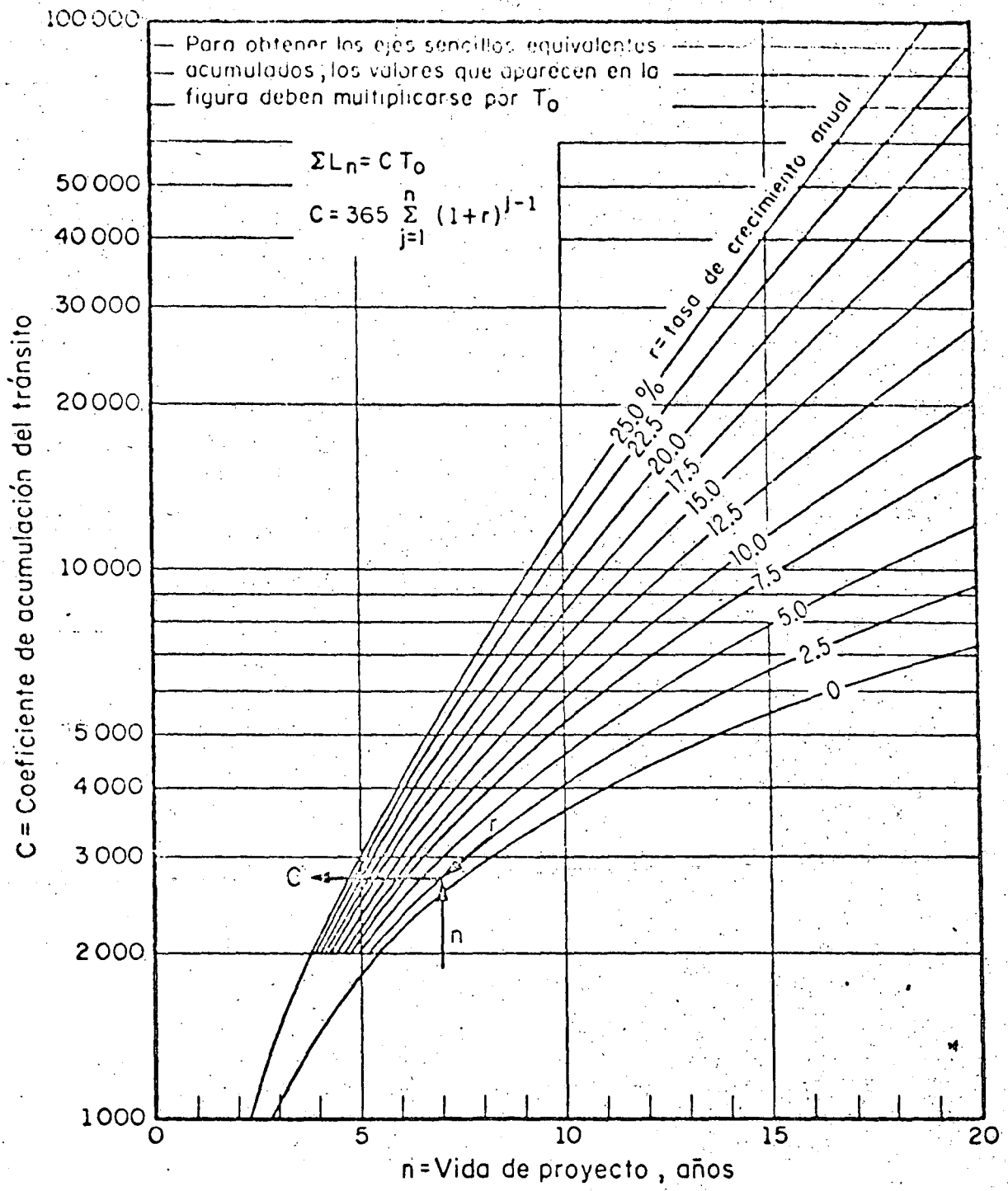
AGRUPACION DE LOS EJES POR INTERVALOS DE PESOS

TON.	EJES SENCILLO	
INTERVALO	VALOR MEDIO	NUMERO ESPERADO
8.5 - 9.5	9.0	141 207
7.5 - 8.5	8.0	428 208
6.5 - 7.5	7.0	422 053
5.5 - 6.5	6.0	0
4.5 - 5.5	5.0	0
3.5 - 4.5	4.0	730 899
2.5 - 3.5	3.0	511 226
1.5 - 2.5	2.-	4 057 660
EJES EN TANDEM		
13.5 -14.5	14.0	247 897
12.5 -13.5	13.0	286 036
11.5 -12.5	12.0	141 207
10.5 -11.5	11.0	0
4.5 - 5.5	5.0	141 931
3.5 - 4.5	4.0	39 828

TIPO DE VEHICULO.		TRANSITO INICIAL										
		NUMERO DE VEHICULOS EN AMBAS DIRECCIONES.	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION.	NUM. DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROYECTO	COEFICIENTE DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS	NUM. DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS POR C.	PESO POR EJE NO.	PESO POR EJE TIPO	PESO POR EJE TON.	NUMERO DE EJES	COEFICIENTE DE ACUMULACION DE TRANSITO=C	NUMERO DE EJES ESPERADOS DURANTE LA VIDA DEL PROYECTO
Ap		150	0.5	75.0	C=1.00	75.00	1	Senc	1.0	75.00	20,905	1'567,875
							2	Senc	1.0	75.00	20,905	1'567,875
					V=0.00	0	1	Senc	0.8	0	20,905	0
							2	Senc	0.8	0	20,905	0
Ac		63	0.5	31.5	C=0.30	9.45	1	Senc	1.6	9.45	20,905	197,552
							2	Senc	3.3	9.45	20,905	197,552
					V=0.70	22.05	1	Senc	1.2	22.05	20,905	460,955
							2	Senc	1.2	22.05	20,905	460,955
B		52	0.5	26.0	C=1.00	26.00	1	Senc	4.2	26.00	12,069	313,794
							2	Senc	8.3	26.00	12,069	313,794
					V=0.00	0	1	Senc	3.0	0	12,069	0
							2	Senc	7.0	0	12,069	0
C2		111	0.5	55.5	C=0.63	34.97	1	Senc	2.5	34.97	12,069	422,053
							2	Senc	6.8	34.97	12,069	422,053
					V=0.37	20.53	1	Senc	1.5	20.53	12,069	247,777
							2	Senc	2.7	20.53	12,069	247,777
C3		52	0.5	26.0	C=0.79	20.54	1	Senc	2.6	20.54	12,069	247,997
							2	Tand	14.0	20.54	12,069	247,997
					V=0.21	5.46	1	Senc	1.7	5.46	12,069	65,897
							2	Tand	5.2	5.46	12,069	65,897
T2 S1		12	0.5	6.0	C=0.79	4.74	1	Senc	3.0	4.74	12,069	57,207
							2	Senc	8.0	4.74	12,069	57,207
							3	Senc	7.8	4.74	12,069	57,207
					V=0.21	1.26	1	Senc	2.5	1.26	12,069	15,207
							2	Senc	3.6	1.26	12,069	15,207
							3	Senc	3.0	1.26	12,069	15,207
T2 S2		30	0.5	15.0	C=0.78	11.70	1	Senc	4.0	11.70	12,069	141,207
							2	Senc	8.5	11.70	12,069	141,207
							3	Tand	12.1	11.70	12,069	141,207
					V=0.22	3.30	1	Senc	3.5	3.30	12,069	39,828
							2	Senc	4.0	3.30	12,069	39,828
							3	Tand	3.8	3.30	12,069	39,828
T3 S2		30	0.5	15.0	C=0.79	11.85	1	Senc	3.9	11.85	12,069	143,018
							2	Tand	13.0	11.85	12,069	143,018
							3	Tand	13.0	11.85	12,069	143,018
					V=0.21	3.15	1	Senc	3.5	3.15	12,069	38,017
							2	Tand	5.4	3.15	12,069	38,017
							3	Tand	5.0	3.15	12,069	38,017

NOTA: C, se calculó considerando una vida de proyecto de 20 años y una taza de crecimiento del tránsito de 10%. Para los vehículos ligeros y 5% para los pesados (Fig. 5)

FIG.7/2 CALCULO DEL TRANSITO



ΣL_n tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

C coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r

T_0 tránsito medio diario por carril en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

$T_0 = \Sigma N_i F_i + \Sigma N_i' F_i'$

N_i, N_i' promedio diario por carril de vehículos tipo i (cargados o descargados, respectivamente), durante el primer año de servicio

F_i, F_i' coeficiente de daño relativo producido por cada viaje del vehículo i (cargado o descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 ton

Fig 5. Gráfica para estimar el tránsito equivalente acumulado

PROYECTO: _____

TIPO: Carretera Tipo A NUM. DE CARRILES 2

MODULO DE REACCION DE TERRACERIAS K= 2.8 KG/CM3

ESPESOR DE SUBBASE: 15 CM. De Base granular

MODELO DE REACCION COMBINADO K = 4.0 KG/CM3

FACTOR DE SEGURIDAD POR EFECTO DINAMICO DE LAS CARGAS, FS=1.2

PROCEDIMIENTO:

1. Coloque en las columnas 1, 2 y 6, las cargas esperadas en orden decreciente
2. Suponga un primer espesor (use incrementos de 3 cm.)
3. Analice el primer espesor completando las columnas 3, 4, 5 y 7
4. Analice otros espesores, variando MR*, espesores y tipos de subbase

1	2	3	4	5	6	7
CARGA POR EJEC. (TON)	CARGA POR EJE x FS	ESFUERZOS** KG/CM2	RELACION DE ESFUERZOS	NUMERO DE REPETICIONES PERMITIDAS	NUMERO DE REPETICIONES ESPERADAS	RESISTENCIA A LA FATIGA UTILIZADA xxx POR CIENTO

ESPESOR DE LOSA 18 CM. MR*=45 KG/CM2 K=4.0 KG/CM3

EJES SENCILLOS

9.0	10.8	23.5	0.52	300 000	141 207	47
8.0	9.6	21.0	0.47	Ilimitado	428 208	0
7.0	8.4		0.47	"	422 053	0
6.0	7.2		"	"	0	0
5.0	6.0		"	"	0	0
4.0	4.8		"	"	730 899	0
3.0	3.6		"	"	1 202 900	0
2.0	2.4		"	"	511 226	0
1.0	1.2		"	"	4 057 660	0

EJES EN TANDEM

14.0	16.8	23.0	0.51	400 000	247 897	62
13.0	15.6	21.5	0.48	Ilimitado	286 036	0
12.0	14.4		0.48	"	141 207	0
			"	"	0	0
			"	"	0	0
5.0	6.0		"	"	141 931	0
4.0	4.8		"	"	39 828	0

TOTAL 109

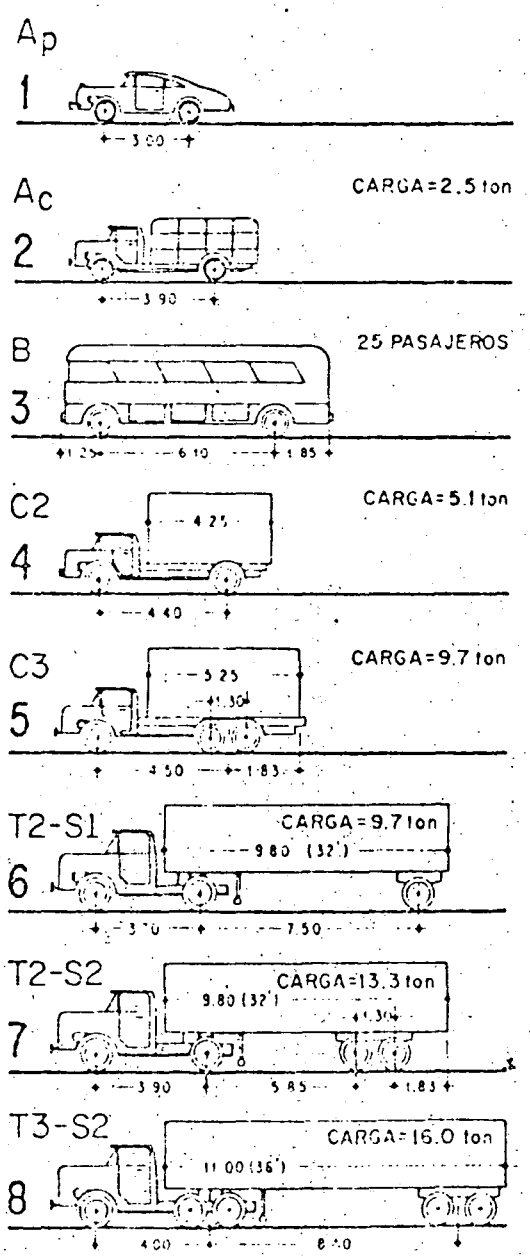
* MR = Módulo de ruptura en la prueba de la viga cargada en los tercios

*** La resistencia a la fatiga utilizada, no debe exceder en total al 125 por ciento

** Para el cálculo de esfuerzos se utilizan las Figuras 2 y 3

FIG. 7.13 CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

K_v = Coeficiente de equivalencia para el vehículo vacío
K_c = Coeficiente de equivalencia para el vehículo cargado



	Características			Coeficientes de daño				Coeficientes de daño			
				Cargado, F.				Vacío, F'			
Eje	Peso, ton Cargado	Peso, ton Vacío	p, kg/cm²	z = 0	z = 15	z = 22.5	z = 30	z = 0	z = 15	z = 22.5	z = 30
1	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000	0.0023	0.000	0.000	0.000
2	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000	0.0023	0.000	0.000	0.000
3											
Σ	2.0	1.6	-	0.0046	0.000	0.000	0.000	0.0046	0.000	0.000	0.000
1	1.6	1.2	4.2	0.17	0.002	0.001	0.000	0.17	0.001	0.000	0.000
2	3.3	1.2	4.2	0.17	0.040	0.010	0.010	0.17	0.000	0.000	0.000
3											
Σ	4.9	2.4	-	0.34	0.042	0.011	0.010	0.34	0.001	0.000	0.000
1	4.2	3.0	5.8	1.0	0.150	0.080	0.050	1.0	0.040	0.015	0.007
2	8.3	7.0	5.8	1.0	1.000	1.020	1.050	1.0	0.600	0.500	0.500
3											
Σ	12.5	10.0	-	2.0	1.150	1.100	1.100	2.0	0.640	0.515	0.507
1	2.5	1.5	5.0	0.44	0.025	0.008	0.003	0.44	0.002	0.000	0.000
2	6.8	2.7	5.0	0.44	0.440	0.440	0.440	0.44	0.025	0.008	0.003
3											
Σ	9.3	4.2	-	0.88	0.465	0.448	0.442	0.88	0.027	0.008	0.003
1	2.6	1.7	5.0	0.44	0.025	0.008	0.003	0.44	0.004	0.001	0.000
2	14.0	5.2	5.0	0.44	0.650	0.650	0.650	0.44	0.040	0.010	0.006
3											
Σ	16.6	6.9	-	0.88	0.675	0.658	0.653	0.88	0.044	0.011	0.006
1	3.0	2.5	5.8	1.0	0.040	0.015	0.007	1.0	0.020	0.006	0.002
2	8.0	3.6	5.8	1.0	0.900	0.900	0.900	1.0	0.030	0.030	0.020
3	7.8	3.0	5.8	1.0	0.800	0.800	0.800	1.0	0.040	0.015	0.007
Σ	18.8	9.1	-	3.0	1.740	1.715	1.707	3.0	0.140	0.051	0.029
1	4.0	3.5	5.8	1.0	0.120	0.060	0.030	1.0	0.030	0.030	0.020
2	8.5	4.0	5.8	1.0	1.000	1.020	1.050	1.0	0.120	0.060	0.030
3	12.1	3.8	5.8	2.0	0.450	0.400	0.400	2.0	0.010	0.002	0.001
Σ	24.6	11.3	-	4.0	1.570	1.480	1.480	4.0	0.210	0.092	0.051
1	3.9	3.5	5.8	1.0	0.100	0.050	0.025	1.0	0.080	0.030	0.020
2	13.0	5.4	5.8	2.0	0.600	0.500	0.500	2.0	0.040	0.015	0.007
3	13.0	5.0	5.8	2.0	0.600	0.500	0.500	2.0	0.030	0.010	0.005
Σ	29.9	13.9	-	5.0	1.300	1.050	1.025	5.0	0.150	0.055	0.032

Fig. 4: Coeficientes de daño por tránsito para vehículos típicos

VIII. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EN OBRAS CIVILES-INDUSTRIALES.

SUPLEMENTO TECNICO

GENERALIDADES SOBRE EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONTROL DE CALIDAD DE CARPETAS ASFALTICAS EN CARRETERAS CON PAVIMENTOS FLEXIBLES.

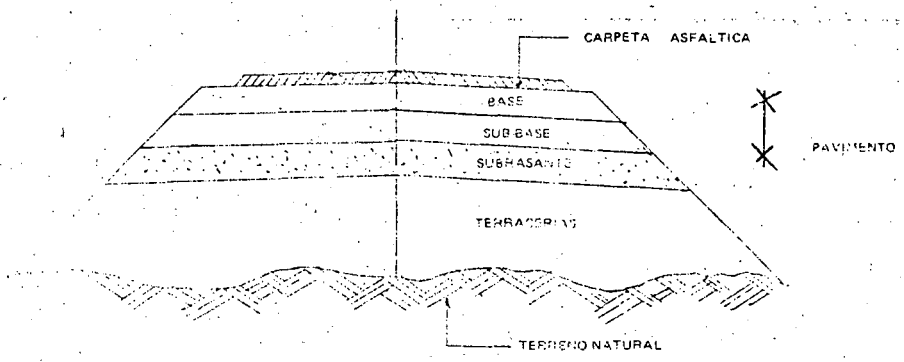
Por los Ingenieros:

Zenón Medina Domínguez y Fernando García Eguiño.

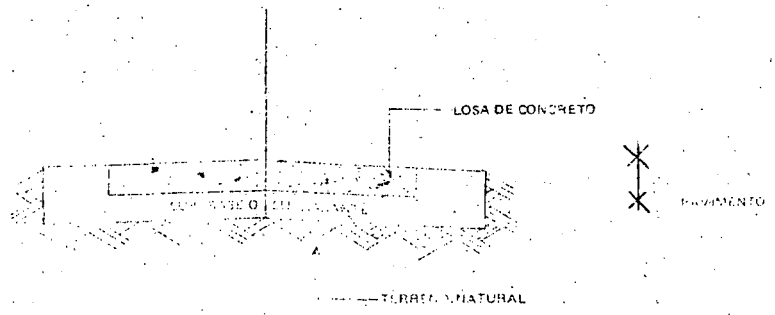
RESUMEN

La construcción de carpetas asfálticas en caminos, aeropuertos y ciudades es fundamental para el avance económico y social de un país y proporciona la superficie de rodamiento al tránsito de carros pesados, autobuses y vehículos, cuya operación se efectúa en condiciones favorables, durante el flujo de éstos. Básicamente existen dos tipos de pavimento: los flexibles y los rígidos; estos son diferenciables por el uso de rebajados ó cementos asfálticos y concretos hidráulicos respectivamente, así como por el comportamiento del estado esfuerzos bajo carga. En los pavimentos flexibles, los esfuerzos se transmiten de la superficie hacia abajo, a través de una serie de capas las cuales requieren menos calidad a medida que la profundidad aumenta. En los pavimentos rígidos los esfuerzos exteriores son soportados fundamentalmente por la losa de concreto. En ambos casos, el pavimento se apoya sobre la capa subrasante, que es la parte superior de las terracerías, construida con material seleccionado.

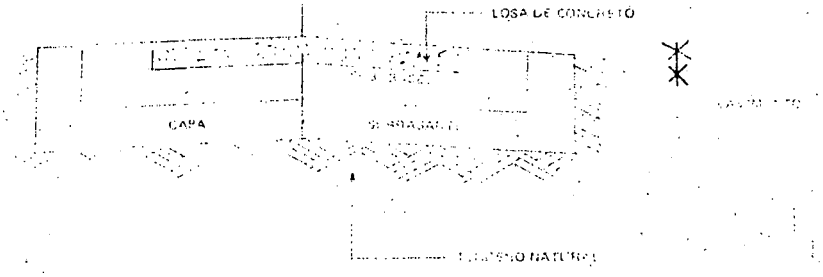
El pavimento flexible está constituido generalmente por la sub-base, base y carpeta, mientras que el rígido lo forma la losa de concreto únicamente, apoyándose algunas veces como en el caso de aeropuertos sobre una sub-base hidráulica bien compacta que proporcione una superficie de contacto uniforme. En ambos casos el espesor de cada uno debe ser suficiente para resistir los efectos del tránsito para la vida útil de diseño. Desde luego que son determinantes, en la vida del pavimento, el efecto del tránsito, el clima y la calidad de los materiales empleados. Las condiciones de drenaje, la calidad del terreno de cimentación y de las terracerías son determinantes en el comportamiento de trabajo del conjunto y podrán evitarse fallas estructurales y de funcionamiento (deformaciones, agrietamientos, baches, etc.) si éstos factores son considerados en el proyecto y la construcción de la obra.



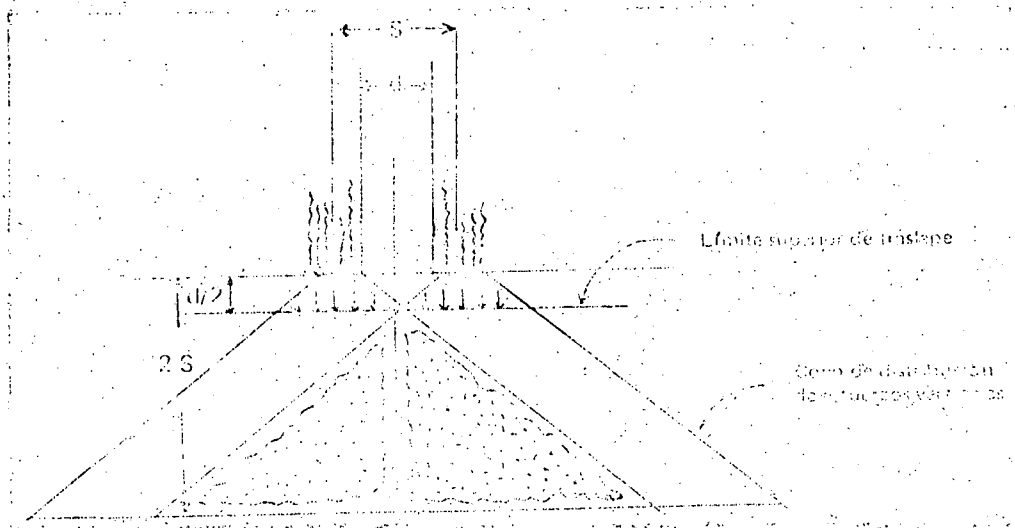
SECCION CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN TERRAPLEN



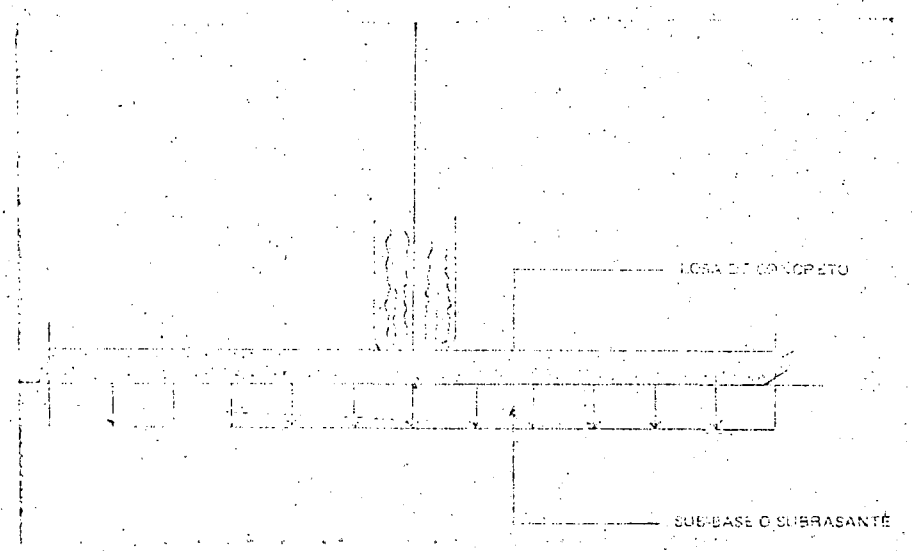
SECCION CON PAVIMENTO RIGIDO EN CALLES



SECCION CON PAVIMENTO RIGIDO EN AEROPUERTOS



DISTRIBUCION DE ESFUERZOS VERTICALES EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE.



DISTRIBUCION DE ESFUERZOS DE UN PAVIMENTO RIGIDO

DATOS CURRICULARES

ING. ZENON MEDINA DOMINGUEZ

El Ing. Zenón Medina Domínguez nació en Chicxulub, Puerto Progreso, Estado de Yucatán, el 13 de mayo de 1941. Se graduó de Ingeniero Civil en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Yucatán. Cursó la Maestría en Ingeniería, con Especialidad en Vías Terrestres en la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Ha sido catedrático en la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Iberoamericana, la Universidad de Yucatán y en diversas Escuelas Secundarias. Ingresó al Grupo ICA en 1971 durante los trabajos de pavimentación de la ciudad de Mérida, con la Empresa IASA. Después, con esta misma Empresa trabajó en el Aeropuerto Internacional de Cancún. Ya con ICA ha participado en las obras de Cactus en la Zona Sur de Pemex y en la Presa "Paso de Piedras", como Superintendente Técnico. Actualmente presta sus servicios en el Departamento Técnico de ICA en la Oficina Matriz.

ING. FERNANDO GARCIA EGUIÑO

El Ing. Fernando García Eguiño nació en la ciudad de Mérida, Yucatán, el 3 de junio de 1938. Hizo sus estudios de primaria, secundaria y preparatoria en la ciudad de México. Se recibió de Ingeniero Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México el 30 de abril de 1961. Ingresó al Grupo ICA en mayo de 1961 y ha participado en las siguientes obras. El Infiernillo (1961-1964) y la terminación de la Presa y Canales de Ixtapilla (1970). Con IASA, en la Carretera a Barra de Navidad (1964), Carretera a Jalapa (1965), Presa La Begoña (1965-1966), Autopista Apaseo-Irapuato (1966-1967), Puente Metlac (1967-1969) y el Canal Principal en el Distrito de Riego del Río Colorado, en Baja California (1970). En el campo internacional participó en el Proyecto Hidroeléctrico de Alto Anchicayá en la República de Colombia (1971-1974). Actualmente está como Jefe del Departamento de Planeación y Asesoría Técnica de Oficina Matriz de ICA.

CARPETAS ASFALTICAS

Expuesto lo anterior, dedicaremos nuestra atención a las carpetas asfálticas, las cuales se dividen en:

1).– Carpetas asfálticas de 1 ó 2 riegos superficiales.

2).– Carpetas asfálticas con mezclas en el lugar.

3).– Carpetas asfálticas con mezcla en planta.

1.– Carpetas asfálticas por medio de riegos superficiales.

Estas se construyen sobre base hidráulica previamente barrida y dependiendo de la textura y humedad superficial es impregnada con asfalto rebajado de fraguado medio, que se fabrica mezclando asfalto con un disolvente de volatilidad media, del tipo keroseno.

Es usual el rebajado asfáltico tipo FM-1 dejándolo penetrar hasta la completa evaporación de los solventes.

Posteriormente, se aplica el riego de FR-3, rebajado asfáltico de fraguado rápido, que se fabrica mezclando asfalto con disolvente muy volátil como la gasolina y es sellado con el material pétreo seleccionado. Estas carpetas por su reducido espesor, no se consideran parte de la resistencia estructural del pavimento sino que proporcionan una superficie uniforme, antiderrapante, impermeable que protege la estructura de éste.

El sistema anterior es empleado en los caminos de bajo tránsito como los de beneficio social y de penetración económica, cuya finalidad es proporcionar educación, comunicación, servicios varios, etc. a los habitantes, así como permitir la extracción de los recursos naturales de la región.

Los riegos sucesivos obedecen principalmente al volumen y peso del tránsito, estado de la superficie de rodamiento existente, estación del año; factores evaluados a través de criterios de calificación de la superficie.

Esta calificación es el resultado de mediciones directas de deformaciones, agrietamientos (baches, calaveras), etc., con equipo especial que registre estos defectos, o bien a través de la evaluación de un grupo de personas que circulen el tramo observando el estado de funcionamiento del camino.

La selección del tipo de material asfáltico depende de las condiciones climatológicas dominantes en la zona en que se realice el trabajo, la estación del año, así como de la afinidad con el pétreo, por lo que en ocasiones es aconsejable el uso de emulsiones asfálticas.

2.– Mezclas asfálticas en el lugar.

Estas mezclas resultan de la combinación del agregado pétreo con el rebajado asfáltico o emulsión, mediante mezcladoras móviles ó motoconformadoras que en el sitio de colocación o de mezclado incorporan uniformemente el asfalto para obtener una mezcla estable e impermeable.

La granulometría del material pétreo deberá satisfacer las especificaciones correspondientes y es aconsejable incorporar un 2% de humedad al pétreo para favorecer el cubrimiento de éste.

El contenido óptimo de asfalto es determinado por pruebas del laboratorio. En la práctica esta cantidad es del orden de 100-110 $1ts/m^3$ del material pétreo seco y suelto y es usual el empleo de asfalto tipo FR-3.

Es tradicional, en México, elaborar estas mezclas con motoconformadoras, aplicando los riegos sucesivos uniformemente sobre el material acamellonado, con los intervalos correspondientes al proceso mecánico. Obtenida la mezcla, se deja reposar hasta la evaporación de la humedad y de los solventes.

La extensión y compactación de la mezcla no debe realizarse hasta que el contenido de volátiles se haya reducido a menos del 25% de la cifra original; el contenido de humedad no debe exceder el 2%.

Los materiales asfálticos más adecuados para el mezclado con motoconformadora son del tipo FR-2 y FR-3. Cuando se emplea emulsión asfáltica suele ser necesario añadir agua a la mezcla para obtener la dispersión y cubrimiento adecuado.

Las mezclas fabricadas de este modo resultan más económicas, aunque de menor calidad que las obtenidas en planta, ya que se tiene menor control tanto granulométrico como de dosificación. En la planta el mezclado es más uniforme.

La selección de este tipo de carpeta respecto a las elaboradas en planta obedece a razones económicas. El sellado oportuno de la superficie de rodamiento, alarga la vida de servicio de la carpeta.

3.– Carpetas asfálticas con mezcla en planta en caliente.

3.1 DEFINICION

Una carpeta asfáltica con mezcla en caliente, es un conjunto de materiales pétreos bien graduados, secados por calentamiento a temperatura relativamente elevada y mezclados en caliente con cemento asfáltico, (residuo de la destilación del petróleo), el cual se coloca sobre la base para proporcionar una superficie de rodamiento estable y funcional.

3.2 Criterios de diseño del espesor de la carpeta.

Con anterioridad se hizo notar que en carpetas con mezcla asfáltica el espesor de ésta, forma parte estructural del espesor total del pavimento requerido para soportar el tránsito acumulado, al cabo de los años de servicio. Se ha observado que 1.0 cm. de espesor de carpeta equivale estructuralmente 1.5-2.0 cm. de base hidráulica.

Son diversos los criterios de diseño del espesor del pavimento flexible, los cuales incluyen la carpeta y cuyo espesor mínimo, obedece a la presión de contacto de la llanta; para caminos y calles ésta es de 5 kg/cm^2 y para aeropuertos de 14 kg/cm^2. El espesor obtenido de la carpeta debe ser capaz de soportar una posible falla de penetración, lo que se evita mediante el control de las presiones anteriores, reglamentando el peso, número de ejes y llantas que inducen la carga de los vehículos pesados al pavimento. En caminos este espesor es de 4.0 a 7.5 cm.

En México, los criterios de diseño más empleados para determinar el espesor de los pavimentos flexibles son:

1.– Método S.O.P.

2.– Método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

3.3 El primero determina el espesor de la base y sub-base.

En función del valor relativo de soporte de la subrasante y de los volúmenes de tránsito.

La prueba del V.R.S. (valor relativo de soporte) se efectúa según la prueba 108-13 SCOP-1957, de las Especificaciones Generales de la Secretaría de Obras Públicas, y se refiere a la relación de la carga aplicada al suelo por medio de un pistón circular de 1.95 pulg. de diámetro, para una penetración de 0.1 pulg., respecto a una carga standar para la misma penetración, en una base de piedra machacada. Los volúmenes de tránsito según la gráfica de diseño son:

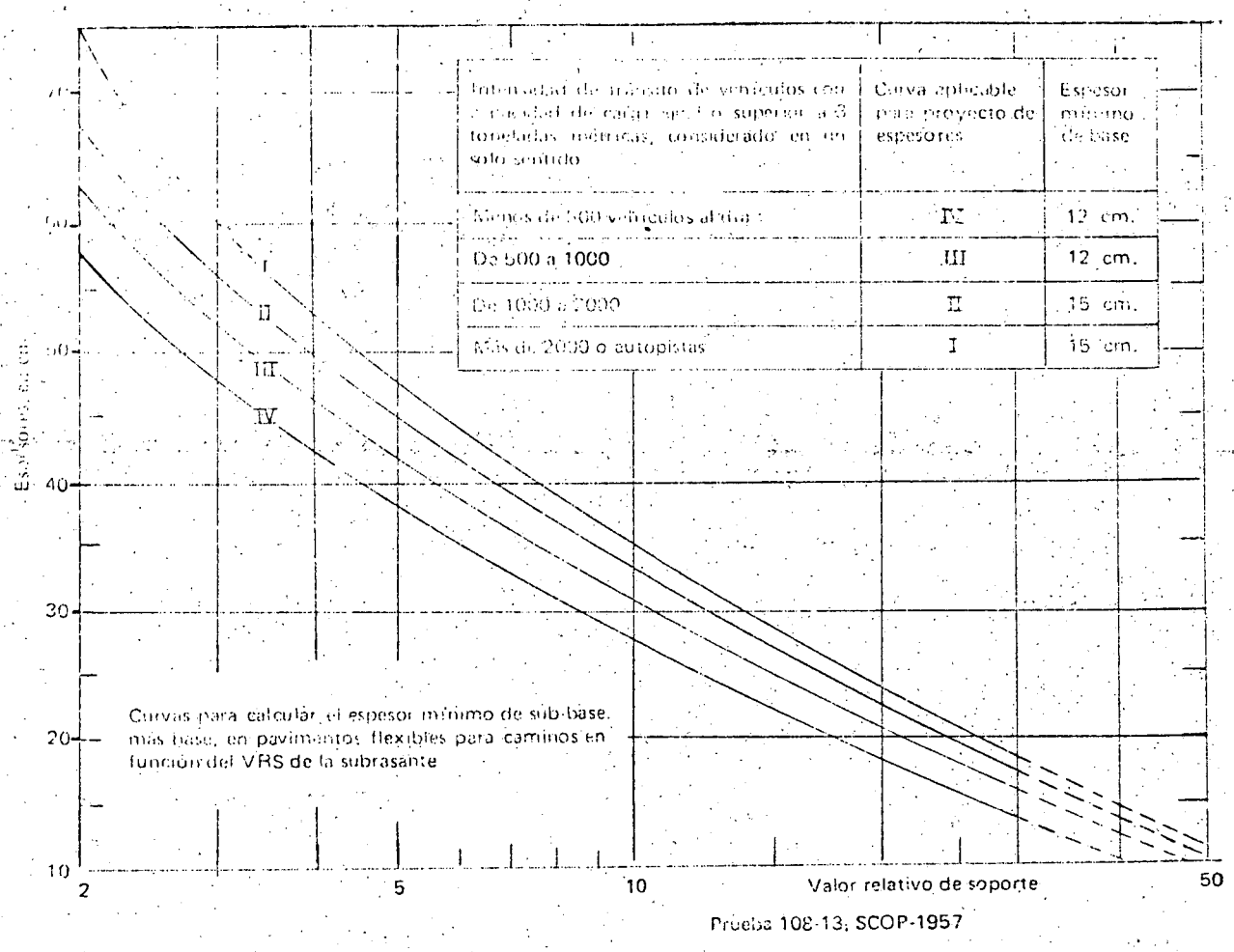
Menos de 500: Vehículos con peso mayor a 3 ton. al día

entre 500 y 1000: Vehículos con peso mayor a 3 ton. al día

entre 1000 y 2000: Vehículos con peso mayor a 3 ton. al día

más de 2000: Vehículos con peso mayor a 3 ton. al día o autopista

Este método se ha aplicado desde el año de 1950 y no propone el espesor requerido de carpeta debido a que cuando se desarrolló los volúmenes de tránsito eran muy bajos y la mayoría de las carpetas que se construían eran a base de tratamientos superficiales.



Prueba 108-13; SCOP-1957

Gráfica de diseño

3.4 Método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

A partir de un programa de investigación en el año de 1962, sobre el diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras, que desarrolla el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., patrocinado por la Secretaría de Obras Públicas, se ha obtenido un método de diseño después de numerosos experimentos y análisis, que considera las condiciones regionales del país, como materiales, características del tránsito y el clima, cuya aceptación y uso se ha extendido.

CRITERIO DE DISEÑO

Este método analiza la totalidad de la estructura de la carretera, incluyendo las terracerías y terreno de cimentación, considerando que la subrasante no es necesariamente la capa crítica, sino que la falla podría presentarse en cualquier parte de la carretera. Considera que la estructura más económica es aquella que tiene una resistencia relativa uniforme en todas sus capas y llega a la falla de funcionamiento o nivel de rechazo, con pérdida de confort al usuario cuando ha recibido el número acumulado de aplicaciones de carga equivalente, especificadas para la vida de proyecto del camino.

La carga equivalente corresponde a la aplicación de un eje sencillo de 8.2 ton. produciendo un daño unitario a la estructura, y la acumulación del tránsito se obtiene considerando los diversos tipos de vehículos que dañan la estructura mediante coeficientes relativos de daño referidos a la carga standar de 8.2 ton.; estos coeficientes tienen su origen en la prueba de carreteras que realizó la Asociación Americana de Carreteras (AASHO), y han sido usados para este propósito, en la mayoría de los países y cuyo comportamiento y aceptación fue verificado. Lo anterior permite valuar a través del eje sencillo de 8.2 ton. el efecto del peso de los ejes de los diversos vehículos y por medio de los valores de daño transformarlos a la carga equivalente. Para el desarrollo del método se emplean los conceptos de capacidad de carga de Terzaghi en suelos arcillosos. Se aplica la teoría de la distribución de esfuerzos verticales de Boussinesq, considerando que según la información experimental hasta la fecha, es la teoría que más se ajusta a las mediciones realizadas.

Ecuación de Boussinesq

$$\sigma_z = K \frac{P}{z^2}$$

$$\text{Donde } K = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{[1 + (r/z)^2]^{5/2}}$$

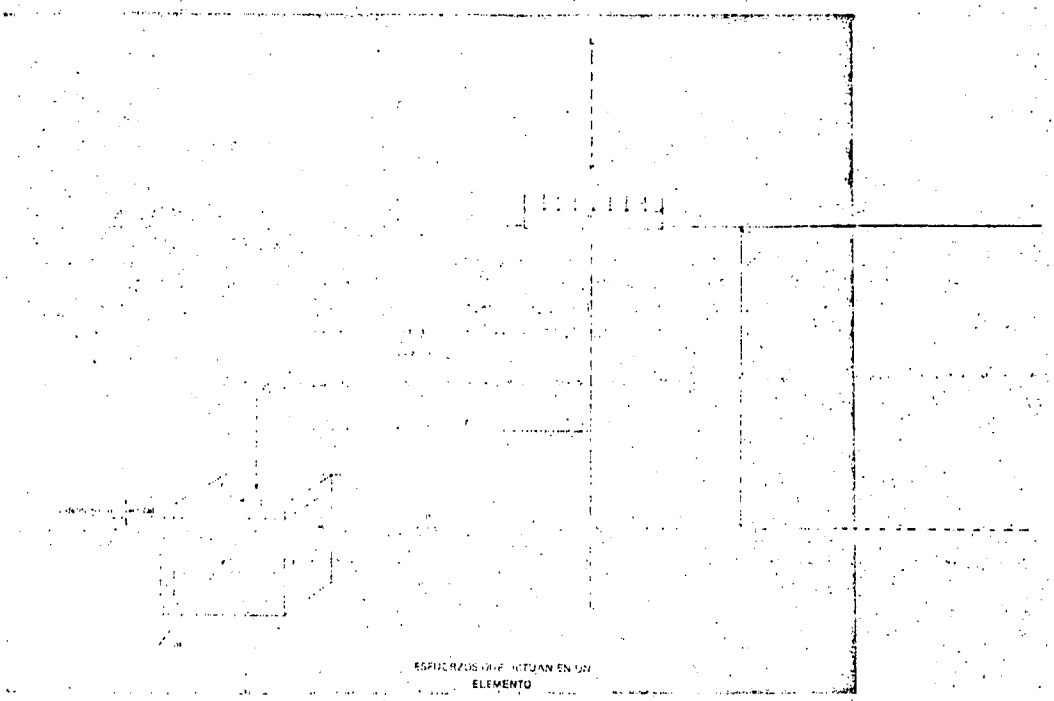
σ_z = Esfuerzo vertical

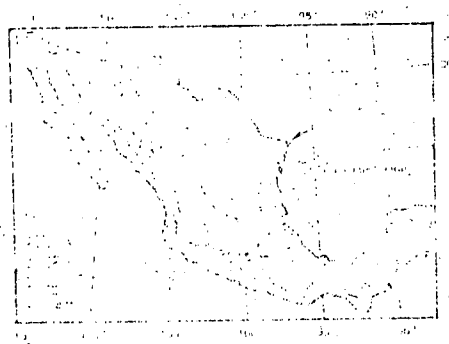
P = Carga

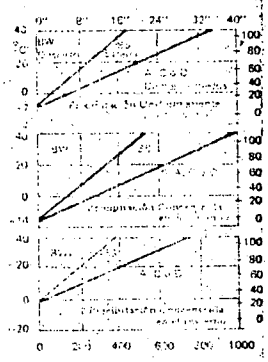
z = Profundidad.

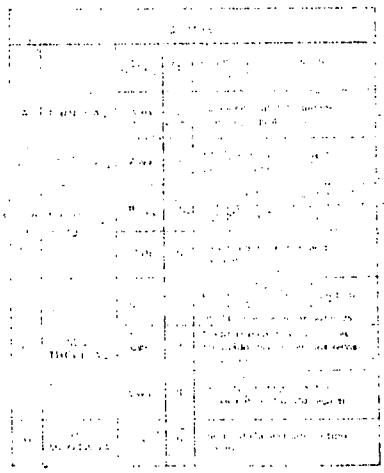
r = Distancia radial de la línea de acción

Distancia radial de la línea de acción de la carga al punto de medición del esfuerzo; esta ecuación se aplica para determinar el esfuerzo vertical en cualquier punto de la masa de un suelo elástico.









Los estudios de investigación demostraron la existencia de una relación lineal entre el logaritmo del valor relativo de soporte del lugar y el logaritmo del número acumulado de ejes equivalentes de 8.2 ton. El logaritmo de un número se define como el exponente al cual debe elevarse la base para obtener dicho número; ejemplo: $8^2 = 64$; log. 64 en base 8 es 2. La relación lineal anterior permite valuar la falla por deformación plástica ocasionada por el tránsito.

Se ha comentado que las variables que intervienen en el diseño de un pavimento flexible pueden clasificarse en tres categorías.

a) **Estructurales.** Incluyen características de cada una de las capas que constituyen la carretera, como espesores, resistencia y deformabilidad en las condiciones esperadas de servicio.

b) **De carga.** Se refieren a los efectos producidos por el tránsito total, y la relación con el tránsito medio diario anual y la tasa de crecimiento.

c) **De clima y condiciones generales.** El comportamiento de los materiales que forman la carretera depende además de las cargas y de las características de éstos, de la temperatura, régimen de precipitación media anual, nivel freático, geología y topografía de la región. El criterio aplicado considera conveniente utilizar el sistema Koppen-Geiger para estimar los factores de adversidad debidos al clima.

El comportamiento del pavimento está en función de la aplicación de un buen criterio de diseño, así como de la calidad de la construcción. Desde luego que un buen mantenimiento garantiza las condiciones de servicio de la carretera, para proporcionar la seguridad, el confort, el flujo y los ahorros en tiempo previstos. Los criterios e hipótesis considerados, así como la extensa información experimental recabada permitieron llegar a ecuaciones cuya representación gráfica facilita el empleo del método, considerando las variables enumeradas. El método permite determinar el espesor de las capas superiores a través de resultados del V.R.S. y del tránsito acumulado de cada capa y por diferencia definir la estructura que corresponda. Este método proporciona de acuerdo al tránsito correspondiente espesores de la carpeta asfáltica, aunque las gráficas de diseño están limitadas a las estructuras empleadas en México, donde el espesor de la carpeta asfáltica rara vez es superior a 7.5 cm. Fig. 7

4.– Diseño de la mezcla asfáltica en caliente

4.1 **Propiedades necesarias.** La mezcla asfáltica a obtener debe poseer las propiedades siguientes:

a) Debe ser estable; es decir debe resistir la deformación producida por las cargas aplicadas a la carpeta.

b) Duradera, por lo que no debe disgregarse bajo la acción del tráfico y de los agentes atmosféricos.

c) Antideslizante, de tal forma que la fricción con los neumáticos sea elevada, incluso en pavimento mojado y proporcione la funcionabilidad esperada.

d) Debe ser económica, de manera que el aprovechamiento de los recursos sea óptimo, y cumpla con la calidad de servicio.

4.2 **Factores de diseño.** Intervienen básicamente los siguientes:

1) **Tipo y calidad del material pétreo.** El origen y la naturaleza del material pétreo esta directamente ligado con la calidad de éste, así como con el comportamiento mecánico cuando forma parte de la carpeta. Así, puede tener o no afinidad con el asfalto, ser blando o resistente, redondeado o anguloso, con propiedad de absorción baja, media o alta, etc.

2) **Granulometría del material pétreo.** Esta se refiere a la buena distribución de sus tamaños, en forma tal, que se obtenga la graduación de las partículas, tal como el proyecto lo requiere; es usual carpetas con agregados máximos de 3/4" cuando los espesores de éstas son del orden de 7.5 cm., y de 1/2" cuando son del orden de 5 cm.

3) **Contenido de asfalto en la mezcla.** Se refiere a la cantidad óptima de cemento asfáltico, (residuo de la destilación de asfalto durante el proceso de separación) que necesita la mezcla para que sea estable, duradera y antiderrapante. Un contenido de asfalto demasiado bajo produce desintegración; si es demasiado alto, inestabilidad en la mezcla.

4) **Calidad del cemento asfáltico.** La consistencia del asfalto se refiere a su dureza; si éste es muy duro puede dar lugar a un pavimento quebradizo. La calidad del cemento asfáltico se mide por las pruebas recomendadas por el Instituto del Asfalto; normalmente son la penetración, ductilidad y solubilidad; la garantía de la calidad la proporciona el fabricante.

4.3 **Métodos de proyecto.** Unicamente enlistaremos los más usuales, éstos son:

a) Método Marshall

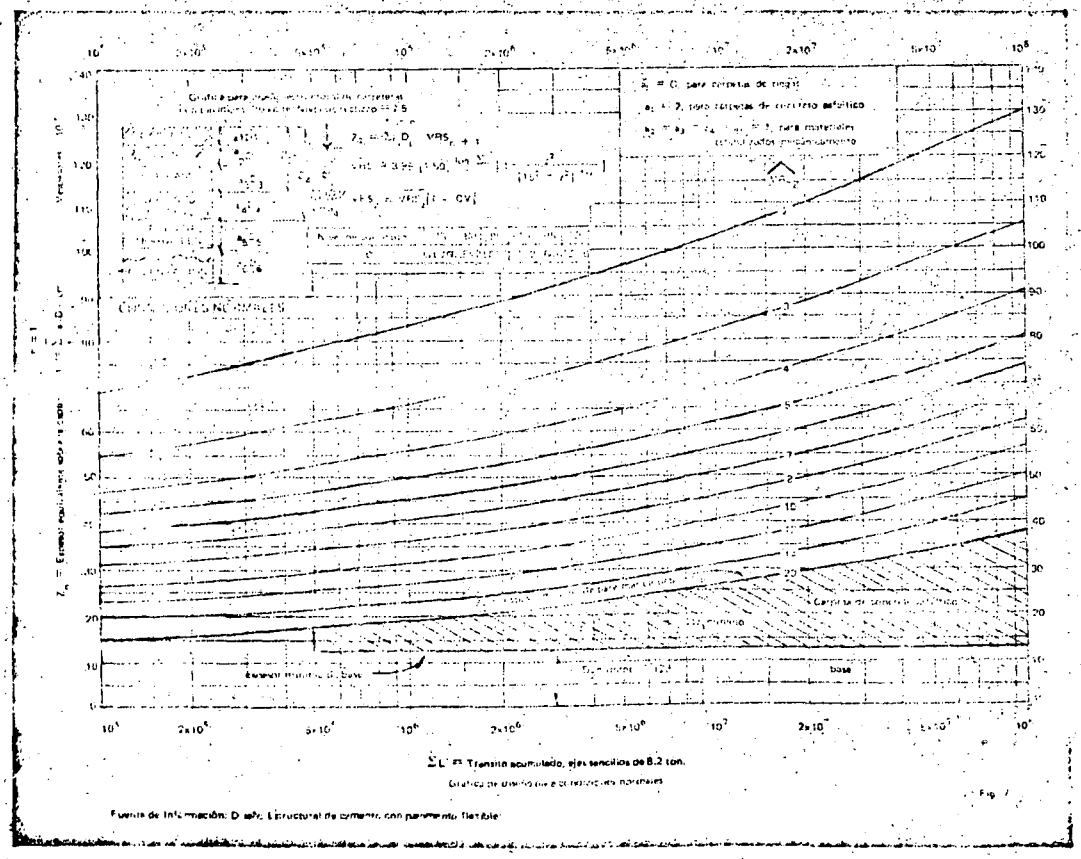
b) Método Hubbard-Field

c) Método de Hveem

d) Método Triaxial de Smith

Estos métodos consideran los factores de diseño antes enumerados y determinan el contenido óptimo de asfalto a través de mediciones en los ensayos efectuados.
Los resultados obtenidos son:

Concepto	Especificaciones en Aeropuertos
1.– Estabilidad	Mayor de 700 Kg.
2.– Flujo	2-4 m.m.
3.– % de vacíos	3-5%
4.– % de huecos llenos de asfalto	75-82%
5.– Peso específico	



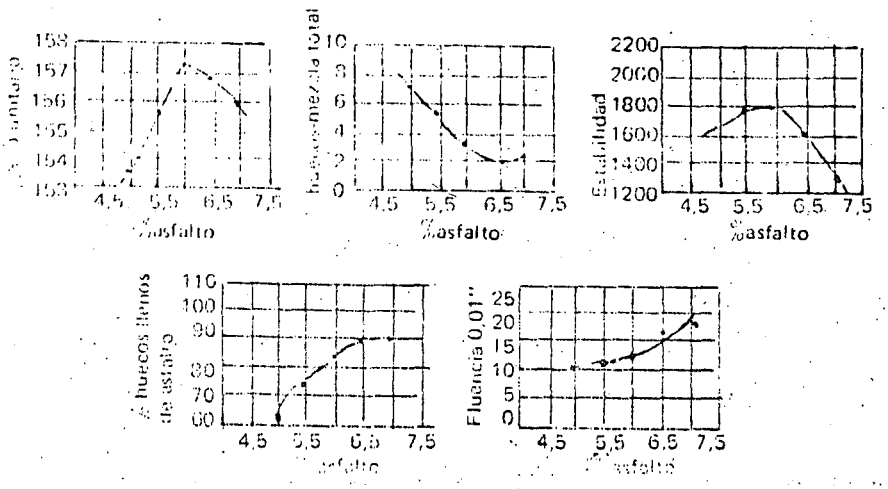


Fig. 8 Propiedades características de los resultados de los ensayos para proyecto de mezclas en caliente.

Proceso General

El proceso general en los métodos anteriores consiste en la preparación de especímenes con mezcla asfáltica, elaborados en el laboratorio, con diversos contenidos de asfalto y bajo las condiciones que señala cada criterio.

El especimen ya compactado se somete a las pruebas de estabilidad y flujo cuyos resultados son comparados con los valores especificados.

A través de relaciones volumétricas de la mezcla obtenida y de los materiales empleados, se está en condiciones de graficar los resultados y seleccionar el contenido óptimo de asfalto, que hará la mezcla más estable, duradera y antiderrapante.

La serie de gráficas corresponden a las esquematizadas, cuyas variaciones y tendencias hacen objetiva su interpretación: Fig. 8

5.— Elaboración de la mezcla de planta

5.1 El Equipo integral consta de lo siguiente:

1. Planta de asfalto (ejemplo T-M-20) integrada por:

a) Tolva para recepción de agregados
b) Alimentador de Plato o similar
c) Cangilones
d) Secador de agregados
e) Ciclón, para eliminar el polvo
f) Tolvas para materiales calientes ya cribados y separados por tamaños
g) Mezcladora de paletas
h) Depósito de cemento asfáltico con sistema de calentamiento
i) Depósito de combustibles
j) Caldera
k) Compresor
l) Básculas de medición

2. Cargador sobre neumáticos para alimentar los pétreos

3. Planta de luz para suministro de energía

5.2 Instalación y pruebas

La Instalación de la planta depende básicamente de los sitios de colocación y acarreos de la mezcla, del suministro del cemento asfáltico, de los almacenes de agregados y de la energía eléctrica. Se efectuarán pruebas de ajuste para determinar las aberturas, en el plato alimentador del pétreo a la planta, y obtener las cantidades deseadas de cada tamaño en las tolvas de calientes y así evitar elevados desperdicios de éstos. Es conveniente que el operador del cargador alimente en igual proporción las tolvas de entrada.
Se procederá a obtener bachas de prueba, con los pesos de proyecto, de agregados pétreos y cemento asfáltico, bajo las condiciones de temperatura especificadas; el laboratorio determinará el contenido de cemento asfáltico, el peso unitario, la estabilidad, flujo, % de vacíos de la mezcla y % de huecos llenos de asfalto para verificar si la mezcla corresponde a la de diseño.

5.3 Producción de Agregados y su almacenamiento

Los tamaños adecuados de los materiales pétreos, obtenidos del diseño de la mezcla deberán ser triturados para cumplir los requisitos, por lo tanto deberá llevarse un buen control de la granulometría, del desgaste y de los volúmenes a emplear, etc. Los almacenamientos estarán cercanos a la planta, debiendo estar éstos bien definidos y en forma tal que la operación de la alimentación a la planta sea económica.

5. 4 Depósitos con cemento asfáltico No. 6

Los volúmenes de almacenamiento deberán corresponder a la producción de la mezcla asfáltica con un margen adecuado para el suministro del cemento, cuyo transporte generalmente obedece a largas distancias. Estos depósitos tienen un sistema de calentamiento para el flujo y la aplicación al pétreo con la temperatura de mezclado.

5.5 Proceso de Elaboración

El material pétreo alimentado con el cargador en las tolvas de entrada, pasa por el alimentador de plato con la dosificación adecuada, y a través de cangilones es colocado en el horno de secado a 150°C, después es cribado pasando a las tolvas donde son almacenados por tamaños; al salir del horno, un ciclón elimina el polvo excedente.

Con la báscula son pesados los pétreos y el cemento y depositados en la mezcladora de paletas; se cubre el pétreo hasta lograr la mezcla deseada. El cemento asfáltico se agrega a unos 135°C y la mezcla terminada sale de la planta a una temperatura comprendida entre 120°C y 150°C, de ordinario a unos 135°C.

Las bachas son depositadas en el camión que transportará la mezcla al sitio de colocación.

6.— Transporte

El número de carros estará en función de la capacidad de producción de la planta, de la distancia de acarreo y de la colocación de la mezcla.
Es muy importante la coordinación de la producción y la colocación de la mezcla para lograr continuidad de la producción o para el momento adecuado, y evitar pérdidas de material y congestionamientos durante la colocación.

7.- Colocación de la mezcla

Sobre la superficie impregnada, seca y en buenas condiciones tanto de acabado como de pérdida de solventes, se aplica un ligero riego de liga con asfalto rebajado tipo FR-3.

La mezcla asfáltica se descarga a la pavimentadora y ésta la coloca a lo largo del camino con el espesor uniforme requerido. El alineamiento se fija previamente con la ayuda del topógrafo que marca la línea del centro y las orillas de la carpeta. El operador de la pavimentadora utiliza una guía que puede ser un cable. El control del alineamiento, como el espesor, puede ser por medios electrónicos, lo que significa la adaptación del equipo correspondiente a la máquina. Sin embargo, aunque puede lograrse mayor uniformidad y calidad de acabado la falta de dominio hace aún aplicable la colocación con medios mecánicos.

En caminos de dos carriles en operación, se alterna el avance en tramos hasta de 5 km. aproximadamente; en todo momento el área de trabajo deberá estar adecuadamente señalado para prevenir accidentes. Las juntas longitudinales deberán estar bien ligadas para obtener una buena continuidad y evitar áreas permeables.

8.- Compactación

El equipo empleado es el siguiente:

1) Aplanadora Tandem de rodillos lisos de 8-10 Tons.
2) Autocompactador sobre neumáticos lastrado de 8-10 Tons.

La compactación es el aumento del peso volumetrico mediante la aplicación del equipo anterior. Primero se pasa el rodillo liso hasta tener el número de pasadas con las que se espera lograr la compactación, este número es obtenido a través de tramos de prueba previamente construidos. A continuación se pasa el autopactor que sella la superficie, dejando la textura superficial más cerrada y libre al tránsito. El número de pasadas también es resultado de los tramos de prueba.

El comportamiento de la mezcla durante la compactación es un indicador de la calidad de ésta. La temperatura de compactación deberá cumplir la especificación, estando ésta entre 90° y 120°C.

9.- Control de Calidad

Para garantizar el buen comportamiento de la carpeta así construida, es indispensable la presencia del laboratorio para llevar el control adecuado que asegure la calidad de la misma y se cumplan las especificaciones de proyecto.
Este control se programará de la siguiente manera:

9.1 Control de agregados durante la trituración:

a) Granulometrías
b) Desgaste
c) Peso volumétrico
d) Absorción, etc.

9.2 Control del cemento asfáltico

a) Pruebas de calidad e identificación
b) Normalmente se determinan: Penetración, ductilidad y solubilidad del residuo de la destilación, entre otros.

9.3 Control de la mezcla elaborada

a) Estabilidad
b) Flujo
c) %de vacios
d) %de huecos llenos de asfalto
e) Peso unitario
f) Contenido de asfalto (%)
g) Temperatura de salida de la mezcla

9.4 Control de la carpeta

a) Temperatura de tendido
b) %de Compactación
c) Permeabilidad
d) Comportamiento durante la compactación para juzgar posibles deslizamientos o desplazamiento lateral.
e) Espesores

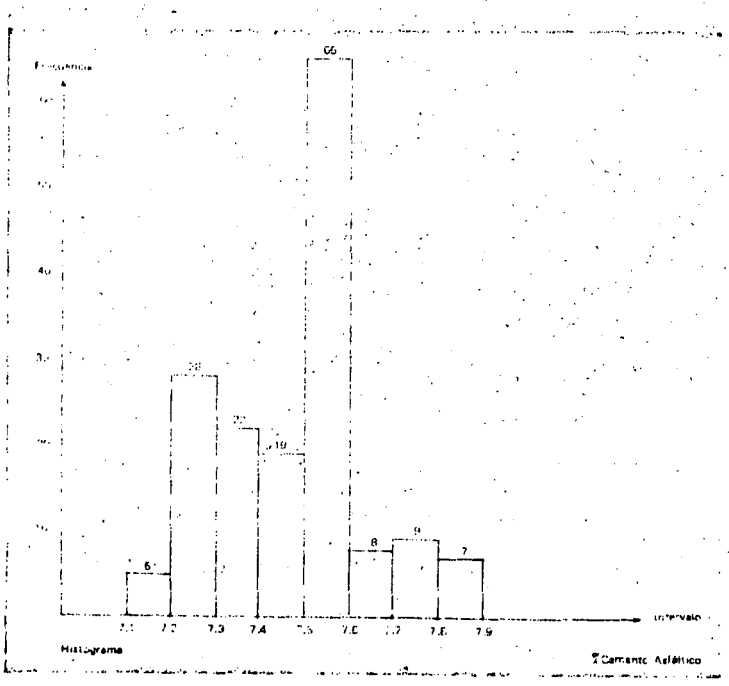
Será importante juzgar e interpretar los resultados del laboratorio con buen criterio y experiencia, pues de lo contrario se llegará a errores graves. Las observaciones deberán ser oportunas para prevenir o corregir en su caso las fallas que se registren.

CONCLUSION

En el diseño y construcción de pavimentos flexibles la selección del tipo de carpeta obedece al tránsito y a razones económicas. Reiterando que el criterio de diseño de la carretera deberá considerar los factores de carga, clima y materiales de la región. Finalmente se considera inapropiada la construcción de carpetas gruesas en caminos donde el terreno de cimentación es muy compresible, y se prevee deformaciones importantes durante la consolidación de los terraplenes.

Anexo.

Se detalla histogramas, que corresponden al procesamiento de los resultados obtenidos durante el control de calidad de una carpeta asfáltica con mezcla en planta y en caliente.



BIBLIOGRAFIA

MANUAL DEL ASFALTO

The Asphalt Institute
College Park-Maryland

PRINCIPLES OF PAVEMENT

DESIGN
E.J. Yoder

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. COMPORTAMIENTO DE LOS TRAMOS EXFERIMENTALES
Instituto de Ingeniería de la UNAM
Ing. Santiago Corro Caballero

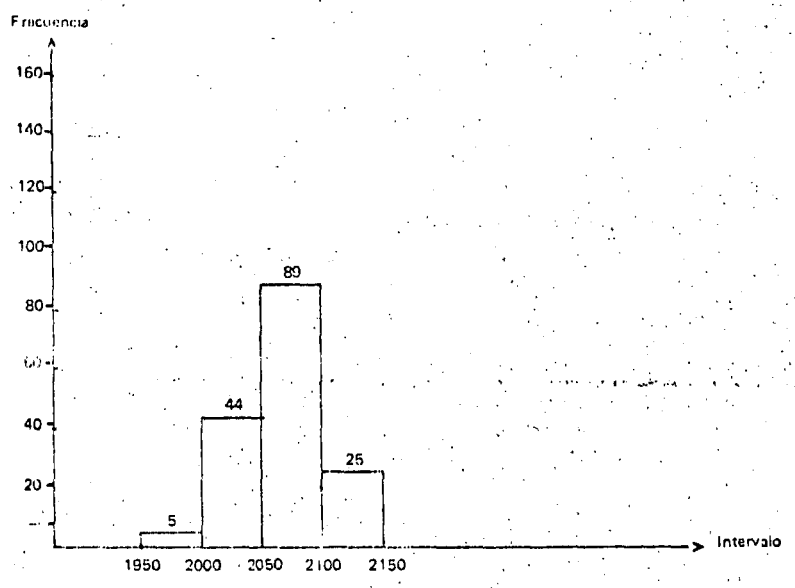
DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

Instituto de Ingeniería de la UNAM
Ing. Santiago Corro Caballero
Ing. Guillermo Prado C.

PAVIMENTOS ASFALTICOS PROYECTO Y CONSTRUCCION
Martin-Wallace

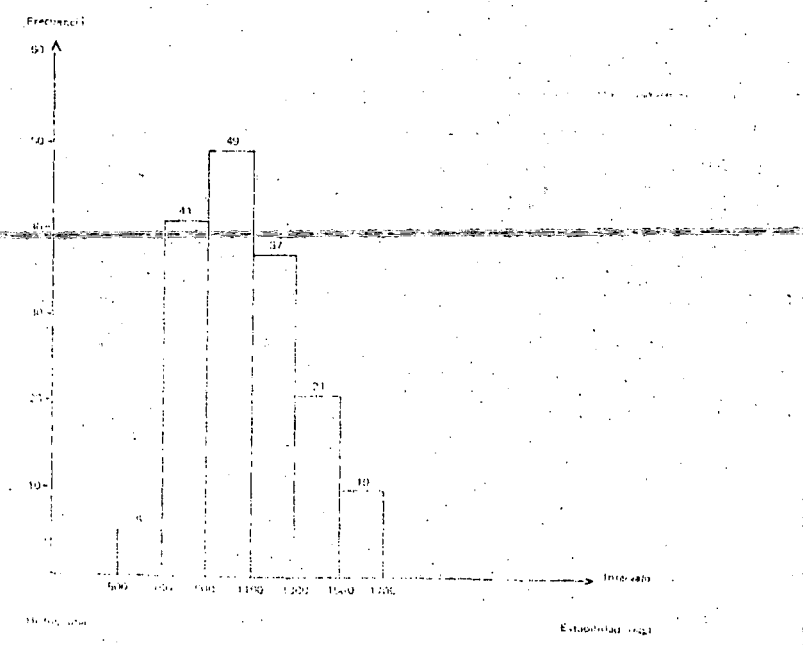
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION

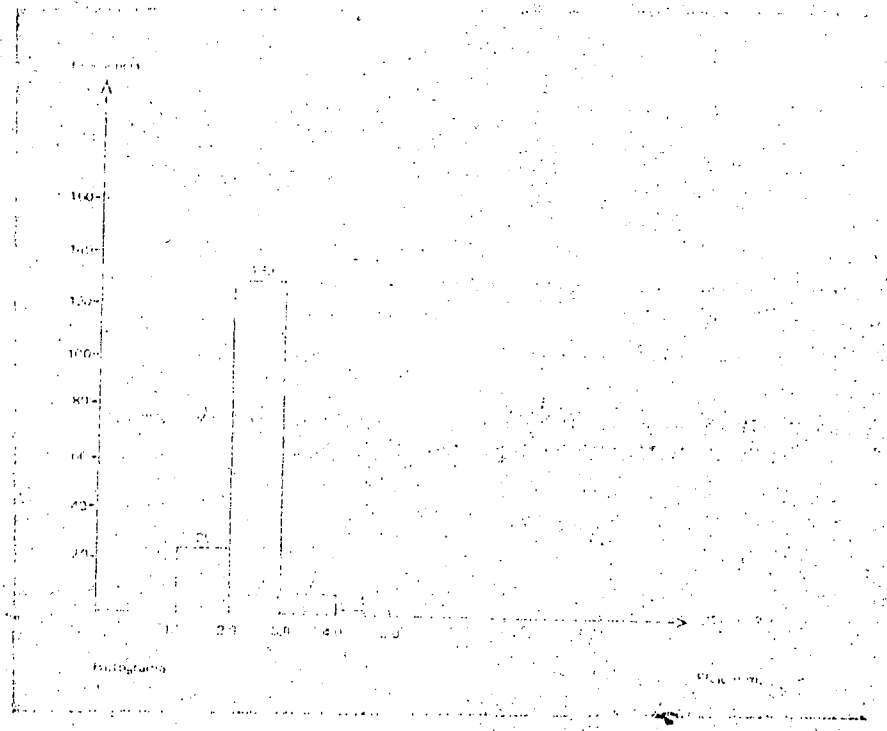
Secretaría de Obras Públicas.

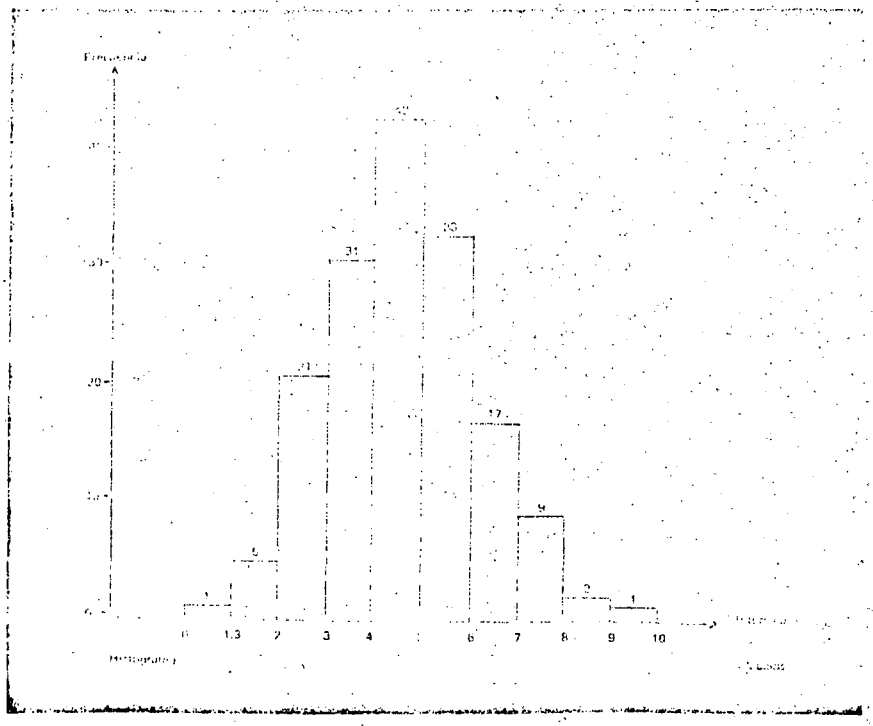


Histograma

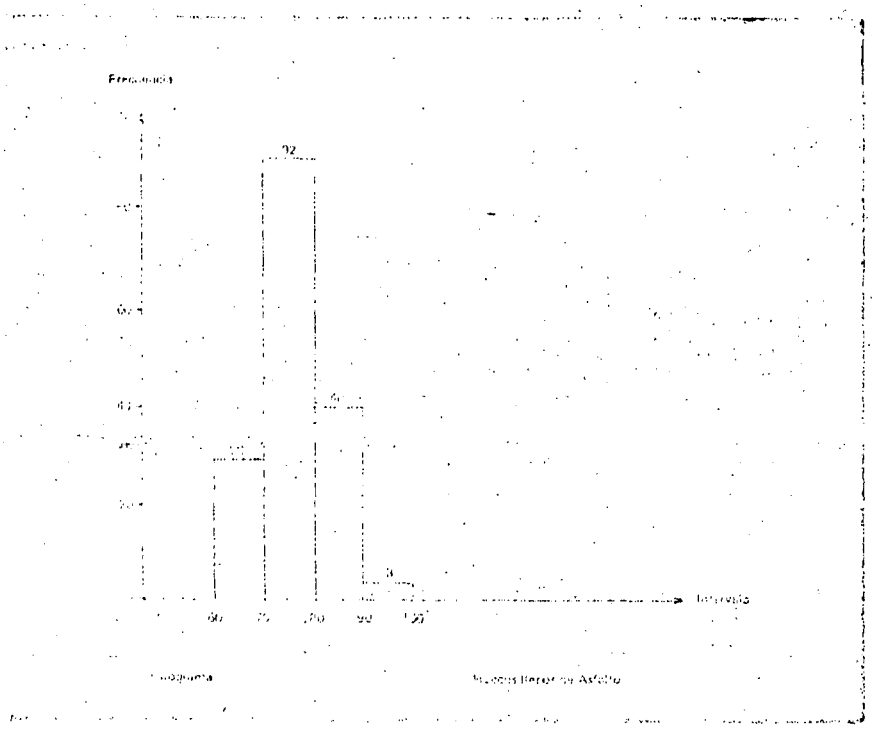
Peso Volumétrico (Kg./M3) de la Mezcla

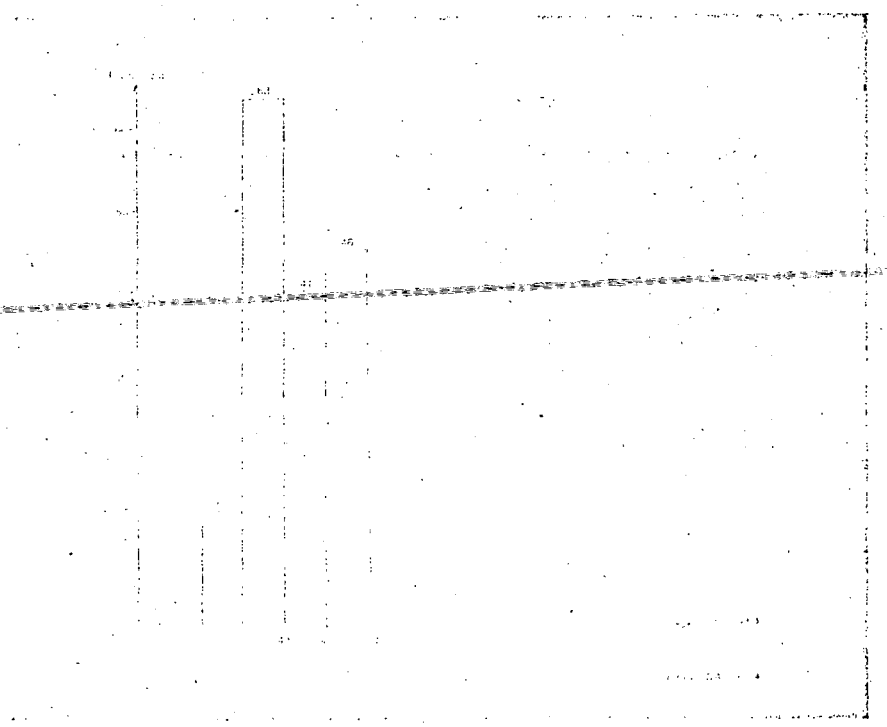


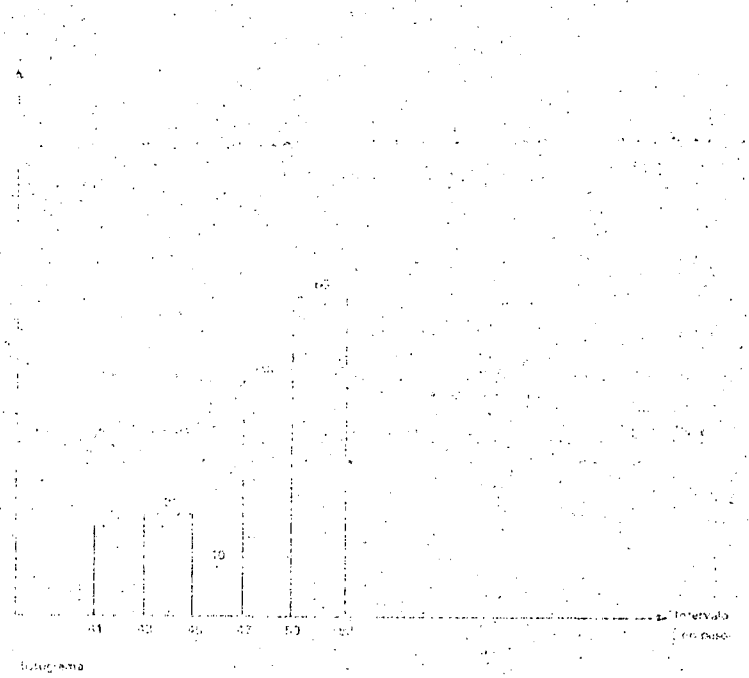


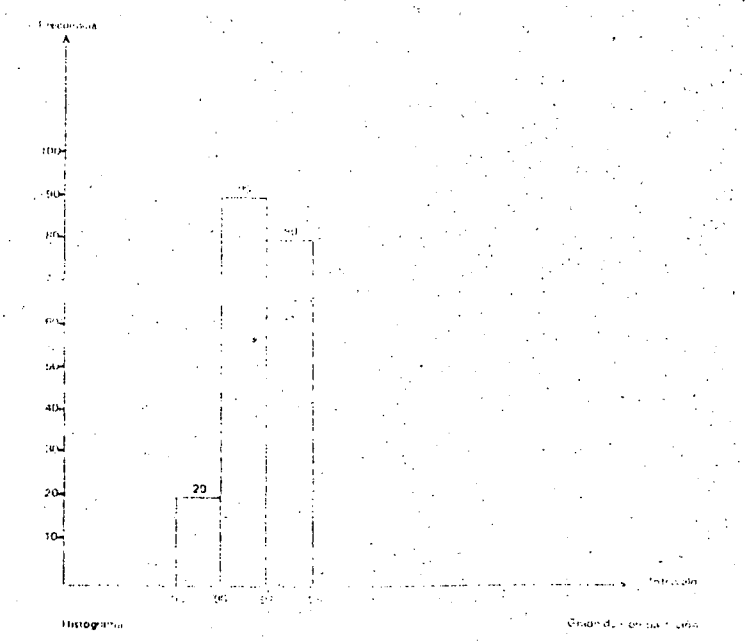


ICA


Frecuencia
92
Intervalo




10
Intervalo
Histograma


100
50
40
30
20
10
20
Histograma

FACTORES A CONSIDERAR EN EL SUELO COMPACTADO

a) GRANULOMETRIA

b) CONTENIDO DE AGUA (O PROD. ASF.)

c) PROFUNDIDAD A LA QUE SE DETERMINA LA COMPACTACION

d) RIGIDEZ EN LA CAPA SUBYACENTE

e) TEMPERATURA EN EL CASO DE MEZCLAS ASFALTICAS

FACTORES CARACTERISTICOS DEL EQUIPO Y SECUENCIA DE COMPACTACION

a) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO

b) VELOCIDAD EN LAS PASADAS

c) PARA LOS RODILLOS LISOS

- PESO
- AREA DE CONTACTO
- PRESION DE CONTACTO

d) PARA LOS RODILLOS VIBRATORIOS

- FRECUENCIA DE VIBRACION
- AMPLITUD DE VIBRACION

CONTROL DE CALIDAD

I.- PLANTEAMIENTO

1.- TENER CONOCIMIENTO DE LO QUE SE DESEA

2.- PROGRAMA DE ACTIVIDADES QUE CONDUZCAN AL LOGRO DEL DESEO

3.- COMO DETERMINAR SI SE ALCANZO LO QUE SE DESEABA

II.- CARACTERISTICAS DE LAS PRUEBAS DE CONTROL

1.- COMPROBACION DE CARACTERISTICAS ESENCIALES

2.- SER SENCILLAS Y RIGUROSAMENTE ESTANDARIZADAS

3.- SER RAPIDAS EN SU REALIZACION

4.- SER DE FACIL INTERPRETACION

5.- REQUIERE EQUIPOS ECONOMICOS Y SIMPLES

III.- RESPONSABILIDADES

1.- CONTRATISTA. LLEVAR CONTROL PARA QUE SU TRABAJO SEA SATISFACTORIO

2.- CONTRATANTE. ACEPTACION CON PROCEDIMIENTOS Y CRITERIO DE CONTROL

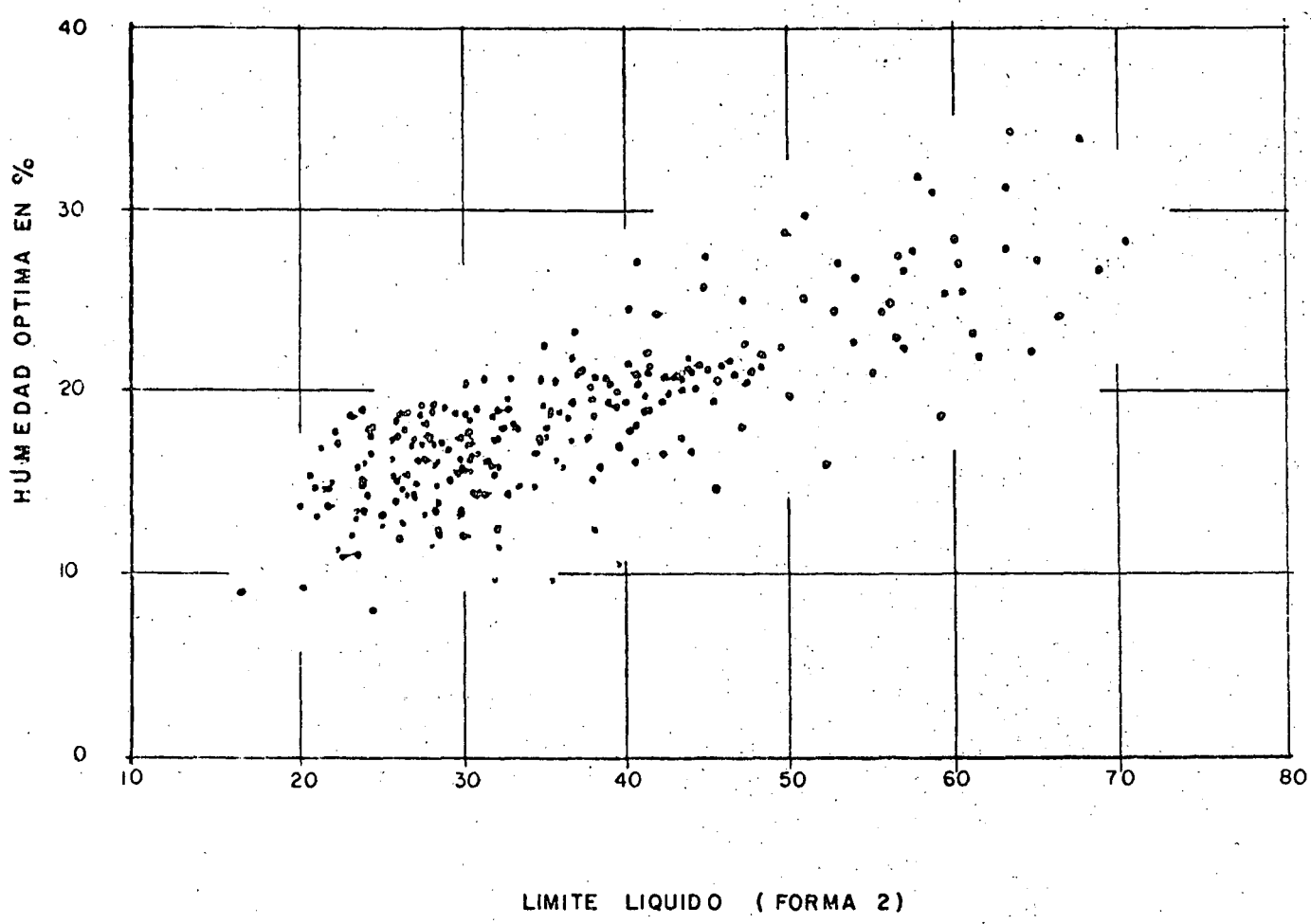


FIG.V.I.- Correlacion entre Wopt y LL para una cierta forma de la curva, granulo-metrica y una energia de compactacion dada (ref.14)

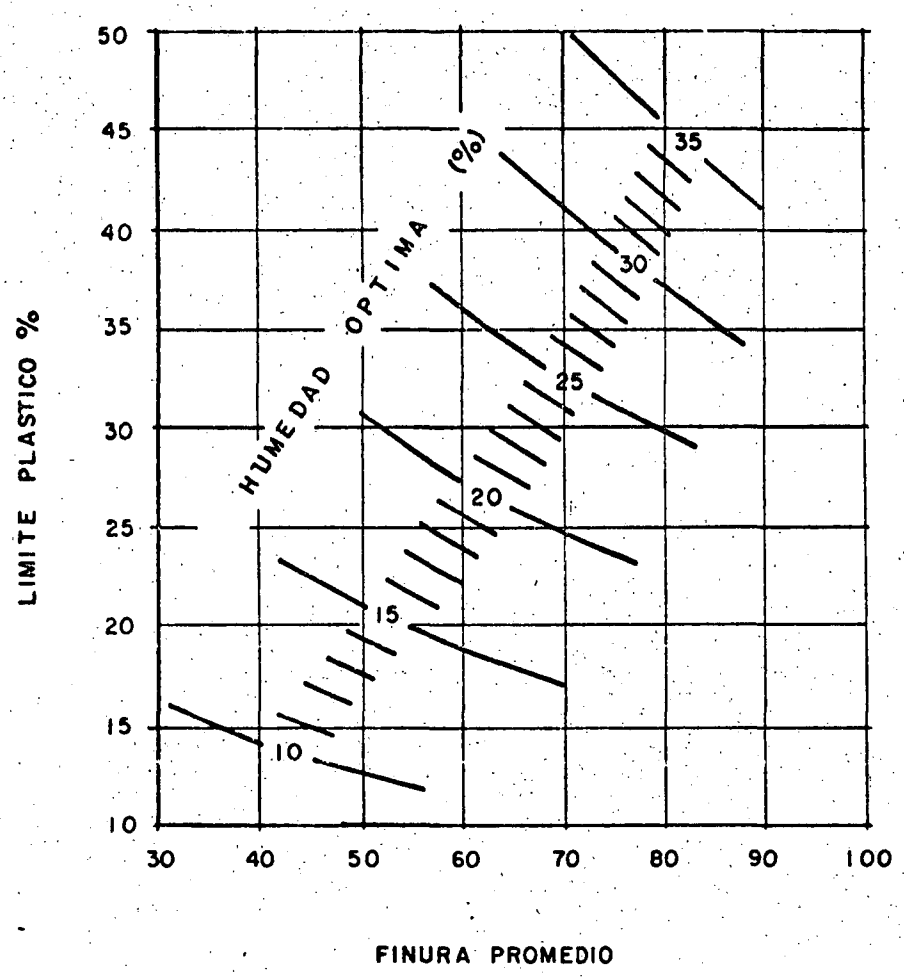


FIG.V.2.- Relacion entre la humedad optima, la finura promedio y el limite plastico, para varios suelos y una cierta energia de compactacion (ref. 14)

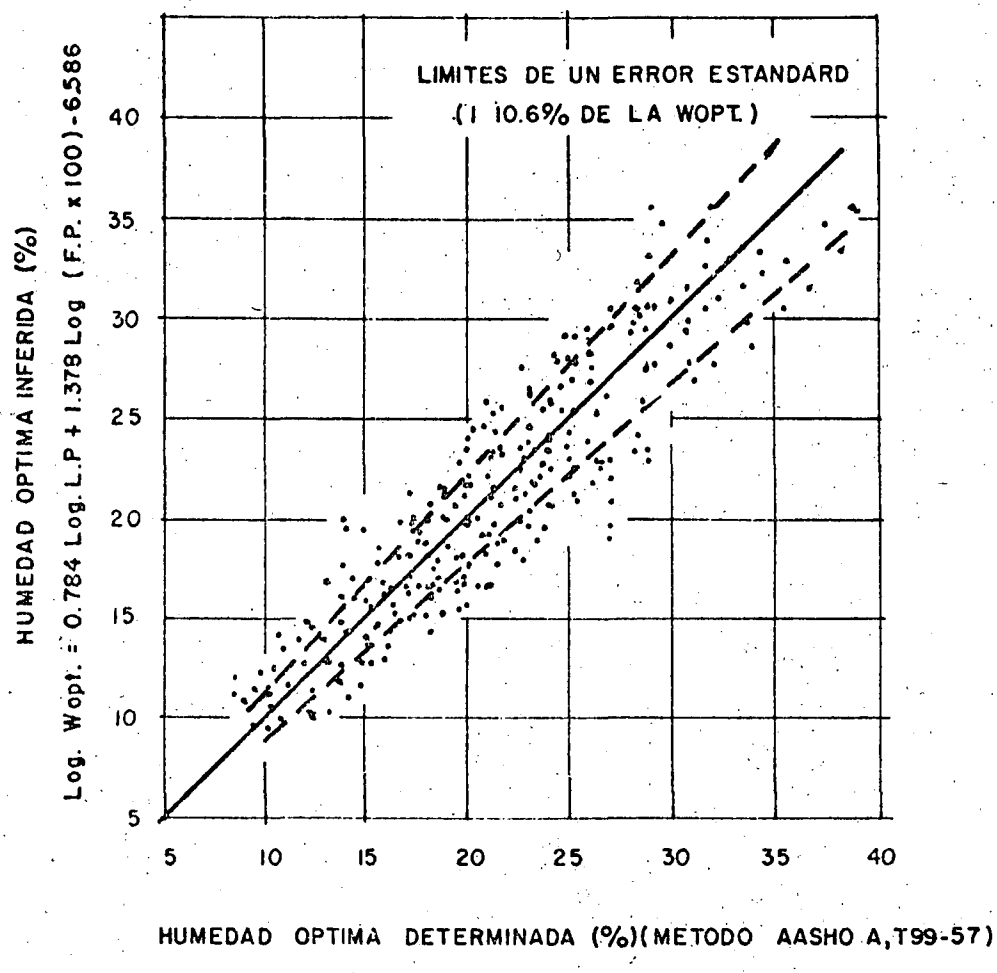


FIG.V. 3.- Humedad inferida vs. Humedad real.

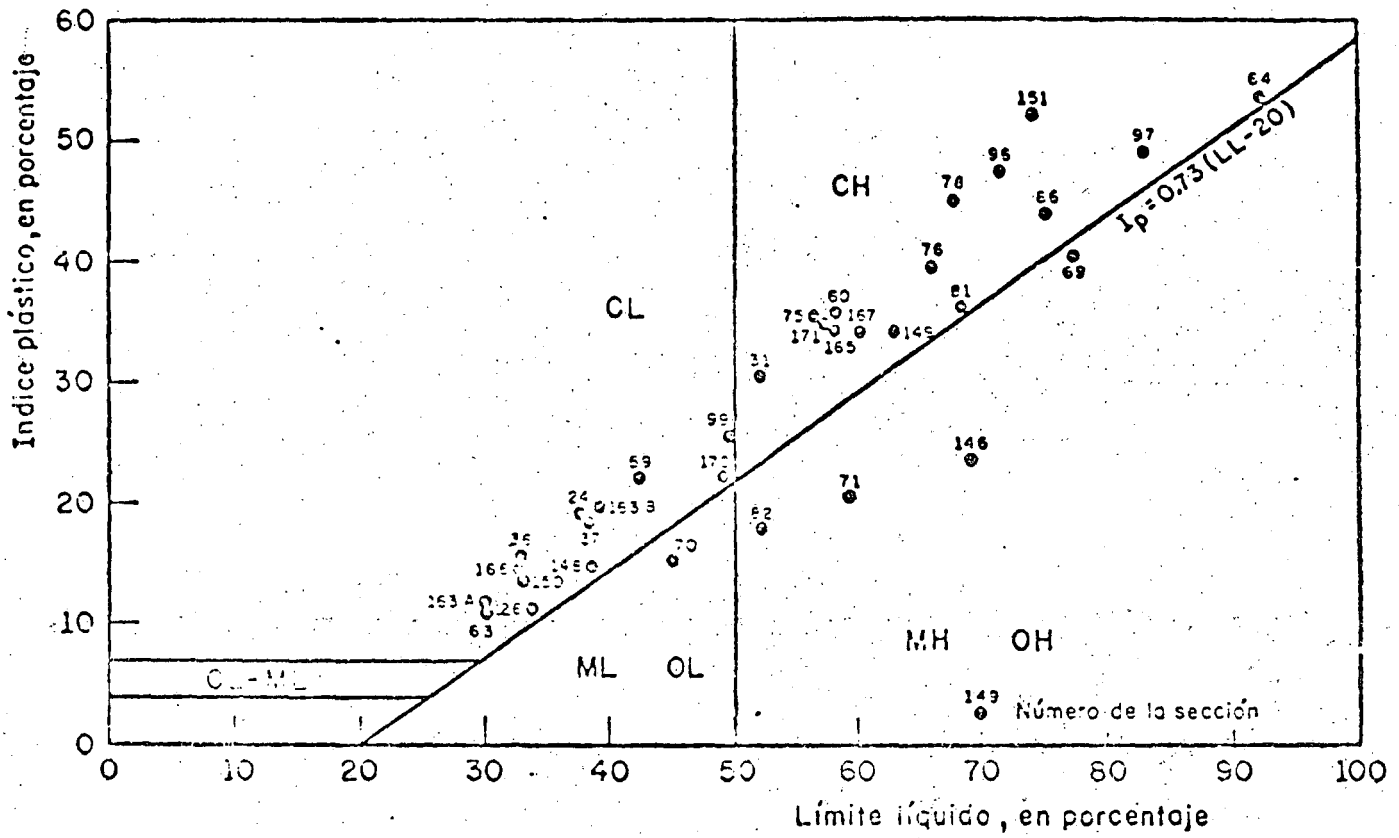


FIG V.4: LOCALIZACION DE LOS MATERIALES DE TERRACERIAS, DE LAS SECCIONES MUESTREADAS, EN LA CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE.

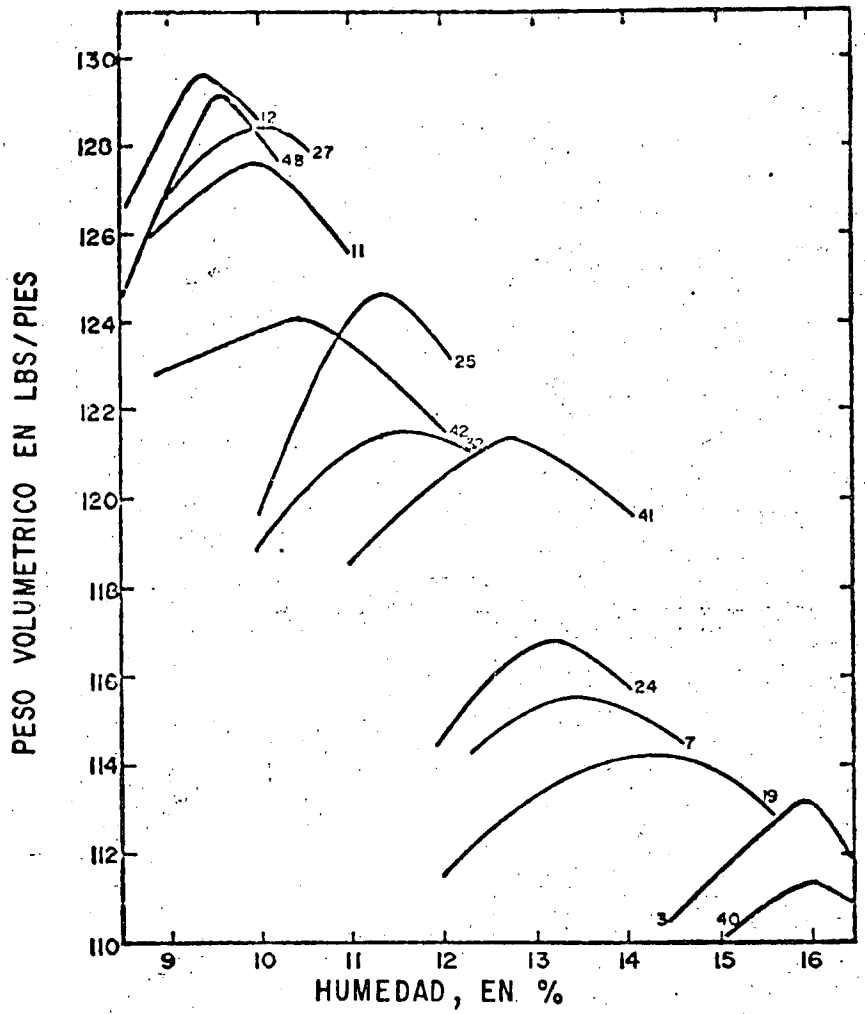

PESO VOLUMETRICO EN LBS/PIES
HUMEDAD, EN %
130
128
126
124
122
120
118
116
114
112
110
9
10
11
12
13
14
15
16
12
27
48
11
25
42
32
41
24
7
19
3
40

FIG. V. 6

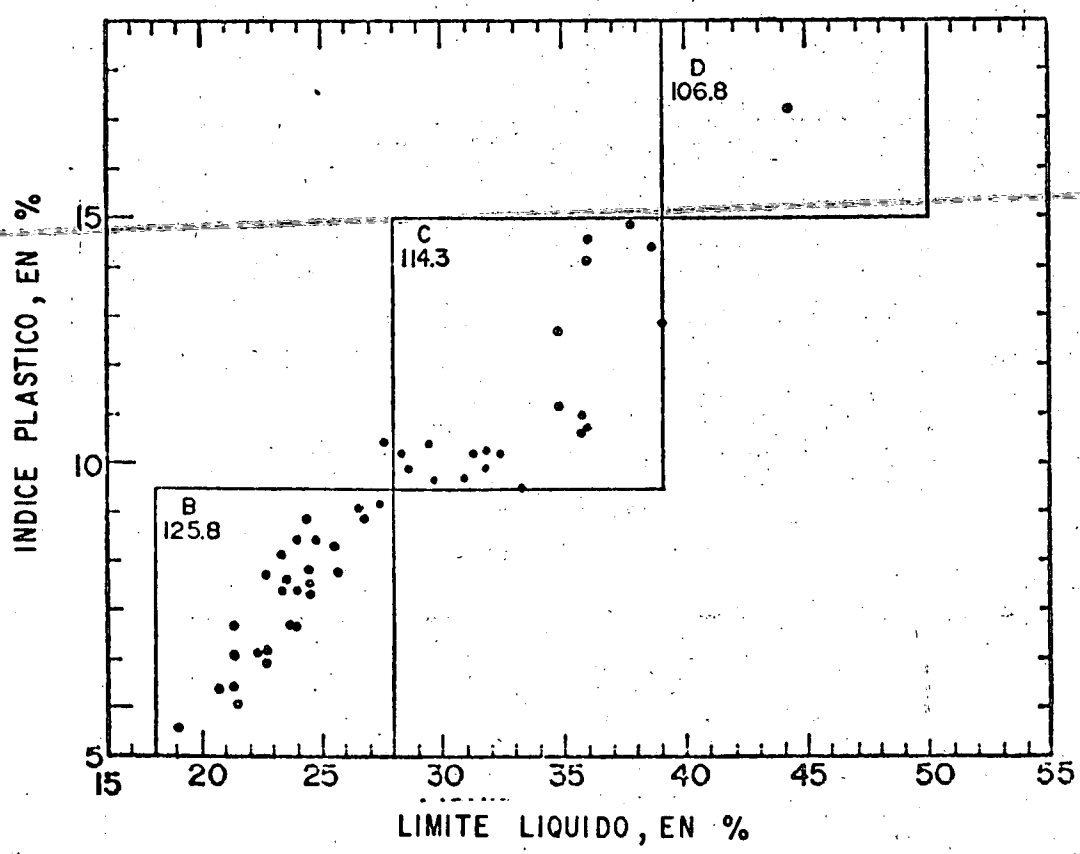
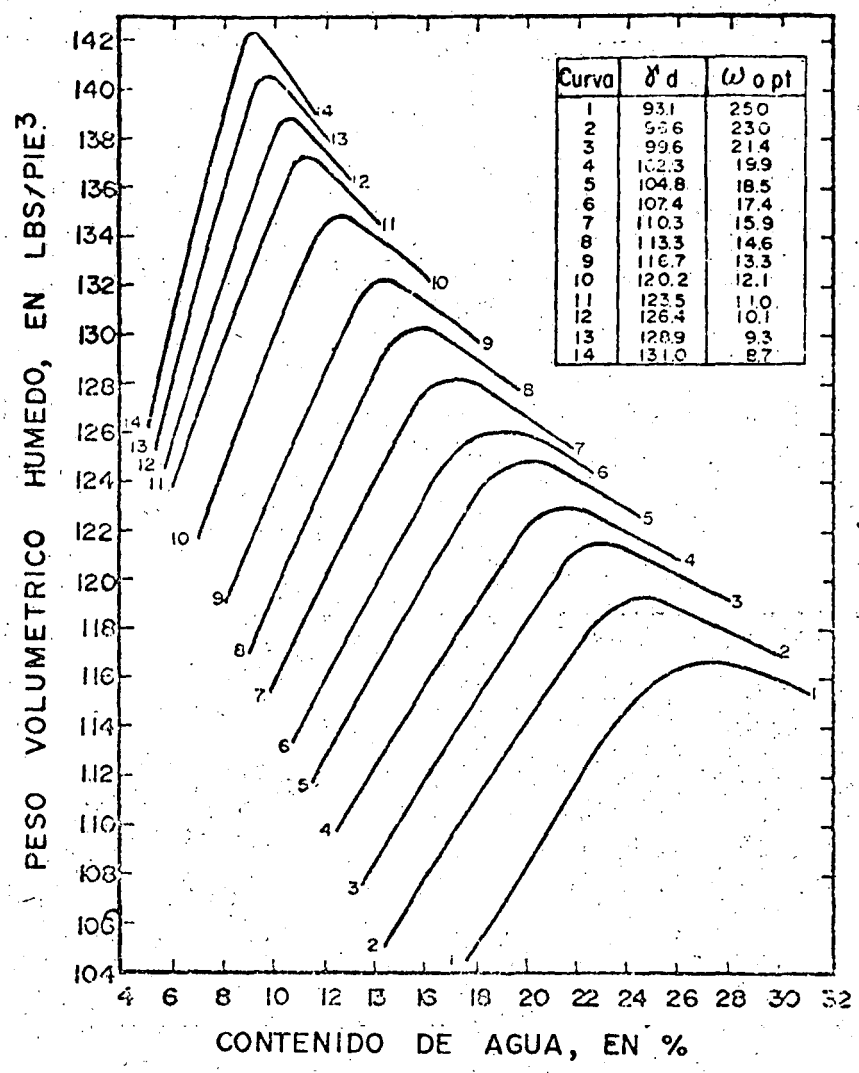

INDICE PLASTICO, EN %
LIMITE LIQUIDO, EN %
15
10
5
15
20
25
30
35
40
45
50
55
D
106.8
C
114.3
B
125.8

FIG. V. 7



Curva	γ d	ω o pt
1	93.1	25.0
2	96.6	23.0
3	99.6	21.4
4	102.3	19.9
5	104.8	18.5
6	107.4	17.4
7	110.3	15.9
8	113.3	14.6
9	116.7	13.3
10	120.2	12.1
11	123.5	11.0
12	126.4	10.1
13	128.9	9.3
14	131.0	8.7

FIG. V. 8

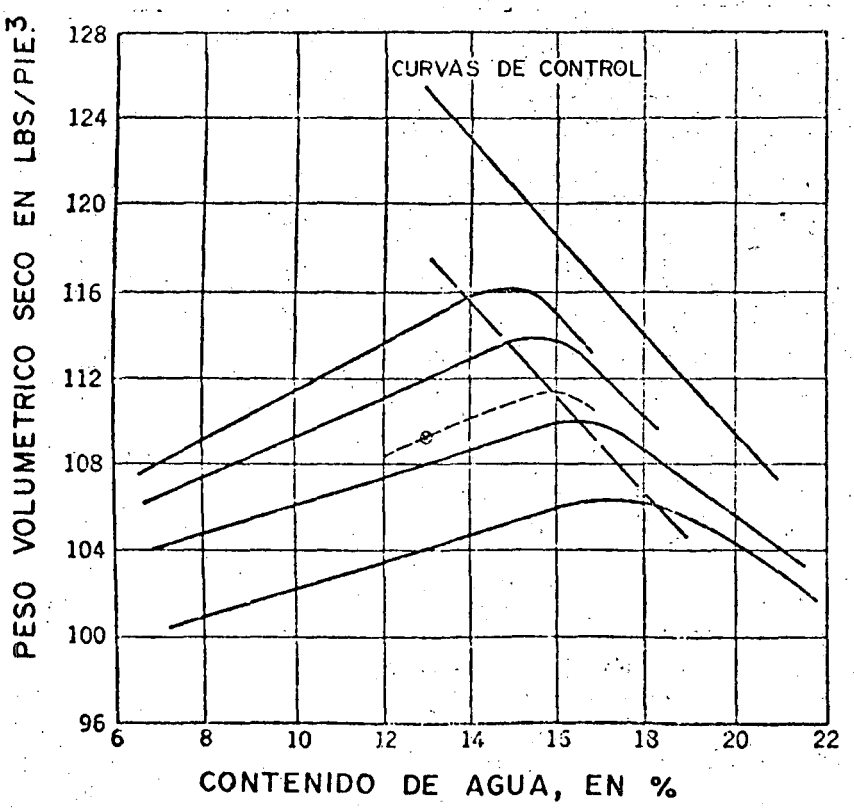
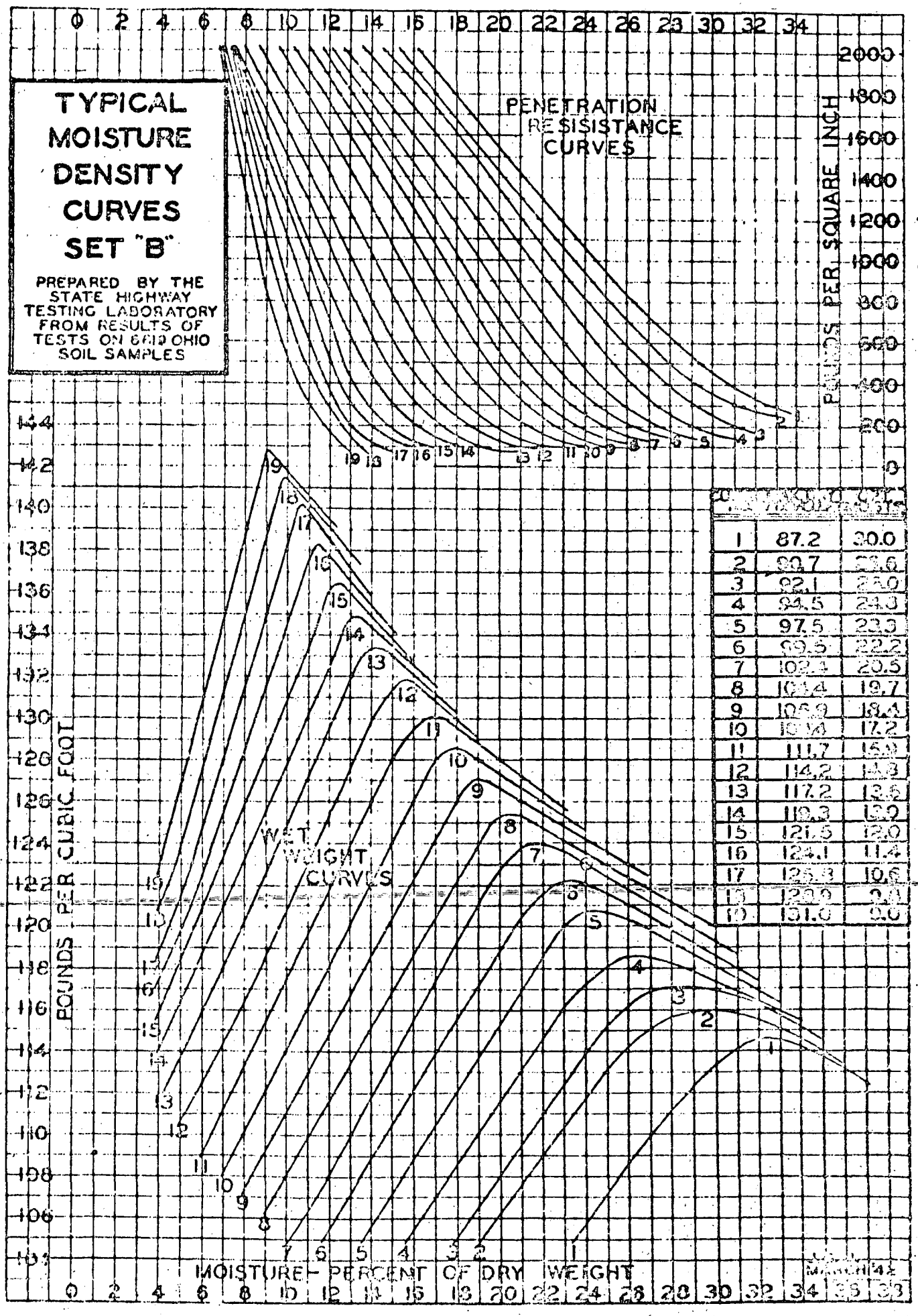
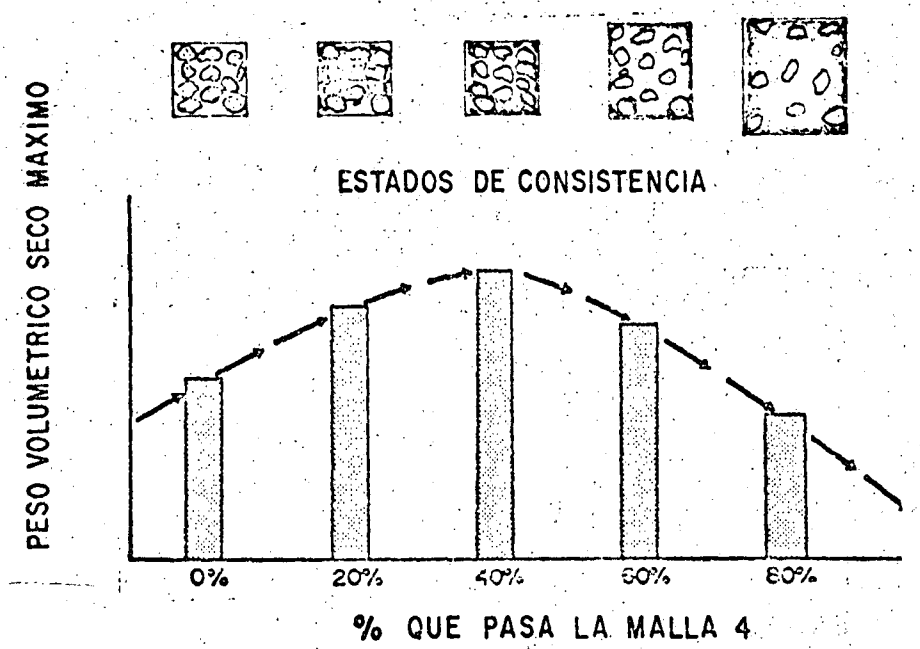


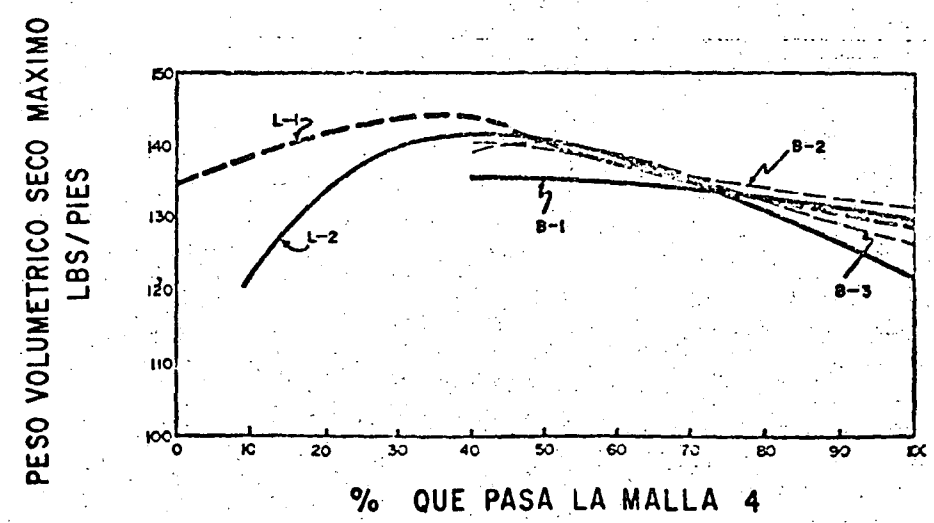
FIG. V. 9



1	87.2	20.0
2	90.7	23.6
3	92.1	23.0
4	94.5	23.0
5	97.5	23.0
6	99.5	22.2
7	102.4	20.5
8	104.4	19.7
9	106.9	18.4
10	109.4	17.2
11	111.7	15.9
12	114.2	14.3
13	117.2	13.6
14	119.3	13.0
15	121.5	12.0
16	124.1	11.4
17	125.3	10.6
18	129.9	9.0
19	131.0	8.0

FIGURA V.10





CURVAS DE CONTROL PARA 5 BANCOS

FIG. V - II

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL DE LA SAHOP

PLANEACION APLICADA AL TRANSPORTE Y AL DESARROLLO URBANO DEL PAIS

ING. RODOLFO FELIX FLORES
ING. GONZALO CRUZ BERISTAIN
ING. MIGUEL A. NAVA URIZA

REFLEXIONES SOBRE LA PREPARACION DE LOS PLANES DE DESARROLLO

CHARLES PROU

Director del Centro de Estudios de Programas Económicos. Paris.

CLIMA DE LA PLANEACION

Como no ha dejado de señalarse desde el principio de este curso, no existe, en nuestro conocimiento, el método ideal de planeación y de ninguna manera pretenderemos presentar algo que pudiera interpretarse como dicho método. Cada país tiene sus problemas particulares, su manera de actuar ante los eventos y es parte del trabajo de cada equipo de planificadores, el determinar la mejor forma de hacerlo, según las circunstancias.

Sin embargo, las lecciones de las experiencias contemporáneas en planeación, son en nuestros días lo bastante numerosas, para que podamos tratar de aprovecharlas.

Esas experiencias nos enseñan, en primer lugar, que un Plan supone un clima político propicio. No solamente en lo que concierne a la decisión por parte de los gobernantes, sino al entusiasmo y la adhesión suficiente de los gobernados.

El gobierno debe estar en posibilidad, siempre es necesario, de romper resistencias locales, ya que es practicamente imposible avanzar en cierto sentido, sin lesionar intereses. Debe poder contar, a fin de presionar el ritmo de desarrollo, con el apoyo de los partidos políticos y de los síndicatos susceptibles de llevar las consignas de la planeación a todos los escalones de la vida económica.

¿Es necesario concluir de estas observaciones,

que el éxito de un plan está ligado a la existencia de una situación revolucionaria? Ciertamente no. Pero al menos, es necesario que la población se muestre, en conjunto, favorable a una innovación político-económica y que la idea de la planeación sea aceptada de manera bastante amplia, si no con entusiasmo, al menos con indulgencia.

I.- LAS CARACTERISTICAS DE LA PLANEACION

A) El Plan es, fundamentalmente, un acto político.

Debemos reconocer que es de mala fé, pretender reducir a soluciones puramente técnicas, opciones cuyo carácter político no desconoce nadie; ni las comunas chinas, ni el desarrollo comunitario de la India, han nacido de un cálculo económico.

Que esta idea no agrade, es fácilmente comprensible: ¡Sería tan cómodo poderse cubrir detrás del cálculo, para eludir las decisiones difíciles!

Pero para el economista es una cuestión de honestidad, situar al gobernante frente a sus responsabilidades y señalarle que ninguna máquina electrónica podrá tomar su lugar.

Como contrapartida, el personal del Ministerio del Plan, que trabaje en un fuerte ambiente político, difícilmente puede pretender una permanencia neutral; de buen o mal grado, él se compromete al lado del gobierno que sirve y esta situación lo somete a ciertas restricciones, le impone ciertos deberes.

B) El Plan se presenta como un cuadro reformable de la acción económica.

El Plan no queda definido de una vez por todas; se precisa a medida que el gobierno está mejor informado y advertido de las dificultades de aplicación de su política y de los errores cometidos.

Desarrollemos esta idea.

1) No hay ninguna duda de que la puesta en marcha del Plan, precede a la información.

Ciertamente, en el órden lógico, la información precede a la acción y la estadística al Plan; pero nosotros debemos actuar, bien o mal provistos, porque si no actuamos la ocasión puede perderse. Así pues, los primeros pasos de la planeación serán decisiones efectivas y no estudios; y es el tiempo que se ganará así, afirmando claramente que se está decidido a romper las cadenas de la miseria y del estancamiento, el que permitirá colectar el mínimo de información (pero nada más ese mínimo) necesario para la elaboración del Plan. En otras palabras, primero hay que actuar y rápido, si se quiere después tener el tiempo de pensar. Ahora bien, no es éste un procedimiento absurdo, ya que un gobierno decidido puede tomar medidas rápidas, destinadas a la vez, a salvar las ulteriores oportunidades de existencia de la planeación y a interesar a la opinión pública, con débiles riesgos de error. Es precisamente una de las misiones importantes de la Comisión del Plan, al principio de su existencia, medir las consecuencias, al menos en forma sumaria, de las primeras medidas de planeación, asegurándose que tales medidas son soportables y que van en el sentido deseado.

Esta idea se encuentra perfectamente afirmada en el documento redactado por el grupo de expertos de la E.C.A.F.E., llamado para dar su opinión sobre las técnicas de programación y presidido por Tinbergen. Se lee, en la página 9 del ejemplar inglés:

"..... la aplicación de estas técnicas (de pro

gramación) no está, de ninguna manera, reservada a los países más desarrollados. Varias son relativamente simples y pueden ser usadas, en plazos relativamente breves, por la mayor parte de los organismos de planeación. Ellas dan resultados útiles, incluso cuando sólo están fundadas en datos estadísticos, o de otro orden, que tienen solamente la naturaleza de aproximaciones razonables. Puede acontecer incluso, que se puedan utilizar datos obtenidos de la experiencia de otros países. - En todo caso, es tratando efectivamente de utilizar los datos estadísticos, por imperfectos que ellos sean, que se estimula su mejoramiento."

2) Un Plan no es un encadenamiento rígido de decisiones en el tiempo.

Es una idea quizás decepcionante el que no se pueda fijar el porvenir de una manera cierta, incluso aceptando duros sacrificios; y los hombres cuyo temperamento lleva a la acción, admiten difícilmente que ello sea así. Recordemos, sin embargo, que en el período más austero de la planeación - soviética se han debido admitir pausas; la historia de los últimos veinte años nos dice con insistencia que la agricultura no ha seguido siempre al resto de la economía; hemos visto recientemente a la China comunista, abandonar la predicación de la ortodoxia en materia de control de natalidad..... se podrían multiplicar los ejemplos. De esta manera, es hacer - prueba de realismo, más bien que de pesimismo, el admitir el carácter reformable del Plan e incluso, de las partes del - Plan sobre las cuales la unanimidad es obtenida de inmediato, y es juzgada por todos, como fundamental.

Es éste el momento de denunciar como utópico - un procedimiento del que la racionalidad aparente, puede seducir: es aquél que consistiría en construir el Plan a partir de objetivos que se propondrían a priori. La fijación de los

objetivos del plan sería la decisión inicial, a la cual se ajustaría todo el resto. Ahora bien, debe quedar perfectamente claro que el conjunto de objetivos de la planeación (por ejemplo los consumos personales y colectivos a alcanzar en el curso de diversos años, clasificados por necesidades a satisfacer y por productos o servicios) no pueden ser difinidos sino a través de una serie de aproximaciones, de la que se deriven compromisos posible. Pero por supuesto, no es absurdo que se fije al principio, como condiciones que se desee respetar, ciertos límites; por ejemplo los niveles mínimos de consumos juzgados prioritarios.

C) La planeación no significa una centralización perfecta de las decisiones.

Sucede que el planeador sueña en un mundo en el que él sería informado exactamente y sin dilación, de toda cosa y en el que tendría mando directo sobre todo. Felizmente, la distancia que separa la realidad cotidiana de ese sueño, nos pone a salvo de ese "mejor de los mundos", que bien podría resultar infernal.

Sin embargo, la tentación de organizar una centralización bastante grande de las decisiones económicas, no es pequeña; esta tentación debe ser rechazada sin dudar.

En primer lugar, porque es inútil trabar la planeación con un pesado aparato administrativo, que inevitablemente comprendería algunos elementos mediocres. Esto todo el mundo lo sabe; todo el mundo denuncia los riesgos que hace correr la invasión burocrática. Pero frecuentemente, el crecimiento de los efectivos condiciona el progreso del "patrón" y treinta personas, de rendimiento ínfimo, causan impresión, ahí dondo tres personas eficaces hubieran sido más útiles, aunque sin causar el mismo efecto.

En seguida, porque nuestro conocimiento del comportamiento económico es muy imperfecto, de suerte que podríamos bloquear sectores enteros de actividad, al querer intervenir por todas partes.

Por último, porque una acción enérgica, contínua y calculada, sobre sectores sensibles basta, en general, para determinar el contorno del desarrollo; los responsables de las decisiones secundarias ajustan espontáneamente su actitud, según las consignas fundamentales del Plan. De ahí, una eficacia obtenida a menor costo, es decir sin golpes, bloqueos, ni crisis de descontentos inútiles.

Se desprende rápidamente de estas observaciones, que se tiene generalmente interés a renunciar, en la medida de lo posible, a toda forma de asignación de recursos en términos físicos (por boletos, raciones, etc.) y que más vale esforzarse en utilizar, al servicio del desarrollo, el sistema de precios. Aún resulta que, generalmente, es preferible preservarse de querer actuar sobre el conjunto de los precios; más eficaz resulta llevar la acción del gobierno, únicamente, sobre un pequeño grupo de ellos.

D) <u>El Plan es necesariamente comprensivo.</u>

Lo anterior no significa que el planeador deba limitar su investigación a una parte, solamente, del paisaje económico.

Incluso si se tiene el cuidado de utilizar sólo un número reducido de medios de intervención, no es menos necesario un conocimiento completo de la situación inicial y de las consecuencias probables sobre esta situación, de toda decisión o de todo conjunto de decisiones.

Queda pues, fuera de duda, el que debamos anal-

zar el conjunto de las actividades características. Pero ello no significa que sea necesario dar el mismo peso a cada una de ellas.

Por el contrario, nos acogeremos muy frecuentemente en este curso, a una idea cara a René Dumont y de la que uno se admira que sea tan fácilmente olvidada: la idea de que no todos los problemas son igualmente graves y de que es bueno enfrentarse, en primer lugar, a los más importantes.

II.- LAS CONDICIONES DE LA PREPARACION DEL PLAN.

A) La preparación del Plan es una carrera contra el reloj: su éxito depende de un calendario riguroso.

La decisión tomada al nivel gubernamental, de planear el desarrollo, señala (a menos que se trate de propaganda pura) el deseo de romper con el pasado, y traduce la rebelión de una población contra el fatalismo económico. El tiempo durante el cual ese sobresalto puede ser utilizado en beneficio de una innovación real, es corto: representa un pequeño número de meses o de semanas, más allá de las cuales, no se podrá hacer tomar o aceptar, ciertas medidas.

No olvidemos que la idea de Plan contiene una gran parte de mito, explotable, en el buen sentido, por un gobierno decidido a movilizar las energías de la nación. Pero las experiencias que se desarrollan bajo nuestros ojos, nos muestran la fragilidad de ese mito. Hay en la historia de las naciones momentos propicios donde la esperanza renace, donde se entrevé la posibilidad de escapar a las antiguas miserias. Dejar pasar, bajo pretextos diversos (simple inercia, tardanza exagerada de los estudios...) uno de esos momentos, puede significar renunciar a una oportunidad que no se encontrará más.

El organismo planeador emprende así, una carrera contra el reloj, cuyo resultado puede condicionar, por largos años, el mejoramiento de las condiciones económicas, al mismo tiempo que la estabilidad política del país.

Condicionado a actuar rápidamente, debe imponerse un calendario riguroso.

Dos errores deben evitarse a este respecto: por una parte, fijar plazos absurdamente cortos y por otra, dejar para después las cosas, invocando la necesidad de una información más segura, la carencia de personal calificado, la mala voluntad de las otras dependencias.... (argumentos de todos conocidos).

En el primer caso, se somete a una tensión inútil y excesiva a los mejores elementos del Plan, quienes, después de un principio frecuentemente entusiasta, se encuentran imposibilitados para desarrollar el trabajo acumulado.

En el segundo caso, se deja al país sin dirección económica de conjunto, mientras que son tomadas, en orden disperso, medidas que no son necesariamente las mejores para el desarrollo ulterior; en cuanto al personal del Plan, puede verse afectado de un sentimiento de ineficacia y desmoralización.

B) Una fase de decisiones precede y garantiza la fase de estudio propiamente dicho.

Encontramos aquí lo que ya se ha dicho: si en el orden lógico, la información precede a la acción, es necesario primero actuar, para tener luego el tiempo de informarse y pensar.

Es deber del Plan aprovechar las buenas horas del despertar político para sugerir, hacer aplicar de urgencia y controlar rápidamente, un cierto número de medidas, que

llamaremos aquí medidas de salvaguardia.

Esas medidas deben principalmente asegurar la supervivencia del régimen y darle tiempo de aplicar el Plan; garantizar el control de la coyuntura durante la primera parte del desarrollo, suscitando rápidos aumentos de productividad en los sectores que trabajan para los consumos prioritarios, en particular en la agricultura.

En síntesis, el Ministerio del Plan debe quedar, desde sus primeros pasos, muy próximo al gabinete del Primer Ministro e intervenir en la preparación de las decisiones económicas inmediatas, porque es así, solamente, que podrá ganar el tiempo necesario para el estudio y que sus cálculos tendrán, posteriormente, influencia sobre la acción.

Un Ministerio del Plan que se constituya en organismo de estudio, desligado de la acción, se condenaría más o menos, a permanecer apartado de las grandes corrientes que animan el país; en caso parecido, no se podrá dejar de poner en duda la voluntad real de planear.

Se podrá objetar que en ese caso estamos dentro de un círculo vicioso, puesto que, de acuerdo con este esquema, el Ministerio del Plan sugeriría decisiones, aún antes de tener una visión de conjunto de los proyectos de desarrollo. Sin embargo, la objeción se destruye si limitamos la gama de las medidas de salvaguardia, de tal suerte que nos pongamos al abrigo de errores graves de cálculo económico; es así que entre los estímulos a la agricultura, muchos pueden ser decididos sin estudios previos muy complejos. Evidentemente esto no excluye la prudencia, principalmente cada vez que una medida parezca tener influencia sobre la balanza de pagos.

De cualquier manera, no existe ninguna razón para que las medidas de salvaguardia escapen a una prueba de

coherencia, que se desarrolle durante algunos meses y tome la forma de un presupuesto económico rudimentario.

Por otra parte, estas medidas serán naturalmente incorporadas en el Plan, al mismo título que las otras decisiones.

C) Los economistas no pueden hacer gran cosa, si los ingenieros no van adelante.

Proposición lapidaria pero incompleta, porque habría que agregar a los ingenieros, los administradores... y algunos más.

Se puede decir que los responsables de la formulación del Plan, aquéllos que en el seno de la Comisión del Plan están encargados de buscar el esquema deseable del desarrollo y determinar los equilibrios característicos de las principales etapas del crecimiento son, necesariamente, economistas profesionales. Ahora bien, la eficacia de este personal se sitúa, bastante estrictamente, al nivel de la síntesis. Esta eficacia es bastante dudosa, tanto en la fase anterior (formulación de los proyectos primarios, exploración de las técnicas de producción...) como en la fase posterior (aplicación del Plan).

Es necesario pues, que las posibilidades técnicas hayan sido examinadas de antemano por especialistas (agrónomos, químicos, ingenieros, funcionarios....)

Puede nacer en este momento un problema de entendimiento: la síntesis del Plan es confiada a personas que comprenden mal el lenguaje de las personas que proporcionan la información y a su vez, su lenguaje es difícilmente comprendido por los responsables de la ejecución.

D) Grandes fases de la preparación del Plan.

No obstante su aparente diversidad, las expe-

riencias contemporáneas en planeación tienen muchos puntos en común; parece, en particular, que la preparación del Plan se desarrolla casi en todos lados, según un mismo ritual, que apenas perturba las divergencias de doctrina o de escuela.

1) Contacto preliminar del Ministerio del Plan, con los principales responsables de la vida económica.

Para el Ministerio del Plan el momento delicado por excelencia, es aquél en el cual le es necesario obtener la simpatía de sus vecinos y rechazar la tentación de constituirse en superministerio, dotado de poderes de supervisión y control.

La mayor parte de los organismos de planeación se juegan su porvenir en ese momento y muchos ahí lo pierden. La personalidad del Ministro y la de sus colaboradores directos tiene, como se comprende fácilmente, un gran papel en el asunto.

Cuando se aborda la cuestión en abstracto, ese contacto puede ser concebido de dos maneras, según que el Plan presente a los responsables de la economía hipótesis de crecimiento, aprobadas de antemano por el gobierno, o según que se solicite a los mismos responsables, su opinión sobre lo que convendría hacer.

En el primer caso, el Plan suscitará la búsqueda de los medios que se utilizarán, para que una hipótesis general de crecimiento reciba las máximas oportunidades de realización. En el segundo, se procedería, en apariencia, a la recabación bastante desordenada de ciertas informaciones.

En realidad, es raro que estas dos condiciones extremas se presenten de una manera franca; nosotros las veremos, más bien, mezcladas en muy diferentes proporciones, tanto en los países subdesarrollados, como en los otros.

Como quiera que sea, el diálogo se establece - "en la cima", entre el personal del Plan y los representantes de las grandes actividades de producción (agricultura, principales industrias), de administración (enseñanza, salud, obras públicas....), de financiamiento.... Se observa aquí la constitución de pequeñas células, análogas a los "Grupos de Trabajo" de la planeación francesa, en las cuales se definen cifras, proyectos, hipótesis de trabajo..

2) Selección, por parte del gobierno de una - estrategia del desarrollo.

Este primer contacto pone al Plan en la posibilidad de apreciar, en forma aproximada, lo que es factible hacer en diez o quince años de plazo y aquello que, razonablemente, debe ser considerado fuera de lo alcanzable.

Provisto de esta información, el Plan puede solicitar las consignas gubernamentales en cuanto a la selección de una orientación preferencial. Se decide así una estrategia del desarrollo, cuyas condiciones políticas deben poder ser - aceptadas por una gran mayoría de la opinión pública; sabemos bien que una planeación insuficientemente apoyada encuentra - grandes obstáculos, de los que no siempre triunfa la política gubernamental.

3) Consulta general de todos los centros motores de la economía.

La estrategia escogida es ampliamente difundida y puesta en conocimiento de todas las personas y todos los organismos que estén llamados a colaborar con el Plan. Se organiza una consulta bastante amplia, que permita al Plan precisar su estudio inicial.

Esta consulta toma generalmente la forma de - reuniones de Comisiones más diversificadas que los grupos de

trabajo iniciales; pero de todos modos su número es bastante restringido, a fin de que el aparato así constituído sea aún fácilmente manejable.

4) Análisis, por la Comisión del Plan, de las informaciones colectadas y preparación del Plan, entendido esto en el sentido amplio.

Las indicaciones obtenidas son seleccionadas y remitidas a la Comisión del Plan, organismo de estudio del Ministerio del Plan.

La estrategia adoptada por el gobierno se considera como un dato del problema que no deberá objetarse sino excepcionalmente y se buscará definir un programa a mediano plazo, que resulte satisfactorio, es decir, que presente las dos virtudes mayores consistentes en respetar las grandes restricciones reconocidad y ser realizable, habida cuenta de los medios de acción de que el gobierno dispone. Este programa se precisa con ayuda de las Comisiones de planeación, preocupándose de seleccionar puntos prioritarios.

Una vez preparado, el Plan es ampliamente comentado y explicado, a fin de que la población participe de manera consciente y clara en el esfuerzo de desarrollo.

En la continuación de este curso, serán principalmente las fases 2 (elaboración de una estrategia del desarrollo) y 4 (preparación del Plan, entendido en el sentido amplio) las que nos interesarán especialmente.

III.- EL MINISTERIO DEL PLAN

A) Organización del Ministerio.

1) Lugar del organismo planeador en la estructura gubernamental.

No hay duda que la erección del organismo planeador en superministerio, con tendencia a supervisar y controlar, sea el origen de muchos fracasos.

Las otras dependencias reaccionan, ante lo que consideran una intromisión, tratando de constituir dominios reservados y no entregando, sino con cuentagotas y de la más mala gana, las informaciones de que disponen.

¿Dejar la responsabilidad del Plan a uno de los Ministerios técnicos? No siempre es una excelente solución ya que el Plan soporta, eventualmente, los defectos de la administración tutelar, sin encontrar la independencia deseable. Los dos sitios de adscripción clásicos, son el Ministerio de Finanzas y el Ministerio de Industria; en forma accesoria se puede señalar el Banco Central. Es raro que el Ministerio de Finanzas sea una buena selección, ya que en él existe más el deseo de equilibrio presupuestal, que el de desarrollo y los financieros ortodoxos se entienden admirablemente cuando se trata de estrangular un Plan. Una localización dentro del Ministerio de la Industria tiene inconvenientes de otro género, en particular el de hacer pasar el Plan bajo la tutela de los ingenieros. Eso se traduce por lo general, en una insistencia sobre las grandes obras de carácter espectacular, en perjuicio de múltiples proyectos de modesto alcance, que muy frecuentemente, son los que indican el valor de una planeación y en detrimento más aún, de la síntesis económica. Esto equivaldría en nuestra terminología, a poner el Plan en manos de los ingenieros de Puentes y Calzadas. El Banco Central es un punto relativamente neutro y constituye a veces una buena localización.

La mejor solución parece ser la que consiste en dar al organismo planeador dimensiones modestas y a ligarlo directamente al Primer Ministro; solución que garantiza al Plan una cierta libertad de maniobra, sin colocarlo por encima de -

la administración ordinaria.

Retengamos de todo esto que, más que ningún otro servicio gubernamental nuevo, el Plan provoca suspicacias y reserva, mientras que, por definición, más que ningún otro, el Plan tiene necesidad de relaciones exteriores amistosas y confiadas.

2) Plan y estadística.

No sería útil detenerse demasiado tiempo en este aspecto que ya ha sido tratado. Recordemos que reviste una particular importancia en los países jóvenes y carentes de personal calificado. En este caso, la tentación que se presenta al organismo planeador, de reclutar a los raros profesionales de la estadística disponibles, es muy grande; perdiendo con ello a la larga, en la medida en que la colecta e interpretación de los datos corren el riesgo de verse comprometidos.

3) Papel asignado a la "División encargada del control de la ejecución."

Se encuentra en general, en el interior de la administración planeadora, una división encargada de seguir la aplicación del Plan y de señalar, eventualmente, las medidas de corrección necesarias (en caso de atraso en la ejecución del Plan, de perturbaciones coyunturales...)

Desgraciadamente, esta División no existe frecuentemente, sino en teoría. ¡Se pueden encontrar tan buenos pretextos para retardar su creación efectiva! Falta de personal, necesidad de dedicar el mayor esfuerzo a la preparación...

Ahora bien, aunque aparentemente paradójica, la proposición siguiente merece ser tomada en consideración: el Plan tiene el valor que le confiere su ejecución. Si la

División encargada de vigilar esta ejecución, no ejerce muy rápidamente una acción enérgica y no manifiesta su presencia, detectando las fallas y haciendo tomar, con toda energía, las medidas para remediarlas, hay muchas posibilidades de que el Plan se convierta en letra muerta. La falta de vigor en la etapa de ejecución, desanimaría al personal que trabaja en la preparación del Plan, ya que tendría la impresión de trabajar sin ningún objeto, pues su trabajo no se refleja en la actividad económica de la Nación.

Pero este principio es más fácil de enunciar, que de aplicar, pues el personal de la División en cuestión debe reunir numerosas cualidades, que van desde la competencia técnica, hasta el sentido agudo de la oportunidad política y de las posibilidades económicas, a fin de poder discutir, en términos de igualdad, con el personal de los otros Ministerios, así como con los representantes de la Economía. Sólo un personal de Ingenieros-Economistas de excelente calidad puede ser efectivo en nuestra labor.

B) Personal

He aquí sólo algunas observaciones dispersas.

1) Colaboración entre personas venidas de diferentes horizontes.

No hay más que decir al respecto, que lo que nos ha enseñado la experiencia francesa.

Cualquiera que sea su organización, el Ministerio del Plan está obligado a depender de la competencia de personas muy diversas, provistas de culturas diferentes, de reacciones diferentes. El Plan no puede prescindir de los ingenieros; pero las reacciones de un químico no son las de un agrónomo, ni las de un electricista. El Plan debe contar con los economistas; pero la familia de los economistas comprende muy

variados géneros. El plan debe pedir la ayuda de los funcionarios, de los matemáticos, de los estadísticos... El problema es que, salvo circunstancias excepcionales, (largos años de actividad política común por ejemplo, pertenecía a una misma familia espiritual) no es fácil lograr que buenos contactos mutuos, se establezcan rápidamente entre personas que no hablan el mismo lenguaje.

Representémos el problema razonando sobre dos grupos solamente: el de ingenieros y el de los economistas (profesionales).

Los economistas se encuentran, en virtud de su profesión, en el centro mismo de los trabajos de preparación del Plan; pero están a merced de los ingenieros. Primero, por que de ellos obtienen una gran parte de su información; enseguida, porque toda tentativa de su parte, para buscar una situación económica más satisfactoria que la situación existente, puede ser bloqueada por el veto de los ingenieros. Veto que puede ser plenamente justificado. Cuando René Dumont fue invitado por el gobierno de Madagascar, para observar la situación agrícola de la isla y sugerir soluciones, dispuso de una gran libertad para criticar los servicios locales encargados de la ganadería, en virtud de la competencia, que sobre ese aspecto, se le reconoce. Pero un economista, que no fuera al mismo tiempo un agrónomo confirmado, no podría, en las mismas condiciones, sino iniciar una discusión de interés marginal con los mismos servicios. Por lo demás, el núcleo central de economistas y de estadísticos de la Comisión del Plan, se encuentra en la misma situación de inferioridad, frente a los ingenieros de carreteras... e inclusive de los financieros. Esas dificultades de inteligencia mútua pueden conducir, si no se tomas las precauciones necesarias para evitarlo, a hacer del Plan una simple prolongación de la situación inicial y a comprometer toda

innovación.

¿Cual puede ser la solución? Es necesario que dos condiciones se cumplan simultáneamente.

En primer lugar, el Ministro del Plan y el Director de la Comisión del Plan, deben tener sus hombres bien controlados y eso depende sólo de ellos. O bien, son capaces de reunir y conducir un equipo, o bien no lo son; en este último caso, hay muchas posibilidades de que el Plan se reduzca rápidamente a nada.

En segundo lugar, es necesario que se encuentren entre los ingenieros, personas que tengan un buen conocimiento de los problemas económicos; no se les pedirá necesariamente que hayan leído a Walras, Marx o Hicks, sino, solamente, estar bien advertidos para poder abordar, bajo un ángulo económico, problemas que escapan de su competencia particular. Esto quiere decir que el Ministerio del Plan debe contar con una "tercera fuerza" compuesta de ingenioros-economistas capaces de establecer la comunicación entre técnicos puros y economistas puros. ¿Por qué asignar ese papel a los ingenieros más bien que a los economistas? Simplemente porque, en general, un ingeniero tiene menos dificultades para adquirir una cierta cultura económica, que las que tiene un economista en adquirir una cultura técnica válida, en un campo particular.

2) Lugar y papel del experto extranjero.

En el "catecismo" sumario, dirigido al experto designado para una misión de asistencia técnica, se le recomendaba incorporarse, con una gran amplitud de espíritu, a la vida del equipo en que trabajaría; es ésta una regla todavía válida, incluso en el caso en que el trabajo propuesto se presente como muy técnico (preparación de una encuesta, por ejemplo).

Ya hemos dicho que dejarse encerrar en una oficina, trabajar sólo con documentos, es ir directamente al fracaso.

Así, la sola competencia es insuficiente; la aptitud de entrar en contacto con otros, la curiosidad, el sentido de las relaciones humanas.... tienen una gran importancia.

Supongamos existentes esas cualidades y preguntémonos que papel puede desempeñar el experto extranjero y que limitaciones parecen deber imponérsele.

En el caso del estudio de un problema particular (condiciones de explotación de un yacimiento, desarrollo agrícola....) la cuestión no presenta dificultades particulares; pero éstas comienzan cuando se trata de una colaboración directa en la preparación central del Plan. Un extranjero no puede pretender dirigir operaciones, de las que el principio y las consecuencias, tienen un carácter netamente político; él debe pues encontrar un justo medio entre esa dirección y un papel menor. Si el experto está trabajando correctamente y se encuentra en una buena situación dentro de la organización, puede rendir grandes servicios contribuyendo, con discreción, al arbitraje entre los puntos de vista divergentes, que él vea afirmarse, dentro de la Comisión del Plan.

Evidentemente estas reflexiones son muy generales; no se ve claro como podrían dejar de serlo.

3) Neutralidad política del personal?

No nos hagamos demasiadas ilusiones sobre la neutralidad política del personal, al menos en lo que se refiere a los cuadros.

Hemos visto que era esencial, para el Ministerio del Plan, mantener excelentes relaciones con los principales responsables de la vida económica activa del país: líde--

res políticos, administradores, jefes de empresa.... ya que, faltando estas relaciones, el organismo de planeación se aislaría de las fuerzas vivas de la nación y tendría que conformarse a trabajar con estadísticas, ayudándose con informaciones inciertas. Incluso cuando las estadísticas son buenas, su interpretación correcta depende en gran parte de los contactos entre los organismos colectores y la base.

De ello resulta que pueda resultar deseable la homogeneidad política del personal, en su conjunto.

Por supuesto, el sentimiento de las responsabilidades políticas existe vivamente en los escalones superiores de la jerarquía (Directores, Directores adjuntos....) donde se sabe que se está comprometido al lado del régimen. Pero ese sentimiento es mucho menor en los otros escalones e incluso, ciertos elementos imaginan poder mantenerse en el papel de técnicos y quedar libres de compromiso. ¿Pueden hacerlo, sin comprometer el funcionamiento del Ministerio? Se está tentado de responder que en general eso no se puede y que para el Ministro, es un asunto de conciencia profesional señalar a sus colaboradores, que todos están embarcados en una aventura política, de la que sólo pueden sustraerse dejando su cargo. Esto es así porque en todos los niveles jerárquicos debe preservarse la buena calidad de los contactos con el resto del país, ya sea al nivel de un joven estadístico que al de un Director; no es posible que estos últimos abran todas las puertas a sus colaboradores, como tampoco pueden ellos sugerir todas las iniciativas. Por otra parte, la constitución en el seno del Ministerio de células pretendidamente apolíticas, o que rechazan de manera abierta o latente la dirección política general, puede crear molestias, malos entendidos, fricciones.... de naturaleza tal que comprometan el trabajo de planeación.

De ahí la regla general: es deseable una bue

na homogeneidad política del personal, en todos los niveles.

Sin embargo, sería pecar de falta de realismo el querer respetar esa regla, sin ninguna excepción. No se puede establecer, en imperativo absoluto, el conformismo político, en un mundo donde el personal calificado es raro. Eso sería tan absurdo para un gobierno, como el limitarse al concurso de técnicos heterodoxos, pero de los que la lealtad sea segura.

EL MODELO DE INSUMO PRODUCTO

El esquema de Insumo Producto pone de relieve las transacciones entre unidades productoras, en función del resultado final de la actividad económica.

Este esquema está contenido en la parte matricial del cuadro de análisis macroeconómico. Las cifras que se encuentran al examinar el cuadro en sentido horizontal, representan las ventas entre entidades y, consecuentemente, en sentido vertical, las compras de cada entidad.

Un aumento en el consumo final de bienes que provienen del Sector 1, exigirá, como efecto directo, un aumento en su producción bruta, lo que significará un aumento en sus insumos, provenientes, a su vez, de otros sectores. La demanda a los otros sectores, hará aumentar la producción bruta de éstos, lo que también provocará una cierta demanda en sus insumos y como consecuencia de ello, aumentos en la producción del Sector 1. Esto constituye un efecto indirecto del Sector 1 sobre sí mismo.

Sin embargo, después de cada ciclo como el indicado, el efecto es menor, hasta amortiguarse totalmente para tener equilibrio en la producción.

La magnitud de esos efectos directos e indirectos, son los que se precisan en los cuadros de insumo-producto.

Para cuantificar las expansiones de la economía se parte de un supuesto básico: las necesidades de insumos son proporcionales a los niveles de producción.

Coeficientes Técnicos.- A la relación entre los insumos y el valor de la producción se les llama Coeficientes Técnicos o Coeficientes de Insumo Producto y se les supone constantes para períodos relativamente cortos, habiendo una viariación a largo plazo, causada fundamentalmente por los avances tecnológicos.

Para el caso de tres sectores, el esquema se puede plantear como sigue:

X_{ij} - representa las ventas del Sector i al Sector j.

Y_i - representa la demanda final para el sector i.

x_i - representa la producción total del sector i.

-	S_1	S_2	S_3	D.F.	Prod. Tot.
S_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	y_1	x_1
S_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	y_2	x_2
S_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	y_3	x_3

La hipótesis enunciada permite expresar las ventas del Sector i al Sector j como:

$X_{ij} = f(x_j)$, siendo x_j la producción total del Sector j, o lo que es lo mismo, los insumos son una función del nivel de la producción del sector que los utiliza.

Si aceptamos que esa función sea lineal podemos escribir:

$X_{ij} = a_{ij} x_j$ y por ello $a_{ij} = \frac{X_{ij}}{x_j}$

Expresión en la que a_{ij} es el coeficiente técnico, cuyo valor define la técnica usada en el sector.

A partir de lo anterior, podemos escribir:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + y_1 = x_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + y_2 = x_2$$

$$a_{31} x_1 + a_{32} x_2 + a_{33} x_3 + y_3 = x_3$$

O lo que es lo mismo:

$$x_1 - (a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13} x_3) = y_1$$

$$x_2 - (a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23} x_3) = y_2$$

$$x_3 - (a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33} x_3) = y_3$$

De donde:

$$x_1 - a_{11} x_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 = y_1$$

$$- a_{21} x_1 - a_{22}x_2 + x_2 - a_{23}x_3 = y_2$$

$$- a_{31} x_1 - a_{32}x_2 - a_{33}x_3 + x_3 = y_3$$

O sea:

$$(1 - a_{11}) x_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 = y_1$$

$$- a_{21}x_1 + (1 - a_{22}x_2) - a_{23}x_3 = y_2$$

$$- a_{31}x_1 - a_{32}x_2 + (1 - a_{33}) x_3 = y_3$$

Anotando estas expresiones en forma matricial tenemos:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{I} - \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}}_{\bar{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}}_{\bar{y}}$$

A: Matriz de coeficientes técnicos

$\bar{x}$: Vector de producción final

$\bar{y}$: Vector de demanda final

O sea: $\left[I - A \right] \bar{x} = \bar{y}$

Nos interesa despejar al vector de producción final, para lo que premultiplicamos ambos miembros de esta ecuación por la inversa de la matriz resultante de restar a la matriz identidad, la matriz de coeficientes técnicos:

$$\left[I - A \right]^{-1} \left[I - A \right] \bar{x} = \left[I - A \right]^{-1} \bar{y}$$

De donde:

$$\bar{x} = \left[I - A \right]^{-1} \bar{y}$$

La ecuación anterior la podemos expresar como:

$$x_1 = A_{11} y_1 + A_{12} y_2 + A_{13} y_3 .$$

$$x_2 = A_{21} y_1 + A_{22} y_2 + A_{23} y_3$$

$$x_3 = A_{31} y_1 + A_{32} y_2 + A_{33} y_3$$

O lo que es lo mismo, si (A_{ij}) son los elementos de la matriz $(1 - A)^{-1}$:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Naturalmente, lo que se ha establecido para tres sectores, es válido para cualquier número de sectores.

Si utilizando este modelo fijamos para la economía un aumento de 6%, por ejemplo, obtendremos ciertas metas parciales de consumo e inversión. Al llegar a calcular la producción de los sectores, se debe constatar que éstos estén en condiciones de lograr la producción final requerida y en caso contrario se precisa hacia cuales sectores es necesario canalizar la inversión.

Si las metas están fuera de las posibilidades reales de algún sector, es necesario hacer una reconsideración y cambiar las metas inicialmente establecidas.

enero 1 9 7 8 .

CAPITULO II

La Ordenación del Territorio

1. Definición.

La ordenación del territorio es la proyección geográfica de la política económica del país e involucra la redistribución voluntaria de la agricultura, la industria y los servicios, para una mejor distribución del espacio y los recursos de la nación.

Su objetivo es desarrollar una colectividad en la que la vida urbana permita satisfacer las exigencias nacidas de un nivel de vida más alto, en la que la vida rural adquiera un nuevo carácter que irá acompañado de necesidades muy semejantes a las del medio urbano y que tendrá no sólo una participación justa en el ingreso, sino también en la cultura y el esparcimiento.

2. Metodología.

Nos enfrentamos a las dos características más acusadas de la vida moderna: su complejidad y su incertidumbre. Las soluciones son la utilización de dos corrientes de pensamiento; la combinatoria, que tiende a dominar la complejidad por los "programas", y la contradictoria, que combate la incertidumbre con la "estrategia".

Existe "programación" cuando establecemos por adelantado y en principio, de una vez por todas, los valores de cierto número de variables de decisión. El número y la naturaleza de las variables, así como el calendario de aplicación de las decisiones, pueden ser cualquiera. Lo esencial está en la palabra "decisión" que tiene aquí su máximo poder definitorio, ya que la programación cubre los campos de actividad más diversa con vistas a alcanzar, en las mejores condiciones, una pluralidad de objetivos.

Existe "estrategia" al momento en que aceptamos la idea de completar los proyectos establecidos de antemano por nuevos proyectos inspirados por las circunstancias. A la elección aleatoria de la naturaleza responde el acto contraaleatorio del hombre, cuyo privilegio es el de "dar a su porvenir algunos rasgos voluntarios" (Pierre Auger).

De ahí que "estrategia" es el conjunto de decisiones condicionales que definen los actos a realizar, en función de todas las circunstancias susceptibles de presentarse en el futuro. Definir una estrategia es establecer la lista de todas las situaciones a las cuales se podría llegar, y escoger, desde el origen, la decisión que se tomará frente a cada una de ellas.

René Courtin y Pierre Maillet, autores de la Economía Geográfica, nos dicen: El desarrollo de una nación es una totalidad. Entre sus aspectos políticos, económicos, sociales, culturales y geográficos existe tan fuerte dependencia mutua, que considerar por separado uno de ellos, sería mutilar un rostro aislando uno de sus rasgos.

No es suficiente establecer un plan universitario, hay que transformar los programas y los métodos de enseñanza. No es suficiente trazar ejes a través de México, es necesario que se inscriban en la geografía prospectiva de las actividades. No es suficiente tomar decisiones de descentralización industrial, hay que asegurarse de que las fábricas descentralizadas encontrarán el medio apropiado a sus necesidades funcionales. Los ejemplos podrían multiplicarse.

Sin embargo, a falta de autonomía, la ordenación del territorio tiene una especificación: implica una acción a largo alcance, cuyos resultados son visibles, duraderos e inscritos en el suelo. Algunos días son suficientes para decidir la paz o la guerra, algunos meses para elaborar la Constitución, algunos años para difundir una técnica o comprometer una balanza de pagos; pero para modificar el equilibrio de un territorio, son necesarios decenios. La acción regional debe inscribirse en una perspectiva de conjunto con su propia escala de duración. Inversamente, el desarrollo económico concebido y descrito sobre una base sectorial, sin localización de las actividades, presenta un carácter abstracto, irreal. Los planes de desarrollo necesitan arraigarse para tener una imagen visible de nuestro porvenir.

Puesto que todos parecen estar de acuerdo en este punto, en un país como el nuestro, se necesita definir y practicar una política regional voluntaria, en lugar de confiar la localización de las actividades a los mecanismos naturales de la economía. Por consiguiente, la industria llama a la

industria. A menudo es menos costoso engrandecer una fábrica que construir un establecimiento nuevo. A menudo es más ventajoso implantar una fábrica en las cercanías de otras fábricas y beneficiarse así de las economías externas que procuran la complementaridad de las actividades. Al terminar el proceso, una serie de decisiones marginalmente correctas puede conducir a una defectuosa situación global y hasta crítica.

Que es necesaria una política, todos lo reconocemos. Pero hasta ahí. Sobre una concepción común de lo óptimo, descansa en efecto una política. Pero no existe concepto más discutido que éste.

No podemos sostener la optimista tesis de las armas más naturales "el desarrollo máximo de cada región asegura el desarrollo máximo del conjunto". Si los recursos en hombres y en capital fueran superabundantes en relación a la extensión especial susceptible de ofrecerles puntos de aplicación, ésta sería posible. Ello podrá ocurrir cuando el espacio se convierta en nuestro bien más escaso. Pero no es ahora el caso. Hay comarcas vacías en las que podemos implantar nuevas fábricas; cada instalación plantea un problema de elección que no podemos eludir.

Se puede decir que un crecimiento fuerte es necesario para permitir simultáneamente la mejora de las condiciones de vida y la realización de grandes proyectos; pero si lo llevamos a sus últimas consecuencias, esto menosprecia una determinada "cualidad del desarrollo" que, más allá de las magnitudes económicas, se vincula a valores éticos. La persistencia de disparidades regionales demasiado acusadas y las migraciones masivas que serían su consecuencia, chocarían contra la idea que nos hacemos de una sociedad equitativa y humana, hasta si demostráramos que al aceptarlas favorecemos el crecimiento global. Es sabido que la expansión máxima de las regiones fuertes es concebible, si una parte de las ganancias es transferible hacia las regiones débiles; pero, además de las dificultades concretas con las que tropezaría esta redistribución, el principio mismo de la asistencia suscita graves objeciones. El plantear el problema humano no sólo es poner en práctica la solidaridad nacional, sino también colocar las regiones débiles en la vía de un desarrollo conseguido por sus propios fondos.

Si no podemos aceptar el punto de vista de eficacia global, sin condiciones, sería un error más grave irnos al otro extremo y, por ejemplo, elegir como criterio el mínimo de migraciones. El sentirnos ligados al terruño es un sentimiento respetable, pero el crecimiento implica la movilidad. No se pueden tener las ventajas de una expansión rápida y las de un enraizamiento perpetuo. La "política de preparación" debe ser valientemente practicada, pero cabe hacer notar que ella está limitada por el

importe de las cargas que es posible hacer soportar a la economía sin comprometer su competitividad. Si no, ésta lo comprometería todo, incluso el destino de las regiones débiles.

A las incertidumbres del principio se añaden dificultades de aplicación. Sin embargo, el conocer éstas no debe servir de pretexto a la inacción. Las realidades nos acosan. Me refiero con ello no sólo a las impaciencias que se manifiestan en nuestras regiones, sino también a la oportunidad que se presenta, porque una gran política regional sólo es posible por la expansión y porque no hay garantía de que conservemos un crecimiento tan rápido más allá de un par de decenios. A los que ponen por delante la condición previa de una documentación más completa, se les puede contestar como he hecho en otras circunstancias, que es en la acción y por la acción como las lagunas de nuestra información podrán ser localizadas y cómo se aportará seguramente el mejor remedio. Además, el problema no reside en perfilar lo óptimo, sino en emprender algunas correcciones que el llamamiento de lo porvenir, la intuición de las evidencias y el sentido de las magnitudes debieran permitirnos discernir.

Paralelo a la planeación de la infraestructura del transporte, y como consecuencia de la misma, se ha definido un plan de desarrollo urbano que resulta un primer esquema de ordenación de territorio.

Los mecanismos naturales tienen el gran defecto de ser insuficientemente prospectivos, y éste defecto es particularmente sensible en la ordenación del territorio, en el que la duración se cuenta por decenios; por eso, los programas y proyectos deben ser concebidos en función de un horizonte flexible.

La ordenación del territorio se nos presenta como una combinación de acto de fé y de riesgo calculado. No podemos decir ahora todas las operaciones que realizaremos en el cuarto de siglo próximo. Algunas de ellas dependen de acontecimientos, si no imprevisibles, al menos difíciles de prever. La modernización de la agricultura ha puesto fin al mito de la vuelta a la tierra y a las consecuencias que se hayan deducido de ella, hace veinticinco años. La aparición del automóvil hubiera hecho estallar un plan de ordenación de territorio trazado un decenio antes. No sabemos qué lugar exacto ocupará el helicóptero en los desplazamientos futuros. Debemos comprometernos a crear lo irreversible, conservando cierta latitud, para de esta forma estar en condiciones de adaptarnos a las circunstancias que no hubiésemos podido prever en caso de que éstas se presenten —para emplear una sencilla imagen, cualquier programa de cierta duración contiene una parte inflexible— símbolo de lo irreversible y otra

flexible que podrá ser modificada o complementada, según las futuras circunstancias lo exijan. He aquí uno de los problemas difíciles de ordenación de territorio, hacer la parte inflexible y la parte flexible, o sea, las "directrices" destinadas a regirlo.

En efecto, sería un error coger la regla y el compás y proyectar sobre el mapa carreteras y ciudades, remover mentalmente la tierra y el hormigón, antes de plantearnos unas cuestiones de finalidad y de valor. El que ceda a esta tentación subordinará los fines a los medios, el espíritu a la letra, la idea al plano. El diseño es necesario en su momento, pero debe estar al servicio de un designio.

Es preciso integrar la ordenación de territorio en una reflexión global, sobre el porvenir de la sociedad, para definir lo que puede ser este designio. El gobierno federal se consagra a este problema.

El horizonte de los estudios prospectivos en curso es generalmente a 1990, o mejor, "alrededor" de 1990. Se ha escogido esta fecha porque corresponde, de formas varias, a un cambio bastante decisivo. Ante todo, el intervalo que nos separa de 1990 es más o menos el de una generación, con lo que este advenimiento representa aspiraciones e ideas nuevas. Este mismo intervalo permitirá terminar la modernización de la agricultura. Finalmente, podemos estimar que en algo más de veinte años, la producción nacional se habrá duplicado, o más. Tendremos pues, ante nosotros, un México verdaderamente nuevo, un México industrializado y urbanizado en el que habrá dos o más veces más fábricas, dos veces más viviendas.

Este México contará con unos noventa y cinco millones de habitantes, más o menos. Hay que añadir que, en este campo, lo plausible y lo deseable se confunde, ya que un crecimiento de densidad de la población mexicana debe redundar, casi con toda seguridad, en la elevación del nivel de vida de cada cual. La política de prestaciones familiares y la de sanidad, dan al Estado algunos medios para obrar en tal sentido.

El hombre en 1990 será más instruido; el acceso a la enseñanza secundaria se abrirá más ampliamente a los hijos de las familias obreras y rurales. Dentro de veinte años habrá tres veces más bachilleres que hoy, lo cual significa que el número de centros de segunda enseñanza aumentará con la creación de éstos, en ciudades que hasta hoy estaban desprovistos de ellos. A su vez, la enseñanza superior verá aumentados sus efectivos y el número de sus centros; sus programas se transformarán. Más instruido el hombre de 1990, será también más exigente. Se necesitarán cinco o seis veces más bibliotecas y teatros para responder a la demanda creciente y

para mejorar el nivel de satisfacción de hoy. La medicina y la cirugía habrán progresado mucho, pero también los malestares de toda índole debido a los excesos de la civilización industrial. Si para combatirlos hacemos un esfuerzo suficiente de mejora del marco de vida —y este punto compete directamente a la ordenación de territorio— podremos esperar que el balance será positivo. Hay que imaginar estructuras nuevas que asocien a la empresa, la universidad y los sindicatos.

En 1990 veremos una sociedad de consumo en masa. Podemos prever que un esfuerzo en los campos de información y de educación, conseguirá algún día hacer menos impopular el gasto público. En el estado actual de las mentalidades, una gran política de ordenación de territorio y de equipos colectivos, postula que los servicios individualizantes sean pagados directamente y a su costo. Cualesquiera que sean las preferencias ideológicas, existe una necesidad de acción que vale para las autopistas, como debe valer para la vivienda, a condición de que se cuente con una ayuda personalizada que se reduciría paulatinamente con la elevación del nivel de vida. Sólo la educación escaparía a esta exigencia, puesto que el carácter gratuito de la enseñanza es una de las bases fundamentales de nuestra República.

Para 1990 habrán muchos procedimientos inéditos, objetos imprevistos, máquinas nuevas. La ciencia y la técnica abren la vía al enriquecimiento de lo cotidiano. Sin embargo, el desarrollo futuro de las aplicaciones de hechos ya conocidos, no tiene menos importancia que la aparición de nuevos inventos. Podemos pensar que los hechos verdaderamente revolucionarios son más bien a escala de la duración considerada —la entrada al consumo de masas del automóvil, de la televisión, del teléfono—. El primero hace florecer las ciudades y "ciudadaniza" el campo. La segunda transforma las condiciones de la información política y el ejercicio del poder. El tercero desmaterializa las comunicaciones. En una palabra, al igual que los hechos sobresalientes tendremos que considerar las tendencias profundas.

Ya lo dijo Schumpeter: Hay que señalar, ante todo, la verdadera naturaleza del proceso que revoluciona incesantemente, desde el interior, la estructura económica, destruyendo continuamente sus elementos envejecidos y creando continuamente elementos nuevos.

Las consecuencias a deducir de lo anterior, son importantes y numerosas. Limitémonos de momento a señalar que, debido a ello, las inversiones que avanzan hacia el futuro son las que aplican técnicas avanzadas y favorecen la promoción de los hombres.

Ampliándonos, lo anterior se traduce en uno de los aspectos más característicos del desarrollo, el traspase del sector primario al secundario, y del secundario al terciario, y de un terciario superior o cuaternario dedicado a las actividades de dirección y de investigación.

La reducción del empleo en el sector primario, esencialmente la agricultura, provendrá de la divergencia entre los rápidos progresos de la productividad y el desarrollo más lento de las ventas, que se traducirá en la existencia de excedentes. Por eso, la mejora de la existencia del agricultor depende de la disminución de su número. La distribución de las actividades agrícolas debe regularse, en consecuencia, según el nivel de los costos y de la necesidad de un equilibrio nuevo para las zonas mal situadas en la competición. Los elementos de este nuevo equilibrio no faltan; por ejemplo, las ordenaciones turísticas. Más generalmente, el bosque debe constituir el volante indispensable exigido por las incertidumbres de lo porvenir. Finalmente, los "parques nacionales", deberían constituir las reservas naturales indispensables a una civilización mecánica.

El desarrollo del sector secundario obedece a una tendencia profunda, a la desmaterialización progresiva de la economía. La expansión de los metales ligeros y la aparición de las materias plásticas reducen la coacción o el peso. Si el urano se convierte, como todo induce a creer, en una materia energética de base, el paso y la distancia no contarán ya, debido a que, incluso quemando en condiciones tan imperfectas como las de hoy, un kilo de uranio equivale a diez toneladas de carbón. Finalmente, la expansión industrial descansa sobre la fabricación de productos cada vez más elaborados y de máquinas cada vez más complejas, en el precio de costo de las cuales el de la materia, y a "fortiori" el de su transporte, representa una fracción cada vez más pequeña.

La causa y la consecuencia que el movimiento de urbanización ha promovido al sector terciario, es un hecho notable de nuestra época. Nuestra civilización es cada día más, una civilización de servicios. Los servicios de educación de sanidad, de comercio, generan un valor añadido de carácter inmaterial. Por eso la evolución histórica de los equipos es significativa debido a la ingeniosidad creadora del hombre, que ha tenido ante todo que suplir su fuerza muscular y su habilidad física en el transporte, la manipulación y la producción de energía. Pero he aquí que aparecen unas inversiones que no soy ya los sustitutos de las facultades físicas del hombre, sino prolongaciones de su poder intelectual.

Las máquinas electrónicas desempeñan el papel de "robots" intelectuales, haciendo operaciones aritméticas en algunas millonésimas de se-

gundo, pueden efectuar cálculos matemáticos complejos, hacen posible la traducción automática, permiten regular el tráfico, son la llave que abre el dominio de la automatización. Subsistirá la intervención necesaria y soberana del espíritu, pero le ha sido dado un instrumento incomparable.

3. Equilibrio en los Aspectos Rurales y Urbanos.

La distinción entre distancia y dispersión es la clave de nuestro estudio. El desplazamiento de las actividades y de los hombres a través de nuestro territorio se presenta bajo dos aspectos; uno, el movimiento de urbanización, que obedece a la ley de concentración y se desarrolla tanto en los Estados como en las regiones; otro, los flujos y reflujos a gran escala que atraen la industria y las poblaciones, ya sea hacia nuestras regiones mineras, hacia la región capitalina, etc.

La ordenación del territorio está subrayada por el fenómeno urbano. Las ciudades desde tiempo inmemorial han ofrecido a los hombres las ventajas de una sociedad reunida. El hombre ha hallado en la ciudad más bienestar, más seguridad, más poder y, finalmente, más libertad de elección, así como condiciones favorables al desarrollo de la empresa y al progreso de la ciencia. La modernización de la agricultura y el crecimiento del sector terciario han acelerado el movimiento. La urbanización por otra parte no es sólo un fenómeno capitalino, es un fenómeno nacional, puesto que Guadalajara y Monterrey crecen muy de prisa. Es incluso, más allá de nuestras fronteras, un fenómeno universal: la realización de un marco que traduce a la vez una organización económica y un modo de vivir, los dos vueltos hacia la vía de las relaciones.

Las grandes ciudades, como la ciudad de México, y en algunos años más Guadalajara, Monterrey, Tijuana y Puebla, atraviesan una crisis de crecimiento. Las estructuras antiguas ya no están adaptadas, sus estructuras nuevas no lo están todavía. Más allá de una dimensión determinada, los desplazamientos se hacen insoportables y las relaciones sociales se dislocan. No obstante, el progreso de los transportes y especialmente la generación del automóvil cambian los datos del problema. Vemos aparecer unas formas de urbanización más articulada al lado de las aglomeraciones compactas de antaño; debido a ello, la ciudad y el campo son menos extraños, menos opuestos. Por otra parte, si la ciudad se espacia, el campo se "citadiniza", ya que con el automóvil, el teléfono, el radio y el equipo de los pueblos-centros, el modo de vida rural se acerca al modo de vida urbano.

La distribución a gran escala de las actividades a través del territorio, el segundo aspecto de la economía geográfica, se ha regido largo tiempo por el emplazamiento de los recursos naturales y las distancias de transporte. El resultado de los movimientos que se realizaron a gran escala produjeron una disparidad de actividad, de urbanización y de nivel de vida que en un mapa detallado haría resaltar la complejidad, pero que puede caracterizar cómo unas zonas están más desarrolladas que otras.

Enorme es la diferencia que existe, por ejemplo, entre la zona del Bajío y la zona del Mezquital; entre Coatzacoalcos, Orizaba y Córdoba con la zona Huicot y la zona Henequenera de Yucatán. Así, en la zona del Pacífico Sur, que comprende los Estados de Colima, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, cerca del 90% de la fuerza de trabajo agrícola tiene un bajo nivel de productividad. En el centro del país, el 80% de la fuerza de trabajo agrícola se encuentra en similares condiciones.

Es por eso que el Gobierno ha incrementado sus programas, en estas zonas, de "caminos de obra de mano", de campos deportivos, de carreteras, de presas y de industrialización paulatina, pero sin descuidar las demás zonas del país como por ejemplo, la región del Pacífico Norte, integrada por Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit, donde el problema es menor.

Aceptar o rechazar el movimiento de urbanización, aceptar o rechazar los desequilibrios existentes. He ahí la cuestión.

Yo diría que debemos aceptar el movimiento de urbanización cuya "universalización acusa de irrealismo a las recriminaciones desoladas que, en nombre de la moral, quisieran detener al progreso" [1], pero aceptarlo, organizándolo y humanizándolo. Por el contrario, debemos buscar un equilibrio a gran escala del territorio nacional, gracias a la tendencia, a la desmaterialización de la economía y al debilitamiento de la distancia.

Aceptar el movimiento de urbanización no es aceptar que la capital tenga veinticuatro millones de habitantes en el año 2000. Tampoco es aceptar la inadaptación que sufren en nuestros días las ciudades en donde se vive mal y se corre el peligro de no poder circular. Es favorecer la desconcentración, mediante la constitución de áreas metropolitanas que sustituyan a las aglomeraciones compactas del siglo XIX y mediados del siglo XX. Es elegir un pequeño número de puntos de aplicación, creando ciudades importantes que sean susceptibles de equilibrar la atracción de la capital.

Se plantea correlativamente la cuestión de la organización del espacio en el interior de las áreas metropolitanas. La urbanización estructurada

[1] Luc Thoré. Significación de Fenómeno Urbano. Febrero de 1963.

debe desbancar a la urbanización difusa. Se trata, en gran medida, de un problema de transportes y de circulación; pero existe también un problema de equilibrio de las actividades y del habitat. Que varias veces al día hombres y mujeres deban atravesar la zona metropolitana, en gran parte de su extensión, es una prueba penosa y un desafío a nuestra capacidad de organización. Los suburbios de la capital deben ser reestructurados alrededor de centros de negocios, de grandes almacenes, de casas de cultura, etc., para que los habitantes puedan hallar, a distancias razonables de su domicilio, los elementos de interés que ya no tendrán que buscar en el centro de la capital; lo que ahora es cierto para México, lo será mañana para Guadalajara, Monterrey, Mexicali, Tijuana y Puebla, y no es demasiado pronto para pensar en ello. Pero también sería grave que no consiguiéramos aplicar a nuestras ciudades el proceso de destrucción creadora, que es la clave del desarrollo económico.

No hay que olvidar que las anteriores visiones deben ser profundizadas y diversificadas. Se adivina en el seno de las regiones fuertes, la existencia de unas zonas a reanimar, a renovar o a convertir, como es la Comarca Lagunera, que años atrás era una de las regiones más ricas del país. Todos sabemos que existen, pero si lo ignoráramos, las recientes juntas de trabajo del gobierno nos lo hubieran recordado con fuerza. Desde luego, un mal localizado puede ser reabsorbido por unos mecanismos casi en el seno de un medio próspero y dinámico; pero al lado de una "política de acompañamiento" necesaria para mantener la expansión de nuestras regiones, a veces serán indispensables unas acciones de impulso para iniciar la reabsorción. Debemos contar también con ello.

Los puertos como Tampico, Veracruz, Manzanillo, Mazatlán, Campeche, etc., aparecen nuevamente como puntos privilegiados. Su antigua vocación comercial se dobla con una nueva vocación industrial, ya que un puerto no debe solamente comportar un plan de agua protegida y un utillaje moderno; debe, además, ser cabeza de líneas marítimas regulares.

Sin embargo, hay que observar que el éxito mismo de la política de industrialización provoca una elevación de los salarios en la región industrializada. Si esta mejora de la condición obrera, que conduce por sus efectos encadenados a la elevación deseada de las rentas regionales, no se hace por etapas, hará desaparecer la incitación espontánea a la implantación de nuevas fábricas y obligará al Estado a aumentar sus ayudas a la industrialización en unas proporciones imposibles de mantener a largo plazo.

4. Los Problemas de Transporte y Urbanización.

Una vez trazadas las directrices, nos encontramos en presencia del problema de los "medios" o más precisamente, de la adecuación de los medios a los fines deseados. Este problema es el meollo de cualquier planificación, puesto que el Estado sólo tiene el pleno dominio de los medios que pone en funcionamiento. Un plan, desde luego, entraña necesariamente objetivos accesibles a todos, impulsores para todos. Pero la realidad está hecha de los resultados de acción del Estado y de las decisiones más o menos orientadas, pero finalmente libres, de los demás agentes económicos. Esta verdad, sensible en el terreno sectorial, tiene más fuerza en el ámbito regional. En su más simple expresión, el problema consiste en saber qué volumen de ayudas y qué programas de infraestructuras permitirían aumentar, en la proporción deseable, el número de los empleos industriales nuevos antes de 1980.

La probidad intelectual nos obliga a decir que en el estado actual de la ciencia y de la información económica, no sabemos resolver este problema, pero no tenemos necesidad, en principio, de una solución rigurosa. Ni tan siquiera la asignación de medios importantes nos hace correr el riesgo, en el transcurso del Plan Nacional, de hacernos sobrepasar el fin. Lo que nos falta es definir un conjunto de medios que correspondan a una estimación razonable del máximo de recursos disponibles para la acción regional, teniendo una idea de los objetivos a largo plazo que sería deseable alcanzar. La observación de los resultados y su comparación con los objetivos, permitirá la adaptación mutua y paulatina de los medios y de los fines. Esta aproximación a la vez involuntaria y empírica sólo es, en definitiva, la aplicación al desarrollo regional de una planificación activa "que acepte los hechos, pero no las fatalidades".

El procedente análisis muestra la importancia de la definición de los medios, es decir, de los programas de infraestructura y del desarrollo urbano.

Los programas de infraestructura son necesariamente selectivos, y son ellos los que, sin discusión, combatirán más eficazmente el "escarceo indiscriminado". Plantean en términos abreviados el problema de la elección de "polos de desarrollo", ya que la definición de un armazón urbano, apoyada con programas de equipo juiciosos, es una de las claves de nuestro porvenir. La elección es difícil, pero el no hacerla sería elegir también y, lo que es más grave, elegir el fracaso. La inteligencia de los centros, el estudio de la historia, la intuición de lo futuro, deberán guiar nuestra

acción. No es por azar, por ejemplo, que la población se ha extendido por los valles. Debemos apoyarnos en la naturaleza para someterla a nuestros fines.

En materia de transportes y comunicaciones, no existe casi opción por los ferrocarriles, cuya contribución al proceso de la industrialización es decisivo, y cuyos aspectos de rentabilidad financiera deben ser revisados, para que igualen los avances en el aspecto técnico. Por otra parte, hay unas opciones evidentes en favor de las líneas aéreas interiores, cuyo desarrollo indispensable es menos costoso que otras formas de acción, y del teléfono, que entra en el consumo en masa, y sin el cual la expansión industrial y ordenación de territorio estaría seriamente dificultada.

La opción más delicada es la que se refiere a la red de carreteras. No quisiera hacer revivir la vieja querella entre los partidarios del automóvil y los del ferrocarril, y la que empieza a definirse entre la infraestructura para el transporte y la infraestructura de carácter social, fundamentalmente en lo que hace a la vivienda. En todo caso, la vieja querella entre el ferrocarril y el automóvil ya no se plantea en los mismos términos. El automóvil ha extendido el espíritu mecánico, rompiendo el aislamiento del campo, creando una industria motriz y provocando a todos al esfuerzo. No se trata de sacrificar ciegamente unos valores superiores, sino de tender hacia una mejor coherencia entre la construcción de vehículos y la infraestructura de las carreteras, sin olvidar las reglas de circulación y de estacionamiento. Disponemos de una red de carreteras formada por dos grandes sectores: uno antiguo, compuesto por una inmensa cantidad de veredas y brechas, sin conexión entre sí, que se está terminando de localizar y contabilizar; y el otro moderno, constituido por las carreteras internacionales, nacionales y regionales, así como por caminos estatales, municipales y locales, transitables en todas las épocas del año. Por eso, el actual gobierno replantea el problema, en función de una ordenación de territorio concebido según un calendario exigente. Entre realizaciones imperfectas, pero que tengan en cuenta el precio del tiempo, y realizaciones perfectas que llegarían demasiado tarde, la balanza se inclina hacia las primeras. Nos hace falta, especialmente en las regiones dependientes de la política de preparación, una gama de instrumentos que permitiesen crear, en unos plazos aceptables, una red completa de carreteras, siendo esto el gran reto, al que los mexicanos debemos y tenemos que enfrentarnos.

La selectividad de las "ayudas" económicas es menos imperativa que la de las infraestructuras y resulta, por ello, más difícil de aplicar. Hubiera

podido esperarse que las decisiones al estilo "golpe por golpe" harían aparecer una jurisprudencia que eliminase progresivamente los obstáculos, pero la experiencia ha enseñado las dificultades de esta tentativa. Lo que debemos hacer es apoyar esas zonas de conversión, que el Estado ha erigido en "polos de desarrollo" en el pleno sentido, es decir, llamadas a desempeñar un papel motor y a conjuntar las actividades que exige un desarrollo equilibrado. La amplitud del problema aboga en favor de una medida amplia, cuyas repercusiones financieras deben ser rigurosamente pensadas en el marco de los equilibrios del Plan Nacional.

La atracción de los polos de desarrollo y de las infraestructuras de comunicación debe ser suficiente para impedir un escarceo ineficaz, sin que estén excluidas operaciones que mantengan la vida, para las que una ayuda limitada del Estado vendría en apoyo al terruño. El carácter delicado de los equilibrios a mantener, explica sin duda un balance del pensamiento y de la práctica, donde domina el deseo de flexibilidad y el temor a la arbitrariedad.

CAPITULO III

El Sistema de Transportes

1. Infraestructura.

Antes de entrar en materia estimo que es necesario explicar, con la mayor claridad y sencillez posibles, lo que entendemos por "infraestructura para el transporte", porque siendo un término tan familiar para nosotros, puede no serlo tanto para las personas ajenas a nuestra especialidad. Estoy pensando sobre todo, en la gente que lea esta tesis, y que podría renunciar a ello si no precisamos con exactitud en qué sentido empleamos el vocablo "infraestructura", cuando lo aplicamos al transporte. Más aún, esta explicación previa es tanto más necesaria, por cuanto sin ella les pudiera resultar menos comprensible la tesis fundamental en que se sustenta toda nuestra concepción social y económica, según la cual la infraestructura para el transporte constituye, como he venido sosteniendo, "la infraestructura de la infraestructura de la sociedad".

En lo que atañe a la expresión "infraestructura para el transporte", creo que se puede facilitar mucho la comprensión si hago notar, en primer término, que el transporte es una actividad que requiere, para llevarse a cabo, de la combinación de tres distintos elementos materiales, que funcionan superpuestos: el primero son las vías de comunicación que constituyen la infraestructura; el segundo son los vehículos que circulan sobre esas vías y que constituyen la estructura; y el tercero son las personas y las cosas que los vehículos llevan de un lugar a otro, y que constituyen la superestructura. Creo que no puede existir la menor duda de que cuando hablo de la "infraestructura para el transporte", me refiero exclusivamente a las vías de comunicación que se emplean con ese fin, y no a los vehículos que se mueven sobre ellas, ni a las personas y a las cosas que éstos conducen de un lugar a otro.

Ahora trataré de explicar por qué he venido afirmando que la "infraestructura para el transporte es la infraestructura de la infraestructura

de la sociedad". En la superestructura de ésta ubicaría a la cultura espiritual, compuesta por la concepción del mundo que tiene colectividad y por las leyes e instituciones creadas por ella misma para regir la vida social, familiar e individual. La estructura está constituida por la economía, entendida ésta como el esfuerzo que la sociedad tiene que hacer para dominar a la naturaleza, con ayuda de la ciencia y de la técnica, a fin de producir los bienes y servicios indispensables a la satisfacción de sus necesidades. Por último, en la infraestructura ubicaría a la población misma, considerándola desde el punto de vista demográfico y debajo de ella colocaría al territorio en que se asienta, y que utiliza para el transporte, de un lugar a otro, de las personas y de las cosas.

Se ha generalizado mucho la creencia de que las comunidades campesinas no entablan comunicación alguna, ni siquiera con las más cercanas. Sin embargo, salvo muy raras excepciones, todas las localidades rurales se encuentran comunicadas, y para ello usan el territorio como vía de comunicación para el transporte. Mientras menos desarrolladas son, menos tratan de modificarlo, y la mayoría se limita a utilizarlo como vereda, sin cambio alguno. Es en este periodo cuando resulta más evidente que si el territorio constituye el último estrato de la infraestructura de la sociedad, es decir, la infraestructura de la infraestructura.

¿Por qué con mucho mayor motivo? Porque si el territorio no fuera empleado como vía de comunicación entre las localidades que integran una sociedad, sólo sería la infraestructura de la infraestructura de cada una de las localidades, aisladamente, pero no de la sociedad en su conjunto. Por otra parte, cuando las localidades que forman la sociedad usan el territorio para comunicarse entre sí, es este conjunto de conexiones lo que constituye la base geográfica del organismo social.Por eso afirmo que la infraestructura del transporte es la infraestructura de la infraestructura de la sociedad.

Es también en este mismo periodo cuando puede observarse, en su simplicidad más diáfana, cuál es la verdadera función que las vías de comunicación desempeñan para el transporte, dentro del organismo humano. Esta verdad fue vislumbrada genialmente, desde hace siglos, al iniciarse la era industrial, por los grandes padres de la ciencia económica, sobre todo Francois Quesnay, en su célebre Cuadro Económico, publicado en 1767, pero también por William Petty, en su menos conocida Aritmética Política, tal vez porque ambos eran al mismo tiempo grandes economistas y grandes sociólogos. En el organismo humano, la inmensa red de conducto a través de la cual circula la sangre, constituye el medio por el cual se establece y se mantiene la unidad entre todos los sistemas, entre

todos los órganos. De modo análogo, en el organismo social, la inmensa red de vías de comunicación para el transporte, construida en su mayor parte por las mismas comunidades rurales, también constituye el medio por el cual se establece y se mantiene la unidad entre las localidades, los municipios, las zonas y las regiones que integran el país.

Siendo el sistema circulatorio una red que abarca literalmente todo el organismo humano, a nadie se le ocurriría decir que ese sistema es una de las diversas ramas de la actividad orgánica, ni mucho menos asegurar que es un sector del cuerpo humano. Pero al parecer, esto sí puede hacerse en la esfera de la economía, a juzgar por la forma en que se sigue considerando el transporte en general, y en particular a su infraestructura, tanto en la clasificación internacional de ocupaciones como en el sistema internacional de contabilidad social. En estos documentos que norman la elaboración de la estadística básica en todos los países, se insiste invariablemente en clasificar a las vías de comunicación para el transporte, como si formaran parte exclusivamente de la economía; como si fueran nada más una de las ramas en que se divide la actividad económica, y como si sólo fuesen uno más entre los varios servicios. Tan inadecuada es esa concepción, como el hecho de medir la importancia de la infraestructura para el transporte sólo a través de la proporción, naturalmente bastante molesta con que contribuye, de un modo directo, a formar el valor general de la producción de bienes y servicios, sólo a través del rendimiento, también bastante bajo, que produce el cuantioso capital invertido en ese renglón, sin tomar en cuenta su efecto indirecto muchas veces mayor, que tiene esa inversión sobre el desarrollo global de todas las actividades tanto económicas como sociales.

En el análisis que venía yo haciendo se mostraba cómo desde las primeras etapas de la era agraria, todas las comunidades rurales, por más pequeñas y atrasadas que fueran, usan el territorio aún sin imprimirl ningún cambio, como vía de comunicación para establecer y mantener vínculos económicos y sociales con las localidades rurales más próximas, de rango un poco mayor, y cómo en las siguientes etapas, el aumento paulatino de la producción agrícola hace que, por un lado, nazca una cantidad cada vez mayor de pequeñas comunidades rurales, al mismo tiempo que en las ya existentes va creciendo la población, y se van separando las manufacturas de la agricultura, primero en el interior de su propia estructura, luego en el exterior, cuando algunas de las comunidades campesinas más desarrolladas acaban por especializarse en la industria y en los servicios, y se convierten en ciudades.

Al hacer referencia a la necesidad inaplazable de promover el desarrollo rural, considero muy oportuno hacer hincapié en el hecho de que, según se desprende de la observación de la estadística internacional comparada, los países en proceso de desarrollo tienen, por una regla general, no carente de excepciones, la tendencia a olvidar que los países más industrializados de hoy, no han venido construyendo su red carretera moderna como si la antigua no existiera, sino al revés, adoptaron y continúan poniendo en práctica la política de ir modernizando progresivamente los caminos antiguos con los que ya contaban. Al respecto, merece señalarse el caso de los E. U. A., que según su estadística histórica tenía, en 1960, una longitud de caminos muy semejante a la que registró en 1920, con la enorme diferencia de que, en tanto que en 1920 era notable el dominio de caminos sin pavimentar, sobre todo en las zonas rurales, para 1960 esa situación se había invertido casi por completo, como resultado de la política de modernización masiva de la red vial que se llevó a cabo en esas cuatro décadas, indispensable para construir la base de lo que ha sido llamada la segunda revolución industrial.

Los países en proceso de desarrollo debemos, a mi juicio, tener mucho cuidado de que nuestra infraestructura para el transporte sirva para el desarrollo social y económico, concebido no como fin, sino como medio para alcanzar un auténtico progreso. Es decir, nuestra tendencia debe ser la de comunicarnos cada vez más, haciendo más caminos antes que mejores caminos, para aprovechar mejor nuestros recursos económicos, que son siempre escasos, en vez de gastarlos de un modo exclusivo o principal, en comunicar entre sí a las grandes ciudades, construyendo a un alto costo, con normas fuera de nuestra escala, carreteras vacías, porque fueron proyectadas y construidas para un tránsito muy intenso de vehículos, en el promedio de la red, que solo se producirá en una etapa más alta de nuestro desarrollo, y a la que, a su vez, sólo podremos llegar con una verdadera red adecuadamente planeada, cuyas especificaciones resuelvan los problemas del presente y de un futuro mediato, fijados dentro de un plazo razonable, aplicando constantemente la norma general derivada de la experiencia mundial, según la cual, para tener un desarrollo regional equilibrado, es deseable mantener la proporción de un kilómetro de camino troncal por cuatro kilómetros de caminos alimentadores, utilizando en la construcción, al nivel máximo posible, la obra de mano que es nuestro recurso más abundante, en lugar de la maquinaria que no producimos y que significa salida de divisas indispensables para industrializarnos y que nos producen desempleo, ya que, como hemos señalado antes, el proceso histórico de la urbanización, mundialmente hablando, tiende a ser más

rápido que el proceso histórico de la industrialización, y esa tendencia ya es una característica desafortunada de los países del Tercer Mundo.

2. Complementaridad y Coordinación.

Los planes que se han preparado para la infraestructura del transporte contemplan, en su contexto general, un conjunto de metas parciales que se identifican con las políticas nacionales y que observan una correspondencia entre los objetivos sectoriales y los objetivos señalados en el esquema para el Plan de Desarrollo, dentro de la concepción de "ordenación de territorio".

Sabemos que la meta fundamental es la de lograr un mayor ingreso por-cápita y su más justa distribución, y que sólo podrá alcanzarse mediante la acción colectiva, planeada y coordinada, buscando el máximo rendimiento del esfuerzo por realizar y la plena utilización de las inversiones ya realizadas.

Es conveniente precisar en este orden de ideas, cuáles son las necesidades que el sistema de transportes debe satisfacer frente al desarrollo económico y social que anhelamos para nuestro país, y cuál es la situación actual de ese sistema.

a) Se debe aceptar que si bien la red de transportes básica o troncal (carreteras, vías férreas, aeropuertos y puertos), cumple en buena medida los objetivos señalados para ella, faltan todavía por construir importantes obras que se deberán atacar con inversiones que correspondan al tamaño justo de la demanda prevista.

b) Las redes alimentadoras, concebidas como el conjunto de caminos estatales, vecinales y rurales, aeropuertos de corto alcance y aeropistas y puertos de cabotaje, han alcanzado un grado de evolución inferior al conveniente, con relación a la red básica.

c) Hay numerosos centros de población que requieren de medios de transporte para integrarse permanentemente a la red y por tanto a la vida nacional; existen algunas regiones del país susceptibles de un mejor aprovechamiento, y otras, con importantes recursos potenciales desaprovechados, cuyo desarrollo debe ser apoyado y promovido por las vías de comunicación adecuadas; existen también regiones en pleno desarrollo apoyadas en núcleos urbanos, tanto metrópolis intermedias como metrópolis regionales, que seguirán demandando la modernización y dotación de facilidades a las vías de transporte que las ligan entre sí.

Conforme a todo lo anterior, podemos señalar que la evolución deseable de la "infraestructura para el transporte" se define en las siguientes directrices.

I) Construir las obras faltantes del sistema básico o troncal, con especificaciones que correspondan al tránsito o tráfico previsto, y que permitan las interrelaciones adecuadas de los polos de desarrollo o que penetren en las regiones potencialmente productivas.

II) Continuar con los esfuerzos dirigidos a la modernización integral y homogénea de las rutas nacionales sometidas a la utilización más intensa, y que correspondan a las ligas entre las metrópolis regionales de equilibrio e intermedias.

III) Atender con mayor vigor la construcción de obras alimentadoras que coadyuven a promover las actividades productivas y la plena utilización de los sistemas troncales.

IV) Construir obras rurales que incorporen a la vida política, económica y social de la nación, los núcleos de población campesina.

Con base en lo anterior, se ha preparado el "Plan de Inversiones en la Infraestructura para el Transporte" que contempla un horizonte de diez años, dentro del cual se encuentra la década de los setentas. (1971-1980).

3. Planeación.

CARRETERAS

En este rubro, el plan analiza el aspecto político, social y administrativo y el aspecto económico, de cuyo resultado se han generado proposiciones concretas, tanto de troncales como de alimentadoras de interés nacional, a corto, mediano y largo plazo. En relación con el primer aspecto, los objetivos específicos son los de lograr la comunicación carretera directa de las diversas capitales de Estado y los puertos marítimos y fronterizos entre sí y con la capital federal, y la liga del mayor número de cabeceras municipales con su respectiva capital estatal, asegurando así la completa interrelación de la estructura política, social y administrativa del país. En el aspecto económico, antes de ver definidos los centros de producción y consumo actuales y potenciales, que en este momento se alcanzan a precisar tanto a escala nacional como regional, se plantean los enlaces deseables que permitirán su intercomunicación más ordenada.

El plan, del cual se deriva el Programa 1971-1976, involucra la terminación en los próximos diez años, de 10,000 Km. de obras en proceso y

la construcción de 30,000 Km. de nuevas obras, tanto pavimentadas como revestidas, meta que es posible alcanzar por medio de las inversiones que los Gobiernos Federal y Estatales canalicen a través de los programas federales y bipartitas que la Secretaría de Obras Públicas desarrolla normalmente.

Por otra parte, los programas de cooperación tripartita, deberán continuar con un ritmo que se ha previsto del orden de 2,000 Km. anuales, lo que nos permitirá contar con alrededor de 20,000 Km. más de caminos de este tipo, en el término de diez años.

Por lo anterior, se puede concluir que la red de carreteras deberá alcanzar en el año de 1980, una longitud de cerca de 120,000 Km. Esta cifra coincide con la extrapolación de la tendencia que se indica a continuación:

Año	Longitud Km.
1970	71 700
1971	75 600
1972	79 600
1973	83 800
1974	88 100
1975	92 700
1976	97 500
1977	102 500
1978	107 700
1979	113 200
1980	119 000

Pero no nos debemos olvidar de que en la obra caminera, iniciada en 1925, el impulso mayor se da a partir de 1934 con la creación de un sistema para la construcción de caminos en cooperación bipartita, que se complementó en 1948 con los caminos vecinales y en 1971 con los de obra de mano. De este modo se llega al año de 1950 con una red de 21 400 kilómetros, misma que a la fecha es más de siete veces mayor, al contar con 150 mil kilómetros, de los cuales 50 mil son carreteras pavimentadas.

Es bueno recalcar que el plan está concebido para beneficiar más vigorosamente al sector rural del país. En efecto, dentro de la longitud de carreteras que se propone construir, se contempla la realización de cerca de 40 000 Km. de carreteras alimentadoras y 10 000 Km. de troncales, lo

que representa una relación de 4 a 1 en el periodo, con lo cual se llegará a una proporción de 2 a 1 para el total de la red en 1980, incremento significativo comparado con la relación actual de 1.4 a 1. En esta forma tendremos una estructura de la red carretera que permita una mayor utilización de las troncales, un servicio adecuado en beneficio de la población rural y un mejor aprovechamiento de las zonas potencialmente explotables.

Pero si a la tabla anterior se le agregan los caminos construidos por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos, como obras necesarias para el cumplimiento de sus objetivos, y que el 25 de abril de 1973 pasaron a ser responsabilidad de la Secretaría de Obras Públicas, puedo decir que nuestra red nacional de caminos cuenta ya con un total de 150,000 kilómetros, cifra que contrasta con la de 70 000 kilómetros que tenía México al inicio de 1970. En estos últimos tres años, el Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Obras Públicas, ha hecho crecer la red en más de 75,000 Kms.

VIAS FERREAS

Por lo que respecta a la infraestructura para el transporte ferroviario, se debe apuntar que la magnitud de las inversiones que representan la realización de este tipo de obras y las condiciones del servicio que prestan, hace que su programación se limite a aquellas obras que vayan a satisfacer una clara necesidad de transporte masivo. Ello define tareas de modernización y construcción de algunos tramos, paralelamente a la firme política de superación en cuanto a las técnicas de operación, renglón en que se habrá de actuar con decisión a fin de aumentar la eficiencia de este tipo de transporte, conjuntamente con el énfasis indispensable en la coordinación de los diversos modos de transportación. Cabe aclarar que en la próxima década se requerirá de un mayor esfuerzo para sostener nuestro ritmo de desarrollo, sobre todo si pensamos que será la industria básica una de las variables más sensibles en el proceso, y por ello, el transporte ferroviario que se asocia inevitablemente a la industrialización deberá recibir atención en esa misma medida.

Aparte de la zona metropolitana de la Ciudad de México, las metrópolis regionales como Monterrey y Guadalajara, la región Coatzacoalcos Minatitilán, el grupo Querétaro-Irapuato-León, así como otras, requieren de la máxima eficiencia en su transporte ferroviario; por otra parte, existen zonas de gran potencialidad que tarde o temprano requerirán de este

servicio. Esta demanda en materia de nuevas vías férreas, se vé apoyada por la política de descentralización industrial que, además, provocará importantes rectificaciones en los trazos y la modernización de aquellos tramos que tendrán un incremento notable de tráfico.

La red ferroviaria del país tiene una extensión de 19 700 Km. en sus rutas de intercomunicación, y de 4 600 Km. en vías auxiliares de maniobras y servicio, lo que hace un total de 24 300 kilómetros.

El flete movido, según estadísticas de 1971, fue de 50 millones de toneladas netas con un recorrido medio de 522 Km.; la tasa anual de crecimiento del flete movido, observado en los últimos años, es de 5.5 por ciento.

Hay en la red vías que no cumplen ya con ninguna función importante y que agravan la situación financiera de los ferrocarriles. Se prevé que estas vías serán eliminadas en un futuro cercano. En cambio, la parte principal de la red requiere una atención esmerada, pues en ella el movimiento es intenso y la tasa de crecimiento de fletes es más alta que el promedio antes mencionado.

La parte principal de la red, puede clasificarse en la forma siguiente:

- Líneas con movimiento mayor de 8 millones de toneladas brutas al año: 1 800 Km.
- Líneas con movimiento mayor de 5 millones de toneladas brutas al año: 3 200 Km.
- Líneas con movimiento mayor de 2 millones de toneladas brutas al año: 6 000 Km.

Como ya lo hemos dicho, el servicio ferroviario representa un importante eslabón en la cadena de la producción, y ya se ha visto cómo afecta a la economía nacional una crisis en este transporte.

Hay muchos adelantos técnicos que no han llegado a implantarse en forma sistemática en nuestros ferrocarriles, como es el caso del transporte con "contenedores", que rápidamente ha adquirido una importancia primordial en todo el mundo por su característica principal de amalgamar todos los medios disponibles de tierra y mar, en una operación de puerta a puerta. Esta forma de transporte apenas si se ha ensayado tímidamente en nuestro sistema ferroviario.

En corredores densamente poblados, donde las vías de autotransporte están saturadas y las distancias son reducidas, vuelve a imponerse la vía

férrea, como está sucediendo en otros países, por la necesidad del servicio suburbano de transporte masivo de pasajeros por ferrocarril. Esta situación empieza a hacerse palpable en el área del Distrito Federal.

La única vía complementaria a realizarse, será la de Coróndiro-Las Truchas, que servirá para el movimiento de los productos y de la materia prima de la Siderúrgica Lázaro Cárdenas "Las Truchas". Se prevé su terminación cuando dicha planta haya alcanzado una producción de 1 500 000 toneladas al año.

Están en construcción actualmente: la Línea Férrea del Sur, la vía doble México-Querétaro, el libramiento Jaltocan-Teotihuacan y el ramal Tapachula-Puerto Madero.

Se modifica actualmente el tramo Orizaba-Córdoba, se mejora la vía Manzanillo-Guadalajara y se construirá el puente mixto para ferrocarril, carretera y peatones sobre el río Suchiate, que costará 21 millones de pesos.

Resumiendo, el transporte ferroviario ha tenido y seguirá teniendo un importante papel en el desenvolvimiento económico de México y debemos estar preparados para hacer frente a la demanda que se presente en este campo y para aplicar aquellas innovaciones que permitan el óptimo aprovechamiento del sistema.

AEROPUERTOS

En el caso del transporte aéreo es pertinente comentar, aparte de su tendencia explosiva en nuestro país y en función del carácter internacional de la aerotransportación, lo que pasa en el campo mundial.

El promedio mundial del crecimiento es del 14 por ciento anual en el movimiento de pasajeros y del 17 por ciento para carga, y en países como los E. U. A., Japón, Inglaterra, Alemania y Francia, los aumentos anuales fluctúan entre el 17 y el 22 por ciento sólo para pasajeros. En el año de 1967 se movieron por este medio más de 210 millones de personas y se sobrepasaron los 3 000 millones de millas voladas. Por elevadas que parezcan las cifras citadas, los pronósticos son todavía más elevados: la información disponible indica que el crecimiento anual mundial esperado para los próximos años, será del 16 por ciento para pasajeros y del 22 por ciento para carga. Estas predicciones se fundan en la operación de los nuevos tipos de aviones, entre los que destacan las versiones alargadas de los que ya están en servicio, y el avión comercial supersónico.

Para poder examinar objetivamente nuestra situación actual en transportación aérea y ubicarse dentro del marco que se trata, conviene referir las siguientes cifras: se tienen registrados 351 aviones comerciales, 2 212 privados y 283 del gobierno. En 1971 se transportaron 9 millones de pasajeros en 276 374 operaciones, lo que significó una tasa de crecimiento del 18 por ciento con respecto a las del año anterior. Si consideramos que los registros de la OACI indican que el crecimiento mundial es del orden del 14 por ciento, podremos apreciar la importancia que este sistema de transporte está adquiriendo en nuestro país. Para 1980 se calculan 14 millones de pasajeros.

Para atender a las necesidades surgidas de este incremento, el programa de construcción de aeropuertos se enfrenta, dentro de los niveles de la inversión que el país se permite disponer para esta actividad, al reto de mantener una capacidad tecnológica adecuada, que al mismo tiempo propicie nuestra independencia científica.

Por esto, el programa de inversiones en aeropuertos, actualmente en ejecución, contempló, con base en la evolución esperada del equipo de vuelo, en el número de operaciones por aeropuerto, en el crecimiento del número de pasajeros y en la población servida y potencialidad económica de la misma, un conjunto de más de 60 aeropuertos para vuelos largos, medio y corto alcance, en los cuales se realizan obras de construcción o modernización.

Algunos de éstos son: Acapulco, Cancún, Chetumal, Cozumel, Culiacán, Durango, Guadalajara, Hermosillo, Isla Mujeres, Loma Bonita, Loreto, Manzanillo, Mazatlán, Mérida, Mexicali, México, Minatitlán, Monterrey, Nuevo Laredo, Oaxaca, Poza Rica, Puerto del Gallo, Puerto Vallarta, Reynosa, San José del Cabo, Tampico, Tepic, Tijuana, Tuxtla Gutiérrez, Villahermosa y Zihuatanejo.

Como se vé, a la fecha ha sido cubierta satisfactoriamente una primera etapa, ya que los aeropuertos para vuelos de largo alcance y los de mayor prioridad de mediano alcance, cuyo conjunto se identifica con las metrópolis regionales, han sido terminados o se encuentran a punto de terminarse, debido al significativo crecimiento de las inversiones en este renglón en los últimos nueve años. Está casi resuelta, en una segunda etapa del programa, el problema del área metropolitana de la Ciudad de México, y van muy adelantadas las obras de modernización y construcción en otras regiones del país.

También se construyen cinco nuevos aeropuertos de características muy particulares, ya que tienen la misión de generar nuevos polos de des-

arrollo dentro del sector turístico. Estos nuevos aeropuertos son los de Cancun, Manzanillo, Zihuatanejo, San José del Cabo y Cabo San Lucas.

Los aeropuertos en los que se han ejecutado obras, cumplen con las normas y especificaciones internacionales para la operación de aviones de reacción de mediano y largo alcance, y sus instaalciones se están ampliando para duplicar su capacidad, y aún cuando podemos decir que nuestro sistema de aeropuertos continúa siendo deficitario, es obvio que las obras realizadas desde que el Plan se inició en 1966, han satisfecho en gran medida los incrementos y están abriendo nuevas posibilidades de expansión a nuestra red.

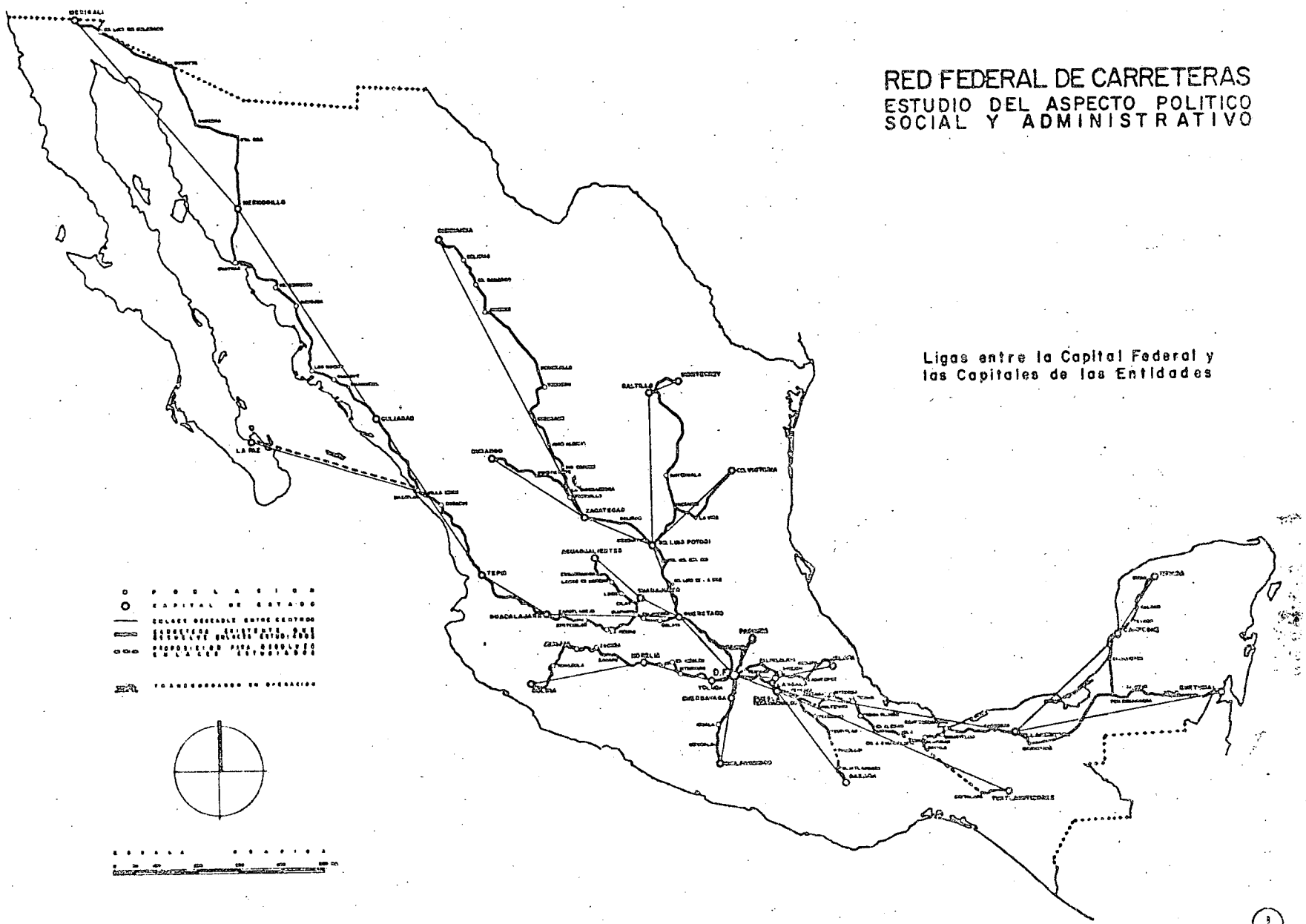
Esta vista panorámica de los tres renglones de la infraestructura para el transporte —carreteras, vias férreas y aeropuertos— nos permite, mediante esta evaluación de las proposiciones concretas que involucra, ver los consistentes objetivos que México se ha propuesto, y los logros actuales en materia de complementaridad y coordinación en el sistema de transportación.

Para finalizar, diré que los elementos de la infraestructura física son bienes de capital que aumentan constantemente el potencial productivo del país. Crecen en mayor medida que el promedio de las ramas de la producción de bienes y servicios y aumentan, en consecuencia, su participación dentro del conjunto total. Contribuyen pues, en forma creciente, a la capitalización nacional.

RED FEDERAL DE CARRETERAS

ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

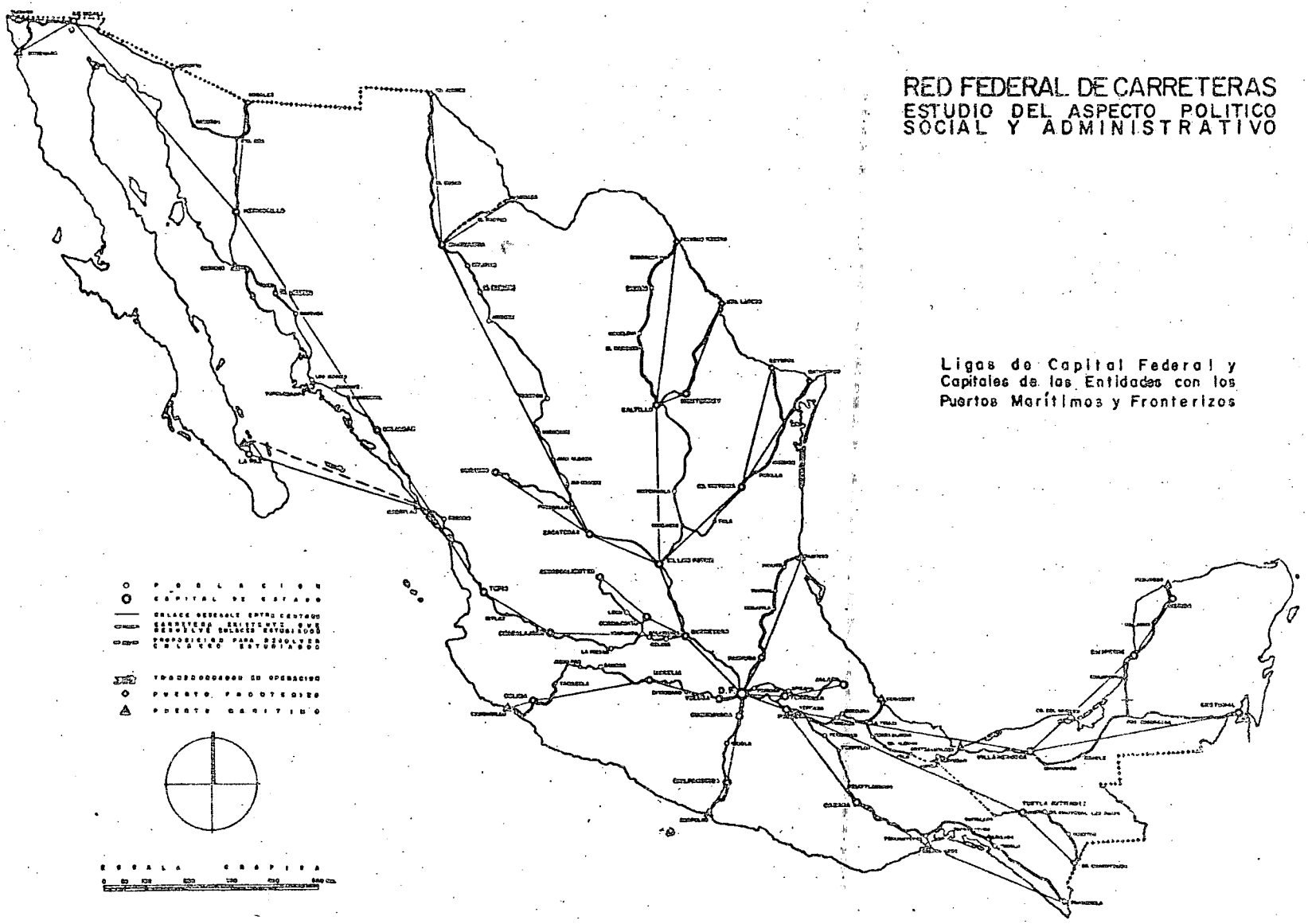
Ligas entre la Capital Federal y las Capitales de las Entidades



1

RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

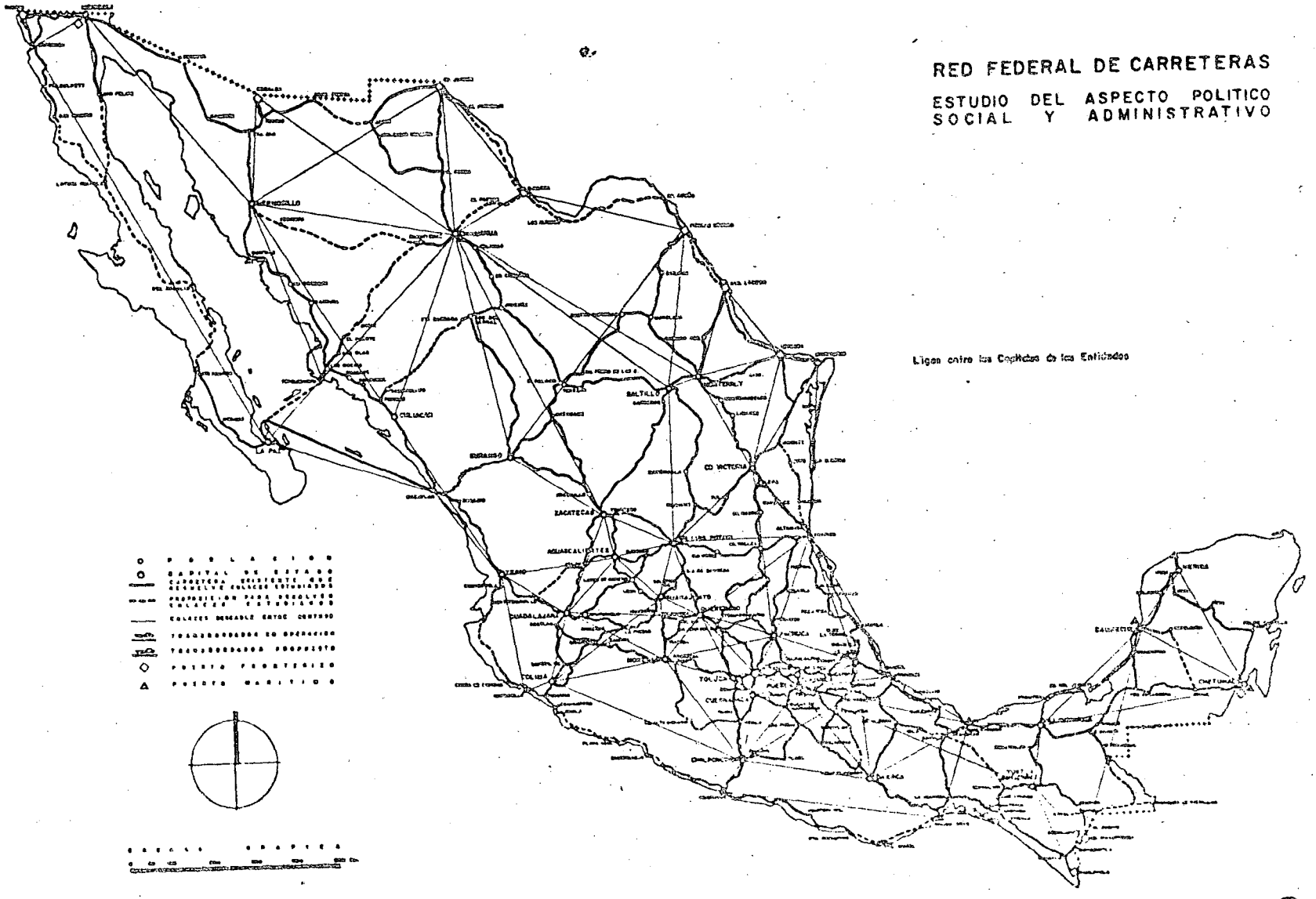
Ligas de Capital Federal y Capitales de las Entidades con los Puertos Marítimos y Fronterizos

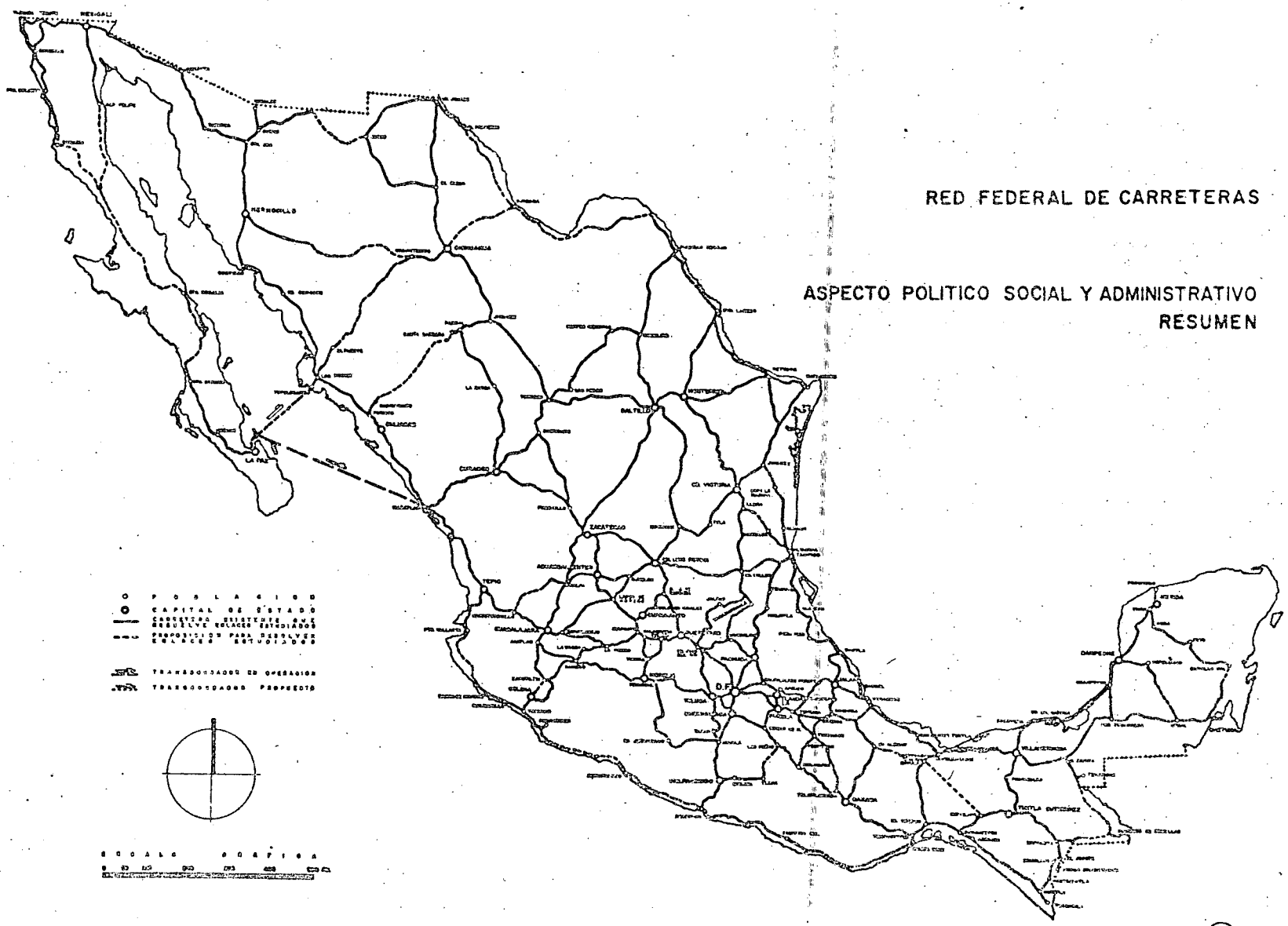


RED FEDERAL DE CARRETERAS

ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

Ligas entre las Capitales de las Entidades

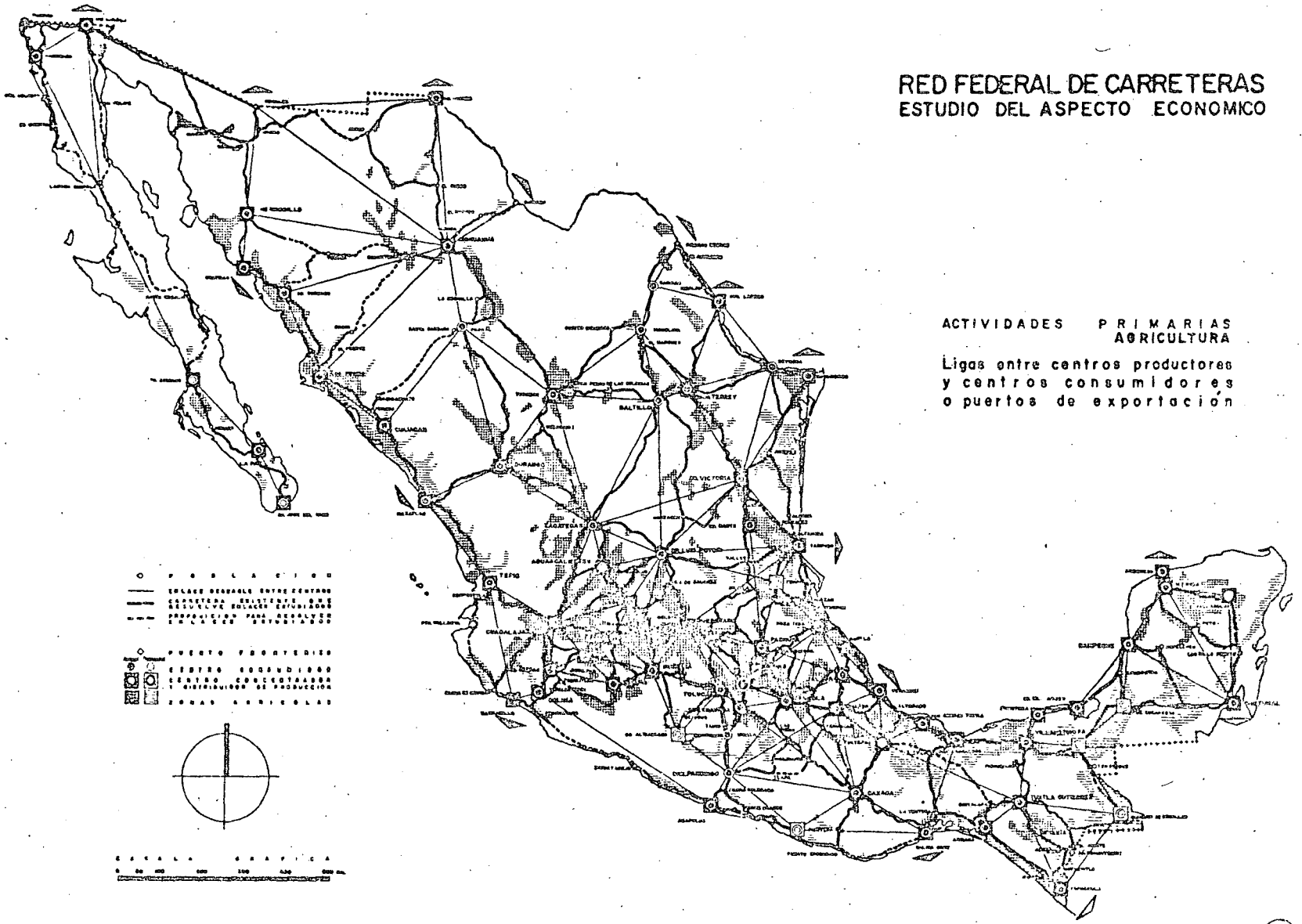




RED FEDERAL DE CARRETERAS

ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
RESUMEN

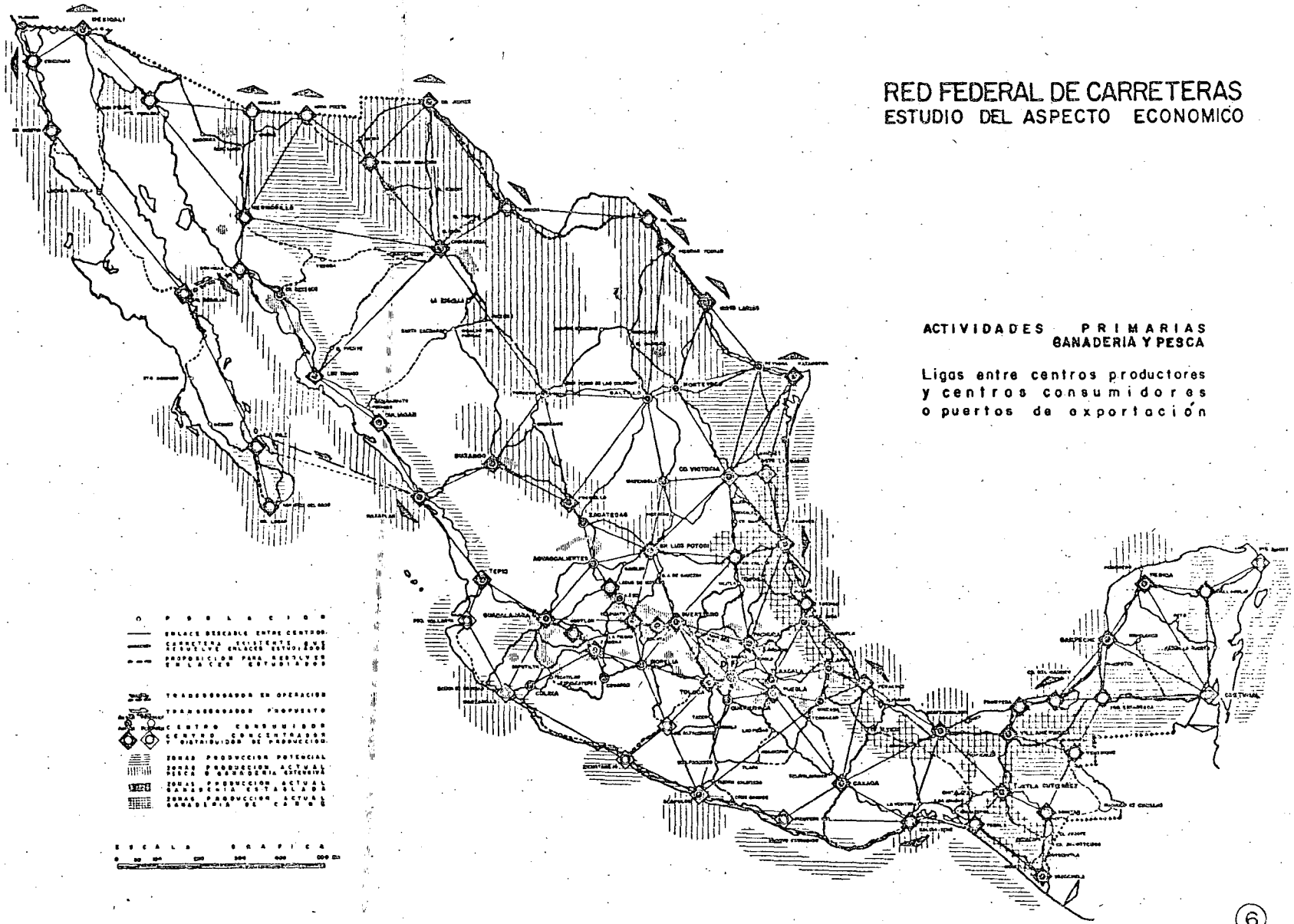
RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO



RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO

ACTIVIDADES PRIMARIAS
GANADERIA Y PESCA

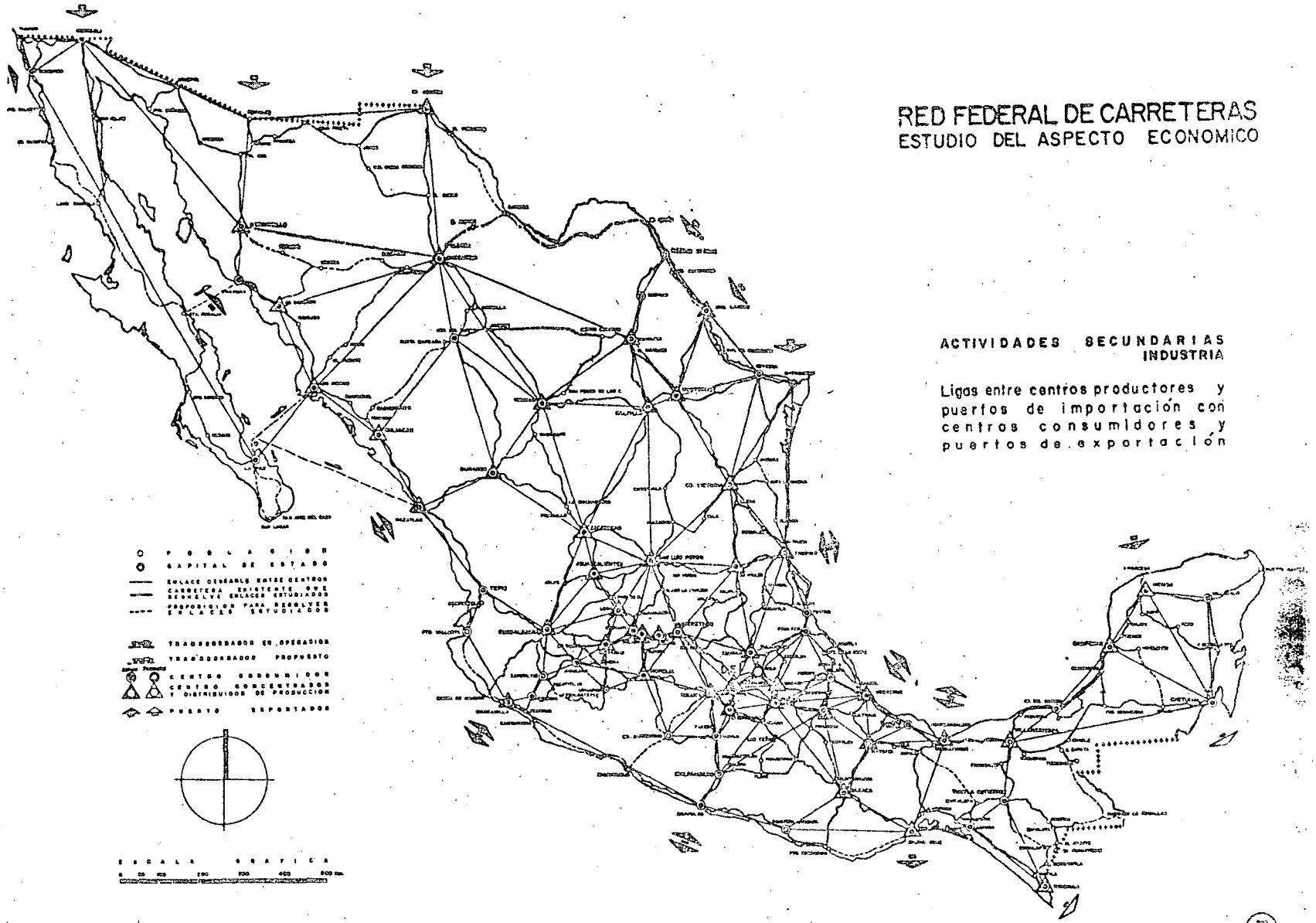
Ligas entre centros productores y centros consumidores o puertos de exportación



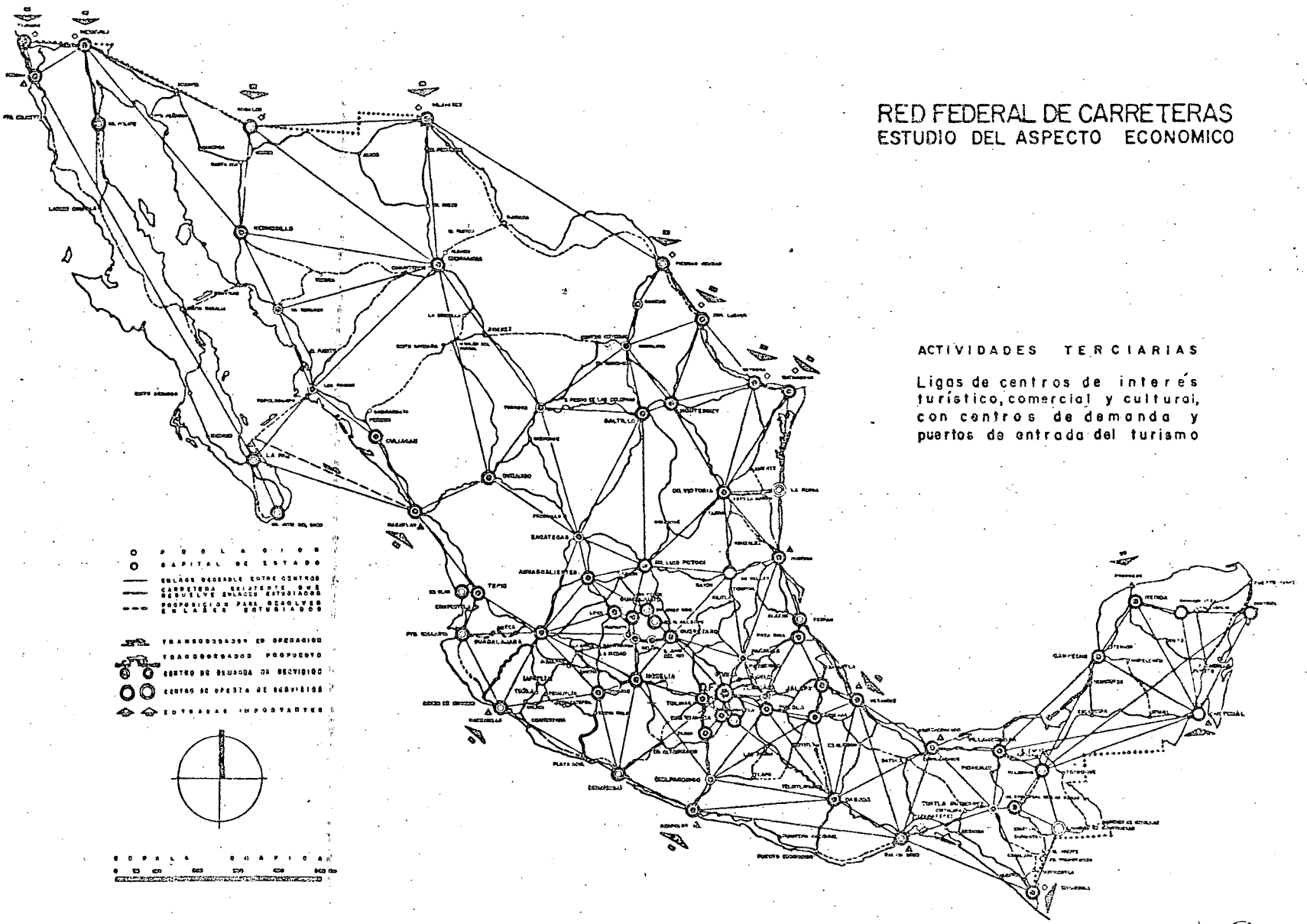
RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO

ACTIVIDADES SECUNDARIAS
INDUSTRIA

Ligas entre centros productores y puertos de importación con centros consumidores y puertos de exportación

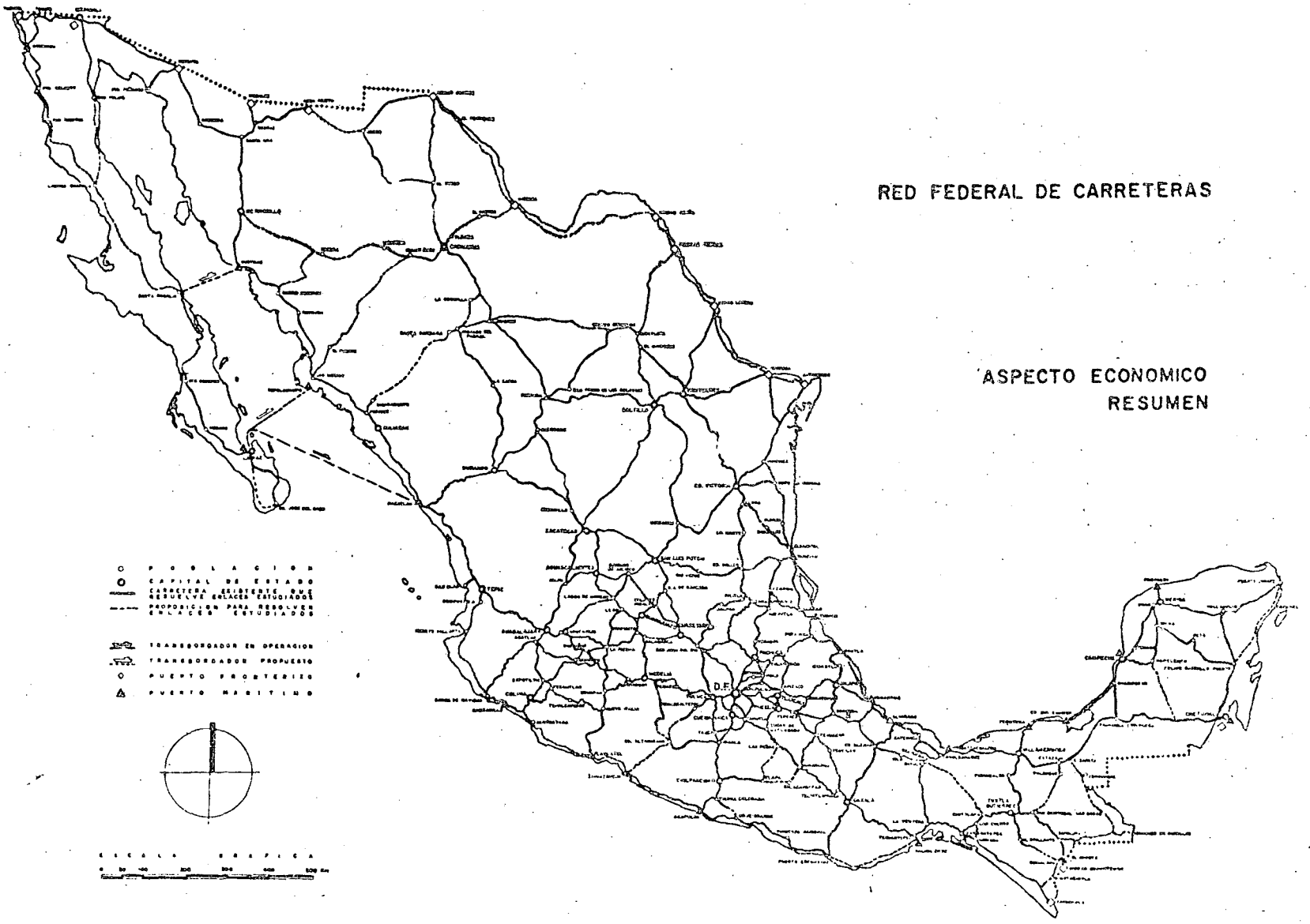


RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO

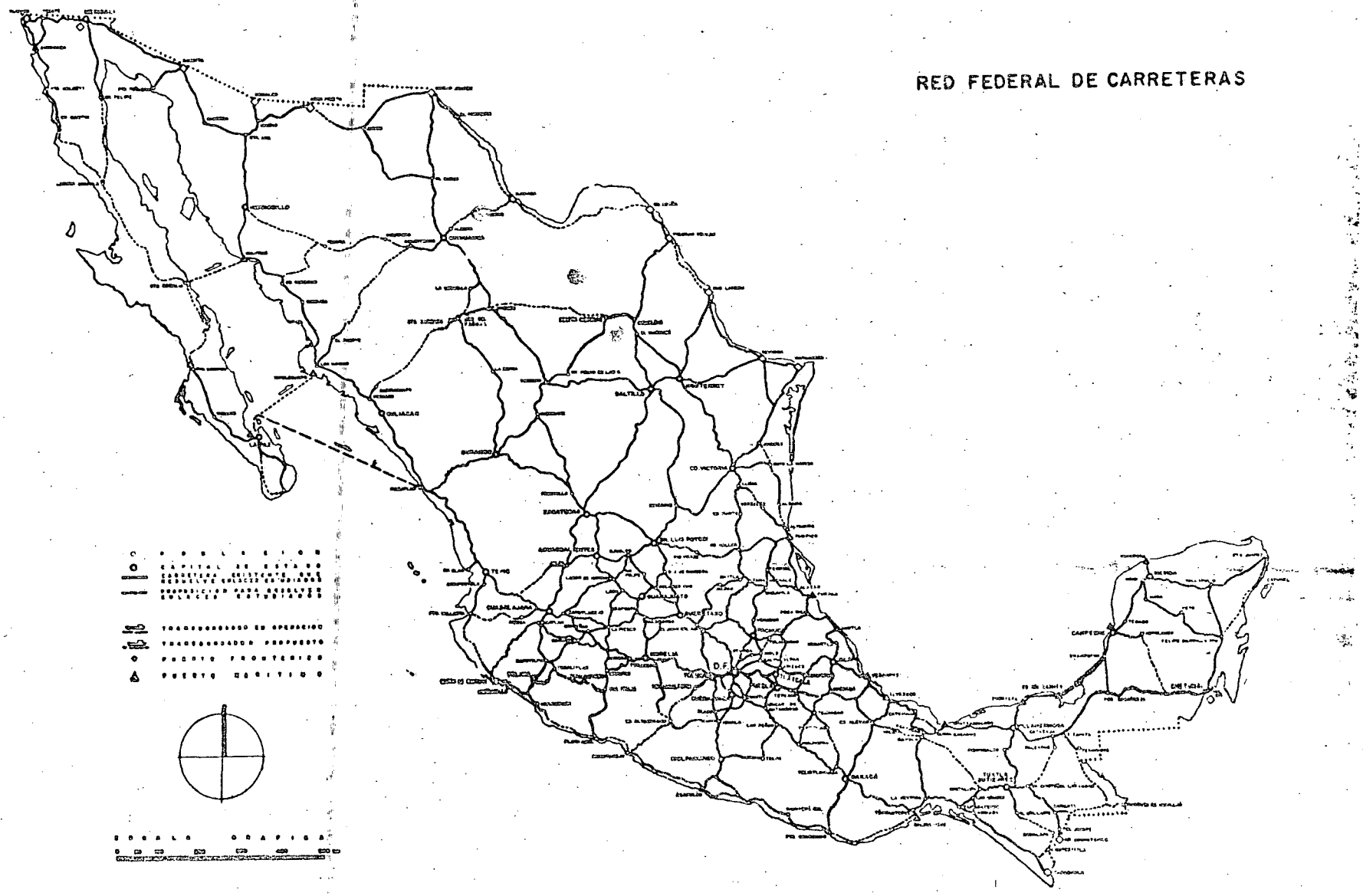


RED FEDERAL DE CARRETERAS

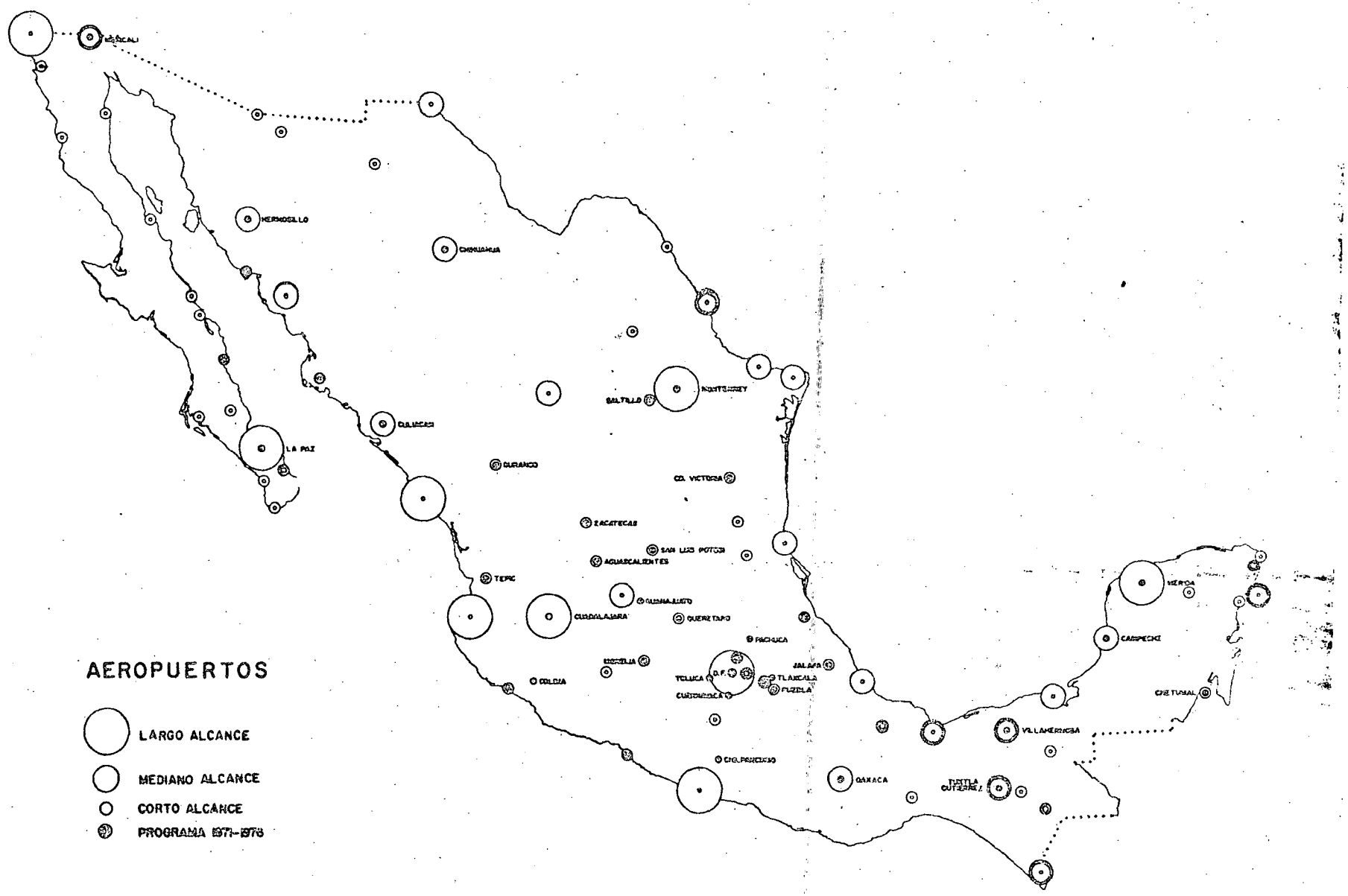
ASPECTO ECONOMICO
RESUMEN



RED FEDERAL DE CARRETERAS




VIAS FERREAS
vias existentes
vias en programa
MEXICALI
HERMOSILLO
CHIHUAHUA
LA PAZ
CULIACAN
DURANGO
SALTILLO
MONTERREY
CD. VICTORIA
ZACATECAS
AGUASCALIENTES
SAN LUIS POTOSI
TEPIC
GUANAJUATO
GUADALAJARA
QUERETARO
PACHUCA
MORELIA
TOLUCA
TLAX.
JALAPA
COLIMA
CUERNAVACA
PUEBLA
CHILPANCINGO
OAXACA
MERIDA
CAMPECHE
CHETUMAL
VILLAHERMOSA
TUXTLA GUTIERREZ


AEROPUERTOS
LARGO ALCANCE
MEDIANO ALCANCE
CORTO ALCANCE
PROGRAMA 1971-1976
HERMOSILLO
CHIHUAHUA
SALTILLO
MONTERREY
CULIACAN
LA PAZ
DURANGO
CD. VICTORIA
ZACATECAS
SAN LUIS POTOSI
AGUASCALIENTES
TEPIC
GUADALAJARA
QUERETARO
PACHUCA
MORELIA
COLIMA
TOLUCA
D.F.
TLAXCALA
PUEBLA
JALAPA
CUERNAVACA
CHILPANCINGO
OAXACA
TUXTLA GUTIERREZ
VILLAHERMOSA
CAMPECHE
MERIDA
CHETUMAL

CAPITULO IV

El Desarrollo Urbano

1. El Concepto Moderno de una Ciudad a Escala Humana.

En el transcurso de los últimos 200 años, de 1770 a 1970, la estructura económica y social del mundo se ha ido transformando de agraria en industrial y de rural en urbana. En el aspecto económico, la magnitud de este cambio se puede medir comparando la actual estructura de la fuerza mundial de trabajo, clasificada por ramas de la actividad económica, con la que existía hace dos siglos. De esa comparación, resulta que la proporción ocupada en la agricultura bajó del 94 a 51 por ciento; que la que corresponde a la industria subió del 2 al 24 por ciento y que la relativa a los servicios aumentó del 4 al 25 por ciento. Esto significa que el proceso histórico de la industrialización del mundo, está llegando en estos instantes justamente a la mitad de su camino, ya que la suma de la fuerza mundial de trabajo, ocupada tanto en la industria como en los servicios, representa ahora el 49 por ciento, cuando hace dos siglos apenas alcanzaba el 6 por ciento. Es decir, que su importancia ha aumentado más de ocho veces, en tanto que el peso de la agricultura, al descender del 94 al 51 por ciento, ha bajado a la mitad. Visto desde otro ángulo, mientras hace 200 años la agricultura tenía 19 veces más importancia que la suma de la industria y de los servicios, actualmente ya sólo tiene el mismo peso.

En lo que se refiere al aspecto social, la magnitud del cambio histórico también se puede medir comparando la actual estructura geográfica de la población del mundo, clasificada en urbana y rural, con la que existía hace dos siglos. De esta comparación resulta que la población urbana, definida como la que vive en localidades mayores de 5 mil habitantes, aumentó del 3 por ciento en 1770 al 38 por ciento en 1970, o sea 13 veces. Asimismo, si se aplica la definición internacional que considera como urbana a la población de las localidades mayores de 20 mil habitantes, se observa que su proporción dentro de la población total se elevó,

durante estos 200 años, del 2 por ciento al 30 por ciento, o sea 15 veces. Esto significa que el proceso histórico de la urbanización del mundo, se ha desarrollado con un ritmo mucho más rápido que el proceso histórico de su industrialización, sobre todo a partir del advenimiento del automóvil, que influyó, de un modo determinante, para el crecimiento acelerado de un número cada vez mayor de las ciudades ya existentes, que se transformaron en metrópolis, y para el surgimiento, en el curso de los últimos 30 años, de las metrópolis o regiones urbanas, formadas al fundirse enormes áreas metropolitanas, como desafortunadamente está aconteciendo en nuestro país, dentro del Area Metropolitana del Valle de México, donde existe la amenaza de que se produjera, en las tres décadas siguientes, si dejamos sin control su proceso, una de las concentraciones demográficas más grandes del mundo.

De ahí que debe ser una justa preocupación de todos los mexicanos, corregir esta situación que es común a los llamados países del Tercer Mundo, y que fue motivo en el capítulo anterior la "Planeación" de la Infraestructura para el Transporte, como base de la descentralización y del desarrollo regional. Al concentrarse el desarrollo económico y social en los grandes centros urbanos, el resto de las ciudades, o sean las medianas y las pequeñas, así como las zonas rurales, quedan automáticamente desprovistas de las actividades económicas y sociales que caracterizan a la época actual y al futuro del mundo. Este es el estado en que se encuentra la enorme mayoría de las localidades existentes en nuestro país, como reverso de lo que ocurre en las metrópolis y cuya corrección plantea a la política en materia de infraestructura para el transporte, su segunda gran tarea, consistente en modernizar y acelerar el desarrollo de las comunidades campesinas.

2. Ideas Generales sobre Esquemas Reguladores.

Del planteamiento anterior, se desprende como médula del problema la idea de que existe la necesidad de reorganizar la estructura productiva de México en general, y las de sus regiones económicas en particular, lo cual implica la necesidad de determinar los factores que juegan un papel preponderante en su desarrollo y los métodos más adecuados para lograrlo.

El punto de partida y a su vez el pre-requisito indispensable para cualquier programa o plan de desarrollo regional, es la existencia de una regionalización viable del país o espacio a planificar, que generalmente consiste en la partición de tal espacio en regiones geográficas continuas

que sean adecuadas tanto para el análisis y la política económica, como para su "implementación" estadística, así como para su manejo político administrativo.

La definición de tales regiones geo-económico-políticas y la selección y ponderación de los elementos relevantes a tomar en cuenta para tal procedimiento, deberán estar de acuerdo a las características propias de cada caso en particular, ya que no existe un consenso o criterio general que pueda ser utilizado indiscriminadamente para todos los casos de regionalización económica.

La regionalización económica de un país cualquiera, y con mayor razón para el caso mexicano, es una partición dinámica del espacio económico que deberá irse ajustando y remodelando conforme el país avance y sus distintas regiones se desarrollen, tanto internamente como en relación con el resto del país y con cada una de sus regiones por separado.

A pesar de que hay gran diversidad de fundamentos y propósitos en las regionalizaciones que sobre México se han hecho hasta la fecha, todas ellas parecen concordar en que una región debe ser un espacio geográfico continuo, con un máximo de homogeneidad.

Es pertinente aclarar que el concepto de homogeneidad intraregional es un término relativo, que no se contrapone con el hecho de que dentro de cada región o estado exista una diversidad cualitativa y cuantitativa de elementos naturales y niveles de vida, así como una completa jerarquía de polos relativos de crecimiento. Estos elementos presentes en cada región tienen algunos rasgos comunes que los unen. De hecho, cada región de México en lo particular, muestra un panorama de desequilibrios internos, relativamente parecido al que presenta el país en su conjunto, o el mundo en lo general.

En resumen, los estudios regionales deberían aprovecharse en México para delimitar zonas cuya estructura económica similar, permita llevar a la práctica la correcta localización y jerarquización de las diversas inversiones que se contemplen en un plan nacional de desarrollo económico regional.

En México, el aspecto ecológico de la actividad humana es todavía un elemento muy importante en su proceso de desarrollo, especialmente en las áreas más atrasadas del país. La influencia de tales elementos naturales es claramente visible, como ya se ha visto, en el caso de la red de carreteras, de los sistemas de irrigación, grado de integración de un área cualquiera a la economía y a la vida nacional, etc.

Por el criterio de la especialización y orientación económica, el país puede dividirse en cuatro grandes partes:

a) La franja norte de Estados exportadores, que al colindar con los E.U.A., disfrutan de ventajas económicas de su posición geográfica, que ha influenciado clara y visiblemente tanto las características de su actividad económica como la composición de sus niveles reales de vida.

b) La región de la Península de Yucatán, que debido a su aislamiento geográfico y a la "fricción de transportación" que ello ha ocasionado, se ha desenvuelto y desarrollado casi como una parte independiente de todo el país.

c) La región pobre y montañosa al sur del país, cuyas economías tradicionales y de autoconsumo no se han desarrollado ni siquiera lo suficiente para caer dentro de la influencia de una atracción nodal, sino que su perspectiva socioeconómica no ha rebasado los límites de sus propias comunidades, desde hace muchas generaciones.

d) El resto del país (parte central y nororiental), se constituye en realidad por los propios proveedores de manufacturas del mercado nacional. Al centro de este sistema nodal de primer rango, se encuentra la Ciudad de México, que para los propósitos de análisis y política económica del presente capítulo, será considerada como una región por separado, sin olvidar el alto grado de integración existente entre la Ciudad de México y sus Estados colindantes.

Dadas las condiciones históricas del desarrollo económico del país, resulta evidente que al elaborar una división regional debe tomarse en cuenta, además de los ya mencionados, los factores geográficos, fundamentalmente la orografía, que determina en gran medida la extensión que puede llegar a tener el área de influencia de una ciudad o zona de actividad económica intensa; teniendo presente esto, las regiones se enmarcaron, en lo posible, en los grandes trazos de las cordilleras Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, etc. Las condiciones climáticas, factor básico en la agricultura de temporal que predomina en el país y de gran trascendencia en el desarrollo de otras actividades, fueron también consideradas.

La estructura federal de la República impone ciertas rigideces, tanto al trabajo técnico de la formulación de programas de desarrollo, como a su aplicación. Si éstos se basan en una delimitación de regiones que haga caso omiso de la división política del país en entidades federativas y la fundamentamos en una concepción teórica de las regiones puramente

económicas, daríamos lugar a que ciertos Estados formaran parte de varias regiones, lo cual resultaría en la práctica absolutamente improcedente.

Las limitaciones que una división regional formulada con ese enfoque, impondría a la formulación de programas de desarrollo, radican principalmente en que las estadísticas mexicanas en muchos casos llegan únicamente al dato de la entidad, por lo que trabajar con segmentos estatales plantearía serios problemas estadístico-matemáticos difícilmente superables; además de las facciones de tipo político, que en última instancia lo harían inoperante.

Atendiendo a las consideraciones señaladas, se eligió un grupo de indicadores de desarrollo económico, partiendo de la idea central de que mediante la determinación de las características económicas básicas de cada una de las entidades del país, se pueden establecer regiones homogéneas en cuanto al grado de desarrollo. Comparando los conjuntos así integrados y los factores geofísicos principales, fue posible establecer áreas de niveles semejantes de desarrollo, dentro de márgenes geográficos similares. Perfeccionando los juicios señalados, se adicionaron indicadores del estado de los transportes terrestres, y de integración interregional e intraregional.

Un sistema así concebido permite efectuar ajustes en zonas, cuando ello sea necesario, valiéndose de los ingresos per cápita en las actividades primarias, secundarias y terciarias, complementadas con indicadores y estadísticas seleccionadas para cada caso.

Resulta que la delimitación de unidades regionales económicas, respetando los límites estatales, se ajusta al máximo a las características geográficas, económicas y políticas de México, dado que permite establecer en el seno de cada región, cuantas zonas y subzonas sea necesario, en niveles subsecuentes de desegregación, sin ejercer violencia en el aparato administrativo y con plenas posibilidades de utilizar estadísticas existentes en el país. Lo flexible del sistema permite utilizar, para la delimitación de áreas de estudio, los indicadores económicos, sociales y geográficos más afines al propósito de investigación, ya que el marco regional permanecerá —a corto y mediano plazos— relativamente estable, hasta que el desarrollo económico de sus partes fundamentales (estados y territorios), haga patente la necesidad de ajustes.

En total se emplearon 40 indicadores geoeconómicos básicos para delimitar las regiones, estimando cada dato a nivel estatal y comparándolo con las correspondientes entidades circunvecinas, dentro de los marcos geográfico y político ya reseñados. Se consideró que el fenómeno econó-

mico no es el resultado de la acción de un solo elemento, sino por el contrario, es la resultante de la acción conjunta de un sinnúmero de factores de carácter geográfico, demográfico, económico, político, social, etc.; por lo que se escogieron los indicadores más representativos de estos fenómenos para auxiliarnos en la compleja y siempre discutible labor de regionalización.

Por el aspecto geográfico se tomaron en cuenta fundamentalmente: la topografía, el clima, la estructura y calidad del suelo y el subsuelo, la flora, la hidrología, los productos agrícolas típicos y los recursos naturales inexplorados.

En el campo demográfico, se consideran los indicadores de la estructura de la población económicamente activa, los movimientos migratorios, los componentes étnicos, la densidad y el grado de concentración urbana y la estructura y dispersión de la misma.

De los indicadores económicos más importantes que se analizaron tenemos: el ingreso per cápita, la orientación y especialización de las economías estatales y regionales, los flujos e interdependencias económicas, la jerarquía regional de los polos de desarrollo y las relaciones centro-periferia, los niveles de industrialización, los sistemas de comunicaciones y transporte, la intensidad de capital por obra ocupado, el dinamismo económico y el desarrollo potencial, los niveles y tendencias de los salarios mínimos, la estructura del valor agregado estatal, los indicadores de la actividad financiera, la productividad de la mano de obra agrícola, la carga impositiva por habitante y la disponibilidad y el nivel de infraestructura.

Como representantes de los niveles reales de desarrollo y bienestar de la población, se tomaron en cuenta los siguientes indicadores: los coeficientes de alfabetismo, la disponibilidad estatal de cuartos habitacionales por habitante, la membrecía de los sindicatos, el total de las ventas comerciales per cápita para cada entidad federativa, el número de habitantes por cama de hospital, el número de habitantes por automóviles particulares, el gasto per cápita en diversiones y distracciones públicas, el consumo de gasolina por persona, la disponibilidad de servicios públicos por habitante, la calidad de la habitación (porcentaje de casas con agua, drenaje y baño), seguro social y servicios asistenciales por persona. Gasto público per cápita en educación, índice de consumo y calidad de la alimentación (porcentaje por habitantes que normalmente comen pan de trigo, carne, leche y huevos).

Con el propósito de ilustrar sintéticamente este trabajo con alguno de los indicadores utilizados en esta regionalización, anexo parte de la infor-

mación sobre la estructura demográfica de las regiones y entidades federativas que la componen: población total, su relación con la superficie estatal y con la población del país, población económicamente activa y su distribución en los tres grandes sectores económicos: agricultura, industria y servicios.

Se estimó a continuación el producto bruto de cada entidad en 1965, determinándose el monto correspondiente a cada habitante y el generado por trabajador. De esa forma se obtuvieron indicaciones de la orientación de la economía, a través de la estructura de la población activa y una medida del nivel de desarrollo, mediante el producto bruto y el producto per cápita, la producción por habitante económicamente activa sirvió para orientar el análisis respecto al avance tecnológico de cada entidad, pues este índice puede hacerse similar a una burda medida de productividad general.

Considerando de trascendencia peculiar en la estimación del grado de desarrollo la productividad agrícola, se calculó el producto agrícola por habitante.

La estructura de capital de cada entidad, sumamente importante en la determinación de regiones homogéneas en cuanto a su crecimiento económico, se estimó tomando las diez entidades más altas y las diez más bajas, en todo el país, en cuanto a la inversión total, inversión pública, inversión industrial, valor industrial agregado e inversión comercial; los Estados que no aparecen en esta lista de indicadores per cápita, se clasificaron como de valor medio en cada caso.

Con el propósito de evaluar —con cierta aproximación— el avance del aparato de servicios de cada entidad, se reunieron los saldos crediticios privados en agricultura, ganadería, minería, industria y comercio. La integración vial se estimó a través de índices de kilómetros de carreteras y caminos por cada millar de habitantes; la intensidad del tráfico se evaluó mediante el consumo per cápita de gasolina.

El nivel mínimo de ingresos de los obreros no clasificados que fue establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, después de estudiar cuidadosamente las condiciones económicas y el costo de la vida en cada una de las áreas del país, fue utilizado también como índice del grado de homogeneidad de la región.

De la combinación cuidadosa de los elementos geográficos, del análisis estricto y acucioso de los indicadores económicos ya descritos, del examen de cartas oficiales de vías de comunicación y de la múltiple infor-

mación no consignada en el anexo estadístico, se derivaron las siguientes diez regiones geoeconómicas-proplanificación para México:

I DISTRITO FEDERAL.

II La región GOLFO NORTE, abarca los Estados de Nuevo León y Tamaulipas.

III La región NORTE, incluye los Estados de Chihuahua y Coahuila.

IV La región PACIFICO NORTE o NOROESTE, comprende los Estados de Baja California, Nayarit, Sinaloa y Sonora y el Territorio de Baja California Sur.

V La región PENINSULAR, abarca los Estados de Campeche, Yucatán y el Territorio de Quintana Roo.

VI La región PACIFICO CENTRO, comprende los Estados de Colima, Jalisco y Michoacán.

VII La región GOLFO CENTRO, se extiende en los Estados de Tabasco y Veracruz.

VIII La región CENTRO, cubre Guanajuato, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala.

IX La región CENTRO NORTE, se integra con los Estados de Aguascaliente,s, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

X La región PACIFICO SUR, abarca los Estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca.

Me inclino por este sistema regulador, porque al elaborar esta división regional de México, se considera importante el aprovechamiento inmediato del material estadístico y de multitud de estudios previos, y se cuida especialmente el concerniente a los límites estatales, para que sea un ejercicio libre de la soberanía local el que los gobiernos de las entidades desarrollen los planes y programas.

Además, al respetar la división política de las entidades federativas del país (cosa que no sucede en otros esquemas), las regiones geoeconómicas de México que aquí se delimitan, no forman zonas tan grandes (como existen en otras divisiones propuestas) que resulten desligadas de la realidad económica e inoperantes desde el punto de vista administrativo.

La regionalización presentada, en manera alguna se considera como una división rígida, sino por el contrario, tengo la certeza de que el des-

arrollo del país y los programas que se apliquen para acelerarlo y orientarlo, tendrán por consecuencia que en el futuro la delimitación de las regiones variará, en función del avance relativo de los Estados que la integren.

Ahora bien, para concluir, puedo afirmar que frente a los esfuerzos coordinados por consolidar una infraestructura nacional, el país está demandando una infraestructura urbana y local que complemente y consolide, en forma más directa, el beneficio social y que por eso debemos propiciar la expansión en forma planificada de los "polos de desarrollo".

INDICADORES ECONOMICOS BASICOS

I REGION DISTRITO FEDERAL.

1.-	Población en relación al total nacional (1970,%)	14.21
2.-	Densidad por Kilómetro (1970)	4 586
3.-	Población económicamente activa (1970,%)	
	Agropecuaria	2.2
	Industrial	36.7
	Servicios	57.1
4.-	Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960,% del total nacional	35.53
5.-	Producto bruto por habitante (1965,$)	11 715.51
6 -	Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	37 097.9
7.-	Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965, $)	5 186.2
8.-	Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	31 619.1
8a.-	Valor industrial agregado por habitante (1965,$)	4 046.24
9.-	Inversión total acumulada por habitante (1960-1969,$)	4 854.89
10.-	Inversión pública acumulada % del total nacional (1960-1969)	24.11
11.-	Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969,$)	617
12.-	Inversión comercial acumulada por habitante	
13.-	Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)	
	A la industria	65.71
	A la agricultura	17.77
	A la ganadería	10.24
	A la minería	80.52
	Al comercio	59.90
14.-	Kilómetro de vía por mil habitantes (1969)	0.06
15.-	Kilómetro de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	0.007
16.-	Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	405.27
17.-	Promedio general de salarios mínimos (1972-1973,$)	31.67
18.-	Impuestos estatales y municipales por habitante (1969,$)	367.60

II.- REGION GOLFO NORTE	TOTAL	Nuevo León	Tamaulipas
1.- Población en relación al total nacional	6.51	3.50	3.01
2.- Densidad por kilómetro (1970)	21.8	26.3	18.2
3.- Población económicamente activa (1970,%)			
Agropecuaria	24.21	17.3	33.1
Industrial	31.04	37.5	22.8
Servicios	39.63	40.4	38.7
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	10.18	6.61	3.57
5.- Producto bruto por habitante (1965,$)	7 825.14	9 531.08	5 749.41
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	24 099.3	32 174.0	20 609.7
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	9 435.5	7 897.4	10 494.1
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965,$)	42 691.3	45 257.3	37 569.6
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965,$)	3 674.05	4 922.22	2 272.19
9.- Inversión total acumulada % del total nacional (1960-1969)	4 269.76	1 992.52	6 890.60
10.- Inversión pública acumulada % del total nacional (1960-1969)	9.66	2.41	7.25
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969,$)	2 825	1 116	4 792
12.- Inversión comercial acumulada por habitante			
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)			
A la industria	13.26	12.63	0.64
A la agricultura	8.14	2.85	5.29
A la ganadería	18.76	7.35	11.41
A la minería	12.55	12.41	0.14
Al comercio	10.47	8.21	2.26
14.- Kilómetro de vía por mil habs. (1969)	0.60	0.56	0.58
15.- Kilómetro de carretera y caminos por mil habitantes (1970	1.64	1.50	1.81
16.- Consumo de gasolina por hab. (1969, lts)	203.19	206.76	199.09
17.- Promedio gral. de salarios mínimos (1972-1973,$)	32.55	29.59	35.52
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969,$)	162.45	225.28	90.14

III.- REGION NORTE	TOTAL	Chihuahua	Coahuila
1.- Población en relación al total nacional (1970,%)	5.63	3.33	2.30
2.- Densidad por Km. (1970)	6.8	6.5	7.4
3.- Población económicamente activa (1970,%)			
Agropecuaria	33.63	36.4	29.6
Industrial	23.81	20.8	28.1
Servicios	36.35	36.6	36.0
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	6.66	3.08	3.58
5.- Producto bruto por habitante (1965,$)	5 200.95	4 127.75	6 701.09
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	20 073.8	16 070.2	25 555.6
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	11 896.2	12 049.6	11 649.8
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965,$)	32 408.2	25 795.2	39 562.7
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965,$)	2 081.37	1 476.21	2 928.09
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969,$)	3 818.64	3 203 76	4 704.78
10.- Inversión pública acumulada % del total nacional (1960-1969)	7.59	3.76	3.83
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969,$)	1 735	1 176	2 540
12.- Inversión comercial acumulada por habitante			
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)			
A la industria	3.67	1.29	2.38
A la agricultura	9.61	5.89	3.72
A la ganadería	16.02	10.62	5.40
A la minería	2.61	0.97	1.64
Al comercio	5.10	2.94	2.16
14.- Kilómetro de vía por mil habitantes (1960)	1.83	1.45	1.80
15.- Kilómetro de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	2.23	1.98	2.60
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	226.33	247.12	196.36
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973,$)	32.06	33.27	30.86
18.- Impuestos estatales y principales por habitante (1969,$)	114.64	140.44	77.31

IV.- REGION PACIFICO NORTE	TOTAL	Baja California	Baja California Sur	Nayarit	Sinaloa	Sonora
1.- Población en relación al total nacional (1970, %)	8.08	1.80	0.27	1.12	2.62	2.27
2.- Densidad por Km. (1970)	7.5	12.4	1.7	19.6	21.8	5.9
3.- Población económicamente activa (1970, %)						
Agropecuaria	42.13	22.9	34.5	59.4	51.3	8.5
Industrial	16.80	24.8	18.0	11.1	13.3	17.6
Servicios	34.67	45.5	42.2	23.3	28.9	38.3
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	10.55	3.02	0.31	0.68	2.66	3.88
5.- Producto bruto por habitante (1965, $)	6 538.14	8 020.65	6 658.95	2 834.01	5 344.35	7 725.39
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965, $)	23 362.1	31 362.2	21 088.0	10 194.4	18 375.7	29 993.5
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965, $)	16 193.6	22 363.1	17 769.8	8 523.7	11 121.4	25 931.5
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965, $)	31 242.1	30 548.3	26 847.2	15 336.2	33 317.1	35 861.1
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965, $)	1 417.27	1 929.71	1 466.06	489.13	1 223.18	1 723.35
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969)	3 887.51	4 044.90	1 195.39	1 241.06	5 168.04	3 130.72
10.- Inversión pública acumulada, % del total nacional (1960-1969)	10.91	2.50	0.74	0.49	4.70	2.48
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969, $)	899	1 386	852	334	746	982
12.- Inversión comercial acumulada por habitante						
13 - Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)						
A la industria	4.01	1.90	0.05	0.09	0.99	0.98
A la agricultura	35.23	1.77	0.10	0.77	11.09	20.70
A la ganadería	12.44	1.64	0.14	0.33	2.08	8.25
A la minería	1.61	1.29	-	-	0.19	0.13
Al comercio	6.87	2.30	0.17	0.24	1.04	2.32
14.- Kilómetro de vía por mil habitantes (1960)	0.92	0.18	-	0.56	0.95	0.44
15.- Kilómetro de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	3.37	1.48	7.94	2.22	2.05	4.03
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	326.82	661.36	422.90	117.98	184.86	321.91
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972 - 1973, $)	37.20	53.85	38.05	25.25	33.38	35.48
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969, $)	161.19	158.08	192.16	88.95	159.01	198.34

V.- REGION PENINSULAR	TOTAL	Campeche	Q. Roo	Yucatán
1.- Población en relación al total nacional (1970,%)	2.28	0.52	0.19	1.57
2.- Densidad por Km. (1970)	7.8	4.5	7.1	17.5
3.- Población económicamente activa (1970,%)				
Agropecuaria	52.71	45.8	53.5	55.1
Industrial	15.06	18.0	11.9	14.4
Servicios	26.11	29.3	30.5	24.4
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	1.64	0.45	0.07	1.12
5.- Producto bruto por habitante (1965,$)	3 309.38	4 431.43	1 834.85	3 120.90
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	11 845.9	14 566.6	5 992.6	11 561.4
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	6 741.3	9 803.2	5 298.9	6 042.2
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965,$)	23 848.4	15 871.4	5 784.8	28 247.7
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965,$)	809.04	918.18	182.68	1 251.77
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969, $)	2 380.11	2 061.09	7 089.15	2 043.40
10.- Inversión pública axumulada, % del total nacional (1960-1969)	2.26	0.69	0.44	1.14
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969,$)	499	254	1 946	482
12.- Inversión comercial acumulada por habitante				
13.- Créditos bancarios privados (Saldos al 31/XII/70, % del total nacional)				
A la industria	1.00	0.12	0.01	0.87
A la agricultura	0.88	0.02	0.01	1.59
A la ganadería	2.01	0.41	0.01	0.85
A la minería	0.12	0.01	-	0.11
Al comercio	1.04	0.12	0.12	0.85
14.- Kilómetros de vía por mil habitantes (1969)	0.76	1.63	-	0.70
15.- Kilómetros de carreteras y caminos por mil habitantes (1970)	3.69	4.84	11.21	2.43
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	116.92	83.34	110.17	137.68
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973, $)	28.25	23.66	35.0	26.10
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969,$)	84.80	61.07	74.31	100.11

VI.- REGION PACIFICO CENTRO	TOTAL	Colima	Jalisco	Michoacán
1.- Población en relación al total nacional (1970,%)	12.11	0.50	6.81	4.80
2.- Densidad por Km. (1970)	40.3	44.2	41.1	38.8
3.- Población económicamente activa (1970,%)				
Agropecuaria	43.47	43.8	34.1	59.0
Industrial	22.04	14.5	27.3	14.3
Servicios	27.82	33.4	32 6	19.2
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	7.35	0.35	5.03	1.97
5.- Producto bruto por habitante (1965, $)	2 814.49	3 553.17	3 598.88	1 823.64
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	10 512.3	12 493.8	12 572.4	7 262.6
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	6 431.3	13 368.5	7 793.0	4 621.8
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965,$)	15 599.8	15 655.4	16 087.6	14 191.5
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965,$)	840.22	660.17	1 123.14	470.75
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969,$)	1 343.64	4 165.52	1 107.10	1 388.10
10.- Inversión pública acumulada, % del total nacional (1960-1969)	5.73	0.72	2.65	2.35
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969,$)	494	657	401	608
12.- Inversión comercial acumulada por habitante				
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)				
A la industria	4.94	0.04	4.21	0.69
A la agricultura	10.04	1.23	5.21	3.60
A la ganadería	9.97	0.25	6.13	3.59
A la minería	1.03	-	0.65	0.38
Al comercio	5.98	0.19	4.51	1.28
14.- Kilómetros por vía de mil habitantes (1969)	0.35	0.69	0.28	0.36
15.- Kilómetros de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	1.26	2.22	0.95	1.60
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	110.83	177.13	134.30	70.95
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973, $)	29.86	30.65	29.43	29.50
18.- Impuestos federales y municipales por habitante (1969,$)	79.31	110.91	84.07	69.36

VII.- REGION GOLFO CENTRO	TOTAL	Tabasco	Veracruz
1.- Población en relación al total nacional (1970, %)	9.48	1.59	7.89
2.- Densidad por Kilómetro (1970)	47 0	31.0	52.4
3.- Población económicamente activa (1970, %)			
Agropecuaria	54.06	59.1	53.1
Industrial	16.18	12.8	16.0
Servicios	23.86	21.3	24.4
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	8.09	1.06	7.03
5.- Producto bruto por habitante (1965, $)	4 380.94	3 634.78	4 520.95
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965, $)	15 021.7	13 088.8	15 364.1
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965, $)	6 960.7	4 658.6	7 408.8
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965, $)	42 479.1	50 840.1	41 363.9
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965, $)	1 869.26	1 636.03	1 914.00
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969, $)	4 854.05	9 447.48	3 940.35
10.- Inversión pública acumulado, % del total nacional (1960-1969)	16.06	5.18	10.87
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969), $)	3 662	7 448	2 909
12.- Inversión comercial acumulada por habitante			
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70), % del total nacional			
A la industria	1.19	0.08	1.11
A la agricultura	2.35	0.24	2.11
A la ganadería	11.40	3.67	7.73
A la minería	0.06	-	0.06
Al comercio	2.35	0.37	1.98
14.- Kilómetro de vía por mil habitantes (1969)	0.42	0.43	0.43
15.- Kilómetro de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	1.58	3.32	1.23
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	94.73	88.67	95.93
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973, $)	33.09	30.75	35.44
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969, $)	78.03	90.35	75.58

VIII.- REGION CENTRO.-	TOTAL	Guanajuato	Hidalgo	México	Morelos	Puebla	Querétaro	Tlaxcala
1. Población en relación al total nacional (1970, %)	23.41	4.70	2.47	7.92	1.27	5.18	1.00	0.8
2. Densidad por Km. (1970)	85.44	74.2	56.9	78.6	24.7	73.9	41.3	107.5
3. Población económicamente activa (1970, %)								
Agropecuaria	45.37	49.0	61.3	30.3	43.0	56.0	53.5	54.4
Industrial	23.75	22.7	15.8	32.5	18.4	17.5	11.9	21.1
Servicios	24.53	21.7	17.3	30.1	30.1	21.7	30.4	18.6
4. Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	12.34	2.30	0.94	5.25	0.69	2.44	0.49	0.23
5. Producto bruto por habitante (1965, $)	2 619.84	2 288.98	1 666.01	4 560.19	2 846.00	2 175.89	2 416.38	1 164.46
6. Producto bruto entre población económicamente activa (1965, $)	9 567.0	8 714.7	6 259.0	14 191.1	9 753.1	7 508.1	8 470.2	4 415.7
7. Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965, $)	3 274.1	3 840.8	2 795.0	3 737.5	4 198.1	2 698.4	3 354.2	2 283.1
8. Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965, $)	26 583.5	15 703.8	18 272.7	42 209.5	18 802.1	18 773.0	20 206.7	9 072.1
8a. Valor industrial agregado por habitante (1965, $)	1 424.49	861.31	741.2	3 060.76	920.28	910.56	947.87	481.09
9. Inversión total acumulada por habitante (1960-69, $)	1 574.15	1 997.87	1 571.05	1 493.94	1 610.10	1 104.45	3 028.09	1 084.99
10. Inversión Pública acumulada, % del total nacional (1960-1969)	12.79	3.30	1.38	3.97	0.71	2.02	1.07	0.34
11. Inversión industrial acumulada por habitante (1960-69, $)	708	1 231	567	388	383	587	450	231
12. Inversión comercial acumulada por habitante								
13. Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)								
A la industria	4.72	0.85	0.15	1.57	0.25	1.55	0.29	0.06
A la agricultura	9.24	4.72	0.46	1.38	0.64	1.20	0.65	0.19
A la ganadería	6.87	2.10	0.55	1.10	0.20	2.25	0.65	0.02
A la minería	0.70	0.04	0.02	0.02	0.20	0.17	0.25	-
Al comercio	5.15	1.34	0.33	0.97	0.64	1.40	0.40	0.07
14. Kilómetros de vía por mil habitantes (1969)	0.38	0.41	0.51	0.29	0.59	0.33	0.45	0.72
15. Kilómetros de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	1.20	1.08	2.19	0.91	1.41	0.97	2.19	1.78
16. Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	109.04	92.90	84.94	129.60	144.06	89.27	157.50	99.31
17. Promedio General de salarios mín. (1972-73)	27.63	26.63	25.50	30.40	32.50	30.75	24.13	23.50
18. Impuestos estatales y municipales por habitante (1969, $)	76.00	59.27	35.14	115.25	115.72	58.74	17.75	46.36

IX.- REGION CENTRO NORTE	TOTAL	Aguascalientes	Durango	San Luis Potosí	Zacatecas
1.- Población en relación al total nacional (1970, %)	7.26	0.70	1.94	2.65	1.97
2.- Densidad por Km. (1970)	13.3	60.5	7.8	20.4	12.7
3.- Población económicamente activa (1970, %)					
Agropecuaria	54.82	36.9	55.0	53.3	64.1
Industrial	16.27	21.3	15.3	17.4	13.6
Servicios	22.59	34.1	22.9	23.2	16.8
4.- Producto bruto estatal 1965, a precios de 1960, % del total nacional	3.85	0.42	1.24	1.37	0.82
5.- Producto bruto por habitante (1965, $)	2 311.44	3 008.65	2 908.52	2 200.94	1 715.87
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965, $)	9 136.2	10 617.0	11 109.1	8 669.7	7 302.7
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965, $)	5 288.7	4 937.3	7 762.9	3 567.2	5 272.5
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965, $)	18 944.2	13 749.4	26 504.9	19 487.4	12 578.7
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965, $)	729.22	850.68	943 59	820.04	364.16
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969)	1 584.73	2 424.77	2 066.85	1 426.51	1 031.16
10.- Inversión pública acumulada, % del total nacional (1960-1969)	4.08	0.59	1.42	1.34	0.72
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969, $)	333	282	576	286	174
12.- Inversión comercial acumulada por habitante					
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional)					
A la industria	0.96	0.19	0.25	0.43	0.07
A la agricultura	3.00	0.74	0.81	0.76	0.69
A la ganadería	7.28	0.74	2.04	3.50	1.00
A la minería	0.61	0.01	0.03	0.50	0.07
Al comercio	1.74	0.29	0.44	0.75	0.26
14.- Kilómetro de vía por mil habitantes (1969)	0.94	0.77	1.21	0.77	0.67
15.- Kilómetros de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	2.21	2.15	2.35	1.81	2.65
16.- Consumo de gasolina por habitante	89.35	117.74	106.34	86.13	67.11
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973, $)	25.13	27.00	23.16	25.87	24.50
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969, $)	61.63	96.27	59.27	67.79	47.08

X.- REGION PACIFICO SUR	TOTAL	Chiapas	Guerrero	Oaxaca
1.- Población en relación al total nacional (1970, %)	11.03	3.24	3.30	4.49
2.- Densidad por Km. (1970)	22.9	21.2	25.0	22.3
3.- Población económicamente activa (1970,%)				
Agropecuaria	69.27	12.8	62.2	71.6
Industrial	10.14	7.5	11.6	11.1
Servicios	14.84	14.5	19.3	12.0
4.- Producto bruto estatal 1965 a precios de 1960, % del total nacional	3.81	1.37	1.27	1.17
5.- Producto bruto por habitante (1965,$)	1 629.63	2 031.59	1 810.83	1 216.31
6.- Producto bruto entre población económicamente activa (1965,$)	5 726.0	7 062.6	6 858.5	4 090.1
7.- Producto agropecuario entre población ocupada en actividades agropecuarias (1965,$)	3 879.9	5 162.8	4 573.9	2 597.9
8.- Valor agregado industrial entre población ocupada en actividades industriales (1965, $)	11 234.4	25 795.2	9 396.5	9 202.3
8a.- Valor industrial agregado por habitante (1965, $)	282.05	369.05	222.72	263.52
9.- Inversión total acumulada por habitante (1960-1969, $)	1 751.70	2 126.31	2 071.27	1 248.68
10.- Inversión pública acumulada, % del total nacional (1960-1969)	6.81	2.43	2.40	1.98
11.- Inversión industrial acumulada por habitante (1960-1969, $)	666	657	948	467
12.- Inversión comercial acumulada por habitante				
13.- Créditos bancarios privados (saldos al 31/XII/70, % del total nacional				
A la industria	0.53	0.22	0.24	0.07
A la agricultura	3.74	1.16	0.77	1.81
A la ganadería	5.01	3.13	0.46	1.42
A la minería	0.19	0.13	-	0.06
Al comercio	1.40	0.48	0.61	0.31
14.- Kilómetros de vía por mil habitantes (1969)	0.26	0.33	0.06	0.36
15.- Kilómetros de carretera y caminos por mil habitantes (1970)	1.86	2.14	1.60	1.85
16.- Consumo de gasolina por habitante (1969, litros)	60.17	62.33	79.24	44.70
17.- Promedio general de salarios mínimos (1972-1973, $)	24.05	23.85	26.75	21.57
18.- Impuestos estatales y municipales por habitante (1969, $)	54.78	58.46	89.10	27.08

DOCUMENTO TECNICO NUMERO 3

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE PROGRAMACION

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

Carreteras

Vías Férreas

Aeropuertos

EDIFICIOS PUBLICOS

Octubre 1969.

C O N T E N I D O

DOCUMENTO TECNICO NUMERO 3

PRESENTACION

"No es porque las cosas sean difíciles que no nos atrevemos a hacerlas; es porque no nos atrevemos a hacerlas que son difíciles".

S é n e c a

Con frecuencia la ubicación y características geográficas de las distintas regiones del país, han dado como resultado injusticias históricas acumuladas, lo que ha traido por concecuencia que el desarrollo regional se haya realizado a muy diferente ritmo. Esta situación se refleja, en la mayor parte de los casos, en disparidades en la urbanización, desigual distribución de la riqueza y recursos potenciales ociosos y ha propiciado la creación de concentraciones demográficas que acentúan los desequilibrios en todos sentidos.

Para corregir estos desequilibrios surgió la idea de arreglo u ordenamiento del territorio, que puede asociarse a la expresión geográfica de la política económica del país e involucra una redistribución y organización del espacio para una ~~menor~~ mejor utilización y aprovechamiento de los recursos de la Nación y el establecimiento de bases sólidas para el proceso de industrialización y urbanización, con el objetivo de desarrollar una colectividad con niveles de vida más altos y de lograr que el medio rural tenga, no sólo una participación equitativa en el ingreso, en cuya formación contribuye, sino también en la cultura, en el esparcimiento y, en general, en todos los beneficios del progreso.

La evolución de los sistemas de transporte además de haber estado condicionada por aspectos históricos y tecrológicos y por la

disponibilidad de recursos, también ha dependido en forma importante de las características geográficas y es indiscutible que su funcionamiento ha influido notablemente en el desarrollo económico y social de los pueblos y en su integración territorial.

Fue con estas ideas en mente que se preparó en 1969 el documento que ahora presenta, en el que se desarrollan criterios aplicables a políticas de inversiones y se formulan proposiciones para que con apoyo en la evolución adecuada de la infraestructura para el transporte, se logren propósitos de descentralización y ordenación del territorio nacional.

Enero 18 de 1973
DDD/agd.

DIRECCION GENERAL DE PROGRAMACION

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE Y

EDIFICIOS PUBLICOS

I POLITICA DE INVERSIONES

El rápido progreso de la colectividad mexicana, considerada ésta no como un todo abstracto e impersonal, sino como el conjunto de las personas que la integran, reclama una vigorosa política de obras públicas. Dicha política debe apoyarse en los lineamientos generales que ha señalado el Primer Magistrado de la Nación y, consecuentemente, en los principios que las sucesivas administraciones han aplicado a partir del triunfo del movimiento armado que constituyó la etapa inicial de la Revolución Mexicana.

Esos lineamientos, traducidos a normas de acción inmediata han dado lugar a criterios operativos que se pueden enunciar como sigue:

1) Terminación, al ritmo conveniente, de las obras que se encuentran en proceso, buscando la pronta obtención de los beneficios previstos y asegurando así la continuidad en el progreso.

2) Realización de obras de mejoramiento y modernización en los sistemas nacionales de carreteras, vías férreas y aeropuertos en servicio, de tal manera que satisfagan las necesidades que el crecimiento del país va planteando.

3) Construcción, en el debido orden de prelación, de nuevas -- obras que propicien el intercambio más eficiente de bienes y - el traslado de personas entre las diversas regiones del territorio, y que incorporen al concierto nacional zonas capaces de contribuir al desarrollo general.

4) Ejecución de las obras adecuadas para aumentar, lo más rápidamente posible, el número de núcleos integrados al progreso - de la nación.

5) Conservación en buen estado de las obras existentes, para - asegurar su funcionamiento eficaz y permanente, y lograr el mejor aprovechamiento de las inversiones realizadas.

La aplicación de estos criterios ha permitido una evolución -- del sector transporte en los últimos años, congruente con el - crecimiento de nuestra economía. En efecto, por lo que se refiere a carreteras, los 21 400 Km. que constituían la red en - 1950, han llegado a más de 67 000 Km. en la actualidad, de los cuales, 38 000 Km. está pavimentados.

La red de vías férreas cuenta con importantes tramos nuevos o modernizados y se puede decir que las siempre cuantiosas inversiones en este rubro, han sido destinadas principalmente al mejoramiento del sistema, el que hacia 1950 generó 9 000 millones de Ton-Km. y en la actualidad llega a una cifra superior - a los 22 000 millones de toneladas kilómetro.

En cuanto al transporte aéreo, es evidente su espectacular crecimiento, razón por la cual las inversiones en aeropuertos han aumentado de 3 millones de pesos en 1960 a 40 millones en 1964

DIRECCION GENERAL DE PROGRAMACION

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE Y

EDIFICIOS PUBLICOS

I POLITICA DE INVERSIONES

El rápido progreso de la colectividad mexicana, considerada ésta ro como un todo abstracto e impersonal, sino como el conjunto de las personas que la integran, reclama una vigorosa política de obras públicas. Dicha política debe apoyarse en los lineamientos generales que ha señalado el Primer Magistrado de la Nación y, consecuentemente, en los principios que las sucesivas administraciones han aplicado a partir del triunfo del movimiento armado que constituyó la etapa inicial de la Revolución Mexicana.

Esos lineamientos, traducidos a normas de acción inmediata han dado lugar a criterios operativos que se pueden enunciar como sigue:

1) Terminación, al ritmo conveniente, de las obras que se encuentran en proceso, buscando la pronta obtención de los beneficios previstos y asegurando así la continuidad en el progreso.

2) Realización de obras de mejoramiento y modernización en los sistemas nacionales de carreteras, vías férreas y aeropuertos en servicio, de tal manera que satisfagan las necesidades que el crecimiento del país va planteando.

que se presentarían en una zona en la que los recursos natura-- res disponibles no permiten esperar un desarrollo apoyado en -- las actividades primarias, ni siquiera a largo plazo y en la - que en cambio se encuentren núcleos de población sin esperanza próxima de mejorar su nivel de bienestar.

En razón de lo anterior, en el proceso de formulación de planes se definen claramente metas específicas que responden a esta -- triple estratificación de los efectos dominantes de la inversión

Es así que se establece el objetivo de definir, mediante obras- de altas especificaciones, la comunicación más eficiente entre los grandes polos de desarrollo del país, los que, en función - de la complejidad de sus actividades sociales y económicas, provocan corrientes de tránsito de elevadas proporciones que demandan ese tipos de obras.

En la misma forma, acontece con la generación de iniciativas -- destinadas a alcanzar, como objetivo central, el aprovechamiento de los recursos naturales que todavía permanecen ociosos en nuestro territorio, así como aquellas que faciliten las relaciones interregionales entre la producción y el consumo.

Los objetivos de naturaleza social son tambien marcados en la - preparación de los planes, a fin de integrar fisicamente al resto del país, los núcleos de población que carecen de recursos y tienen un número de habitantes suficientemente elevado. Se podría decir que, en última instancia, las acciones planteadas - en los otros dos niveles, orientadas a acelerar el ritmo de --- nuestro crecimiento, tienen como razón de ser, el alcanzar más

rápidamente las metas sociales que dan sentido a nuestro esfuerzo en búsqueda de más altos niveles de desarrollo: mayor bienestar para mayor número de personas.

La correspondencia que existe entre la política y las metas fijadas en los planes, trasciende a los criterios de selección de inversiones, que se han clasificado, de acuerdo con los efectos de las operaciones en obras viales de función social; obras viales de penetración económica y obras viales para zonas en pleno desarrollo. Así, las obras viales de furción social, entrañan un cambio decisivo en el modo de vida de la población servida, al permitir la llegada de los beneficios que representa la educación, la seguridad la salubridad y otros servicios; las obras viales de penetración económica, promueven la incorporación de zonas potencialmente productivas a la economía de mercado, rompen las situaciones de autoconsumo y conducen a la iniciación del desarrollo; las obras viales para zonas en pleno desarrollo, tienen como efecto principal la reducción de insumos al propiciar ahorros en los costos de transporte, fenómeno que se establece en términos masivos entre las áreas metropolitanas de importancia nacional, en las cuales se presenta la más amplia gama de actividades que demandan una mayor eficiencia y facilidad en la transportación.

Como puede verse, política, metas y criterios de selección, tienen como denominador común, una búsqueda constante para alcanzar la máxima productividad social y económica de las inversiones, a fin de agilizar el progreso de México.

Ahora bien, es muy importante destacar la trascendencia de fi--

jar como meta deseable la dotación de vías más eficientes para el transporte entre los grandes polos del país, ya que ello implica un acto volitivo generado en un deseo de ordenación del ámbito territorial nacional.

Los polos de desarrollo definen siempre un espacio geográfico dominado por una metrópoli cuya concentración demográfica provoca la industrialización y el establecimiento de servicios como el comercio, la educación y las actividades financieras, entre otros, que para su existencia demandan, como se ha dicho, del intercambio de bienes, del traslado de personas y de la comunicación de las ideas.

En efecto, el fenómeno del desarrollo ha sido definido en alguna ocación, como el proceso mediante el cual las metrópolis van conquistando el territorio nacional. Dicho proceso es susceptible de mantenerse estacionario, regresivo o aceleradamente progresivo, según válidas las grandes políticas nacionales. Se plantean así, dos importantes opciones: estimular o nó el movimiento de urbanización.

Considerando que dicho fenómeno se presenta prácticamente en todos los países del mundo, junto con todas sus consecuencias, se antoja deseable al aceptarlo, buscar un reequilibrio a gran escala del territorio nacional tendiendo a su organización y humanización. Al respecto, es conveniente aclarar que aceptar el movimiento de urbanización, no es aceptar, fatalmente, que el área metropolitana de la Ciudad de México tenga veinte millones de habitantes en los próximos 20 ó 30 años. Es, por el contrario, fomentar conscientemente la creación de nuevas áreas metropolitanas y estimular el crecimiento de otras, en favor de la

desconcentración y como medida de equilibrio a la atracción de la capital federal.

Las relaciones imaginadas en términos de competencia, deben de ser concebidas en términos de complementaridad, no solo a causa de nuestra actual expansión, sino también debido a las facilidades crecientes de transporte y la inserción de nuestro territorio en el espacio económico internacional. Ante tal concepción, la elección de los polos nacionales de equilibrio se ve transformado en un problema de ponderación calculada que se deberá apoyar en los instrumentos de la planeación. Desde luego, es indudable que la precisión de los mecanismos utilizados en la preparación de las decisiones es estéril, si los objetivos que se persiguen no corresponden a las verdaderas necesidades colectivas, de todo orden. De ahí que la responsabilidad de las decisiones finales corresponda, de manera natural, al hombre de Estado, y por ello, el éxito de los planes no se deba únicamente a las avanzadas técnicas que pudieran aplicarse en su preparación, sino, en fin de cuentas, al espíritu de acción concertada, de todas las fuerzas económicas y sociales del país, con que se vean animados.

Se ha puesto énfasis en las ideas anteriores, dado que con base en el concepto de la ordenación del territorio y como corolario de las metas sectoriales que cubren los planes de la Secretaría de Obras Públicas y que se apoyan en las políticas nacionales, se pretende hacer valer, como política deseable en materia de infraestructura del transporte, el dirigir y ejecutar coordinadamente las operaciones necesarias en las metrópolis y regiones que integrarán el conjunto de equilibrio con el conjunto rural

nacional. Dicha política quedará más ampliamente explicada y mejor definida, en la exposición del Esquema del Plan de Desarrollo, una vez expuestos algunos aspectos de la Ordenación del Territorio.

II ORDENACION DEL TERRITORIO

El concepto de ordenación del territorio comprende lo que se conoce también con la designación de planificación del medio y, por extensión, del desarrollo integrado de la nación como un todo geográfico; consiste en prever dentro de un determinado marco espacial, los cambios que han de intervenir en la política económica y guiar el desarrollo de la riqueza nacional en el espacio, como la planeación económica lo guía en el tiempo. La idea es relativamente reciente, pero se refiere a una realidad tan antigua como la ocupación de la tierra por el hombre.

La geografía humana es en cierto modo la historia de la ordenación del medio físico en que se ha desenvuelto la humanidad. Sin embargo, la ocupación de la tierra por el hombre, sea rural o urbana, no era ordenación del medio en el sentido en que hoy se entiende, ya que faltaba la voluntad precisa de una nación que concibiera su organización general en función de sus recursos materiales.

Ha sido necesario pasar de la ocupación espontánea de la tierra por razones de subsistencia - que obedece a impulsos naturales - a la reorganización consciente, voluntaria, del espacio regional, nacional e incluso internacional, para el bienestar de la

sociedad que vive en él.

La idea de la ordenación del territorio determina a su vez directrices que presiden la organización del espacio nacional en función de su población y comprende el ruralismo, o planeación del medio rural, y el urbanismo.

La ordenación del territorio es, pues, la expresión geográfica de la política económica del país, e involucra la redistribución voluntaria de la agricultura, la industria y los servicios para una mejor utilización del espacio y de los recursos de la nación. Tiene como objetivo desarrollar una colectividad en la que la vida urbana permita satisfacer las nuevas exigencias nacidas de un nivel de vida más alto y de la mayor disponibilidad de tiempo para el esparcimiento, y en la que la vida rural adquiera un nuevo carácter que irá acompañado de necesidades muy semejantes a las del medio urbano y tenga no sólo una participación justa en el ingreso, sino también en el esparcimiento y en la cultura.

Los vínculos económicos creados a través de las diversas etapas de nuestra historia entre las diferentes partes del país, así como las corrientes de comercio interior ya establecidas, exigen concebir el desarrollo apoyado en la planeación, rectificar errores pasados y practicar una política de incentivo económico, considerando el territorio en su conjunto.

III ESQUEMA PARA UN PLAN DE DESARROLLO

Para que sean una imagen visible de nuestro futuro, los planes de desarrollo deben materializarse, y las acciones de la Secretaría tienen por objetivo, precisamente, transcribir al terreno

las decisiones que conduzcan a un mejor aprovechamiento de los recursos, a una mejor distribución de la riqueza; en suma, a un más acelerado progreso. Son además acciones cuyo efecto se deja sentir durante varias generaciones, que ordenan y condicionan el territorio por largos años y que por ello mismo, deben estar concebidas dentro de un plan general de desarrollo.

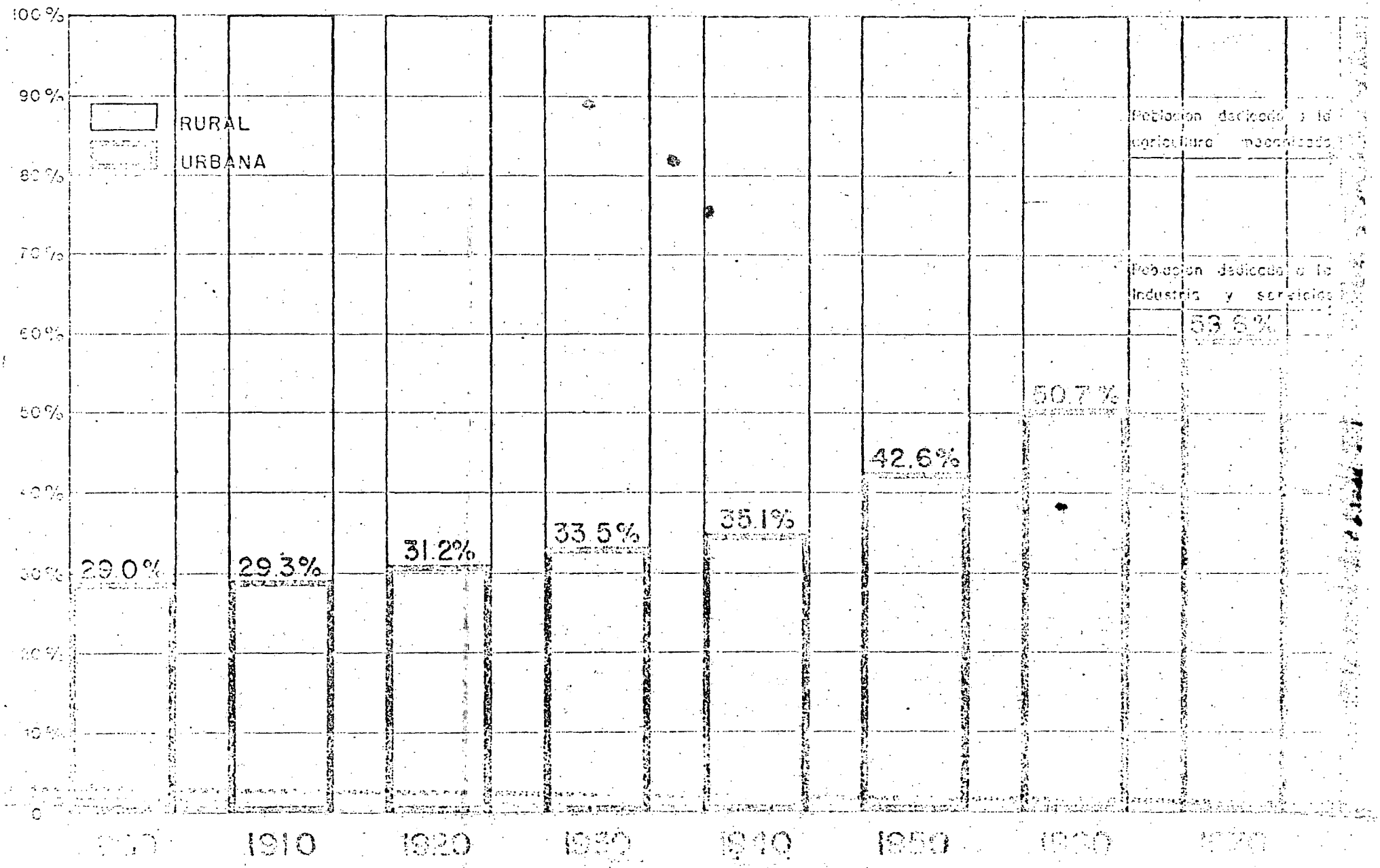
El mapa económico y demográfico de México revela una serie compleja de disparidades en la urbanización, en las actividades y en el nivel de vida. Existe una disparidad muy notable y general entre la ciudad y el campo, acentuada en el caso del área metropolitana de la capital federal en relación con el resto del país. Hay también diferencias específicas que varían según las regiones: entre el Norte, y el Sureste, y entre las regiones peninsulares, el altiplano y las vertientes del Golfo y del Pacífico.

Independientemente de esas disparidades, en todas ellas se encuentran establecidas una o varias ciudades que actúan como metrópolis o polos de atracción y ejercen una influencia rectora en el desenvolvimiento de sus zonas tributarias. Esa situación se ha definido como resultado del proceso histórico, un tanto azaroso, abandonado únicamente a las fuerzas de la conveniencia física o tradicional, que con toda probabilidad no son tan determinantes o valederas ahora, como lo fueron en el pasado. Sin embargo, esas metrópolis representan una cierta acumulación de riqueza, que ha propiciado la concentración de las actividades

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE PLANEACION Y PROGRAMA

POBLACION URBANA Y RURAL



comerciales y hecho posible sentar las bases de la industrialización, proceso que define la espiral ascendente del desarrollo, puesto que provoca una mayor concentración de población y por tanto, una mayor intensidad en las actividades y más amplios campos de acción.

En esos polos se encuentran, pues, los ingresos más elevados, las mejores posibilidades de bienestar material, las facilidades culturales más importantes y en general, la más amplia gama de servicios sociales. Es necesario entonces reconocer el papel positivo que juegan como generadores e irradiadores de riqueza y cultura: su existencia es fruto de las necesidades del progreso y sin ellos no es posible siquiera pensar en desarrollo futuro.

El funcionamiento de este proceso lleva consigo una contradicción. Las nuevas actividades, las nuevas industrias, las empresas más importantes, buscan siempre los mercados más amplios. Por consecuencia, se acumula la riqueza en unos cuantos puntos del país y se agudizan las diferencias interregionales, lo que ocasiona problemas no solo de naturaleza social, sino que, de no equilibrar este proceso, se pueden presentar crisis y perturbaciones económicas a nivel nacional, por la diferencia entre lo que se puede producir y desarrollar en esas áreas y la falta de mercado en el resto del país para esa producción, dado el bajo nivel de ingresos.

Ejemplificando, no se puede negar la influencia que han tenido en el progreso y desenvolvimiento de México, centros de la importancia del Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey. En estas tres zonas se concentra cerca del 20% de la población nacional,-

Más del 60% del valor de la producción industrial en 1965, que fue de 121 000 millones de pesos, fue generado en estas tres metrópolis; solamente en el Distrito Federal se encuentra el 50% del total del medio circulante; el ingreso familiar en 1964 fué, también en el Distrito Federal, mayor en tres veces y en Monterrey 2.5 veces al promedio del país; más del 60% de los universitarios se concentran en esas regiones. Pero si bien todo esto ha producido un impulso en la vida económica, social y cultural de la nación en su conjunto, también es verdad que acentúa la diferencia de nivel de vida entre estas regiones y el resto del país.

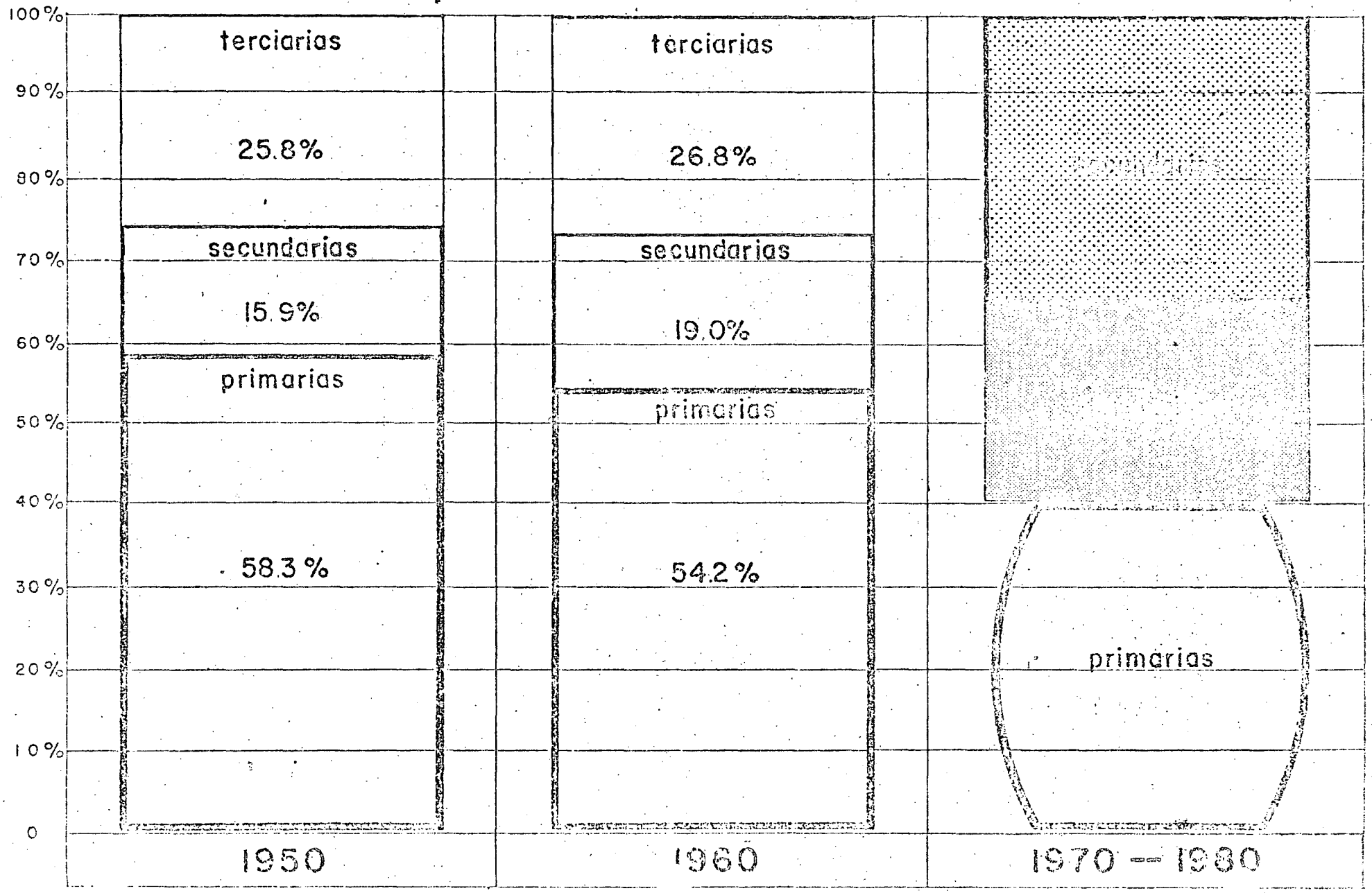
De un modo general, se puede afirmar que la concentración demográfica, cuando está apoyada en la industrialización, provoca un ascenso en el nivel de vida. Baste citar que, según datos de la Secretaría de Industria y Comercio en 1964 el 85% de la población económicamente activa dedicada a la industria y el transporte, tenía un ingreso mensual superior a los 300 pesos; en cambio, sólamente el 50% de la población dedicada a las actividades primarias alcanzaba un ingreso superior a los 300 pesos mensuales. De la misma manera, las localidades más pobladas alcanzan mayores ingresos según lo demuestran las siguientes cifras del Banco de México.

Tamaño de la Localidad Habitantes	Ingreso Familiar Mensual Pesos
Menos de 2 500	740
2 501 a 10 000	1 000
10 001 a 150 000	1 450
150 001 a 500 000	1 900
500 001 a más	2 800

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE PLANEACION Y PROGRAMA

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA
por ramas de actividad



Las cifras anteriores, sin tomar en cuenta otros indicadores, - nos permiten concluir que son los grandes centros industriales y de servicios, los que promueven mayor bienestar. Por tanto, una de las tareas que tenemos por delante, es estimular el crecimiento de algunas concentraciones urbanas para contar con más centros regionales de desarrollo que - dentro de un plan enmarcado por las políticas generales y las opciones que nos presente la ordenación del territorio nos lleven a descentralizar la actividad industrial, absorber la población desocupada, aumentar el bienestar general, limitar el crecimiento desordenado y, sobre todo encauzar sólidamente y resolver los problemas que se presentan en el nivel rural.

Evidentemente, no se puede pretender que todos los grandes polos de desarrollo alcancen un crecimiento semejante, ni que tengan igual peso en cuanto a su capacidad de generar riqueza. De ahí la conveniencia de definir cuando menos dos grupos: el constituído por aquellas ciudades que ya son o deben ser a corto -- plazo, centros de concentración regional, cuya evolución tenga significado en el desenvolvimiento nacional y que llamaremos metrópolis regionales de equilibrio y aquellas otras que son o debieran ser polos de desarrollo de caracter local, que complementan y apoyan las actividades de las metrópolis regionales, y a las que llamaremos metrópolis intermedias. El resto de las localidades urbanas necesariamente se verá favorecido con las acciones que se desarrollen en los polos de equilibrio e intermedios, independientemente de las operaciones normales a que se - ven sujetos.

Se plantea así, probablemente, la variable estratégica más importante del esquema del desarrollo de los años por venir. Si además de las medidas normales que el sector público y privado toman para continuar la marcha ascendente del país, se procede a la ordenación del territorio, en forma homogénea y coordinada, esta no solo deberá incidir sobre las metrópolis sino también, a la luz de la conveniencia económica y la justicia social y como medida imprescindible para apoyar a las otras en forma simultánea, sobre la población rural. Este aspecto debe ser especialmente considerado pues responde a los más altos propósitos que inspiraron el movimiento iniciado en 1910, y por los que han venido luchando nuestros sucesivos Gobiernos.

A este respecto, el sector público ya tiene en marcha el Programa Nacional de Obras en el Medio Rural - en el que intervienen varias dependencias federales en completa coordinación - destinado a fortalecer el mercado interno y a reagrupar más ventajosamente a la población campesina, dotando a las localidades de entre 500 y 2 500 habitantes, con las obras y servicios básicos que sean capaces de generar mayor actividad y funcionar como pequeños polos que atraigan la población de las localidades menores que no tienen una estructura definida y que se encuentren en condiciones de inconveniente dispersión.

Por otra parte y en comparación con muchos de los países en proceso de desarrollo, México presenta condiciones ventajosas para la aplicación de estos principios, dado que se desenvuelve bajo un régimen revolucionario; con una economía mixta en que se complementan acciones oficiales y privadas; con una reforma agraria

integral en marcha, y con una decidida voluntad de progreso.

Para orientar las decisiones que conduzcan a ese progreso, se pondrían caracterizar tres niveles de acción:

El primer nivel, es decir, la canalización de recursos a las metrópolis regionales de equilibrio implica desde luego, una cuidadosa selección de inversiones y una resuelta coordinación de las acciones, a fin de alcanzar la máxima productividad de los escasos recursos. En esta etapa México presenta, como país en desarrollo menos obstáculos de los que se encuentran en algunos ya desarrollados. Esto se debe a que la necesidad de ampliar el parque industrial es tan imperiosa y de tal magnitud, que la formación de nuevos centros de primer orden se puede realizar sin recurrir a transferencias de industrias ya instaladas, operación sumamente onerosa y que encuentra serias resistencias por vencer. El estímulo al crecimiento del conjunto de aglomeraciones urbanas del país, deberá disponer del equipamiento necesario para que puedan ser verdaderos núcleos de influencia económica y social en sus respectivas esferas regionales, y estar en general, exentas de dependencia con respecto a la capital federal. A tal efecto, se les debe dotar con carácter prioritario de equipo material y humano de alto nivel para la cultura, la investigación, la enseñanza superior, los servicios hospitalarios y de salud y para la administración pública y los medios de transporte y comunicación.

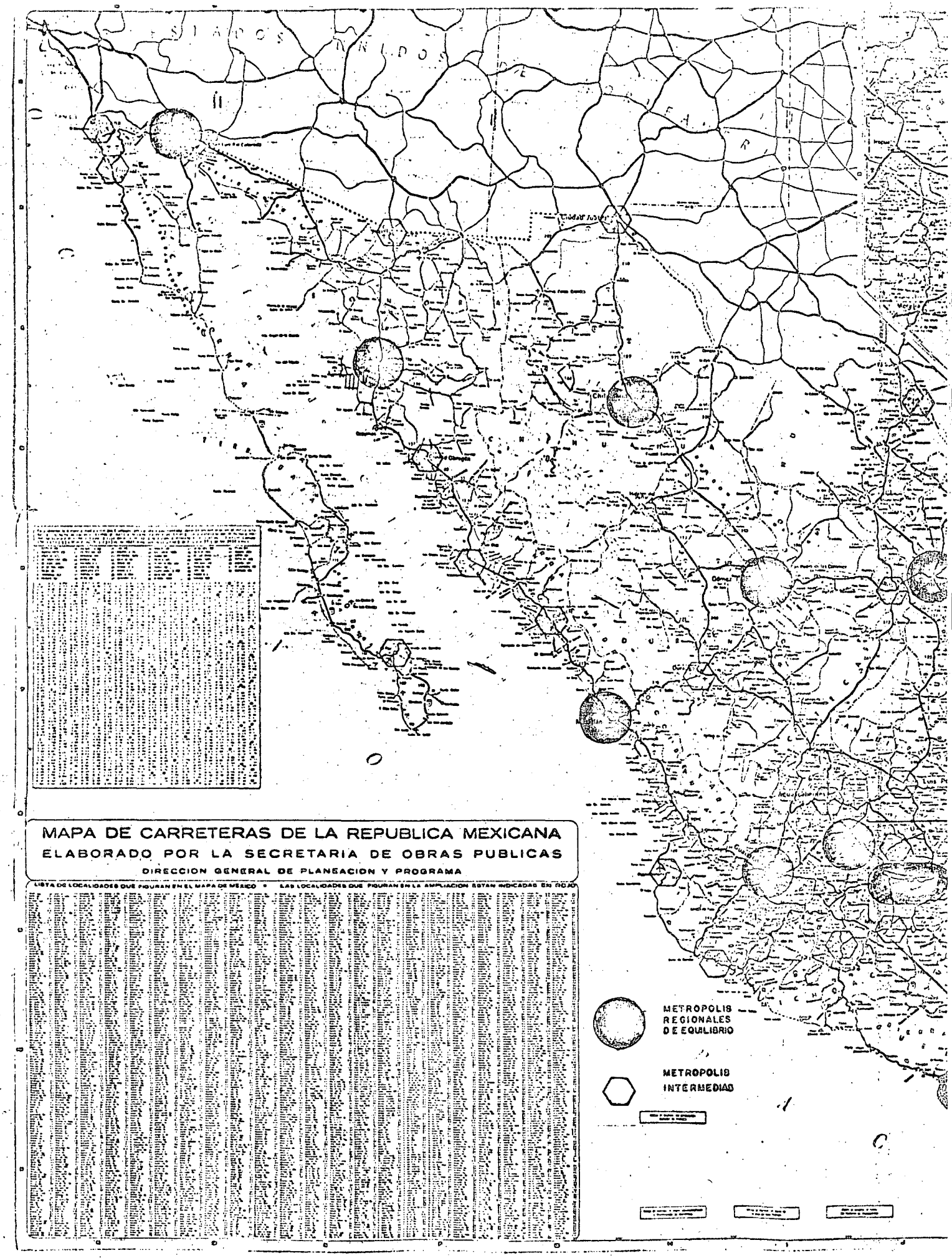
En la perspectiva actual y como primer planteo, aparte de la región metropolitana de la capital federal, se han definido cator

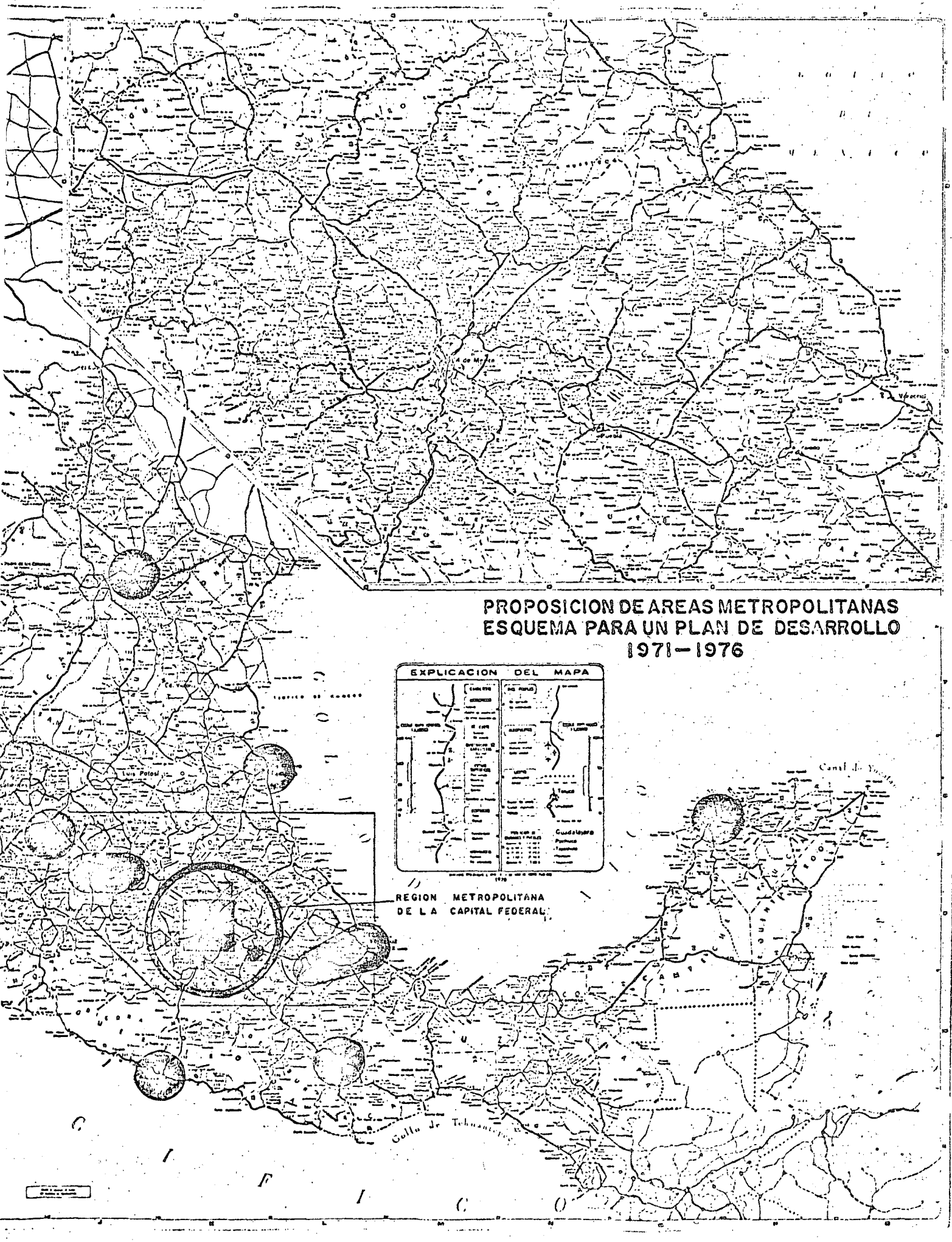
ce aglomeraciones urbanas a las que se propone equipar de manera que funcionen como metrópolis regionales de equilibrio.

Guadalajara	Hermosillo
Monterrey	Tampico-Ciudad Madero
Veracruz-Córdoba-Orizaba	Torreón-Gómez Palacio-Lerdo
Querétaro-Celaya-Salamanca-Irapuato	Mazatlán
Chihuahua	Mérida
León	Oaxaca
Mexicali	Acapulco

En la definición de estas metrópolis regionales han intervenido tanto los incrementos como los valores absolutos de la población, producción bruta industrial, sueldos, salarios y prestaciones y capital invertido, así como ciertos índices relativos a los servicios y al turismo.

Desde luego, varias de ellas quedan completamente identificadas con lo que se entiende como una zona urbana completamente desarrollada o metrópoli, ya que cuentan con una población superior a 100 000 habitantes; que abarca una ciudad central o varias ciudades, y áreas adyacentes relacionadas económicamente, y con más de 65% de su población activa empleada en tareas no agrícolas. En otras, estas condiciones no se cumplen rigurosamente. Establecer facilidades y robustecer el funcionamiento de las primeras y completar el equipamiento de las segundas, son los objetivos buscados.


MAPA DE CARRETERAS DE LA REPUBLICA MEXICANA
ELABORADO POR LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION Y PROGRAMA
LISTA DE LOCALIDADES QUE FIGURAN EN EL MAPA DE MEXICO • LAS LOCALIDADES QUE FIGURAN EN LA AMPLIACION ESTAN INDICADAS EN ROJO
METROPOLIS REGIONALES DE EQUILIBRIO
METROPOLIS INTERMEDIAS


PROPOSICION DE AREAS METROPOLITANAS
ESQUEMA PARA UN PLAN DE DESARROLLO
1971—1976
EXPLICACION DEL MAPA
REGION METROPOLITANA
DE LA CAPITAL FEDERAL
Luis Potosí
Golfo de Tehuantepec

En un segundo nivel, y para que las metrópolis regionales sean eficaces, se debe contar con centros intermedios que difundan su influencia y que estén conectados a ellas, con los medios más adecuados. Actualmente, hay diversas ciudades capaces de actuar como centros intermedios, sobre todo en la zona del altiplano, pero esa función dista de ser cabal en las regiones del Sur y Sureste. A este respecto, se han definido veintiseis ciudades en condiciones de desempeñar parcialmente tal función; de ellas más de la tercera parte están bastante bien dotadas y el resto deberá recibir mayor atención para que opere adecuadamente.

El tercer nivel, o sea el rural, constituye lo que podríamos llamar el nivel básico, no sólo porque dentro del ideario de la Revolución Mexicana se consideran preferentemente todas las acciones destinadas a favorecer a las clases más necesitadas, sino porque la realización de las metas propuestas en los niveles anteriores, no sería posible sin tomar medidas similares para el robustecimiento del agro nacional, meta que constituye la razón esencial de los demás objetivos.

Hay que enfatizar que nuestro Gobierno ha mostrado reiteradamente su preocupación por atender, cada vez en forma más intensa, las necesidades de la población rural del país. Para ello y como se ha mencionado anteriormente, ha puesto en marcha, entre otras medidas, el Programa Nacional de Obras en el Medio Rural, que implica una acción coordinada en la dotación de infraestructura y servicios adecuados a las localidades cuya población fluctúa entre 500 y 2 500 habitantes, a un nivel de inversión modesto, pero que garantice su permanencia.

Dentro de la estructura demográfica del país, se puede advertir que existen algo más de 91 000 localidades, de las cuales 1 400 son mayores de 2 500 habitantes y radica en ellas más del 50% de la población; 79 000 son menores de 500 habitantes y presentan, la mayoría, las características de la población dispersa, es decir, sin una estructura social y económica que las defina como centro organizado; las 10 600 localidades restantes, tienen entre 500 y 2 500 habitantes y representan el 25% de la población total.

Se planteaba la opción de atender con 79 000 operaciones a un 25%. La decisión fue obvia hacia el grupo de 500 a 2 500 habitantes, no solo por reducir 7 veces el grado del problema, sino porque se actúa sobre localidades en condiciones más favorables para que funcionen como pequeños centros de atracción de la población dispersa.

El objetivo central por alcanzar para este nivel de acciones, incluído en este esquema general, lo constituye el proporcionar a esas 10 600 localidades los servicios de educación, salubridad, justicia, seguridad, asistencia técnica y crédito y avío, así como las obras básicas de electrificación, agua potable, escuelas, silos y almacenes, pequeña irrigación, bordeo y caminos transitables en todo tiempo; todo ello mediante la acción coordinada de las dependencias federales que tienen bajo su competencia esos rubros y con la participación debidamente promovida de los habitantes beneficiados.

Con una actuación coordinada y oportuna de las dependencias públicas en los tres niveles, que considere las medidas necesarias, optimice el uso de los recursos, y aplique un ritmo de realización que supere al que hasta ahora se ha desplegado, se podrá dar en los años próximos un definitivo impulso en el desarrollo del país y se incrementará, de manera natural y acelerada, la participación del medio rural en los beneficios del progreso general.

IV PLANES PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

A Criterios Generales.

Los planes que se han preparado para la infraestructura del transporte contemplan, en su contexto general, un conjunto de metas parciales que se identifican con las políticas nacionales, y que observan una correspondencia entre los objetivos sectoriales y los objetivos señalados en el esquema para el Plan de Desarrollo, dentro de la concepción de ordenación del territorio.

Sabemos que la meta fundamental es la de lograr un mayor ingreso per cápita y su más justa distribución y que sólo podrá alcanzarse mediante la acción colectiva, planteada y coordinada, buscando el máximo rendimiento del esfuerzo por realizar y la plena utilización de las inversiones ya realizadas.

En este orden de ideas es conveniente precisar cuáles son las necesidades que el sistema de transportes debe satisfacer fren-

te al desarrollo económico y social que anhelamos para nuestro país, y cuál es la situación actual de ese sistema.

Al respecto, pueden establecerse los siguientes puntos:

a) Se debe aceptar que si bien la red de transporte básica o troncal, (carreteras, vías férreas, aeropuertos y puertos), cumple en buena medida los objetivos señalados para ella, faltan todavía por construir importantes obras, que se deberán atacar con inversiones que correspondan al justo tamaño para la demanda prevista.

b) Las redes alimentadoras, concebidas como el conjunto de caminos estatales, vecinales y rurales, aeropuertos de corto alcance y aeropistas y puertos de cabotaje, han alcanzado un grado de evolución inferior al conveniente, con relación a la red básica.

c) Existen numerosos centros de población que requieren de medios de transporte para integrarse permanentemente a la red y por tanto a la vida nacional; existen algunas regiones del país susceptibles de un mejor aprovechamiento, y otras, con importantes recursos potenciales desaprovechados, cuyo desarrollo debe ser apoyado y promovido por las vías de comunicación adecuadas; existen también regiones en pleno desarrollo apoyadas en núcleos urbanos, tanto metrópolis intermedias como metrópolis regionales, que seguirán demandando la modernización y dotación de facilidades a las vías de transporte que las ligan entre sí.

Conforme a todo lo anterior, se puede señalar que la evolución

deseable de la Infraestructura para el transporte se define en las siguientes directrices.

1 Construir las obras faltantes del sistema básico o troncal, con especificaciones que respondan al tránsito o tráfico -- previsto y que permitan las interrelaciones adecuadas de los polos de desarrollo o que penetren en regiones potencialmente productivas.

2 Continuar con los esfuerzos dirigidos a la modernización integral y homogénea de las rutas nacionales sometidas a la - utilización más intensa y que corresponden a las ligas en-- tre las metrópolis regionales de equilibrio e intermedias.

3 Atender con mayor vigor la construcción de obras alimentadoras que coadyuven a promover las actividades productivas y la plena utilización de los sistemas troncales.

4 Construir las obras rurales que incorporen a la vida política, económica y social de la nación, los núcleos de población campesina.

Es con base en las políticas señaladas, que se ha preparado el Plan de Inversiones en la Infraestructura del Transporte que -- contempla un horizonte de 10 años y dentro del cual, se encua-- dran las acciones específicas para el período 1971-1976.

B Carreteras

En este rubro, el plan analiza el aspecto político, social y -- administrativo y el aspecto económico, de cuyo resultado se han generado proposiciones concretas, tanto de troncales como de -- alimentadoras de interés nacional, a corto, mediano y largo pla

zo. En relación con el primer aspecto, los objetivos específicos son los de lograr la comunicación carretera directa de las diversas capitales de Estado y los puertos marítimos y fronterizos entre sí y con la capital federal, y la liga del mayor número de cabeceras municipales con su respectiva capital estatal, asegurando así la completa interelación de la estructura política, social y administrativa del país. En el aspecto económico, una vez definidos los centros de producción y consumo actuales y potenciales que en este momento se alcanzan a precisar tanto a escala nacional como regional, se plantean los enlaces deseables que permitirán su intercomunicación más ordenada. En capítulo aparte se determinaron las carreteras directas o autopistas que demandan los volúmenes de tránsito actuales o previsibles, establecidos entre diversas metrópolis regionales.

El plan, del cual se deriva el programa 1971-1976, involucra la terminación en los próximos 10 años, de 10 000 Km. de obras en proceso y la construcción de 30 000 Km. de obras nuevas, tanto pavimentadas como revestidas, meta que se propone alcanzar por medio de las inversiones que los Gobiernos Federal y Estatales, canalicen a través de los programas federales y bipartitas que la Secretaría de Obras Públicas desarrolla normalmente.

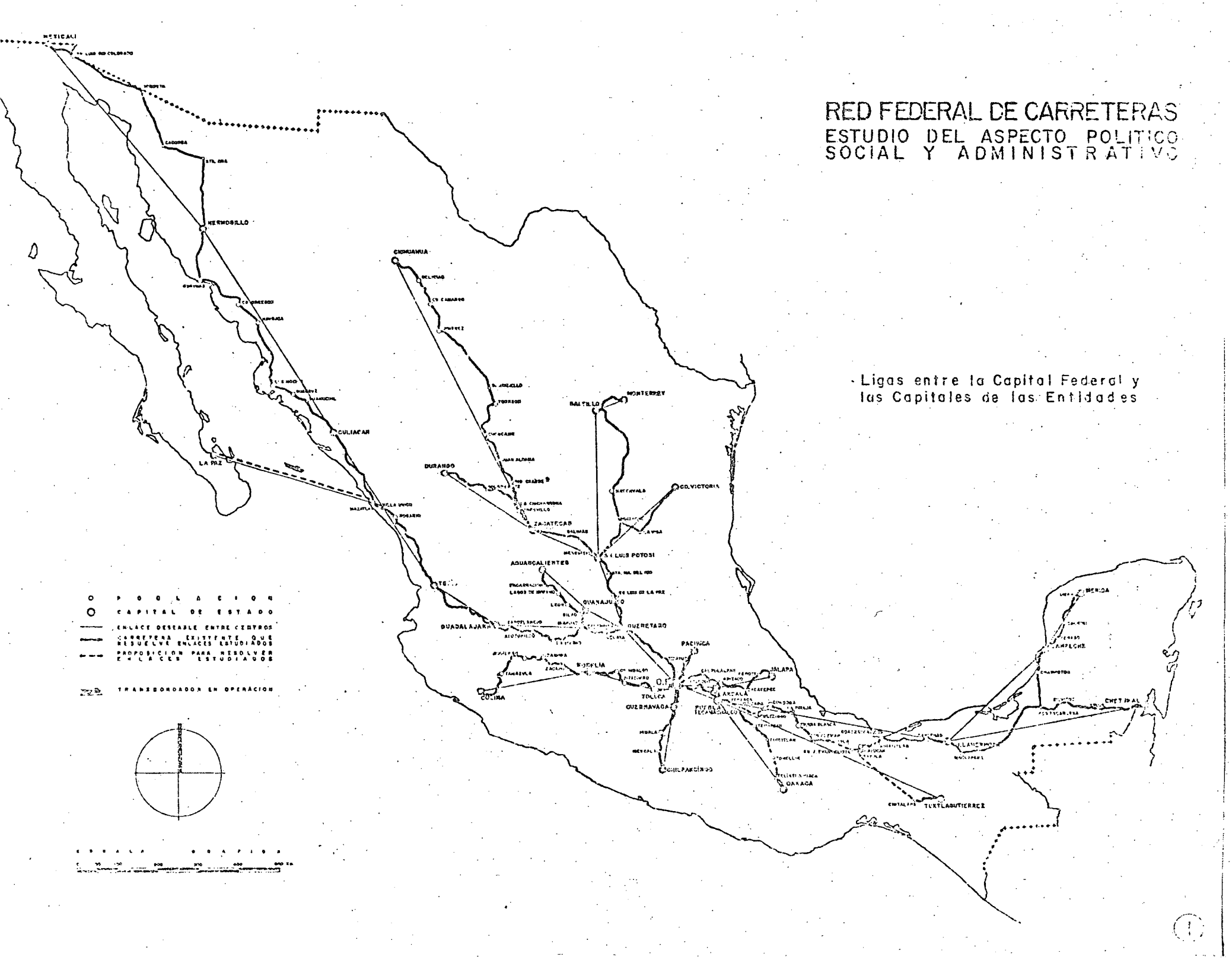
Por otra parte, los programas de cooperación tripartita y el de caminos rurales de acceso, en los cuales se establecen fórmulas de financiamiento que implican la participación de la población beneficiada, deberán continuar con un ritmo que se ha previsto del orden de 1 000 Km. anuales de carreteras triparti

tas y otros 1 000 Km. de caminos rurales, lo que nos permitará contar con alrededor de 20 000 Km. más de caminos de este tipo, en el término de 10 años.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluír que la red de carreteras deberá alcanzar en el año de 1980, una longitud de cerca de 120 000 Km. Esta cifra coincide con la extrapolación de la tendencia que se indica a continuación:

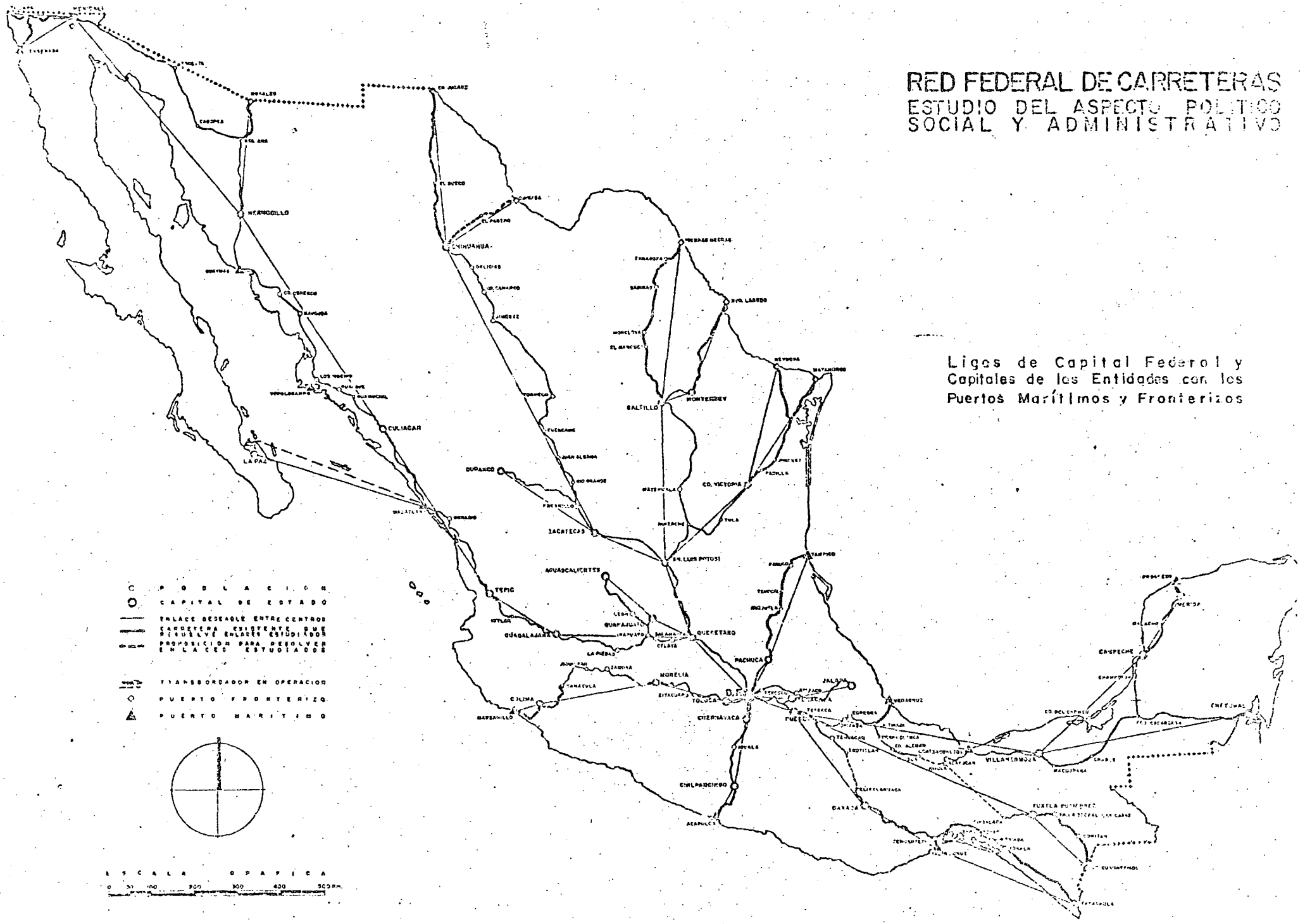
AÑO	LONGITUD Km.
1970	71 700
1971	75 600
1972	79 600
1973	83 800
1964	88 100
1975	92 700
1976	97 500
1977	102 500
1978	107 700
1979	113 200
1980	119 000

Vale la pena recalcar que el plan está concebido para beneficiar más vigorosamente al sector rural del país. En efecto, dentro de la longitud de carreteras que se propone construir, se contempla la realización de cerca de 40 000 Km. de carreteras alimentadoras y 10 000 Km. de troncales, lo que representa una relación de 4 a 1 en el período, con lo cual se llegará a una proporción de 2 a 1 para el total de la red en 1980, incremento significativo comparado con la relación actual de 1.4 a 1. En esta forma se tendrá una estructura de la red carretera que permita una mayor utilización de las troncales, un servicio adecuado en beneficio de la población rural y un mejor aprovechamiento de las zonas potencialmente explotables.


RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
Ligas entre la Capital Federal y las Capitales de las Entidades
POBLACION
CAPITAL DE ESTADO
ENLACE DESEABLE ENTRE CENTROS
CARRETERA EXISTENTE QUE RESUELVE ENLACES ESTUDIADOS
PROPOSICION PARA RESOLVER ENLACES ESTUDIADOS
TRANSBORDADOR EN OPERACION
ESCALA GRAFICA
HERMOSILLO
CHIHUAHUA
MONTERREY
SALTILLO
CD. VICTORIA
CULIACAN
LA PAZ
DURANGO
ZACATECAS
SAN LUIS POTOSI
AGUASCALIENTES
GUANAJUATO
QUERETARO
GUADALAJARA
PACHUCA
MORELIA
JALAPA
TOLUCA
CUERNAVACA
PUEBLA
TLAXCALA
CHILPANCINGO
OAXACA
TUXTLA GUTIERREZ
MERIDA
CAMPECHE
CHETUMAL

RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

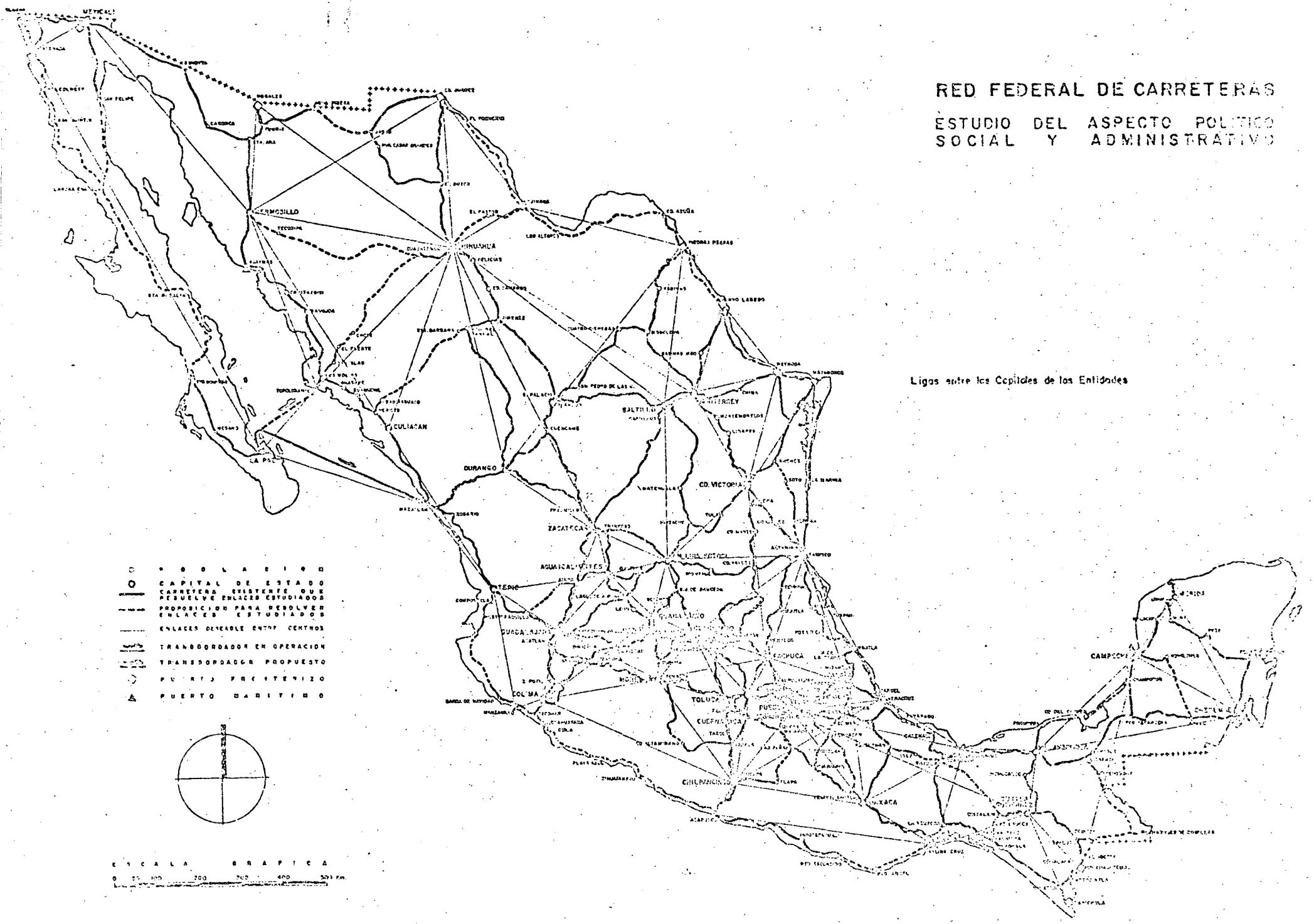
Ligas de Capital Federal y Capitales de los Entidades con los Puertos Marítimos y Fronterizos



RED FEDERAL DE CARRETERAS

ESTUDIO DEL ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

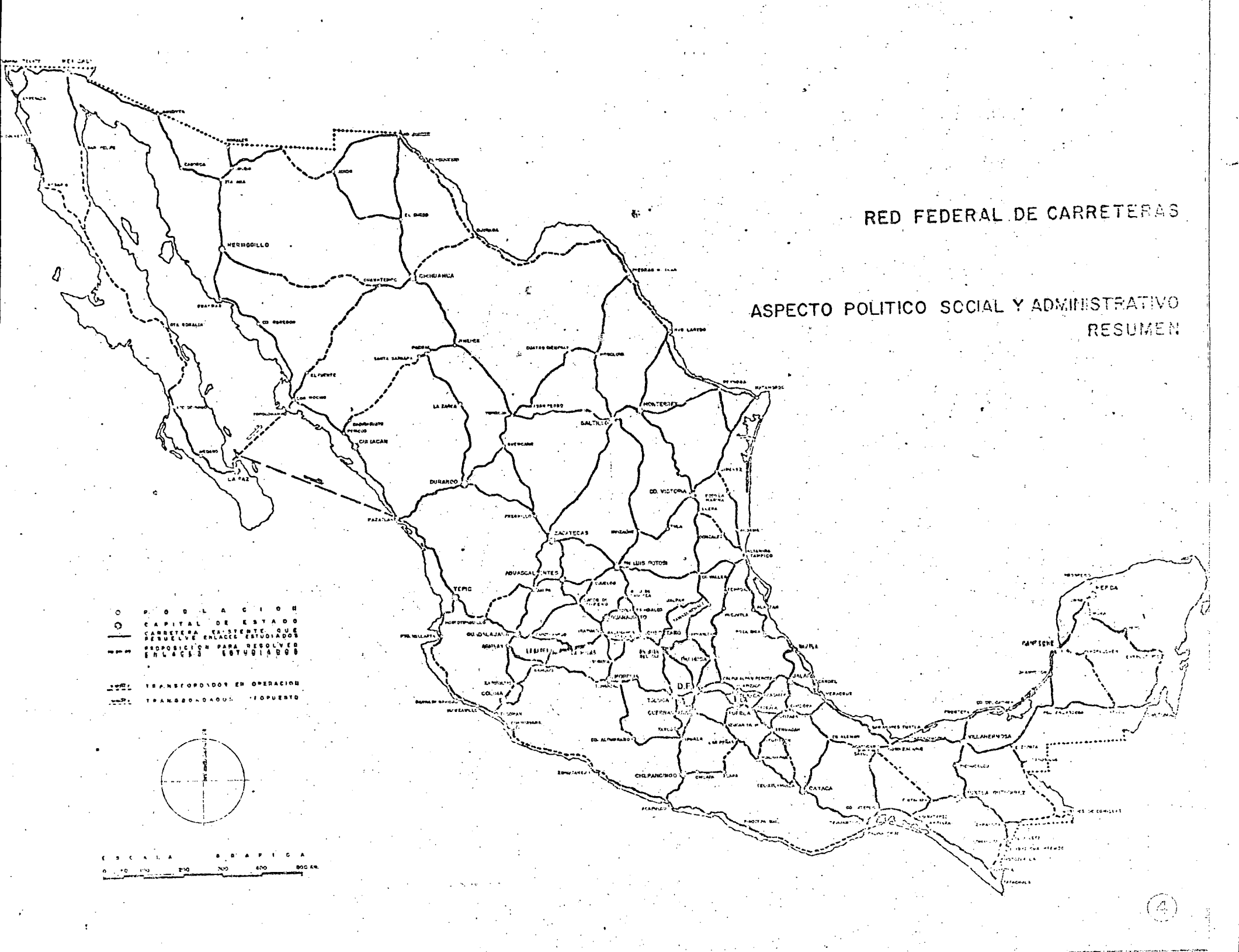
Ligas entre las Capitales de las Entidades

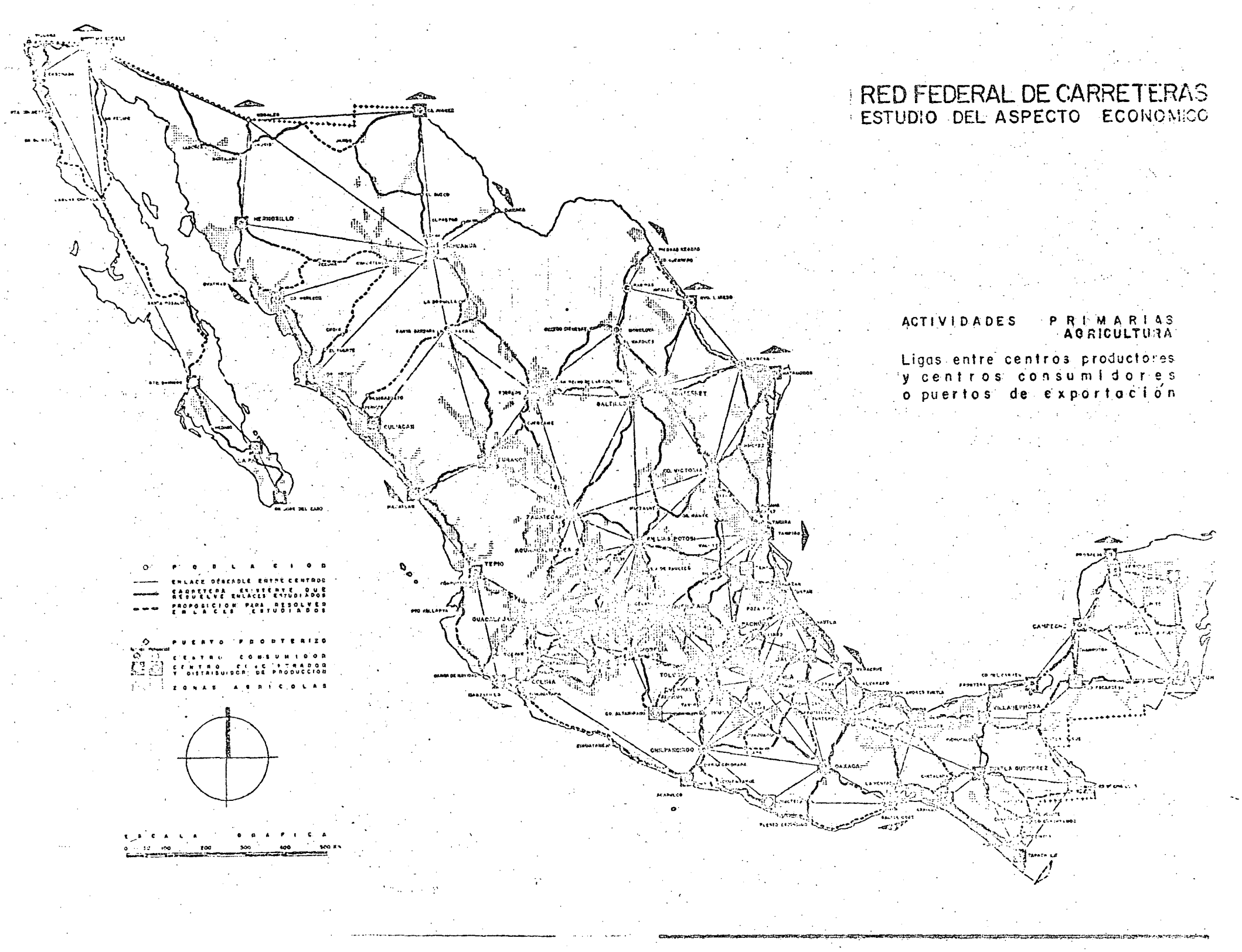


RED FEDERAL DE CARRETERAS

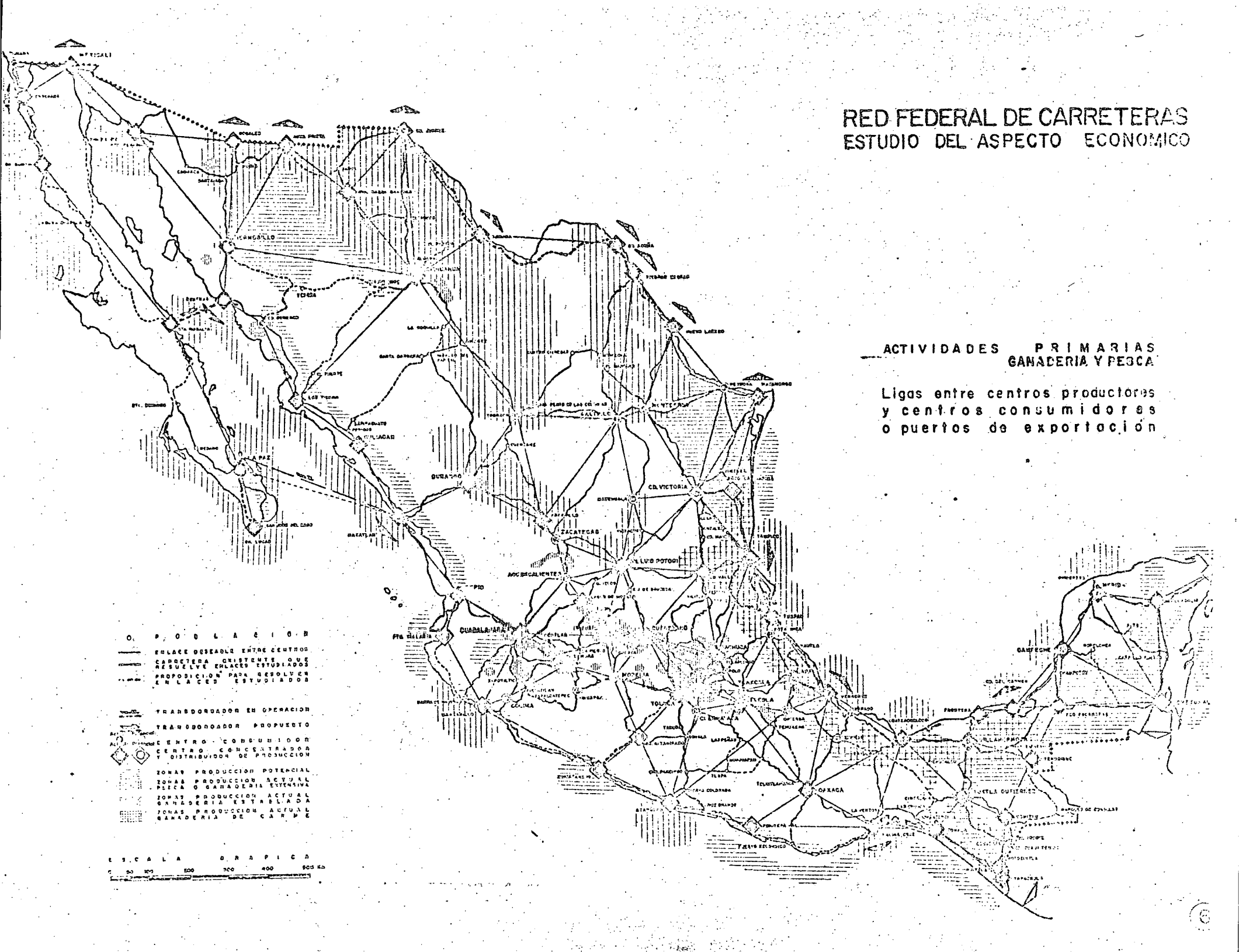
ASPECTO POLITICO SOCIAL Y ADMINISTRATIVO

RESUMEN

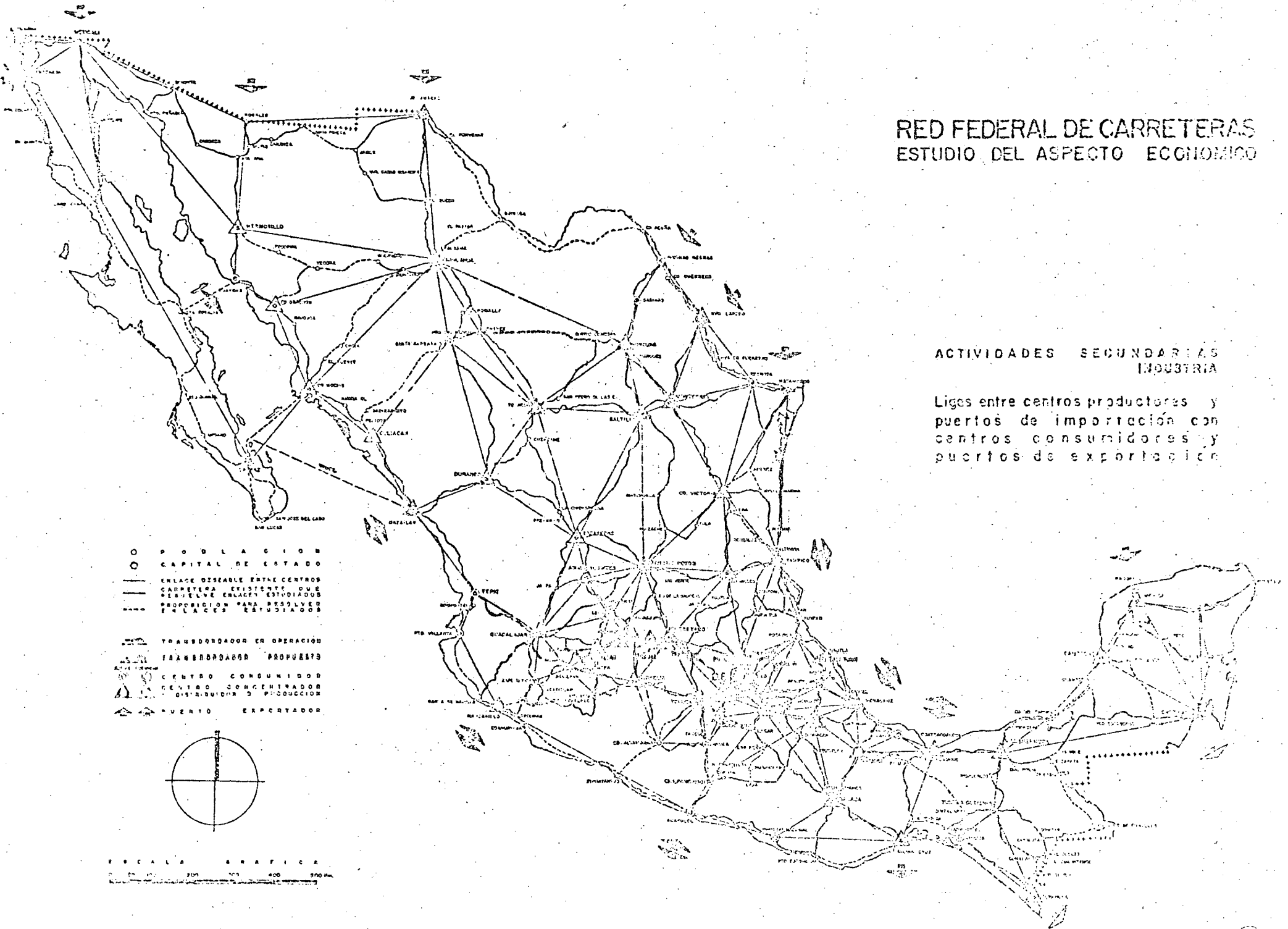



RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO
ACTIVIDADES PRIMARIAS
AGRICULTURA
Ligas entre centros productores y centros consumidores o puertos de exportación
POBLACION
ENLACE DESEABLE ENTRE CENTROS
CARRETERA EXISTENTE QUE RESUELVE ENLACES ESTUDIADOS
PROPOSICION PARA RESOLVER ENLACES ESTUDIADOS
PUERTO FRONTERIZO
CENTRO CONSUMIDOR
CENTRO CONCENTRADOR Y DISTRIBUIDOR DE PRODUCCION
ZONAS AGRICOLAS
ESCALA GRAFICA
0 50 100 200 300 400 500 Km
HERMOSILLO
CHIHUAHUA
CULIACAN
SALTILLO
MONTERREY
CD. VICTORIA
TAMPICO
ZACATECAS
SAN LUIS POTOSI
TEPIC
GUADALAJARA
COLIMA
TOLUCA
CUERNAVACA
CHILPANCINGO
OAXACA
ACAPULCO
VERACRUZ
CAMPECHE
VILLAHERMOSA
TUXTLA GUTIERREZ

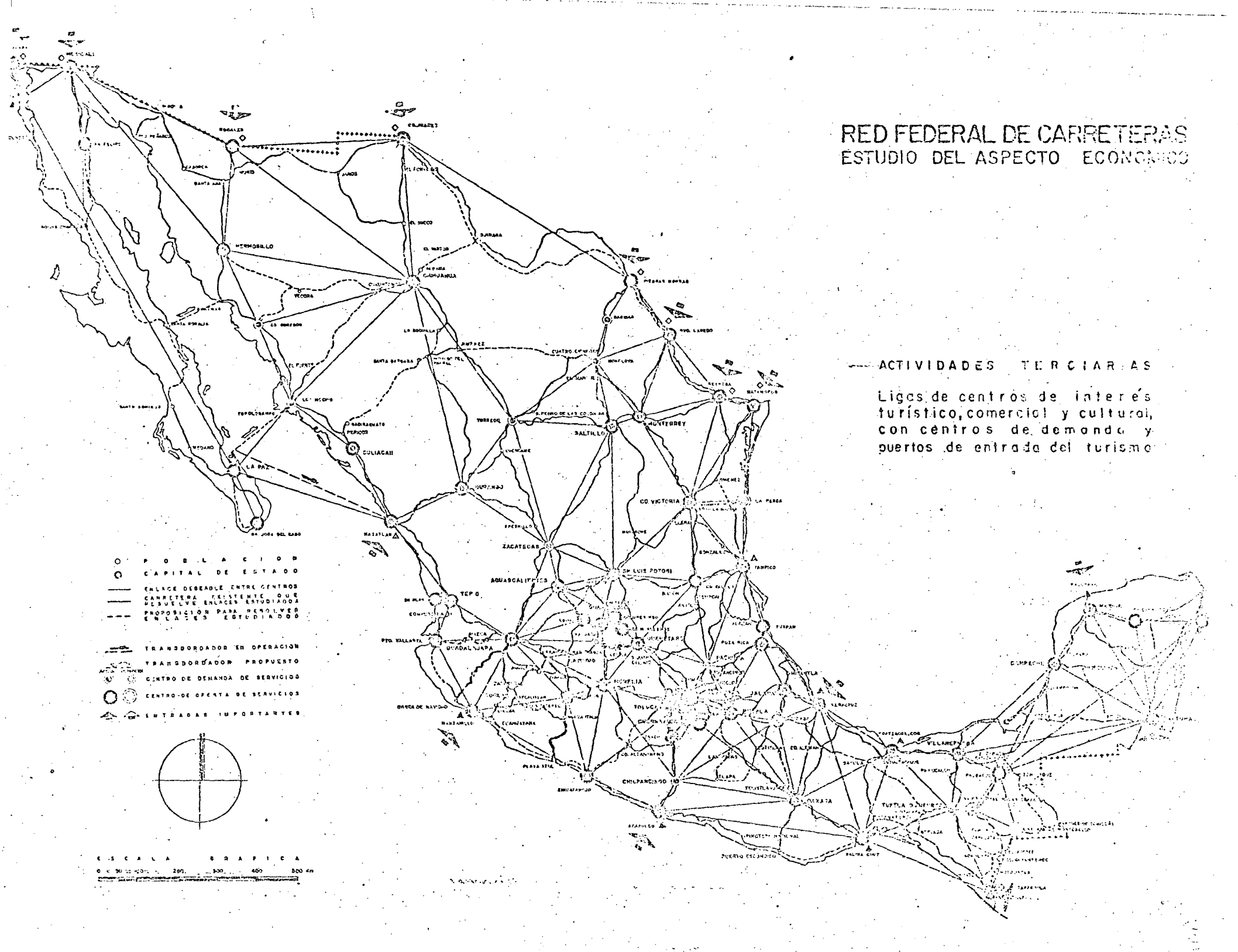
RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO



RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO

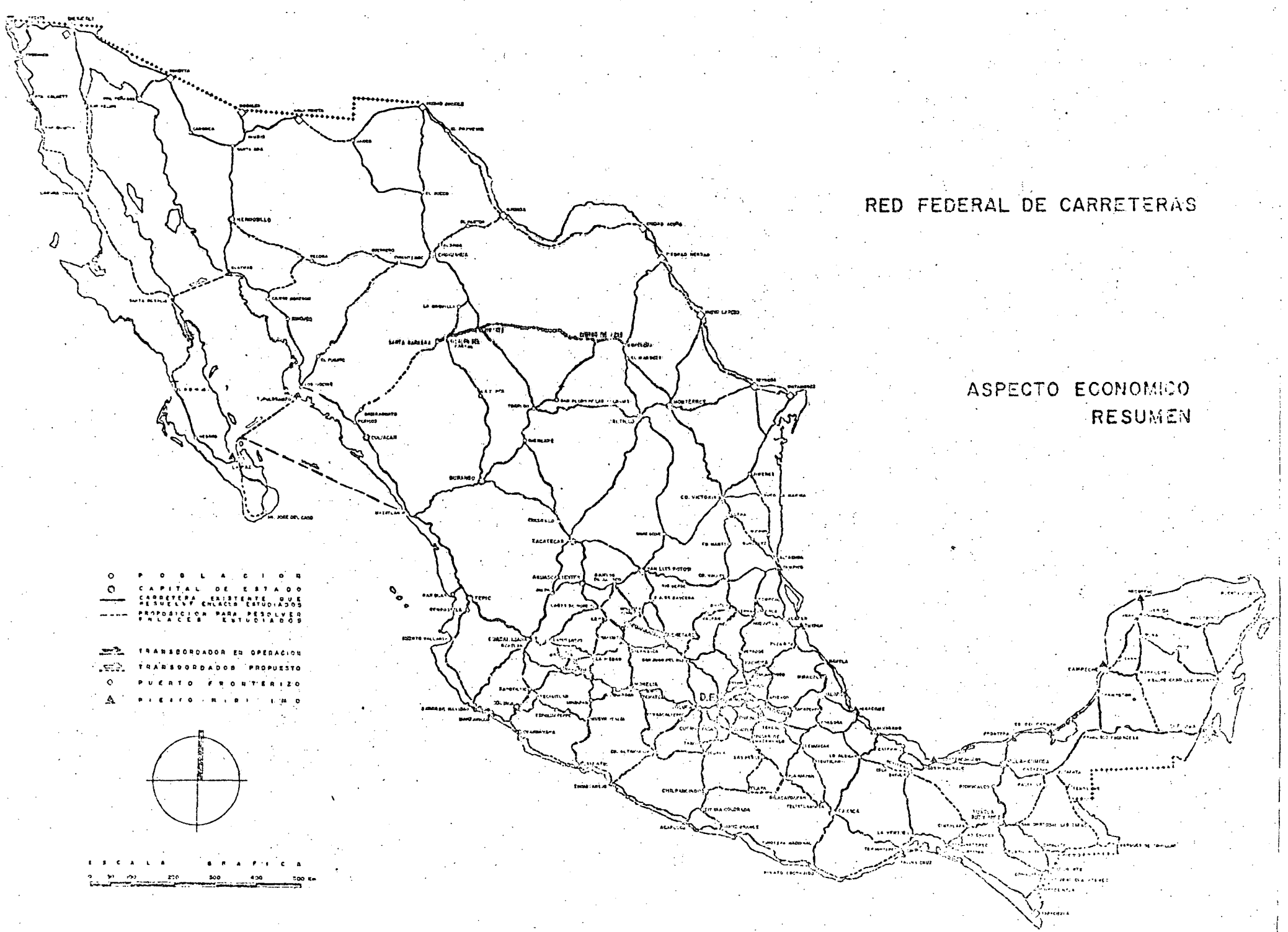


RED FEDERAL DE CARRETERAS
ESTUDIO DEL ASPECTO ECONOMICO



RED FEDERAL DE CARRETERAS

ASPECTO ECONOMICO
RESUMEN



RED FEDERAL DE CARRETERAS

C Vías Férreas

Por lo que respecta a la infraestructura del transporte ferroviario, se debe apuntar que la magnitud de las inversiones que representa la realización de este tipo de obras y las condiciones del servicio que prestan, hace que su programación se limite a aquellas obras que vayan a satisfacer una clara necesidad de transporte masivo. Ello define tareas de modernización y construcción de algunos tramos, paralelamente a una firme política de superación en cuanto a las técnicas de operación, renglón en que se habrá de actuar con decisión a fin de aumentar la eficiencia de este medio de transporte, conjuntamente con el énfasis indispensable en la coordinación de los diversos modos de transportación. Cabe aclarar que en la próxima década se requerirá de un mayor esfuerzo para sostener nuestro ritmo de desarrollo, sobre todo si pensamos que será la industria básica una de las variables más sensibles en el proceso y por ello, el transporte ferroviario que se asocia inevitablemente a la industrialización deberá recibir atención en esa misma medida.

Aparte de la zona metropolitana de la Ciudad de México las metrópolis regionales como Monterrey y Guadalajara, la región Coatzacoalcos-Minatitlán, el grupo Querétaro-Irapuato y León, así como otras, requieren de la máxima eficiencia en su transporte ferroviario; por otra parte existen zonas de gran potencialidad, que tarde ó temprano requerirán de este servicio. Esta demanda en materia de nuevas líneas férreas se ve apoyada por la política de descentralización industrial que, además, provoca

rá importantes rectificaciones en los trazos y la modernización de aquellos tramos que tendrán un incremento notable de tráfico.

En resumen, el transporte ferroviario ha tenido y seguirá teniendo un importante papel en el desenvolvimiento económico de México y debemos estar preparados para hacer frente a la demanda que se presente en este campo y para aplicar aquellas innovaciones que permitan el óptimo aprovechamiento del sistema.

D Aeropuertos

En el caso del transporte aéreo es pertinente comentar, aparte de su tendencia explosiva en nuestro país y en función del carácter internacional de la aerotransportación, lo que ocurre en el campo mundial.

El promedio mundial de crecimiento es del 14% anual en el movimiento de pasajeros y del 17% para carga, y en países como los Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Alemania y Francia, los aumentos por año fluctúan entre el 17 y 22% sólo para pasajeros. En el año de 1967 se movieron por este medio más de 210 millones de personas y se sobrepasaron los 3 000 millones de millas voladas. Por elevadas que parezcan las cifras citadas, los pronósticos son todavía más elevados: la información disponible indica que el crecimiento anual mundial esperado para los próximos años será del 16% para pasajeros y del 22% para carga. Estas predicciones se fundan en la operación de los nuevos tipos de aviones, entre los que destacan las versiones alargadas de los que ya están en servicio, y el avión comercial supersónico, actualmente

en la etapa de prueba.

En lo que se refiere al crecimiento nacional, el número de pasajeros movidos por avión en 1968, rebaso los seis millones de pasajeros y de acuerdo con la extrapolación de la tendencia, se puede esperar un incremento anual de aproximadamente 10%, lo que equivale a tener en 1980 más de trece millones de pasajeros.

El programa de inversiones en aeropuertos, actualmente en ejecución contempló con base en la evolución esperada del equipo de vuelo, en el número de operaciones por aeropuerto, en el crecimiento del número de pasajeros y en la población servida y potencialidad económica de la misma, un conjunto de más de 60 aeropuertos que cubren todo el territorio nacional, agrupados en aeropuertos para vuelos de largo, medio y corto alcance, en los cuales se deberían realizar obras de construcción o modernización.

A la fecha ha sido satisfactoriamente cubierta una primera etapa, ya que los aeropuertos para vuelos de largo alcance y los de mayor prioridad de mediano alcance, cuyo conjunto se identifica con las metrópolis regionales, han sido terminadas o se encuentran a punto de terminarse, debido al significativo crecimiento de las inversiones en este rubro en los últimos cinco años. Queda por resolverse en una segunda etapa del programa, el problema del área metropolitana de la Ciudad de México y por realizar las inversiones necesarias para la modernización y construcción de 12 aeropuertos para vuelos de mediano alcance y 33 aeropuertos actualmente con algunas limitaciones en su operación, para vuelos de corto alcance.

Los aeropuertos en los que se han ejecutado obras cumplen con las normas y especificaciones internacionales para la operación de aviones de reacción de mediano y largo alcance y sus instalaciones - diseñadas para satisfacer las necesidades previstas para 1975 - podrán ampliarse con inversiones menores adicionales hasta duplicar su capacidad.

Esta vista panorámica de los tres rubros de la infraestructura del transporte que atiende la Secretaría - carreteras, vías férreas y aeropuertos - y que se extiende en el tiempo hasta el año de 1980, permite, mediante una evaluación de las proposiciones concretas que involucra, definir las acciones que en los próximos seis años resultan más consistentes con los objetivos que la colectividad mexicana se ha propuesto alcanzar.

V EDIFICIOS PUBLICOS

Los edificios para el servicio público forman parte importante de la infraestructura económica del país. Y más concretamente el equipamiento de las áreas metropolitanas deberá incluir este tipo de construcción para cumplir su función de polos de desarrollo.

Hasta ahora, los edificios que la Secretaría de Obras Públicas ha tenido a su cargo en cuanto a proyecto y contsrucción, se pueden agrupar en la forma siguiente:

1o. Los requeridos para las obras viales, tales como estaciones terminales de pasajeros y carga en aeropuertos, casetas de cobro para caminos y puentes de cuota, divisiones y superintendencias de conservación de caminos.

2o. Los solicitados por otras dependencias como, correos y telégrafos, casetas y torres de microondas, oficinas de las Secretarias de Estado, edificios para universidades y centros de investigación, casas de la juventud, centros deportivos - etc.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta el carácter de las obras que se deben realizar, a mediano plazo, se contempla como necesario actuar en los siguientes rubros:

1 Proyecto y construcción, además de los requeridos por las obras viales, terrestres y aéreas, de:

a) Edificios para las Secretarías de Estado y dependencias del Gobierno.

b) Aduanas y edificios diversos para uso de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

2 Proyecto y construcción de las obras que requieran los organismos descentralizados o, en su defecto, intervención en los términos de la Ley.

3 Proyecto y construcción de otros tipos de obras no asignadas actualmente en forma específica a ninguna dependencia del Estado como:

a) Centros de investigación científica.

b) Bibliotecas, hemerotecas, etc.

c) Conjuntos deportivos.

d) Albergues y lugares para descanso ó vacaciones.

En cuanto a estos últimos rubros, se cree conveniente señalar las ventajas que representa el estímulo a la juventud mexicana en cuanto a su creciente dedicación al estudio y al conocimiento de la problemática nacional, mediante la posibilidad de recorrer el país para darse cuenta de sus avances y carencias y desarrollar en ella el espíritu de solidaridad y servicio. Así mismo, la práctica del deporte en condiciones adecuadas, y la oportunidad de esparcimiento en sitios distintos al de la residencia habitual, podrá traducirse en una juventud más preparada y motivada para encarar, en su momento, los problemas del país.
Como se puede advertir, la amplia gama susceptible de cubrir dentro de las previsiones para la construcción de edificios, trae como consecuencia una difícil planeación de inversiones en este rubro, considerando que será la demanda y el énfasis que se dé a cada uno de los subgrupos de edificios citados, lo que dará la tónica general en las construcciones que se lleven al cabo en el próximo período.

VI PROPOSICION DE OBRAS PARA EL PERIODO 1971 - 1976

Con base en lo expuesto, se ha preparado un proyecto de programa para el próximo período administrativo, que contempla una inversión total en materia de obras actualmente a cargo de la Secretaría de Obras Públicas, del orden de $ 25 000 millones. En su preparación campea la intención consciente de influir de manera decisiva en la disposición geográfica de los elementos del desarrollo, para lograr las aspiraciones políticas, económicas y sociales contenidas en la ideología revolucionaria.

Dicho programa que se presenta detallado en la relación anexa a este capítulo, tendría por grupos de actividad, la siguiente distribución general:

	Millones
Construcción y Reconstrucción de Carreteras Federales	$ 7 450
Construcción de Caminos, en Cooperación con las Entidades Federativas	7 670
Conservación de Carreteras Federales	3 700
Construcción de Vías Férreas	1 910
Aeropuertos	1 780
Edificios	940
Gastos Indirectos de Capital	1 550

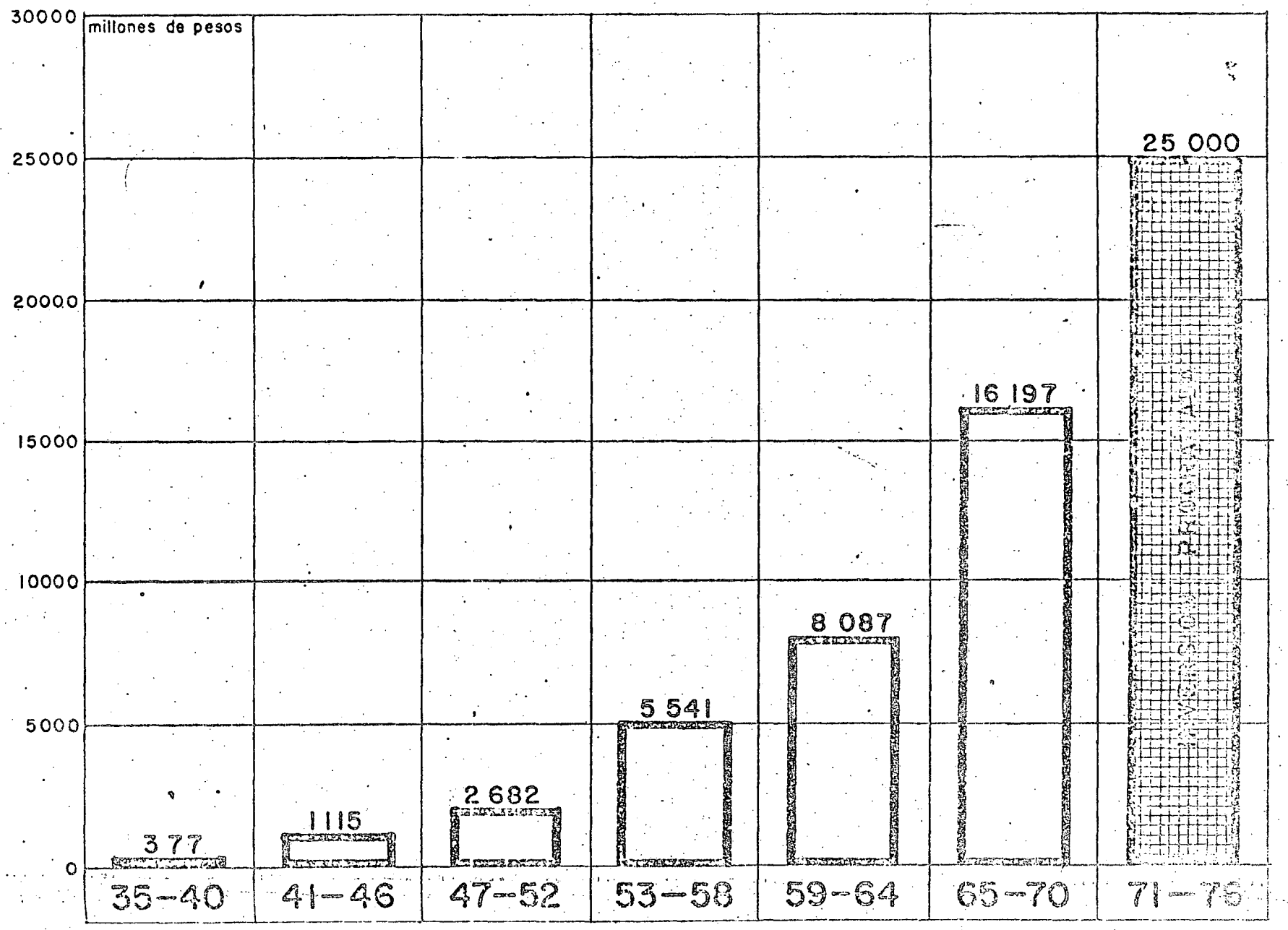
Las cifras anteriores son consistentes con las metas parciales - que en cada renglón es deseable alcanzar y responden al énfasis que, en los años por venir, debe darse en la política de inversiones en obras para consolidar nuestro desarrollo, al mismo tiempo que se aumenta en forma sostenida las acciones destinadas a mejorar la suerte de los grupos de población más desvalidos.

La cifra total representa, respecto a la que se erogará en el sexenio 1964-1970 - calculada en $ 16 200 millones - un incremento de $ 8 800 millones, similar al incremento que tuvo ese sexenio respecto al 1958-1964, en el que la cifra que manejo la Secretaría de Obras Públicas fue de $ 8 100 millones.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE PLANEACION Y PROGRAMA

TENDENCIA DE LAS INVERSIONES



Esto es, la inversión de $ 25 000 millones, es perfectamente factible de alcanzar en el período 1971-1976, pues representa un aumento semejante al que se hizo durante la actual administración con respecto a la pasada. Por otra parte, la cifra no es arbitraria, en tanto que la definición de objetivos en los distintos rubros de acción de la Secretaría, han sido establecidos de manera de satisfacer los requerimientos que en ello se presentan.

En materia de construcción de carreteras federales se construirían, entre otras, las siguientes obras. En el noroeste: Agua Prieta-Janos, Santa Rosalía-San Ignacio, ramal a Naco y Compostela-Chapalilla. En el nortecentro: Chihuahua-Ojinaga, Nuevo Laredo-Piedras Negras y Tepehuanes-Guanaceví. En el noreste: Soto la Marina-Jiménez y el acortamiento Tampico-Ciudad Victoria. En la región central del país: Zihuatanejo-Playa Azul, Temascaltepec-Ciudad Altamirano, Naucalpan-Atlacomulco, Cardel-Veracruz, Maravatío-Zinapecuaro, Apatzingán-Tepalcatepec, y en el sur y sureste: Puerto Escondido-Puerto Angel-Salina Cruz, Ciudad Alemán-Sayula, Tuxtepec-Matías Romero, Huixtla-Ciudad Cuauhtémoc y Carrillo Puerto-Tulum.

Para mejorar la comunicación terrestre entre centros urbanos importantes, que han generado corrientes de tránsito que saturan las carreteras que los ligan, se deberán construir las siguientes carreteras de cuota: Córdoba-Veracruz, Peñón-Texcoco, Irapuato-León, Irapuato-Zapotlanejo, Tecamac-Pachuca, y deberán ampliarse a cuatro carriles las carreteras Querétaro-Celaya, Cuernavaca-Amacuzac, Amacuzac-Iguala y San Cristóbal Ecatepec-Teotihuacán.

En materia de caminos en cooperación, se contempla la construcción de 20 000 a 25 000 kilómetros de caminos de interés estatal o regional, tales como los que comunican entre sí cabeceras municipales, o los alimentadores de la red de carreteras federales, que constituyen ramales a poblaciones actualmente aisladas o a zonas potencialmente productivas y aún no beneficiadas por falta del indispensable acceso.

El incremento sustancial a las inversiones en este tipo de obras, en relación a las registradas en el pasado inmediato, presupone la intención de acelerar el ritmo de desarrollo de la provincia mexicana, haciéndole llegar muchos de los beneficios que están ya produciendo las redes troncales de carreteras y vías férreas de que dispone el país.

La construcción de caminos rurales de acceso deberá ser acrecentada, a fin de alcanzar rápidamente la meta de que ninguna población de más de 500 habitantes esté aislada de la red. Para el próximo sexenio, con una inversión del orden de $ 700 millones, se puede obtener un avance de más de 9 000 kilómetros de este tipo de caminos, destinados a servir unas 1 700 localidades, en las que habitan más de 2 500 000 compatriotas.

En la conservación de carreteras federales se incrementará notablemente el ritmo de inversión, en comparación con los recursos anteriormente destinados, en razón del crecimiento anual que se contempla en la longitud de la red y tomando en consideración su estado actual y la necesidad de su mejoramiento.

La red de vías férreas se verá aumentada con ciertas líneas nuevas entre las que podrán figurar las siguientes: Guadalajara-Saltillo que reducirá el recorrido entre esas ciudades; la primera etapa de la línea México-Acapulco que propiciará la explotación económica de los recursos silvícolas y mineros del Sur del país; la vía Perote-Tuxpan-Tampico, que junto con el ramal a Cardel, - constituirá la vía corta México-Tampico; y el importante tramo - faltante de la Costera del Golfo, región también de elevadas posibilidades de industrialización, y el tramo hacia Las Truchas,- que dará servicio al complejo industrial siderúrgico de la costa de Michoacán.

En el capítulo de aeropuertos se considerarán el de Zumpango, -- que dará servicio a la capital de la República, y los de Tuxtla Gutiérrez, Villahermosa, Nuevo Laredo, Poza Rica - Tuxpan, Manzanillo, Minatitlán, Los Mochis, Guaymas, Zihuatanejo, Tapachula, Chihuahua, Chetumal, Ensenada y Nogales. Se proyecta construír, entre otros, aeropuertos de interés turístico en Cozumel, Palenque, Bonampak, Puerto Juárez y Puerto Escondido.

Por último, en el capítulo de edificios se construirán, entre -- otros, las siguientes obras: conjunto de edificio y salas de sesiones para el H. Congreso de la Unión; conjunto para la Secretaría de Agricultura y Ganadería; edificio para la Procuraduría de la República; conjunto para la Secretaría de Gobernación y edificio para la Secretaría de Obras Públicas. Además, en el interior de la República se continuará la construcción de edificios de correos, telégrafos y telecomunicaciones; palacios federales

y unidades deportivas y se iniciará la construcción de albergues juveniles y de alojamientos de tipo popular en zonas turísticas.

Octubre de 1969.

RFV/DDD/agd.

EVALUACION DE PROYECTOS

I. I. OBJETO Y ALCANCE.

Evaluar un proyecto, significa elaborar un conjunto de antecedentes que permitan estimar las ventajas y desventajas que trae consigo asignar recursos productivos o factores de producción (mano de obra, capital, recursos naturales, tecnología) a la producción de ciertos bienes o servicios.

Entenderemos por proyecto la unidad más pequeña de inversión que debe considerarse en la planeación, integrada por una obra o conjunto de obras técnicamente coherentes cuyo fin es la satisfacción de necesidades previamente establecidas, por ejemplo: la construcción de una obra hidráulica destinada a cubrir necesidades de energía eléctrica, de riego, de defensa etc; la construcción de una escuela orientada a la producción de servicios de educación.

Un conjunto de proyectos si y sólo sí, es coordinado, recibe el nombre de programa.

Los proyectos pueden ser evaluados aisladamente en ausencia de programas o -- planes generales, este es posible en virtud de que las metas por elegir pueden juzgarse cualitativamente en cuanto a sus efectos deseables, de manera que, en la medida en que un proyecto tenga incidencia en este aspecto será más o menos favorable.

Un proyecto suelto, no refleja necesidades de una economia y de esta suerte no es posible asociarle prioridad alguna, por el contrario, en programa proporciona el panorama opuesto, permite balancear los proyectos de que consta y además - evitar la presencia de demandas insatisfechas por las ofertas respectivas, (cuellos de botella), fenómenos que pueden atribuirse a las asignaciones irracionales de recursos y por ende a la realización de proyectos inadecuados.

Si existe un plan de desarrollo económico al nivel global o sectorial, debe tomarse en cuenta el efecto de un programa sobre él, desde la incidencia individual de los proyectos constitutivos del mismo.

Las reflexiones anteriores ligan a cualquier proyecto o programa público o privado con la economía nacional de un país, esto trae consigo la necesidad de contar para los juicios de evaluación con un conocimiento profundo de los variables macroeconómicas que definen el estado de desarrollo actual de una economía y que a través de su comportamiento traducen las metas de un plan de desarrollo - asociado a la misma.

El proyecto, como elemento dinámico durante su ejecución y funcionamiento incide sobre la economía nacional de un país a través de :

i).- Efectos Directos.- Esto es, aumento en el ingreso nacional, incrementos en la ocupación, aumento de divisas, etc.

ii).- Efectos Indirectos constituídos por incidencias similares en otros

proyectos, estos pueden ser hacia adelante o hacia atrás. Por ejemplo el establecimiento de una planta siderúrgica incide hacia atrás a través de su demanda de productos del sector minero y puede operar hacia adelante en el incremento de la producción de una planta laminadora.

iii).- Efectos Secundarios, que son aquellos provocados por los ingresos del proyecto mismo y su distribución. Por ejemplo la capacidad de compra adquirida por las personas proporcionan el factor trabajo en el proyecto en cuestión.

La consideración de los distintos efectos de un proyecto en cuanto a la extensión de los mismos, que ha sido indicada anteriormente, permite establecer dos criterios de evaluación, el privado que se lleva a cabo a precios de mercado y el social que toma en cuenta los precios de oportunidad que describiremos más adelante.

Una evaluación privada o hecha con criterio privado solamente toma en cuenta los efectos directos del proyecto y se hace generalmente a través de la consideración de índices como los siguientes:

$$\text{Indice de Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Capital}}$$

$$\text{Velocidad de Rotación del capital} = \frac{\text{Ventas Totales}}{\text{Capital}}$$

$$\text{Relación producto capital} = \frac{\text{Producto}}{\text{Capital}}$$

En cambio el criterio social de evaluación consiste en tomar en cuenta los efectos directos, indirectos y secundarios del proyecto a través de relaciones del tipo siguiente:

$$\text{Intensidad de Capital} = \frac{\text{Capital}}{\text{Ventas}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{Capital}}{\text{Producto}}$$

$$\text{Ocupación por Unidad de Capital.} = \frac{\text{Número de obreros}}{\text{Capital}}$$

muy importante cuando existe desocupación.

$$\text{Primer Efecto sobre el saldo de la Balanza de Pagos.} = \frac{\text{Producto en Divisas}}{\text{Consumo en Divisas.}}$$

o bien a través de :

$$\text{Segundo Efecto sobre la Balanza de Pagos.} = \frac{\text{Ingreso en Divisas - Insumo en Divisas}}{\text{Capital en Divisas.}}$$

$$\text{Relación Beneficios Costos.} = \frac{\text{Ingresos Totales-Costos Asociados}}{\text{Costos Directos Totales.}}$$

La base para obtener los datos necesarios que permite calcular los índices de evaluación anotados, es la confección de la cuenta de gastos e ingresos del proyecto, que puede resumirse en el cuadro siguiente:

GASTOS	INGRESOS
1.- Materia Prima	6.- Ventas de Productos
a) Nacional	a) En el país
b) Importada	b) En el Extranjero
2.- Mano de Obra	7.- Subsidios.
a) Nacional	
b) Importada	
3.- Depreciación e Intereses	
a) Nacional	
b) Extranjera	
4.- Utilidades	
a) Nacionales	
b) Extranjeros	
5.- Impuestos Directos netos de subsidios.	

Es posible contabilizar entre los ingresos de los subsidios que, en este caso, - deberán deducirse del lado de los débitos de esta cuenta.

Serán fundamentales para la evaluación de un proyecto los análisis siguientes:

a).- El estudio de mercado.

b).- La determinación del tamaño y localización.

c).- La Ingeniería de Proyecto.

d).- El cálculo de las Inversiones.

e).- La organización de los datos de evaluación.

f).- El financiamiento.

g).- La Organización.

h).- La evaluación propiamente dicha.

En resumen y a reserva de detallar más adelante, cuando se cuenta con un programa debe asignarse a cada uno de los proyectos --- un " indice de prioridad " que refleje la importancia que le corresponde. Este índice se determina desde un punto de vista general como un cociente de dos números, uno que traduzca las ventajas entre otro que refleje las desventajas correspondientes.

Las ventajas de un proyecto, como integrante de un programa, se miden calculando las contribuciones del proyecto a las metas del plan general y ponderándolas según un índice de importancia de acuerdo con el último.

Las desventajas en cambio, se representan numéricamente a través de los costos relativos de los factores de producción estimados de acuerdo con su abundancia o escaséz relativas, tomando en cuenta la cantidad de llos que interviene en el proyecto.

Calculados los índices de prioridad de los proyectos conviene observar si se han empleado plenamente los factores de producción escasos y de lo contrario se procede a efectuar ajustes que al fin garanticen esto último. Ya logrado, resta ordenar los proyectos según un órden decreciente de prioridades para obtener la prelación del programa.

I. 2.- NOCIONES DE CONTABILIDAD NACIONAL.

En un sentido amplio la contabilidad nacional, es un registro estadístico y sistemático de los hechos constitutivos del proceso económico. También suele hablarse de contabilidad nacional cuando las diversas estadísticas del producto, del ingreso y otros conceptos relacionados se presentan en cuadros, o en cuentas, de acuerdo con determinadas normas, integrando un sistema formal y coherente.

Fundamentalmente todo sistema de contabilidad nacional se establece en términos de transacciones , razón por la cual se define:

Definición.- Se entiende por transacción cualquier movimiento de objetos reales o financieros, entre los sectores definidos dentro o para un sistema económico.

Es necesario de acuerdo con las exigencias de la Contabilidad Nacional extender el concepto de transacción, aunque no en forma precisa. Para entenderlo hacemos referencia a la condición de existencia expresada por Oblsson:

"EXISTE TRANSACCION CUANDO UN OBJETO REAL O FINANCIERO CAMBIA DE MANOS, DE SITIO DE CARACTERISTICA FUNCIONAL O CUANDO PRESTA UN -- SERVICIO".

Toda transacción sucede pues a base de objetos y está efectuada por entidades (al menos una de estas). Es conveniente hacer notar que las transacciones pueden clasificarse atendiendo fundamentalmente a sus dos factores integrantes, esto es, con respecto al objeto y a la entidad o entidades.

Puesto que los objetos pueden ser reales (Mercaderías Servicios) o financieros - (cobros, pagos obligaciones, créditos) las transacciones respectivamente serán — reales o financieras.

En el pago de un salario existen dos transacciones, una real y otra financiera constituídas respectivamente por el movimiento del servicio prestado " el trabajo " y - por el pago del salario en sí.

Tomando en cuenta las entidades que intervienen en una transacción, estas pueden ser Efectivas si se verifican entre dos sectores distintos, o bien Imputadas cuando se llevan a cabo convencionalmente en una sola entidad o persona, esto es, se les considera como tales. Por ejemplo una transacción efectiva es una compra o — una venta, en cambio son transacciones imputables en general todas aquellas que suceden como servicios prestados por un bien a su propietario. Así son, el autoconsumo de agricultores, (en México es clásico el del maíz), las provisiones para depreciaciones, el servicio que prestan los inmuebles a sus propietarios por concepto de habitación, etc. Cabe enfatizar que no se acostumbra imputar transacciones a - los servicios domésticos prestados por amas de casa, ni por los bienes más o menos permanentes de consumo, por ejemplo refrigeradores, lavadoras, etc. Esto es meramente convencional y en cuanto a los últimos se afirman consumidos en el momento de su compra.

Si las transacciones están de alguna manera condionadas a otra, se llaman bilaterales, de lo contrario se llaman unilaterales. En las bilaterales el movimiento sucede en dos sentidos, por ejemplo una compra-venta, en cambio en las unilaterales el - movimiento es de un sólo sentido, por ejemplo las donaciones, las pensiones etc.

Las trnsacciones según su naturaleza económica, pueden ser de numerosas clases, compras, ventas, pago de impuestos, de salario etc.

Los sistemas de cuentas se establecen fundamentalmente según sus objetivos, - algunos pertenecen a la contabilidad de flujos y son registros que involucran datos de sucesos ocurridos durante cierto lapso. Por otra parte se encuentran los- Balances Nacionales o Contabilidades de Stocks que se efectúan en determinada fecha. Por ejemplo el día 31 de diciembre de cada año.

Es conveniente aclarar que un flujo es un conjunto de transacciones de la misma clase.

SISTEMA DE CUENTAS.-

SISTEMAS DE CUENTAS.	OBJETIVOS.
1).- Contabilidad de productos y del ingreso. (cuentas nacionales)	Obtener una medida del resultado de la actividad económica.-Producción y su utilización en consumo e inversión.
2).- Cuentas de fuentes y usos de - fondos.	Mostrar fuentes de financiamiento - de inversiones.
3).- Contabilidad de Insumo producto.	Profundizar el análisis de transacciones en productos intermedios (auxilia al primer procedimiento en el sentido de que este no registra al final- dichos intermedios).
4).- Balance de pagos.	Registro de transacciones entre los - residentes de la economía que se consideren y residentes en el exterior.

Todos estos registros son de la Contabilidad de flujos:

El siguiente es un balance que se efectúa en determinado momento.

5).- Balances Nacionales.	Registros activos y pasivos en un momento dado.

Analicemos desde el punto de vista de la Contabilidad Nacional los distintos aspectos de la producción y utilización de las mercaderías y servicios de un sistema económico, con el único objeto de fijar los conceptos macroeconómicos a que nos referiamos con anterioridad. Para observar estos flujos usemos el sistema de cuentas del Producto y del Ingreso representado a la manera de Leontief en la página # 11.

El sistema de cuentas nacionales, registra las entidades que llevan a cabo las -- transacciones en o con un país en tres grupos internos a la economía en cuestión y otro agregado exterior a la misma. A saber:

a).- Las Familias, entidades netamente consumidoras de la economía que, suministran los factores trabajo o capital a las empresas recibiendo en cambio un ingreso que les sirve para consumir el producto de las últimas, cuya finalidad es la de cubrir sus necesidades.

b).- Las empresas, entidades de la economía destinadas a la producción - de bienes y servicios con fines de lucro o que al menos, los venden en el mercado a su costo de producción.

c).- El Gobierno, sector de una economía dedicado a la producción exclusiva de bienes y servicios destinados a la satisfacción de las necesidades de la sociedad en su conjunto y que no tienen precio en el mercado. Tal es la naturaleza de los servicios de defensa, de policía, de justicia, de educación, etc.

d).- El Resto del Mundo, conjunto de todas las economías localizadas fuera del territorio nacional del país que se considere.

Todas las transacciones serán consignadas por su contenido financiero, esto es, -

ESQUEMA DE UNA ECONOMIA ABIERTA

SECTOR	UTILIZACION INTERMEDIA 1	2	3	S.T.	UTILIZACION FINAL... C_p	C_g	I_b	ST_i	E	ST	TOTAL
1	6	72	3	81	45	—	-10	35	20	55	136
2	7	152	52	211	252	—	115	367	34	401	612
3	33	128	34	195	124	73	9	206	2	208	403
M		33	3	36	4	—	7	11	—	11	47
S.T.	46	385	92	523	425	73	121	619	56	675	1198

P_r B T = = 1151

V. A. S/CF	+ 85	+ 187	+ 301	+ 573
R. T.	19	115	176	310
R. y U de EC.	58	52	90	200
P.D.	8	20	35	63
II-s.	5	40	10	55
P_r B T	136	612	403	1151

por su valor a los precios de mercado bajo la suposición de igualdad entre la - oferta y la demanda.

Como puede verse en el esquema, la corriente de mercaderías y servicios originada en las entidades productoras tiene tres aplicaciones fundamentales dentro de la economía:

A).- Producir otros bienes y servicios, transformándose o consumiéndose totalmente con este objeto durante el ejercicio productivo que se analiza, a tales bienes o servicios los llamaremos INSUMOS o productos de consumo intermedio.

B).- Satisfacer las necesidades de las Familias o de la Sociedad en su - conjunto (asignables al gobierno como representante de la Sociedad). Estas mercaderías o servicios se llaman de consumo final ya sea personal o social respectivamente.

C).- Integrar el acervo productivo o equipo de producción de la economía, ellos son conocidos con el nombre de bienes de capital, cuya duración se extiende más allá del lapso correspondiente a un ejercicio productivo y constituyen la inversión o formación de capital.

Las líneas de la parte inferior de la tabla de la pag. # 11 indican la corriente de servicios de los factores de la producción utilizados aisladamente en cada uno - de los sectores de actividad. Cabe observar además que, entre los costos de - producción del sector se hallan la depreciación o desgaste que tiene lugar en el equipo de capital durante cada ejercicio productivo, como una transacción imputada, y el pago de impuestos indirectos netos de subsidios.

Tiene interés particular establecer las relaciones entre los conceptos macroeconómicos y las remuneraciones de los factores de la producción aunque sus mediciones al nivel nacional representen una complicación considerable.

Por último diremos que hemos excluído del esquema de economía abierta todas - - aquellas transacciones que operan en el mercado de capitales y en el sistema bancario financiero.

Estamos en condiciones de comprender los conceptos macroeconómicos referidos:

Se llama disponibilidad Bruta total, a la totalidad de bienes y servicios que fluyen en el sistema económico originados tanto en las entidades nacionales como en el exterior:

$$D\ B_r\ T = U.I + U.F. \qquad (1)$$

Se entiende por Producción Bruta Total, al conjunto de todos los bienes y servicios que fluyen en el sistema económico y que se originan exclusivamente en el entonces:

$$D\ B_r\ T = P\ B_r\ T + M. \qquad (2)$$

Tomando en cuenta (1) y (2) :

$$U.F. = P_r\ B\ T - U.I. + M. \qquad (3)$$

Expresión que mide la demanda final, o conjunto de bienes y servicios requeridos por las familias, el gobierno, la formación bruta de capital y el exterior. La demanda final puede expresarse:

$$D.F. = U.F. = Cp + Cg + Ib + E. \qquad (4)$$

Definimos como producto bruto interno, territorial o geográfico de una economía, al resultante neto de su actividad, esto es, la producción libre de duplicaciones de la misma así:

$$P\ B\ I = P_r\ B - U.I. \qquad (5)$$

Entonces: de (3) (4) y (5):

$$P\ B\ I = Cp + Cg + Ib + E - M. \qquad (6)$$

Obsérvese que el producto bruto interno, no es atribuible en exclusivo a los residentes de una economía, pues existe la posibilidad de importar servicios de trabajo y capital del exterior, además :

$$P\ B\ I = D.F - M. \qquad (7)$$

Ahora bien, del lado de la composición:

$$P\ B\ I = P_r\ B - U.I = \text{Ingreso de los Factores} + P.D + II - S \qquad (8)$$

A esta expresión, dado su planteamiento se denomina también Ingreso Bruto Interno a precios de mercado:

$$Y\ B\ I\ (\text{A precios de mercado}) = P\ B\ I \qquad (9)$$

Los conceptos anteriores frecuentemente se expresan en base neta o en base " a costo de factores " : para ello, simplemente se restan las provisiones para depreciación o los impuestos indirectos netos de subsidios respectivamente.

Por convención, al expresar el producto bruto interno se entiende implícitamente que se le estima a precios de mercado, en cambio, el ingreso bruto interno a secas, se da a costo de factores. De manera que:

$$P\ B\ I = Y\ B\ I + II - S. \qquad (10)$$

Se entiende por saldo de la Balanza Comercial en cuenta corriente a la diferencia:

$$S\ B\ C = E - M. \qquad (11)$$

Ya se ha dicho que en una economía no sólo existen factores de producción nacionales, de manera que conviene definir:

Se entienden por ingresos netos de factores recibidos del exterior, a los ingresos recibidos por el resto del monto más los ingresos recibidos en la economía del exterior ambos debidos a la prestación de servicios de trabajo y capital, generalmente cuando esta cifra es negativa, puede pensarse que el país o la economía en cuestión es subdesarrollada.

Al sumar P B I o al Y B I los ingresos netos de factores recibidos del exterior se expresan ambos rubros en base nacional:

$$P\ B\ N = P\ B\ I + Ynfe. \qquad (12)$$

$$P\ B\ N = Y\ B\ I + Ynfe. \qquad (13)$$

Pudiendo definirse el producto bruto nacional como la producción libre de duplicaciones de una economía atribuible exclusivamente a factores de producción nacionales.

Si expresamos el Y B N (que está a precios de factores) en base neta obtenemos:

$$Y = Y\ B\ N - P.D. \qquad (14)$$

que recibe el nombre de Ingreso Nacional, y puede interpretarse como el ingreso que reciben los residentes de una economía, por participar a través del suministro de los factores trabajo y capital en la actividad respectiva.

Definimos como saldo de la balanza de pagos a :

$$S.B.P = E - M + Ynfe. \qquad (15)$$

y de acuerdo con ello :

$$PBN = (Cp + Cg) + (Ib + S.B.P) \qquad (16)$$

en donde se distinguen dos rubros, uno de consumo y otro de formación de capital; pues bien a :

$$I.N. = Ib + S.B.P$$

se le denomina inversión bruta nacional.

LA ORDENACION DEL TERRITORIO Y EL ESQUEMA DIRECTOR PARA LA MODERNIZACION DE LA RED FEDERAL

Ing. Miguel Nava U. *

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre jamás se preocupó por la oferta de espacio y de recursos, puesto que la magnitud de sus actividades y necesidades era tan pequeña, que los hacían parecer ilimitados.

No obstante, en la actualidad se vive con el conocimiento de que eso ya no es posible. El rápido crecimiento demográfico y las exigencias de la vida moderna, son factores que limitan el consumo de espacio por habitante, y destacan que la oferta de espacio al igual que los recursos de que dispone son limitados.

En este orden de ideas, surge la necesidad de introducir el concepto de ordenación del territorio, que constituye una forma de organizar el espacio geográfico de manera tal, que permita el desarrollo equilibrado de todas las regiones del país, y orientar así el bienestar y progreso de todos sus habitantes.

En el caso de México, sus distintas regiones con ubicaciones y características geográficas muy diversas, han sufrido injusticias históricas acumuladas, lo que ha traido por consecuencia que el desarrollo regional se

* Jefe del Departamento de Evaluación de Inversiones.
Dirección General de Análisis de Inversiones.

haya realizado a muy diferente ritmo. Esta situación se refleja, en la mayor parte de los casos, en disparidades en la urbanización, desigualdistribución de la riqueza y recursos potenciales ociosos que propician la creación de concentraciones que acentúan los desequilibrios en todos sentidos.

Para ilustrar lo anterior, baste señalar que a principios del siglo pasado, el Valle de México, por ejemplo, contenía una población de 200 000 habitantes; cien años después, durante el período armado de la Revolución, esta cifra se había duplicado, alcanzando los 400 000 habitantes; y actualmente, más de 10 millones de mexicanos habitan esta zona del país, y sufren las consecuencias derivadas de la concentración, problemas que también se principian a observar en las ciudades de Guadalajara y Monterrey.

Por otra parte, al iniciarse este siglo, el 70% de la población del país vivía en comunidades menores a los 15 000 habitantes; en el presente, esa cifra se ha reducido al 50%, y se puede prever que para fines del siglo sólo el 30% vivirá en ese tipo de comunidades.

Si observamos que a partir del movimiento de Independencia se requirieron 100 años para duplicar la población de la zona de la Capital de la República y que, en cambio, en el presente y en vista de las tendencias de crecimiento actuales, únicamente se requerirán 23 años para du-

plicar la población del país, previéndose un lapso aún menor para que - esto tenga lugar en muchas de nuestras ciudades, nos encontramos con- un fenómeno, para cuya evolución se presentan dos alternativas funda-- mentales:

a) Permitir el juego libre de los acontecimientos y que, en forma natural, se desarrollen regiones y ciudades que por sus características- atraigan el mayor número de habitantes.

b) Programar el desarrollo equilibrado del país, haciendo intervenir los conceptos de una adecuada política de ordenación del territorio, proporcionando, hasta donde los medios lo permitan y con una acertada planeación, iguales oportunidades de desarrollo a las diversas regiones que integran el contexto nacional.

La primera alternativa conduce a la injusticia social y a la explotación- de los grupos mayoritarios; por lo contrario, la segunda se encuentra -- dentro de los lineamientos y objetivos establecidos para el desarrollo -- del país, que contempla iguales oportunidades para todos y la búsqueda de equilibrio como justicia social.

La elaboración de una política de ordenación del territorio, comprende lo que se conoce también como planificación del medio y, por extensión, - el desarrollo integrado de la nación como un todo geográfico. Consiste en prever, dentro de un marco espacial determinado, los cambios que --

han de intervenir en la política económica y guiar el desarrollo de la riqueza nacional en el espacio, como la planeación económica lo guía en el tiempo.

La idea de ordenación del territorio, determina a su vez directrices que buscan la organización del espacio nacional en función de su población y comprende el ruralismo, o planeación del medio rural y el urbanismo, o tratamiento integral de las aglomeraciones mayores.

La ordenación del territorio es pues, la expresión geográfica de la política económica del país, e involucra la redistribución voluntaria de la agricultura, la industria y los servicios para una mejor utilización del espacio y de los recursos de la nación.

Los objetivos principales de una política de este tipo consideran el desarrollar una colectividad, en la que la vida urbana permita satisfacer las nuevas exigencias nacidas de un nivel de vida superior y el propiciar una mayor disponibilidad de tiempo para esparcimiento, en la que las comunidades rurales adquieran un nuevo carácter acompañado de satisfactores muy semejantes a los de las grandes ciudades y tengan, no sólo una justa participación en el ingreso, sino también en el esparcimiento y la cultura.

En esta política intervienen una serie de factores que la afectan, como es el caso del crecimiento de la población, del aumento generalizado de-

la productividad, de la elevación del nivel de vida, de la diversidad de las necesidades y las aspiraciones de los habitantes y, en suma, de un enorme número de factores políticos, económicos y sociales.

Es por ello que la implementación de una política de esta naturaleza implica que el Gobierno ponga en juego todos los medios a su alcance para la consecución de los objetivos buscados. En este sentido, y para referirme al tema identificado dentro del marco de este Seminario, es necesario destacar que la infraestructura para el transporte representa un factor indispensable para la puesta en marcha de la política de ordenación del territorio.

En efecto, actualmente se puede constatar que el sistema vial, parte indispensable de los fenómenos de intercambio que se generan a través de la demanda de transporte, es un elemento que requiere una profunda reflexión y una utilización consciente, si no se desea que los objetivos que se pretenden alcanzar resulten diferentes y aún contrarios de aquellos que originalmente lo motivaron. Por tanto, es necesario tener presente que todo proyecto de ordenamiento espacial de las actividades económicas y sociales, se traduce en necesidades de sistemas viales que respondan a las demandas de transporte, por lo que puede decirse que los sistemas viales deben estar vinculados con la ordenación del territorio, que esencialmente significa acciones al servicio de objetivos estratégicos superiores.

En

En este orden de ideas, los planes que se preparen para la infraestructura del transporte carretero deben contemplar en su contexto general, un conjunto de metas parciales que se identifiquen con las políticas nacionales y que observen una correspondencia con los objetivos sectoriales, dentro de la concepción de la ordenación del territorio.

En nuestro país los antecedentes de los planes para la infraestructura carretera datan de los años sesenta, a partir de los cuales las acciones en esta materia se enmarcaron en lineamientos de una política vial, que permitió la formulación de un plan apoyado en objetivos específicos a alcanzar en un plazo medio, es decir, en el término de 10 a 12 años. El plan propuesto llevaba implícita su vinculación con el desarrollo de todos los sectores que integran la vida económica y social de la nación y, asimismo, la noción de un plazo dentro del cual podían situarse todas las decisiones que en él se apoyaban.

Si bien, en la actualidad siguen aceptándose los aspectos mencionados, en la revisión que constantemente se hace del plan, ha sido necesario introducir un aspecto más, relativo a la ordenación del territorio-cuyos conceptos generales ocuparon los primeros apartados de esta presentación —y, por otra parte, introducir análisis de tránsito y operacional de la red carretera, en virtud de su actual estructura.

Es sobre estas bases que se emprendió la actualización del plan y se estructuró un Esquema Director del Sistema Carretero, en el que se definen-

los rasgos principales de la evolución de la red federal hasta 1995. Dicho esquema representa la primera etapa de un conjunto de acciones encaminadas a mejorar el uso de la programación a largo plazo; constituye el marco de referencia para formular programas de inversión anuales y, además, sirve de escenario para mostrar los tramos de la red que, en el futuró, integrarán un sistema de carreteras directas o autopistas, por lo cual conviene tomarlo en cuenta, tanto en el análisis económico de las inversiones como en la definición de los criterios de diseño.

Es importante señalar, que un esquema de esta naturaleza, tal como ya se señaló, sólo constituye un marco de referencia, que no elimina la necesidad de elaborar estudios detallados a nivel de obra y de proyecto.

En la elaboración del esquema mencionado, básicamente la atención se centró en la red troncal o federal, al considerarla el enlace que asegura las relaciones interestatales entre las ciudades más importantes del país.

Los aspectos principales que se buscaron fueron:

a) Ordenación del territorio. En este sentido se ha considerado que el papel que representa la red de carreteras en el desarrollo económico no es meramente pasivo. La existencia o inexistencia de una infraestructura influye de manera importante en la ubicación de las actividades económicas, lo cual debe tomarse en cuenta y emplearse para decidir prioridades de realización. Posteriormente se hará referencia al método utilizado.

b) Tránsito. Sobre este particular, la red debe atender al tránsito previsible; para ello, es necesario definir los ejes de mayor circulación, por ser en estos donde habrá que prever la realización de autopistas, así como también ejes nuevos, mismos que pueden conducir a proposiciones de carreteras de cuota en sitios en donde puede no existir en la actualidad este tipo de comunicación.

En términos generales, las carreteras existentes estan bien adaptadas a los volúmenes de tránsito que soportan, que en buena parte son pequeños, con excepción de los que existen en los alrededores de los centros urbanos principales, particularmente la ciudad de México. En 1977 poco más de 3 000 km. registraban más de 5 000 vehículos por día, y 5 000 km. más de 4 000 vehículos por día.

Por lo que se refiere a las condiciones de servicio, es decir, operacionales, la red federal ofrece condiciones aceptables, excepto en los tramos ubicados en zonas de concentración urbana, donde se han presentado fenómenos de congestionamiento que han motivado la realización de rutas alternas a las cuales se les ha fijado el sistema de cuotas a los usuarios. Estas carreteras nuevas, con características especiales, constituyen el inicio de una red de vías rápidas a las que se le puede asignar un carácter estructurante; sin embargo, por la situación señalada con anterioridad, esta red presenta en la actualidad, esencialmente un desarrollo tipo "estrella" en torno a la ciudad de México, como ocurre en otros

países en torno a las grandes concentraciones urbanas.

No obstante la situación mencionada para la red federal, los indicadores obtenidos con base en los volúmenes de tránsito, muestran que a corto y mediano plazo un buen número de tramos de dicha red operará a niveles poco satisfactorios, en virtud de que en los últimos años tales indicadores muestran un rápido aumento. En los conteos de tránsito, las tasas de crecimiento anual rebasan a menudo el 10% anual, observándose tasas similares en el renglón de ventas de vehículos particulares y en el correspondiente al consumo de combustible fuera de las grandes ciudades.

Las proyecciones que sobre el particular se han hecho para el futuro y que son únicamente la continuación de las tendencias observadas, han permitido, al compararse con lo sucedido en otros países con condiciones similares, obtener los resultados siguientes para los diferentes tipos de vehículos:

a) Automóviles. Existe una relación bastante aceptable entre el número de automóviles registrados y el Producto Interno Bruto, con una elasticidad del orden de 1.5. Mediante la aplicación de dicha relación, para 1995 se obtienen para México entre 9 y 12 millones de vehículos, o sea, de 4.5 a 6 veces el número actual. Se ha estimado que los tránsitos en la red carretera aumenten en forma similar.

b) Autobuses. Los autobuses interurbanos desempeñan actualmente un

papel importante que justifica la calidad de servicio que prestan; -- sin embargo, conforme a las tendencias de crecimiento observadas - en el transporte individual, podría perder importancia en el futuro el empleo de autobuses interurbanos. Un análisis de los datos disponibles permite relacionar su evolución con la del tránsito de automóviles, lo que da como resultado una elasticidad entre los medios de transporte del orden de 0.7. En tal virtud, el papel de los autobuses en 20 años quedaría reducido a la mitad del componente que tiene actualmente en el tránsito. No obstante, es conveniente señalar que es factible esperar cambios en las tendencias por motivo de la política actual sobre energéticos.

c) Camiones. Constituyen actualmente del 30 al 40% del tránsito carretero, y transportan un volumen de carga que representa cerca de 3 - veces el movido por ferrocarril. Conforme a los resultados obtenidos en diversos países, el transporte de mercancías por camión suele desarrollarse a un ritmo similar al del PIB. En el caso de México esto se ha comprobado, habiéndose encontrado una elasticidad - de 1.06 entre el PIB y el número de camiones registrados. Por consiguiente, deberá preverse para el tránsito carretero de este tipo de vehículos, una tasa promedio de crecimiento del 7 u 8%, según las hipótesis de desarrollo económico.

También en este caso, es de esperar que la política de energéticos influ

ya en los pronósticos, al acentuarse el uso del ferrocarril y buscarse un mayor complemento entre los modos de transporte.

Las perspectivas que se han mencionado, permiten considerar que los problemas de capacidad tenderán a crecer en forma casi exponencial, por lo que en los próximos 10 años pasará a ser de 3 000 km. la longitud de los tramos que rebasen los 10 000 vehículos por día, y en 20 años serán más de 10 000 km. los que lleguen a este nivel.

Antes de hacer referencia al otro aspecto básico considerado en la formulación del plan de la red federal, es decir, la ordenación del territorio, citemos algunos aspectos relativos al análisis y proyección del tránsito.

Por lo que toca al primer punto, el conocimiento de los tránsitos en la red de carreteras se deriva de la información obtenida en estudios tales como aforos de tránsito efectuados en períodos de una semana; de origen y destino mediante encuestas directas a los usuarios de carreteras, también con duración máxima de 7 días; de registros en estaciones de conteo permanente, entre las cuales se consideran a las casetas de cobro ubicadas en las carreteras directas o autopistas sujetas a ese sistema, y que sirvieron de base para estimar mediante análisis de correlación, o bien factores de ajuste, el tránsito promedio diario anual en las estaciones de aforo semanal.

Una fase importante la constituyó el desglose de dicha información en

tránsito de largo itinerario y tránsito local, ya que el primero de ellos -- puede generarse por la apertura de nuevas rutas, y también puede cambiar de ruta si se le ofrece una nueva carretera, en tanto que el tránsito lo-- cal, por definición, siempre permanecerá en el mismo camino, provocando con ello ampliaciones del mismo cuando los niveles de tránsito así lo justifiquen.

El tránsito de largo itinerario se determinó con base en los resultados de las encuestas de origen y destino que permitieron establecer matrices con los propósitos señalados. Asimismo, dicha información permitió emplear - el método que consiste en determinar las leyes de generación que rigen - este tipo de tránsito, con el propósito de ampliar los datos conocidos, — hasta integrar una matriz que incluyera los movimientos entre las aglomeraciones incluidas en el plan.

En otros términos, se determinó calcular el tránsito interurbano, es decir- el de largo itinerario, mediante un modelo que permitiera generar este tipo de tránsito con un buen grado de aproximación. El tipo elegido corresponde a una ley de la forma:

$$T_{ij} = K \frac{E_i \cdot A_j}{d_{ij}^{\,a}}$$

donde:

T_{ij} es el tránsito entre i y j

E_i corresponde al poder emisivo de i

A_j corresponde al poder atractivo de j

d_{ij} es la distancia generalizada (costo) de i a j.

De acuerdo con esta ley, a mayor poder emisivo o atractivo corresponde - mayor tránsito, y la atracción entre dos aglomeraciones varía en forma inversa a la distancia, esto es, corresponde a los principios de la ley gravitacional.

Posteriormente se hará referencia, aún cuando en forma general, a los métodos de cálculo y los datos empleados en la elaboración del modelo utilizado.

Proyección del tránsito.

En cuanto a la proyección del tránsito para el año 1995, el método empleado consideró el tránsito clasificado en automóviles, autobuses y camiones y, por otra parte, el supuesto de que la evolución de los movimientos interurbanos se encuentra ligada a la evolución de los factores de emisión- y atracción de su origen y destino, así como a la evolución supuesta del tiempo de recorrido. De esta manera, para el caso de los tránsitos locales, su evolución se consideró ligada a la evolución local y se determinó a nivel estatal.

La hipótesis de base señala que dicha evolución está relacionada con la- correspondiente al número de vehículos registrados en el Estado donde -- está ubicado el tramo considerado. A nivel nacional, se consideró tam--

bién que la cantidad total de movimientos origen-destino, estimados en vehículos-kilómetro, puede estar relacionada con la evolución del número de vehículos registrados a ese nivel, lo que equivale a considerar que se van a mantener en el futuro los recorridos anuales de los vehículos.

En otros términos, la proyección del tránsito interurbano se apoyó en el cálculo de las matrices origen-destino futuras, mismas que se obtuvieron mediante la aplicación del modelo mencionado para los tres tipos de vehículo; en tanto que la proyección del tránsito local implicó la determinación de los coeficientes de incremento del tránsito para cada Estado, en función de la evolución económica de los mismos. Obviamente, el tránsito total es la suma de los dos tipos de tránsito mencionados.

Por otra parte, las perspectivas de desarrollo del tránsito de automóviles y de autobuses de hecho se analizaron en forma semejante, ya que para ambos casos se estudió la evolución del número de esas unidades registrado en el país. Así, para el caso de automóviles, este número se determinó considerando la relación que existe entre el producto per cápita y la existencia de automóviles.

Por lo que se refiere a los autobuses, se trató de establecer una relación entre las leyes de evolución de los automóviles y la de este medio de transporte, sobre la base de que prácticamente son éstos los dos medios dedicados al movimiento de pasajeros por tierra.

Finalmente, y por lo que hace a los camiones, tal como se apuntó anteriormente, el tránsito de estos sigue la evolución de la producción, es decir, del PIB, lo que permitió establecer las relaciones que ilustran el aumento general del tránsito de camiones a 1995.

Los resultados obtenidos en los análisis que consideran el factor tránsito, tal como se ha descrito anteriormente, permitieron establecer las conclusiones siguientes:

- Las inversiones necesarias para responder al incremento del tránsito serán elevadas, ya que dicho incremento será, sin lugar a dudas, similar al que se alcance en el crecimiento económico del país.

- De acuerdo con la distribución del tránsito, dichas inversiones serían repartidas en forma desequilibrada en el territorio nacional, en razón de que los tránsitos se concentran en el "triángulo" que forman las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, y en los ejes radiales con origen en esas ciudades.

- El conjunto de autopistas que se ha integrado a partir de las ciudades principales es similar a los que se han formado en torno a ciudades capitales de otros países. Tales conjuntos, que semejan una estrella, no son sólo el símbolo de un Estado fuertemente centralizado, sino que, además, han desempeñado un papel fundamental en la ordenación del territorio. En efecto, aún cuando las grandes vías -

de comunicación no son suficientes para crear en su zona de influencia la actividad económica, la calidad de servicio que ofrecen a los transportes de pasajeros y mercancías es un factor muy importante en la ubicación de las empresas y de las poblaciones. Por tal motivo, la realización de inversiones que tiendan a mejorar de manera sustancial dicha calidad, pueden tener efectos acumulativos de desarrollo en ciertos puntos privilegiados, como los entronques de las grandes vías de comunicación.

Las conclusiones anteriores establecen la necesidad de buscar un enfoque complementario al del tránsito para la definición de las redes de transporte, con el propósito de que se les considere factor estructurante del espacio geográfico; es por ello que en la formulación del plan de red federal que se describe en este documento, se ha introducido este último enfoque, tal como se mencionó en apartados anteriores.

Ordenación del territorio.

Si consideramos que la responsabilidad de formular y conducir una política de asentamientos humanos y de ordenación del territorio, se traduce en encaminar actividades para lograr la mejor distribución de la población, mediante la concentración de localidades dispersas; el impulso a un sistema de ciudades medianas y a la creación de fuertes polos de desarrollo, y bajo la premisa de que la vialidad está intimamente ligada a la organización del espacio físico-económico, era necesario que la formulación del Esquema

a que me he referido contemplara la configuración de una red primaria en-función de objetivos de ordenación del territorio. Para ello, el método -- que se propuso emplear está basado principalmente en el criterio de jerarquía urbana, cuyo nivel mayor lo constituyen las metrópolis regionales que se definen por un nivel de servicio elevado y un poder atractivo fuerte, — capaz en su conjunto de equilibrar al de la capital en su zona de influencia. Los niveles inferiores están constituidos por los "centros regionales" que completan la estructura urbana en cada zona.

El análisis de una jerarquía urbana se basa principalmente en las siguientes actividades:

- Determinación de las masas urbanas.
- Estudio de las relaciones entre ellas.
- Estudio de las actividades regionales de cada una, es decir, de las-funciones que desempeña en relación con la población de su zona.

En lo relativo a la determinación de las masas urbanas, el criterio utilizado considera básicamente la población. Podría agregarse el uso del concepto masa económica; sin embargo, lo agregado de la información no permitió definir un buen indicador del ingreso urbano, el cual se consideraba básico para determinar el concepto mencionado.

Por lo que toca al criterio utilizado, es decir, población, cabe aclarar -- que éste resulta de mayor validez si se toma en cuenta el papel regional

de cada aglomeración y su tipología interna. En este sentido, y una vez analizada información de diversas fuentes, entre las que destaca un estudio sobre Tendencias de la Urbanización en la República Mexicana, se definieron seis niveles jerárquicos, correspondiendo el último de ellos a ciudades en el rango de 50 000 a 100 000 habitantes para 1995, y el primero de ellos a ciudades con población superior a los 2 millones de habitantes en ese mismo año.

Con base en la estructura urbana conformada por los seis niveles, y empleando el método de los enlaces deseables, se estableció la red conforme a la clasificación siguiente:

- Red estructurante de primer orden: aquella cuyos objetivos son asegurar las relaciones de la capital federal y de todas las metrópolis entre sí, asi como las ciudades del segundo nivel; asimismo, integrar la comunicación hacia las grandes metrópolis extranjeras ubicadas en los países vecinos del norte y sur de la República Mexicana.

  Se trató, al establecer estas relaciones, de servir también al mayor número posible de ciudades de los niveles 3, 4 y 5, siempre y cuando ello no significara, con respecto al camino directo, un alargamiento en el desarrollo de los tramos correspondientes, superior al 20%.

- Red estructurante de segundo orden: complementa la red anterior, y en ella también se tomaron en cuenta las mismas condiciones en lo -

relativo al establecimiento de las relaciones entre sí de las ciudades del segundo nivel, y de estas con todas las de los demás niveles inferiores, excepto el último de ellos; también se incluyeron los enlaces con las capitales de los Estados y hacia zonas donde se tienen ya identificados proyectos de inversión en algunos otros sectores como el turístico, siderúrgico, energético, entre otros. Sin embargo, la dinámica de crecimiento del país habrá de generar otros proyectos susceptibles de concentrar poblaciones importantes, lo que dará como resultado la necesaria revisión y actualización del plan, asi como la construcción de nuevas secciones en dicha red.

Cabe destacar, que con las dos redes mencionadas se aseguran las relaciones determinadas desde el punto de vista de la ordenación del territorio, considerándose en ésta los aspectos señalados en el capítulo correspondiente. Asimismo, sirven a la mayor parte de las ciudades que contarán en 1995 con una población superior a los 50 000 habitantes y, por otra parte, se estima que en ese año estarán comunicadas directamente un número de poblaciones que en su conjunto generarían el 80% del PIB. Incluyen también la mayor parte de los tramos que en la actualidad soportan tránsitos elevados, lo cual no es sorprendente si se tiene en cuenta el peso de la población urbana en la generación del tránsito.

Finalmente, y con el propósito de complementar la red primaria, el método descrito se aplicó a la definición de la red secundaria, conforme a los siguientes criterios:

a) Relacionar todas las ciudades mayores de 50 000 habitantes, es decir, las del sexto nivel, que no tienen acceso a la red primaria.

b) Establecer relaciones directas entre las ciudades de nivel 3 y las ciudades de nivel superior.

c) Complementar e integrar las redes que por razones económicas resulten necesarias.

Métodos de cálculo y datos empleados en los modelos de tránsito interurbano.

Tal como fue expresado en el capítulo correspondiente, para la determinación del tránsito interurbano se recurrió al empleo de un modelo del tipo gravitacional. Para determinar el más adecuado, se ensayaron varios indicadores para los factores emisivo (E_i) y atractivo (A_j), asi como para el denominador de dicho modelo, es decir, d_{ij}.

Para cada juego de factores se efectuó un análisis de regresión lineal múltiple con los logaritmos de los diversos factores, comparándolos con el logarítmo de T_{ij}, obtenido de acuerdo con los resultados de las encuestas de origen y destino utilizadas. El análisis se hizo en forma separada para los automóviles, los autobuses y los camiones de carga. En la determinación del factor distancia, se consideró tanto la distancia en kilómetros como el tiempo de recorrido en automóvil, habiéndose obtenido mejores resultados con este último.

En el caso de los factores de emisión y atracción, se utilizaron los si-- guientes indicadores:

- Población de la aglomeración
- Ingresos declarados por habitante.
- Producción industrial de la aglomeración.
- Producción agrícola y ganadera de la zona vecina.
- Suma de los factores anteriores.

El factor distancia se determinó utilizando como datos básicos los consignados en el inventario de carreteras efectuado en años anteriores, los cuales permitieron clasificar los tramos de la red carretera existente según el relieve topográfico. Por otra parte, se establecieron las relaciones para diversos tramos, entre las características de estos y la velocidad de los vehículos, utilizándose para ello los resultados de estudios de velocidades efectuados con anterioridad, siguiendo el método de lectura de placas.

En los casos que fue requerido, se buscó establecer la relación tránsito - velocidad.

Con base en los datos anteriores, se constituyó una matriz de tiempos de recorrido-origen y destino para todas las relaciones analizadas, misma que requirió el empleo de un programa de computadora, el cual calcula los caminos más cortos de un punto a otro y, a la vez, hace la asignación de tránsito a una red de carreteras mediante flujos que se presentan en forma

de matriz origen-destino.

Conforme a estos elementos de análisis y datos de apoyo, se determinaron las leyes de generación del tránsito, mismas que, como se mencionó anteriormente, correspondieron a cada tipo de vehículo. Un caso particular lo representaron las ciudades ubicadas en la frontera de México con Estados-Unidos de Norteamérica, pues el tránsito que les corresponde no viene sólo de dicha ciudad sino también del país vecino; consecuentemente, ese tránsito puede tener poca relación con las características propias de dicha ciudad; en tal virtud, se optó para este caso particular, por determinar una ley para el tránsito interurbano entre ciudades no fronterizas y otra entre estas y una ciudad fronteriza, todo ello únicamente para el caso de los automóviles.

A título de resumen, permítase expresar que con base en todos los elementos presentados en el desarrollo de este trabajo, se formuló un plan director que tiene como objetivo precisar en forma clara la imagen de lo que será la red federal al término del período considerado, es decir, en 1995.

Dicha imagen resulta de la confrontación de los objetivos de ordenación del territorio y de los que pueden llamarse económicos, los cuales reflejan el propósito de facilitar la adecuada atención al tránsito futuro.

Por otra parte, es necesario precisar que para cada itinerario o carretera de las redes definidas, pero particularmente para las de primer orden, se-

requiere la realización de un estudio completo de carácter técnico y económico referente a acondicionamientos progresivos, que impliquen la determinación de alternativas posibles, el estudio a nivel de anteproyecto para estimar costos de construcción, asi como el estudio económico relativo a la definición de la mejor secuencia de inversiones. Estos estudios representan la continuación lógica del plan para concluir en un programa anual y a corto plazo.

Con el método expuesto se estima haber dado un paso adelante en la formulación de planes carreteros para el país, mismos que habrán de enmarcar las acciones que en los próximos años emprenda la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, en un afan de apoyar el firme propósito de acelerar el desarrollo económico de México, para beneficio y superación de todos sus habitantes.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS
PROBLEMAS TIPICOS

ING. JAIME RUIZ CARRANZA
NOVIEMBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

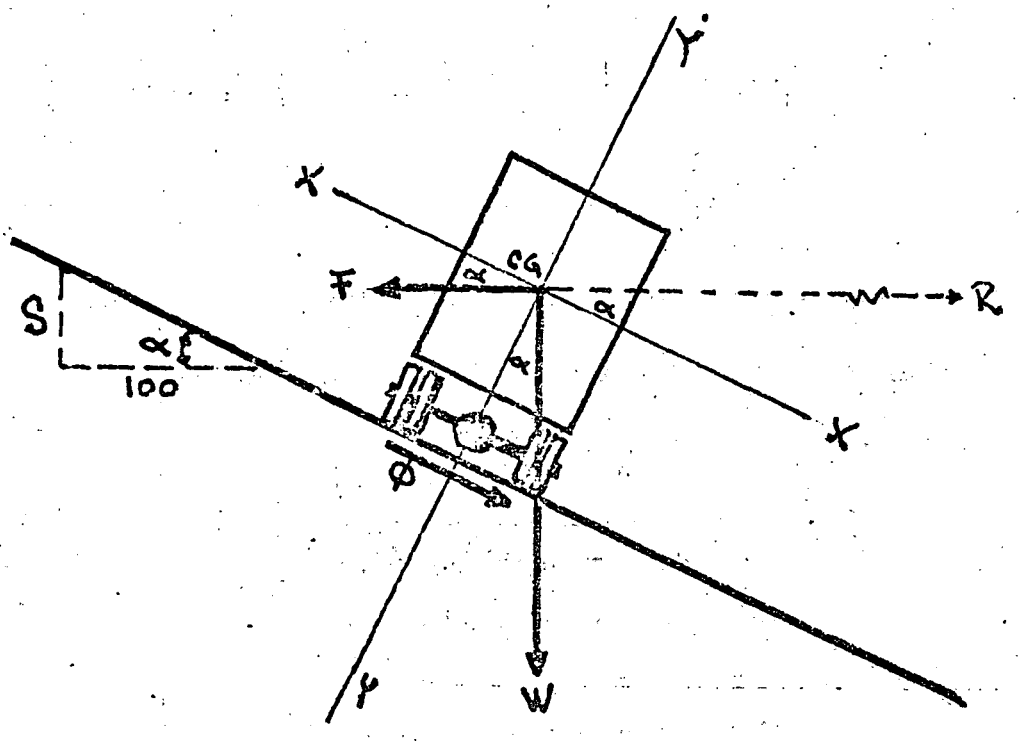
CURSO DE PROYECTO GEOMETRICO DE VIALIDAD

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA, UNAM

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PROBLEMAS TIPICOS

1.- Deducir la fórmula que relaciona el radio, la sobreelevación y la velocidad en una curva horizontal.



Para evitar el deslizamiento del vehículo sobre la curva, la suma de las fuerzas, con respecto al eje X-X, debe ser igual a cero.

$$\Sigma F_x = W \operatorname{sen}\alpha + \phi - F \cos\alpha = 0$$

ϕ = Fuerza de fricción total, entre llanta y pavimento, que se opone al deslizamiento.

$\phi = \mu W \cos\alpha$ $\qquad$ μ = coeficiente de fricción lateral

F = Fuerza centrífuga que trata de desplazar al vehículo

$$F = m.a \qquad F = \frac{W}{g} \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$\Sigma F_x = W \operatorname{sen}\alpha + \mu W \cos\alpha - \frac{WV^2}{gR} \cos\alpha = 0$$

Dividiendo la ecuación entre $W \cos\alpha$, se tiene :

$$\tan\alpha + \mu - \frac{V^2}{gR} = 0$$

$\tan\alpha = S$ S = Sobreelevación en $^m/_m$

$$S + \mu = \frac{V^2}{gR}$$

$g = 9.81$ m/Seg^2 R = radio en m. V = Velocidad en m/Seg.

para utilizar la fórmula con la velocidad en km/h

$$S + \mu = \frac{V^2}{9.81 \times (3.6)^2 R}$$

$$\boxed{S + \mu = 0.00785 \frac{V^2}{R}}$$

Si $R = \frac{1145.92}{G}$. entonces:

$$\boxed{G = \frac{146000\ (S+\mu)}{V^2}}$$

2.- Calcule la sobreelevación que deba dársele a una curva de 200 m de radio, para que los vehículos circulen con seguridad a una velocidad de proyecto de 70 km/h

$$S + \mu = 0.00785 \frac{V^2}{R}$$

$S = ?$

$\mu = 0.15$, corresponde a $V = 70$ km/h

$V = 70$ km/h

$R = 200$ m

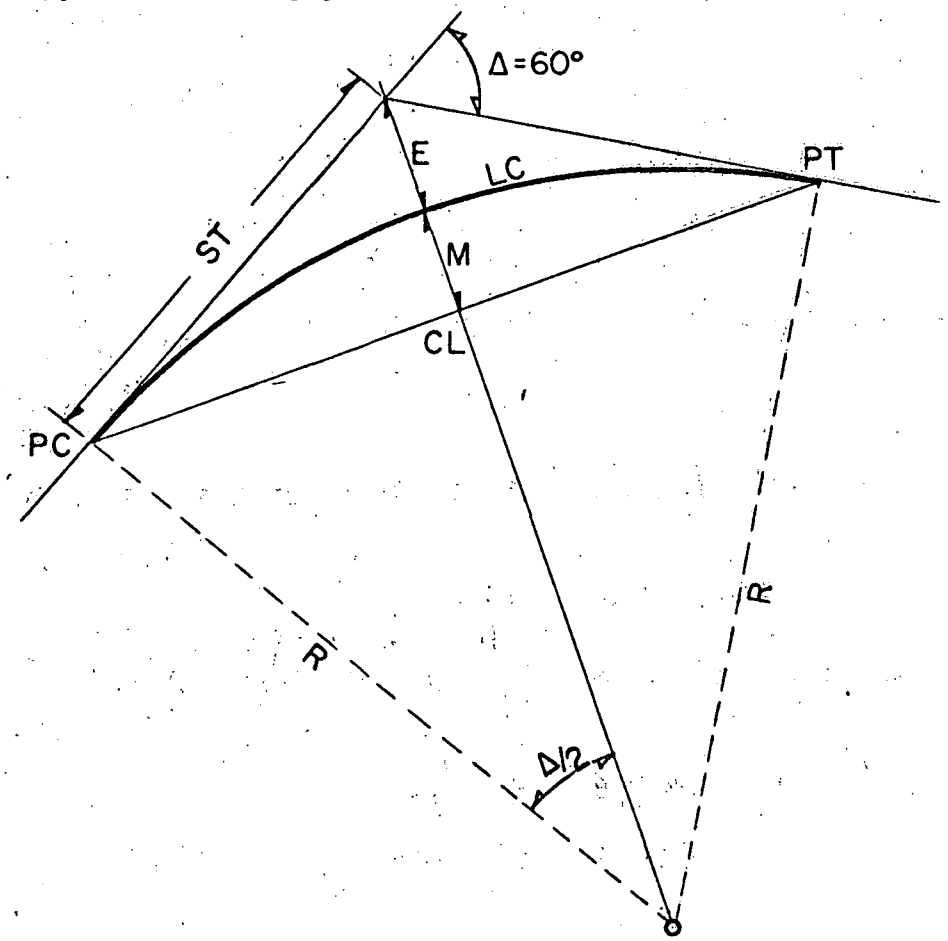
$$S = 0.00785 \frac{(70)^2}{200} - 0.15$$

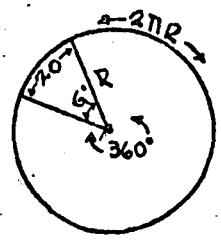
$$S = 0.1923 - 0.15$$

$$S = 0.0423$$

$$S = 4.23\%$$

3.- Deduzca y calcule el radio, la subtangente, la longitud de curva, la externa, la ordenada media y la cuerda larga de una curva de deflexión derecha 60° y grado de curvatura 10°.



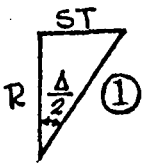


Radio:

$$\frac{2\pi R}{360} = \frac{20}{G}$$

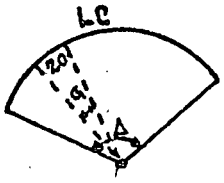
$$R = \frac{360 \times 10}{\pi \times G} = \frac{1145.92}{G} \; ; \; R = \frac{1145.92}{10} = 114.59 \text{ m}$$

Subtangente: $\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{R}$



$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{(del triángulo 1)}$$

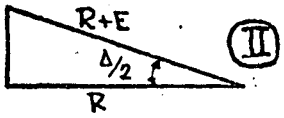
$$ST = 114.59 \tan 30° = 114.59 \times .57735 = 66.16 \text{ m}$$



Longitud de curva:

$$\frac{LC}{\Delta} = \frac{20}{G} \quad \therefore \quad LC = \frac{20\,\Delta}{G} = \frac{20 \times 60}{10} = 120 \text{ m}$$

Externa: del triángulo II $\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R+E}$

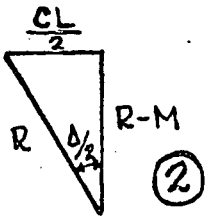


$$R+E = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} \qquad E = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \qquad E = R\left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1\right)$$

$$E = 114.59\,(1.1546997-1) = 17.73 \text{ m.}$$

Ordenada media: del triángulo 2

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R}$$



$$M = R - R\cos \frac{\Delta}{2} \qquad M = R\left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right) \qquad M = R \operatorname{senvers} \frac{\Delta}{2}$$

$$M = 114.59 \times 0.133974 = 15.35 \text{ m}$$

Cuerda Larga: del triángulo 2 $\operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{CL}{2R}$

$$CL = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 \times 114.59 \operatorname{sen} 30° = 114.59 \text{ m}$$

4.- Elabore el registro para el trazo de la curva anterior, con base a cadenamientos de 20 m. si el PI = 3 + 425.80

$$\frac{20}{G} = \frac{l}{\theta} \therefore \quad \theta = \frac{Gl}{20}$$

$$\phi = \frac{\theta}{2} \qquad \phi = \frac{Gl}{40}$$

si G en minutos y l = 1 m

$$\phi/m = \frac{60G}{40} = \frac{3}{2} G$$

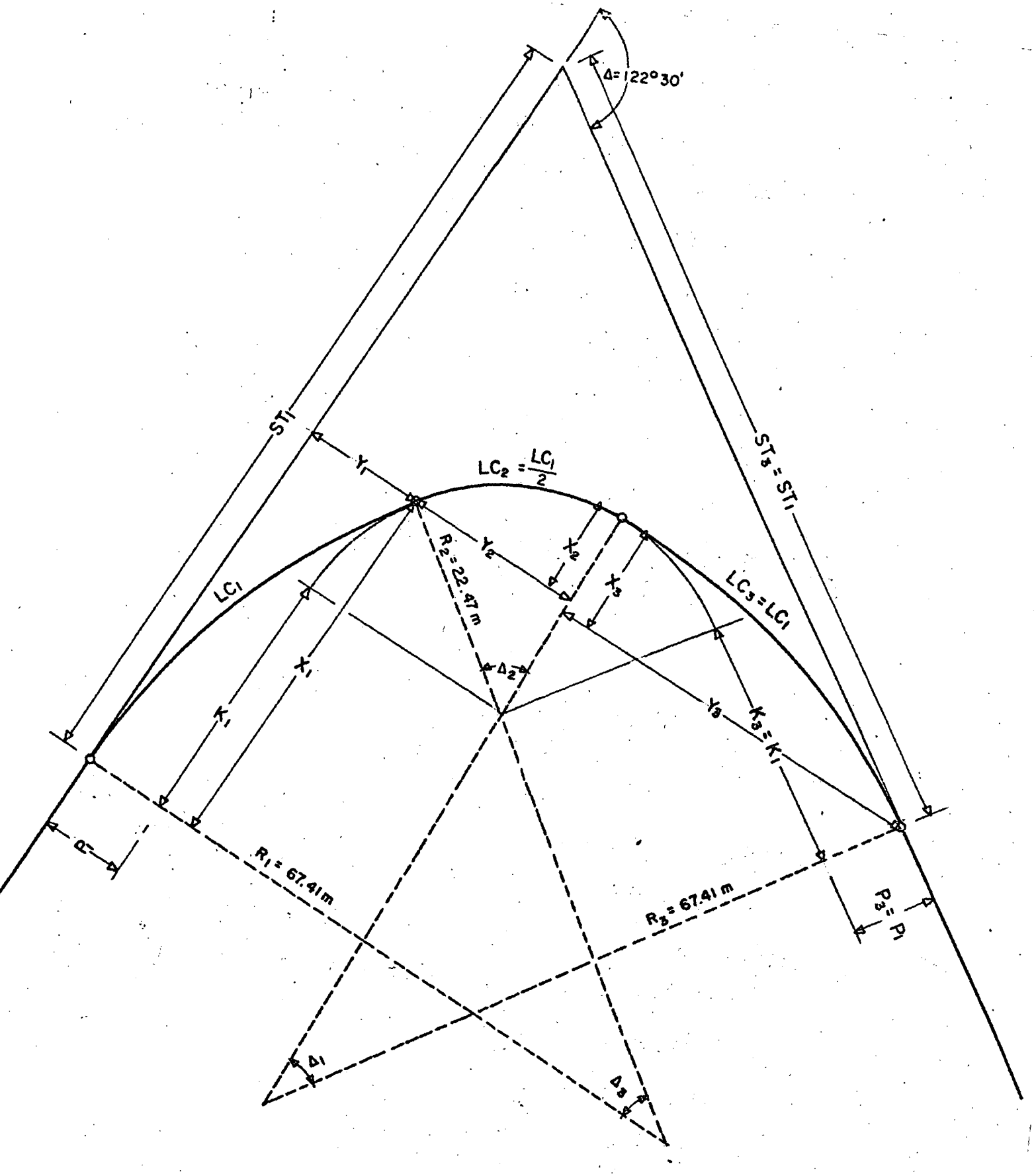
$$\phi/m = 1.5x10 = 15'$$

EST	PV	l	ϕ
PI	PC	66.16	-
PC	PI	-	-
PC=3+359.64	3+360	0.36	0°05'
	3+380	20.00	5°05'
	3+400	20.00	10°05'
	3+420	20.00	15°05'
	3+440	20.00	20°05'
	3+460	20.00	25°05'
	3+479.64	19.64	30°00'

5.- Calcule los elementos (ST, p, k y E) de una curva circular compuesta y Simétrica, de tres centros, que tenga una deflexión total de 122°30', radios extremos de 67.41 m y radio central de 22.47 m, para que cumpla con la condición de que la longitud de la curva central sea la mitad de una de las curvas extremas.

(Ver figura hoja 6)

$$LC_1 = \frac{20\,\Delta_1}{G_1} \; ; \qquad LC_2 = \frac{20\,\Delta_2}{G_2}$$


Δ=122°30'
ST1
ST3 = ST1
Y1
LC2 = LC1/2
R2=22.47 m
Y2
X2
X3
LC1
LC3 = LC1
X1
Δ2
K1
Y3
K3 = K1
P
R1 = 67.41 m
R3 = 67.41 m
P3 = P1
Δ1
Δ3

$$G_1 = \frac{1145.92}{R_1} = \frac{1145.92}{67.41} = 17°$$

$$G_2 = \frac{1145.92}{R_2} = \frac{1145.92}{22.47} = 51°$$

$$LC_1 = 2\,LC_2$$

$$\frac{20\,\Delta_1}{G_1} = \frac{40\,\Delta_2}{G_2} \therefore \Delta_2 = \frac{20x\,\Delta_1 x51}{40x17} \therefore \quad \Delta_2 = 1.5\Delta_1$$

$$\Delta_T = 122°30' = 2\Delta_1 + \Delta_2 = 2\Delta_1 + 1.5\Delta_1 = 3.5\Delta_1$$

$$\Delta_1 = 35°$$

$$\Delta_2 = 52°30'$$

$$LC_1 = \frac{20x35}{17} = 41.18 \text{ m} \qquad LC_2 = \frac{20x52.5}{51} = 20.59 \text{ m}$$

$20.59x2 = 41.18$.- Se cumple la condición

$$P_1 = (R_1 - R_2)\,(1-\cos\Delta_1) = (67.41-22.47)\,(1-\cos 35°) = 8.13 \text{ m}$$

$$k_1 = (R_1 - R_2)\,\text{sen}\,\Delta_1 = (67.41 - 22.47)\,\text{sen } 35° = 25.78 \text{ m}$$

$$X_1 = R_1\,\text{sen}\,\Delta_1 = 67.41 \text{ sen } 35° = 38.66 \text{ m}$$

$$Y_1 = R_1\,(1-\cos\Delta_1) = 67.41\,(1-\cos 35°) = 12.19 \text{ m}$$

$$X_2 = 2R_2 \text{ sen } \frac{\Delta_2}{2} \cos\left(\Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2}\right) = 2x22.47 \text{ sen } 26°15' \cos 61°15' = 9.56 \text{ m}$$

$$Y_2 = 2R_2 \text{ sen } \frac{\Delta_2}{2} \text{ sen}\left(\Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2}\right) = 2x22.47 \text{ sen } 26°15' \text{ sen } 61°15' = 17.43 \text{ m}$$

$$X_3 = 2R_3 \text{ sen } \frac{\Delta_3}{2} \cos\left(\Delta_1 + \Delta_2 + \frac{\Delta_3}{2}\right) = 2x67.41 \text{ sen } 17°30' \cos 105° = 10.49 \text{ m}$$

$$Y_3 = 2R_3 \text{ sen } \frac{\Delta_3}{2} \text{ sen}\left(\Delta_1 + \Delta_2 + \frac{\Delta_3}{2}\right) = 2x67.41 \text{ sen } 17°30' \text{ sen } 105° = 39.16 \text{ m}$$

$$X = X_1 + X_2 + X_3 = 38.66 + 9.56 - 10.49 = 37.73 \text{ m}$$

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 = 12.19 + 17.43 + 39.16 = 68.78 \text{ m}$$

$$ST_1 = X - Y \cot \Delta_T = 37.73 - 68.78 \cot 122°30'$$

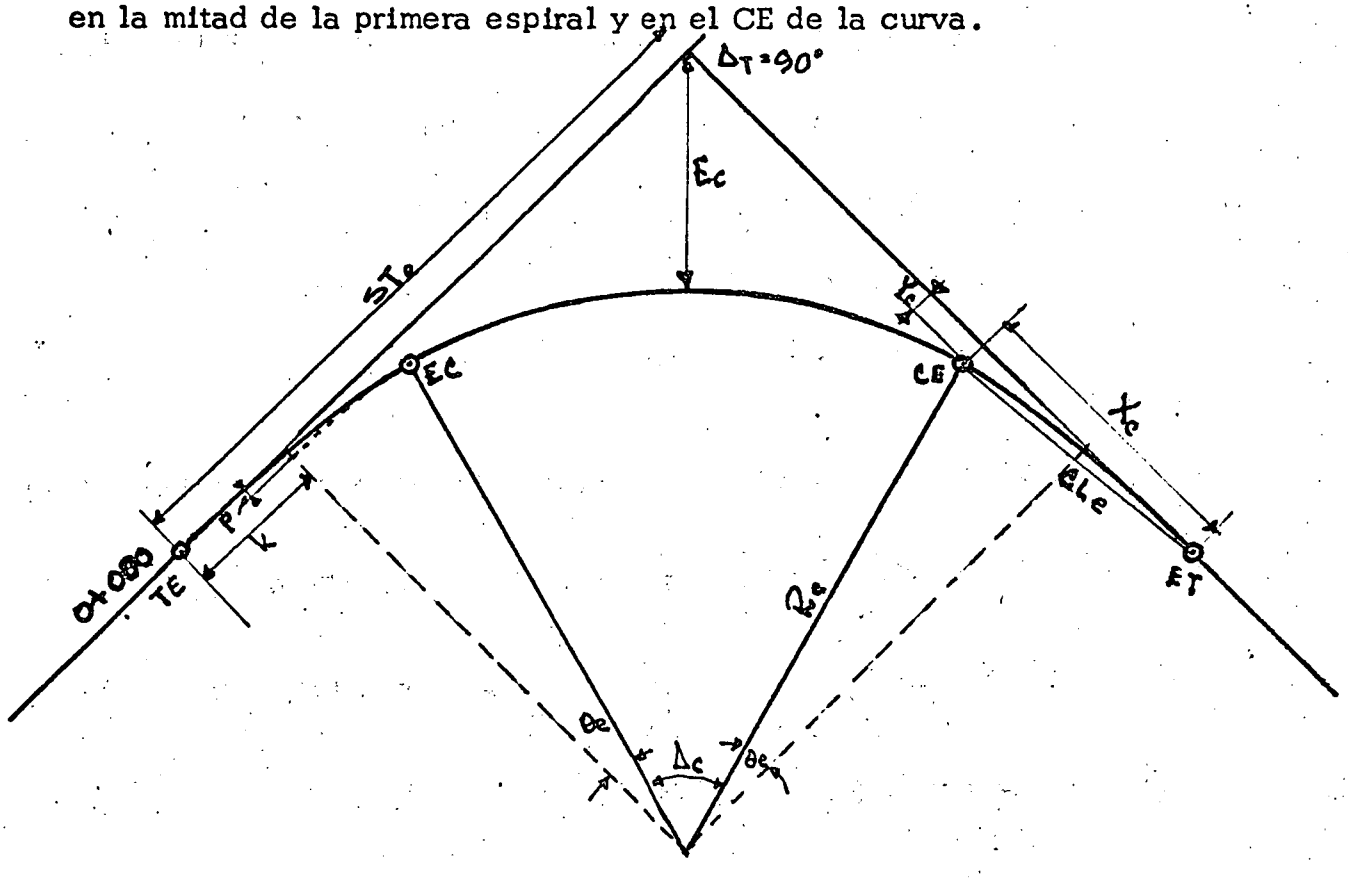
$$ST_1 = 37.73 + 43.82 = 81.55 \text{ m}$$

$$ST_2 = ST_1 = Y \csc \Delta_T = 68.78 \csc 122°30' = 81.55 \text{ m}$$

$$E = (R_2 + P_1) \sec \alpha - R_2 = 41.14$$

$$\alpha = \text{angtan} \frac{ST - k_1}{R_2 + P_1} = 61.2472°$$

6.- Calcule todos los elementos necesarios para replantear en el campo el alineamiento horizontal de una curva de 10° con espirales simétricas de 60 m y deflexión total de 90°, si el cadenamiento del TE es 0+000.00 y por razones de visibilidad en el lugar del trazo, el teodolito solo se puede colocar en el TE, en la mitad de la primera espiral y en el CE de la curva.



$$\theta e = \frac{Gc\ le}{40} = \frac{10x60}{40} = 15°$$

$$\Delta_T = 90° = \Delta c + 2\theta e = \Delta c + 30 = 90°$$

$$\Delta c = 60°$$

$$LC = \frac{20\ \Delta c}{Gc} = \frac{20x60}{10} = 120\ m$$

TE = 0+000 $\qquad X_c = \frac{le}{100}\ (100 - 0.00305\ \theta_e^2)$

EC = 0+060 $\qquad X_c = \frac{60}{100}\ (100 - 0.68625) = 59.59\ m$

CE = 0+180 $\qquad Y_c = \frac{le}{100}\ (0.582\ \theta e - 0.0000126\ \theta_e^3)$

ET = 0+240 $\qquad Y_c = \frac{60}{100}\ (8.73 - 0.04) = 5.21\ m$

$P = Y_c - R_c$ sen Vers θe

$P = 5.21 - 114.59\ (1 - \cos 15°) = 1.31\ m$

$k = X_c - R_c$ sen θe

$k = 59.59 - 114.59$ sen $15° = 29.93$ m.

$ST_e = k + (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2}$

$ST_e = 29.93 + (114.59 + 1.31) \tan 45° = 145.83\ m$

PI = 0+145.83

$E_c = (R_c + p)\ \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$

$E_c = (114.59 + 1.31)\ \frac{1}{\cos 45°} - 114.59 = 49.32\ m$

$CLe = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} = \sqrt{59.59^2 + 5.21^2} = 59.82\ m$

$\phi_c' = \frac{\theta e}{3} - Z$

$Z = 3.1 \times 10^{-3}\ \theta_e^3 + 2.3 \times 10^{-8}\ \theta_e^5$

$Z = 10.4625 + 0.0174 = 10.4799$ (se desprecia)

$$\phi'_c = \frac{15}{3} - 0 = 5°$$

$TL = Xc - Yc \cot \theta e = 59.59 - 5.21/\tan 15° = 40.15$ m

$TC = Yc \csc \theta e = 5.21/\operatorname{sen} 15° = 20.13$ m

ESTACION	PV	l	$\phi' = (\frac{l}{le})^2 \frac{\theta e}{3}$	$\phi = \frac{Gpl}{40}$	DEFLEXIONES ϕAD	DEFLEXIONES ϕAT
0+000	PI	-	0°00'	0°00'	0°00'	-
	0+020	20	0°33'	0°00'	0°33'	-
Gp=0°	0+030	30	1°15'	0°00'	1°15'	-
0+030	TE	30	1°15'	3°45'	-	2°30'
Gp = 5°	0+040	10	0°08'	1°15'	1°07'	←
	0+060	30	1°15	3°45'	2°30'	←
0+180	0+060	120	-	30°00'		30°00'
Gp=10°	0+080	100	-	25°00'		25°00'
	0+100	080	-	20°00'		20°00'
	0+120	060	-	15°00'		15°00'
	0+140	040	-	10°00'		10°00'
	0+160	020	-	5°00'		5°00'
	0+200	20	0°33'	5°00'	←	4°27'
	0+220	40	2°13'	10°00'	←	7°47'
	0+240	60	5°00'	15°00'	←	10°00'

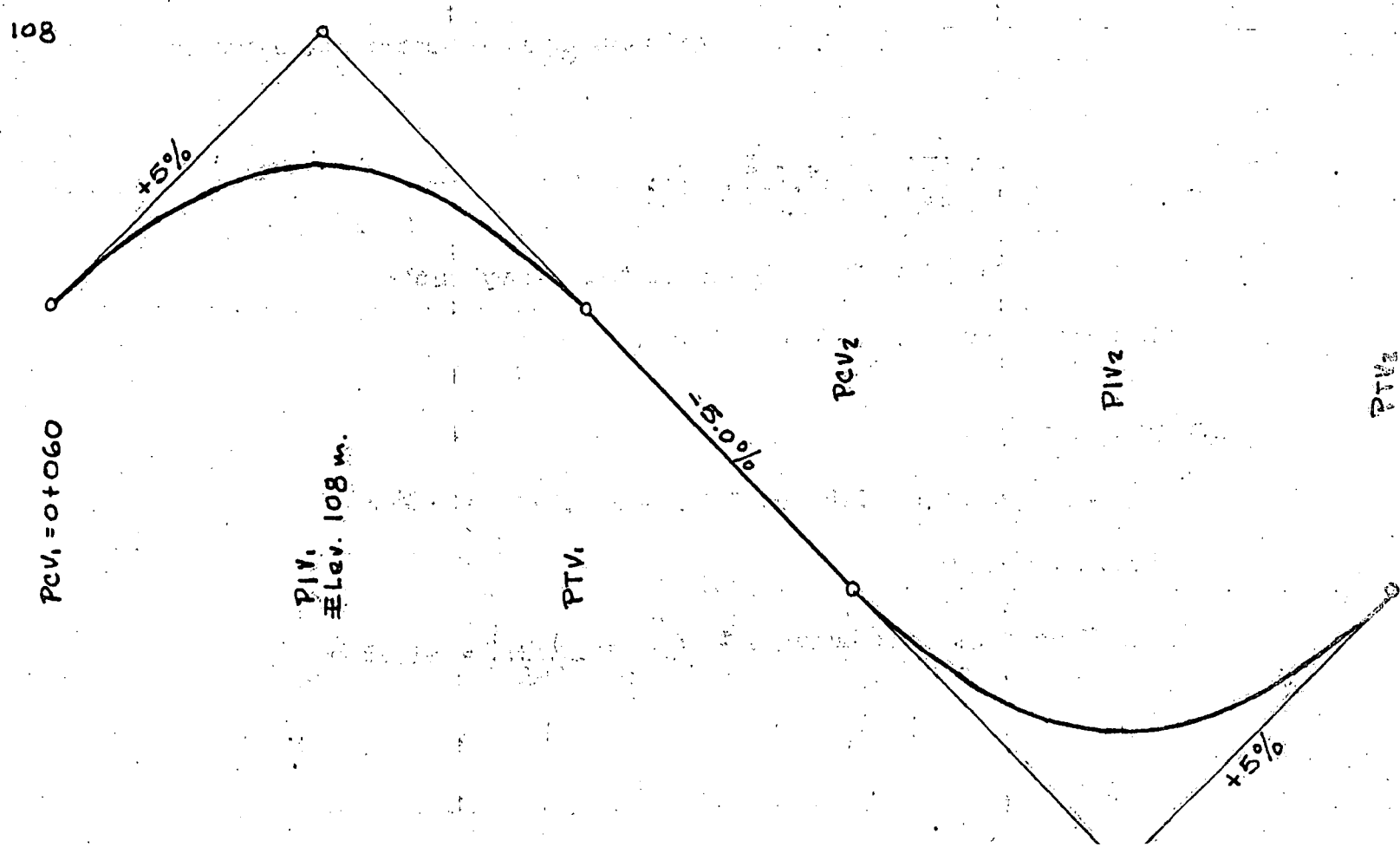
CURSO DE PROYECTO GEOMETRICO DE VIALIDAD

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA, UNAM

ALINEAMIENTO VERTICAL

PROBLEMA TIPICO

Calcule la longitud mínima de las curvas verticales en cresta y en columpio (ver figura) si las pendientes de entrada y salida son del 5% y la velocidad de proyecto de 60 km/h considere los criterios de comodidad, apariencia, drenaje y seguridad. Calcule también la expresión para encontrar las elevaciones de los cadenamientos de las curvas y el registro de cálculo considerando una longitud cerrada de 200 m, en cada curva, si el PCV se ubica en la estación 0+060, entre las dos curvas hay una tangente vertical de 100 m de longitud y la elevación del primer PIV, es igual a 108 m.



CURVA 1. (Cresta)

$A = P_1 - P_2 = +0.05-(-0.05) = 10 \qquad A = 10\%$

Longitud Mínima

Criterio de Comodidad: No aplicable

Criterio de Apariencia: No aplicable

Criterio de Drenaje: $L \leq 43A = 43x10 = 430 \qquad L \leq 430$

Criterio de Seguridad:

$Dp = 75$ m (Distancia de visibilidad de parada correspondiente a $Vp = 60$ km/h)

¿ $Dp > L$?

$$L = 2D_p - \frac{425}{A} = 2x75 - \frac{425}{10} = 107.5$$

$75 < 107.5$ por lo que no es aplicable esta expresión

¿ $Dp < L$?

$$L = \frac{AD_p^2}{425} = \frac{10x75^2}{425} = 132.35 \text{ m}$$

$75 < 132.35$ La expresión si es aplicable

Longitud Mínima 132.35 m

CURVA 2. (Columpio)

$A = P_1 - P_2 = -0.05 - (+0.05) = -0.10 \qquad A = -10\%$

Longitud Mínima

Criterio de Comodidad: $L \geq \frac{AV^2}{395} = \frac{10x60^2}{395} = 91.13$ m

Criterio de Apariencia: $L \geq 30A = 30x10 = 300$ m

Criterio de Drenaje: $L \leq 43A = 43x10 = 430$ m

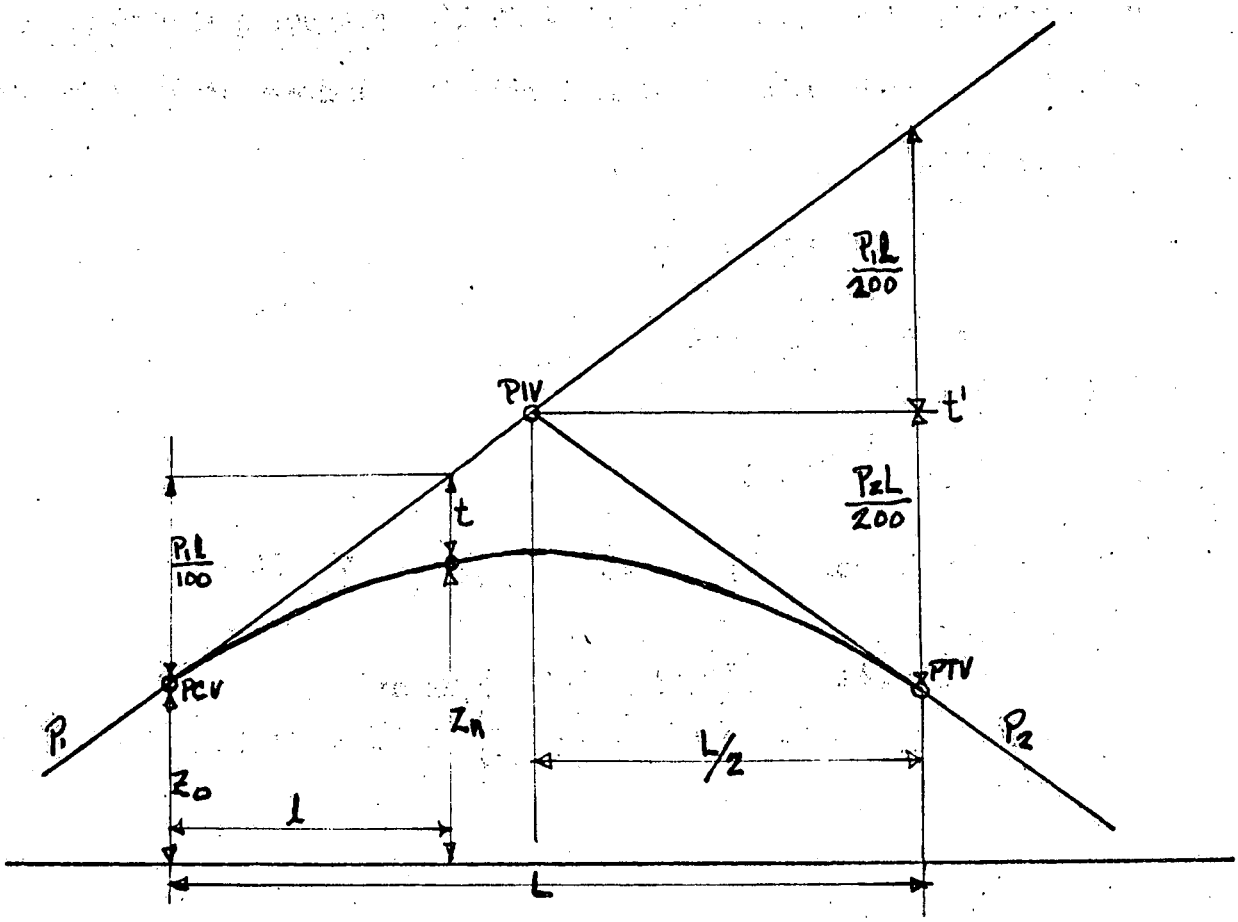
Criterio de Seguridad: $L \geq \frac{AD_p^2}{120+3.5D_p}$

$$L \geq \frac{10x75^2}{120x3.5x75} = 147.06$$ La expresión es aplicable puesto que 75 147.06

COMENTARIOS:

Si se utiliza el criterio de seguridad en la curva en cresta, no se tendrán problemas de drenaje y la curva se podrá transitar con seguridad a 60 km/h sin - intentar el rebase.

En el caso de la curva en columpio, con el criterio de seguridad se tendrá una curva cómoda, sin problemas de drenaje y segura para la velocidad de proyecto, sin embargo la apariencia no cumplirá con el requisito expecificado.



$$Z_n = Z_o + \frac{P_1 l}{100} - t$$

$$t = al^2 \quad t^1 = aL^2$$

en el PTV

$$t^1 = \frac{P_1 L}{200} + \frac{P_2 L}{200}$$

$$t^1 = \frac{(P_1 - P_2)L}{200} = \frac{AL}{200}$$

de donde

$$\frac{AL}{200} = a\,L^2$$

$$a = \frac{A}{200\,L} \qquad t = \frac{Al^2}{200\,L}$$

$$Z_n = Z_o + \frac{P_1 l}{100} - \frac{Al^2}{200\,L}$$

Si se expresan l y L en estaciones de 20 m y llamamos n al número de - estaciones al punto medido y N al número de estaciones total de la curva, tendremos:

$$n = \frac{l}{20} \quad N = \frac{L}{20}$$

$$Z_n = Z_o + \frac{P_1 n}{5} - \frac{An^2}{10\,N}$$

$$k = \frac{A}{10\,N}$$

$$Z_n = Z_o + \frac{P_1 n}{5} - kn^2 \qquad \text{Cresta}$$

$$Z_n = Z_o - \frac{P_1 n}{5} + kn^2 \qquad \text{Columpio}$$

ESTACION	Elevación Tangente Vertical	Pend.	Corrección $k=\frac{A}{10N}=.1$			Elevación Curva
			n	n^2	kn^2	
PCV_1=0+060	$Z_o = 103.00$		0	0	0	103.00
0+080	$Z_o+\frac{P_1 n}{5}= 104.00$	$P_1 = +5\%$	1	1	0.1	103.90
0+100	105.00		2	4	0.4	104.60
0+120	106.00		3	9	0.9	105.10
0+140	107.00		4	16	1.6	105.40
PIV_1= 0+160	108.00		5	25	2.5	105.50
0+180	109.00		6	36	3.6	105.40
0+200	110.00		7	49	4.9	105.10
0+220	111.00	$P_2 = -5\%$	8	64	6.4	104.60
0+240	112.00		9	81	8.1	103.90
PTV_1= 0+260	113.00		10	100	10.0	103.00
0+280	$Z_o-\frac{P_1 n}{5}= 102.00$		-	-	-	102.00
0+300	101.00		-	-	-	101.00
0+320	100.00		-	-	-	100.00
0+340	99.00		-	-	-	99.00
PCV_2=0+360	98.00		0	0	0	98.00
0+380	97.00		1	1	0.1	97.10
0+400	96.00	$P_1 = -5\%$	2	4	0.4	96.40
0+420	95.00		3	9	0.9	95.90
0+440	94.00		4	16	1.6	95.60
PIV_2= 0+460	93.00		5	25	2.5	95.50
0+480	92.00		6	36	3.6	95.60
0+500	91.00		7	49	4.9	95.90
0+520	90.00		8	64	6.4	96.40
0+540	89.00	$P_2 = +5\%$	9	81	8.1	97.10
PTV_2= 0+560	88.00		10	100	10.0	98.00

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL

TALLER DE COSTOS

ING. ISAAC LOPEZ RUIZ
NOVIEMBRE 1978.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

TALLER DE LA CLASE DE COSTOS.

I.-COSTOS BASE

A.-Salarios:

Categoría	Salario Nominal	Factor por LFT y SS	Salario Real
Peón	$ 100.00/tno	1.53	$ 153.00/tno
Cabo	115.00	1.48	170.20
Oficial Albañil	120.00	1.48	177.60
Oficial Carpint.	130.00	1.48	192.40
Oficial Fierrero	125.00	1.48	185.00
Maestro Albañil	135.00	1.48	199.80
Maestro Carpint.	150.00	1.48	222.00
Maestro Fierrero	145.00	1.48	214.60

C.-Materiales:

1.-Cemento:

a).-Materiales: adquisición LAB $ 900.00/ton.

b).-Equipo

Transporte: En camión propio 320km; velocidades promedio; vacio 70 km/hr
cargado 50 km/hr

Tiempos; t recorrido + t maniobras
t maniobras = t carga proveedor + t desc.almac + t carga almac. + t desc.obra

$$T = \left(\frac{320km}{70\ km/hr} + \frac{320km}{50\ km/hr}\right) + 4 \times 0.5hr \doteq 13hr$$

Camión redilas de 6 tons.

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 142.33/hr \times 13\ hr}{6\ ton.} = \$\ 308.38/ton.$$

c).-Mano de obra:

$$*peon = \frac{\$\ 153.00/tno.}{8ton/tno.} = \$\ 19.12/ton.$$

4 maniobras/tonelada
$ 19.12/ton x 4 maniobras /ton. $ 76.48/ton.

$1,284.86/ton.

Mermas y Desperdicios 2% 25.70

Costo Directo $1,310.56/ton.

2.-Arena incluyendo extracción y cribado simultáneo, carga a camión y acarreo libre de 20 m.

a).-Mano de obra;

extracción y cribado con 20% de desperdicio

$$\text{peon} = \frac{\$\ 153.00/\text{tno}^{*}}{6\ \text{m3/tno} \times 0.8\ \text{m3 mt/m3}} \qquad \$\ 31.87/\text{m3}$$

carga a camión

$$\text{peón} = \frac{\$\ 153.00/\text{tno.}}{8\ \text{m3}} \qquad \$\ 19.12/\text{m3}$$

b).-Equipo:

Camión Volteo de 6m3

tiempos; carga; 0.75 hrs (inactivo)

descarga; 0.01 hrs

maniobras; 0.02 hrs

$$\text{recorr} = \frac{2 \times 0.02\text{km}}{10\text{km/hr}} = 0.004\ \text{hrs}$$

activo = 0.034 hr.

$$\text{Costo} = \frac{\$157.31/\text{hr} \times 0.034\text{hr} + \$44.84/\text{hr} \times 0.75\text{Hr}}{6\ \text{m3}} \qquad \$\ 6.50/\text{m3}$$

c).-Herramienta;

Criba, palas: 5% de mano de obra (31.87 + 19.12) = $ 2.55/m3

COSTO DIRECTO $ 60.04/m3

3.-Agua incluyendo extracción, acarreo, descarga y almacenaje.

a).-Equipo

bomba de 3" de 57 m3/hr, en carga y descarga

$$\text{costo} = \frac{\$\ 31.78/\text{hr} \times 2}{57\ \text{m3/hr} \times 0.8} \qquad \$\ 1.39/\text{m3}$$

pipa de 5,000 lts

tiempos = t rec + t man.

$$\text{t man.} = \text{carga} = \frac{5\ \text{m3}}{57\ \text{m3/hr} \times 0.8} = 0.11\ \text{hr}$$

descarga = 0.22hr

inactivo = 0.33hr

$$\text{t recorr} = \frac{2 \times 0.02\ \text{km}}{10\ \text{km/hr}} = 0.004\text{hr}$$

maniobras

activa = 0.020hr

$$\text{costo} = \frac{\$176.10/\text{hr} \times 0.024\text{hr} + \$77.52/\text{hr} \times 0.33\text{hr}}{5.0\ \text{m3}} \qquad \$\ 5.96/\text{m3}$$

b).-Herramienta

tambores de 200 lts = $\frac{\$\ 120.00/pza}{50\ m3}$ = $ 2.40/m3

COSTO DIRECTO $ 9.75/m3

(*) No se consigna cabo porque en estos casos se acostumbra dar tarea.

Determinar el siguiente Costo Directo.

4).- Grava incluyendo extracción y cribado simultaneo, carga a camión y acarreo libre de 20m.

datos; 15% desperdicio
carga a camión 8m3/tno-peón.

ANALISIS:

Determinar el siguiente Costo Directo.

5).- Piedra de cortes o desperdicio, carga a camión y acarreo libre de 20m.

datos; remoción selección y estiva
6 m3/tno-peón

carga a camión
6 m3/tno-peón.

ANALISIS:

COSTO DE HORA MAQUINA. 96 7

DIRECCION GENERAL DE CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

MAQUINA: Bomba centrífuga de 3" [illegible]

Capacidad 57 m3/h Motor Gasolina Potencia 7.25 HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 17165.20 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas [illegible]

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 7200 Horas efectivas por año _____

Valor de rescate 0 % Años 6

Mangueras de succión 6 m = $3869.50 + 68 + 21 = $8707.92
Mangueras de descarga 15.24 m = 4326.00 + 68 + 21

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{17165.20}{7200}$	2.38
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}$ i	$\frac{17165.20 \times 0.14}{2 \times 1200}$	1.00
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}$ s	$\frac{17165.20 \times 0.02}{2 \times 1200}$	0.21
	Almacenaje	Ka D	0.045 × 2.35	0.11
	Mantenimiento	Q D	0.80 × 2.35	1.90
	Elementos de desgaste		8707.92 ÷ 2000	4.35
CONSUMOS	Combustibles	o Pc	0.10 × 7.25 H.P. × 2.59	2.10
	Lubricantes	a Pl	(1/50 + 0.0075 × 0.725) 11.44	0.29
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	$\frac{205.62}{6 \text{ hrs.}}$	34.27
			TOTAL:	46.61

HSV/ecg.

COSTO DE HORA MAQUINA.

8

DIRECCION GENERAL DE CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

MAQUINA: Tractor Komatsu D 155A-1 con bulldozer

Capacidad _____ Motor Diesel Potencia 300 HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $3'596.884.00 Meses en el año _____

Precio de las llantas $_____ Turnos diarios de 8 horas 1.25

Diferencia $_____ Horas efectivas por mes 250

Horas efectivas de vida 12 000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{3'596.884.00 - 719\,376.80}{12\,000}$	239.79
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{3'596.884.00 + 719\,376.80}{2 \times 2000}$	0.14 151.07
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{3'596.884.00 + 719\,376.80}{2 \times 2000}$	0.03 32.37
	Almacenaje	Ka D	.01 × 239.79	2.40
	Mantenimiento	Q D	1 × 239.79	239.79
CONSUMOS	Combustibles	o Po	40 × 0.68	27.20
	Lubricantes	a Pl	0.57 × 11.44	6.52
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	Operador $ 494.68 Ayud 212.52 $ 707.20 707.20 ÷ 6	117.87
			TOTAL:	817.01

HSV/ecg.

14 560.00 x 1.04 = $ 15 142.40

COSTO DE HORA MAQUINA.

DIRECCION GENERAL DE CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

MAQUINA: Vibrador pavimento de 20" Mod K4 (1 5/8 x 12")

Capacidad _____ Motor Gasolina

Precio actual de la máquina $ 15 142.40

Precio de las llantas $ _____

Diferencia $ _____

Horas efectivas de vida 6 000

Valor de rescate 0 %

Potencia 4 HP a _____ RPM.

Meses en el año [illegible]

Turnos diarios de 8 horas [illegible]

Horas efectivas por mes [illegible]

Horas efectivas por año [illegible]

Años [illegible]

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{15\,142.40}{6\,000}$	2.52
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\, i$	$\frac{15\,142.40 \times 0.14}{2 \times 1000}$	1.06
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\, s$	$\frac{15\,142.40 \times 0.03}{2 \times 1000}$	0.23
	Almacenaje	Ka D	0.045 x 2.52	0.11
	Mantenimiento	Q D	0.80 x 2.52	2.02
CONSUMOS	Combustibles	o Po	0.10 x 4 H.P. x 2.89	1.16
	Lubricantes	a Pl	(1/50 + 0.0075 x 0.4) 12.95	0.30
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	$\frac{193.70}{6}$	32.28
			TOTAL:	39.68

HSV/ecg.

41.184.00 x 1.04 = $ 42 831.36

COSTO DE HORA MAQUINA.

10

DIRECCION GENERAL DE CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

MAQUINA: Revolvedora 6 S

Capacidad 1 5200 Motor _____ Potencia 12 HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 42 831.36 Meses en el año 8

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas 0.375

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes 125

Horas efectivas de vida 6 000 Horas efectivas por año 1000

Valor de rescate 0 % Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{42\,831.36}{6\,000}$	7.14
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{42\,831.36 \times 0.14}{2 \times 1000}$	3.00
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{42\,831.36 \times 0.03}{2 \times 1000}$	0.64
	Almacenaje	Ka D	0.045 x 7.14	0.32
	Mantenimiento	Q D	0.60 x 7.14	4.28
CONSUMOS	Combustibles	c Pc	0.10 x 12 H.P. x 2.89	3.47
	Lubricantes	a Pl	(2/100 + 0.0075 x 1.2) 12.95	0.38
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	$\frac{205.62}{6}$	34.27
			TOTAL:	53.50

HSV/ecs.

COSTO DE HORA MAQUINA.

DIR. [illegible] Y CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

MAQUINA: Motoescrapa Cat 621

Capacidad 10.7 m3 Motor Diesel Potencia ____ HP a ____ RPM.

Precio actual de la máquina $4'539,050.00 Meses en el año 4

Precio de las llantas $ 233,144.00 Turnos diarios de 8 horas 1.25

Diferencia $4'305,906.00 Horas efectivas por mes 250

Horas efectivas de vida 12 000 Horas efectivas por año 3000

Valor de rescate 20 % Años 6

Llantas 4(29.5 - 29)22C = 4 ($ 56 044.25)1.04 = $ 233,144.00

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{4'305,906.00 - 907,810.00}{12\ 000}$	283.17
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\ i$	$\frac{4'539,050.00 + 907,810.00}{2 \times 2000}\ 0.14$	190.64
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\ s$	$\frac{4'539,050.00 + 907,810.00}{2 \times 2000}\ 0.03$	40.85
	Almacenaje	Ka D	0.01 × 283.17	2.83
	Mantenimiento	Q D	1 × 283.17	283.17
CONSUMOS	Combustibles	c Pc	51 × 0.68	34.68
	Lubricantes	a Pl	1.02 × 11.44	11.67
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{233,144.00}{3000}$	77.71
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	$\frac{345.68}{6}$	57.61
			TOTAL:	982.33

HSV/ecg.

COSTO DE HORA-MAQUINA.

DIRECCION GENERAL DE CONTROL TECNICO
DEPTO. DE SUPERVISION DE PROYECTOS Y PRECIOS UNITARIOS
OFNA. DE SUPERVISION DE PRECIOS UNITARIOS

12

MAQUINA: Camión Ford F-600

Capacidad 6 M3 Motor Gasolina Potencia 200 HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 329 086.00 Meses en el año 9

Precio de las llantas $ 20 316.50 Turnos diarios de 8 horas 1.25

Diferencia $ 308 769.50 Horas efectivas por mes 200

Horas efectivas de vida 10 000 Horas efectivas por año 2 000

Valor de rescate 20 % Años 5

Llantas 6(10.00 x 20.00)12 Ch/km = 6(2989.30 + 266.37)1.04 = $ 20 316.50

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{308769.50 - 65817.20}{10\,000}$		24.30
	Inversión	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{329\,086.00 + 65817.20}{2 \times 2000}$	0.14	13.82
	Seguros	$\frac{Va + Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{329\,086.00 + 65817.20}{2 \times 2000}$	0.03	2.96
	Almacenaje	Ka D	0.069 x 24.30		1.68
	Mantenimiento	Q D	0.80 x 24.30		19.44
CONSUMOS	Combustibles	o Po	0.10 x 200 H.P. x 2.89		57.80
	Lubricantes	a Pl	(5/100 + 0.0075 x 20) 12.	1.5	2.59
	Llantas	$\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{20\,316.50}{1500}$		13.54
	Operación	$\frac{Sa}{H}$	$\frac{312.90}{6}$		52.15
			TOTAL:		188.28

HSV/ecg.

DATOS DE EQUIPO PARA CALCULO DE RENDIMIENTO.

1).-Motoconformadora
ejemplo de la Cat 120B
long. de la hoja : 3.65 m
altura 0.61m
velocidades 1a. 3.2km/hr; 2a. 5.6km/hr; 3a. 8.9 km/hr

2).-Aplanadora de 3 ruedas
Huber 10-14 ton.
ancho total = 1.93m
ancho efectivo = 1.93 - 0.25m = 1.65 m
velocidad media de trabajo = 2 km/hr + 0.5min

3).-Aplanadora tanden (HUBER)
8-10 ton.
ancho de compactación; 1.27m - 0.27m = 1.0 m
velocidad media de trabajo = 0 a 12km/hr +0.5min

4).-Compactador neumático de 13 ruedas
compacto B13
ancho total = 2.5m
ancho efectivo = 2.5m - 0.25m = 2.25m
velocidad media (la del tractor que jala)

5).-Extendedora, acabadora (finisher) SA-35
velocidades: 1a. 201.2 m/hr; 2a. 420.6 m/hr; 3a. 548.6 m/hr
ancho de depósito 3.0m

6).-Tractor agrícola Ford 5000
ancho total = 2.5m
velocidad media; 2.5km/hr + 1.0min

7).-Rodillo pata de cabra Dynapac
mod CF44 para ser jalado
ancho total = 1.90m
ancho trabajo = 1.90m - 0.25m = 1.65m
peso total = 5.5 ton
velocidad de operación = 3 a 5km/hr + 1 min

8).-Tractores

MAQUINA		POTENCIA.	VELOCIDADES	TRACCION	CUCHILLAS BULL	
K	D-6C	140HP	1a. 4.0km/hr;2a.6.9;3a. 10.8	11.5ton; 7.7ton; 5.2ton	long.3.2m	alt.0.97
K	D-7F	180HP	1a. 3.5km/hr;2a.6.3;3a. 9.7	17.1ton;11.4ton; 7.5ton	3.45m	1.27
K	D-8	270HP	1a. 3.9km/hr;2a.6.8;3a. 10.5	23.8ton;17.8ton; 12.2ton	4.04m	1.52

PRECIOS UNITARIOS PARA OBRAS DE DRENAJE

1.-Excavación para estructuras a mano, en seco, de 0 a 2m de profundidad, depositando el material al borde de la excavación. En material "A". Medido en el banco.

a).-Mano de Obra.

1 cabo	a $ 170.20/tno	=	$	170.20/tno
15 peones	a $ 153.00/tno	=	$	2,295.00/tno
0.5 aguador	a $ 153.00/tno	=	$	76.50/tno
0.33 tlacualero	a $ 153.00/tno	=	$	50.49/tno
		SUMA=	$	2,592.19/tno

(Costo del peón de cuadrilla = $\frac{\$\ 2,592.19/tno}{15\ peones}$ = $ 172.81/tno)

Rendimiento medio por peón = 6m3/tno-peón

Costo = $\frac{\$\ 2,592.19/tno}{15\ peones \times 6m3/tno\text{-}peón}$ $ 28.80/m3

b).-Herramienta: 2% de 28.80/m3 $ 0.58/m3

COSTO DIRECTO	$ 29.38/m3
INDS. 34%	$ 9.99
PRECIO UNITARIO	$ 39.37/m3

2.- Determinar el siguiente precio unitario para:

Excavación para estructuras, a mano, en seco, de 0 a 2m de profundidad depositando el material al borde de la excavación. En material "B" -- Medido en el banco.

Datos: Rendimiento medio por peón
4 m3/tno.

ANALISIS:

3.-Carga a carretilla y acarreo a 20m. a mano, mat 50-50-0 producto de -- excavación, medida en el banco.

Mano de obra y herramienta:

Rendimiento = 200 carretillas /tno

200 carretillas/tno de 60 lts = 12.0 m3s/t

Medidas en banco; $\frac{12.0 \text{ m3s/t}}{1.25 \text{ m3s/m3c}}$ = 9.6 m3/t

Peón de cuadrilla;

Costo = $\frac{\$ 172.81/\text{tno.}}{9.6 \text{ m3/t}}$ x 1.02(herr) = $ 18.36/m3

Indirectos 34% $ 6.24/m3

PRECIO UNITARIO $ 24.60/m3

3'.- Sobreacarreo en carretilla a mano, Mat 50-50-0 producto de excavación, medida en el banco.

t = $\frac{0.04 \text{ km/est}}{4\text{km/hr}}$ = 0.01 hr/est.

Est/tno = $\frac{0.01 \text{ hr/est}}{6 \text{ hr/tno}}$ = 0.00167 tno/est

Costo = $ 172.81/tno x 0.00167 tno/est x 1.02 = $ 0.295/est.

Por m3 = $\frac{\$ 0.295/\text{est.}}{0.06 \text{ m3-s}}$

$ 4.92/m3-est-suelto x 1.25 m3-s/m3-comp. = $ 6.15/m3-est

COSTO DIRECTO $ 6.15/m3-est

34% INDS. Y UTILIDAD 2.09

PRECIO UNITARIO $ 8.24/m3-est.

4.-Carga a mano y acarreo en camión a 20m. mat. 50-50-0 producto de excavaciones, medida en el banco.

a).- Mano de obra y herramienta

peón en carga = $\frac{\$\ 153.00/\text{tno.} \times 1.25\text{m3s/m3c}}{9\ \text{m3s}} \times 1.02 = \$\ 21.67/\text{m3}$

b).-Equipo

ver costo básico No. 2

Costo = $ 6.50/m3s x 1.25 m3s/m3c $ 8.12/m3

COSTO DIRECTO	$ 29.79/m3
INDS. 34%	$ 10.13
PRECIO UNITARIO	$ 39.92/m3

5.- Determinar el siguiente precio unitario para:

Mampostería de 3a. con piedra de desperdicio, de 0 a 4m de altura; para estribos.

Datos; 1m3 de mampostería = 1.3 m3 de piedra suelta
0.3m3 de mezcla por 1m3 de mampostería
cemento: 0.09 ton por 1m3 de mampostería
agua; 0.2m3 por 1m3 de mampostería
madera; $ 6.00/p.t.
mano de obra: 1 maestro albañil para 6 cuadrillas
cuadrilla: 1 oficial albañil + 1 peón
rendimiento de cuadrilla 3.0 m3/tno.

ANALISIS :

6.-Determinar el siguiente precio unitario para:

concreto hidráulico, simple, de f'c=200 kg/cm2, colado en seco, para losas planas.

datos: cemento ; 0.33 ton/m3 concr.
grava; 0.8 m3/m3 concr.
arena; 0.6 m3/m3 concr.
agua; 0.2 m3/m3 concr.
1 revolvedora de 6 sacos de capacidad; descarga en tolva
1 vibrador de inmersión, portatil, de gasolina
curado con membrana impermeable (0.125 l/m2; $ 5.87/lt y 30.m2/tno-peón)

ANALISIS:

7.-Determinar el siguiente precio unitario para:

cimbra de madera, por m2 de superficie de contacto, en losas planas, con 2m de altura libre.

datos; obra de 2m x 2m y 0.20m de espesor
madera para cimbra a $ 6.00/pt
clavo; $20.00/kg, aceite quemado a $ 1.00/lt (4m2/lt)
mano de obra; 1 maestro carpintero para 4 cuadrillas
cuadrilla; 1 oficial carpintero + 1 peón(10m2/tno)

ANALISIS:

Cortes.-1.a.) Despalme, con acarreo libre de 20m. sin incluir carga; con tractor Medido compacto.

Consideramos un tractor Cat. D-8K con buldozer

R= Vol./ciclo x ciclos/hr x eficiencia

$$V = \frac{vCc}{Ca};$$

v; 4.1 m3 s /ci
Cc=1.0
Ca=1.1 m3 s/m3c

$$V = \frac{4.1 \text{ m3 s/Ci} \times 1.0}{1.1 \text{ m3 s/m3C}} = 3.7 \text{ m3c/Ci}$$

$$\text{Ci/hra} = \frac{60 \text{ min/hra.}}{\text{tr/Ci} + \text{t.fijos/Ci}}$$

$$\text{tr/Ci} = \frac{\text{D/Ci}}{\text{Vol}}$$

D= 20 m
vel: 2a. de 0 a 6.8 km/hr; Rev 3a. de 0 a 4.7 km/hr

$$\text{tr/Ci} = \frac{0.02 \text{ km/Ci}}{0.85 \times 6.8 \text{km/hr}} + \frac{0.02 \text{ km/Ci}}{0.85 \times 4.7 \text{ km/hr}} = 0.008 \text{ hr/Ci}$$

$$\text{tf/Ci} = \frac{0.004 \text{ hr/Ci}}{0.012 \text{ hr/Ci}}$$

$$\text{Ci/hr} = \frac{1}{0.012 \text{ hr/ci}} = 83.3 \text{ Ci/hr}$$

E= 70%

R= 3.7 m3-c/Ci x 83.3 Ci/hr x 0.70 = 215.7 m3/hr

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 728.13/\text{hr}}{215.7 \text{ m3/hr}} =$$

	$ 3.38/M3
Ind. 34%	$ 1.15
Precio Unitario	$ 4.53/M3

Cortes.-1.b).-Despalme con acarreo libre de 20 m. incluyendo carga con cargador frontal y camiones de volteo. Medido compacto.

Equipo.-

a).-Excavación y apile del T.-1.a) $ 3.38/m3.

b).-Carga al camion con Trascavator sobre orugas cat 955 de 1 3/4 yd3 (1'34 m3)

R= Vol/Ciclo x Ci/hr x E

$$V = \frac{1.34 \text{ m3s./Ci/} \times 1.05}{1.1 \text{ m3s/mc}} = 1.28 \text{ m3s/Ci}$$

$$Ci/hr = \frac{60 \text{ min/hr.}}{t \text{ carga/ci} + t \text{ maniobras/ci} + t \text{ viajes/ci} + t \text{ descarga/ci}}$$

T carga = 0.04 ming/Ci

T mani= 0.22 min/Ci

T viaje = 0.10 min/Ci

T descar =0.05 min/ci

Suma = .41 min /Ci

$$Ci/hra = \frac{60 \text{ min/hr}}{0.41 \text{ min/Ci}} = 146.3 \text{ Ci/hr}$$

E=70%

R=1.28 m3c/Ci x 146.3 Ci/hr x 0.7 = 131.0 m3c/hr

$$Costo = \frac{\$ 420.38/hr}{131.0 \text{ m3/hr}} =$$ $ 3.21/m3.

c).-Tiempos del camión durante la carga, maniobras, acarreo a 20 m y desgarga

t = t activo + t inactivo

$$t \text{ ac} = \frac{2 \times 20 \text{ m}}{10{,}000 \text{ m/hr.}} = 0.004 \text{ hr}$$

Maniobras	=	0.020
Descarga	=	0.010
Suma	=	0.034 hr.

$$t \text{ inact} = \frac{6 \text{ m3s}}{1.1 \text{ m3s/m3c} \times 131.0 \text{ m3c/hr}} = 0.042 \text{ hr.}$$

Costo = $ 157.31/hr x 0.034 hr + $44.84/hr x 0.042 hr = $ 1.33/m3

5.45 m3c

Costo directo =	$ 7.92/m3
Indirectos 34% =	2.69
Precio Unitario =	$10.61/m3

Corte.-I.c).-Despalme con acarreo libre de 20 m. incluyendo carga; con escrepa de arrastre. Medido compacto.

Equipo.-

Escrepa de arrastre Cat 435 F de 14 a 18 yd3 (10.7 a 13.8 m3).
Contractor Cat D-7F
Sin tractor empujador
R = V/Ci x Ci/hr x E
V= 9.73 m3c/Ci

$$Ci/hr = \frac{60\ min/hr.}{t\ carga/Ci + t\ desc\ y\ vueltas/Ci + t\ atraso/Ci}$$

t carga		0.80 min/Ci
t desc y vuelta	=	0.60 min/Ci
t regreso y vuelta	=	0.60 min/Ci
	Suma:	2.00 min/Ci

$$Ci/hr = \frac{60\ min/hr}{2.0\ min/Ci} = 30\ Ci/hr$$

E = 70%

R = 9.73 m3c/Ci x 30 Ci/hr x 0.7 = 204.33 m3/hr

$$Costo = \frac{\$465.34/hr + \$\ 139.70/hr}{204.33\ m3/hr} =$$

	$ 2.96/m3.
Indirectos 34%	1.01
Precio Unitario =	$ 3.97/m3.

Cortes.-1.d).-Despalme con acarreo libre de 20 m. incluyendo carga; con motoescrepa. Medido compacto.

Equipo.-

Motoescrepa Cat. 621 de 14 a 20 yd3 (10.7 a 15.3 m3)

R = V/Ci x Ci/hr x E

Sin tractor empujador:

$$V = \frac{10.7 \text{ m3/Ci}}{1.1 \text{ m3s/m3c}} = 9.73 \text{ m3c/Ci}$$

$$Ci/hr = \frac{60 \text{ min/hora}}{t \text{ carga/Ci} + t \text{ recorr/Ci} + t \text{ desc y vueltas/Ci} + t \text{ atraso /Ci}}$$

t carga =	0.80 min/Ci
t desc. y vuelt =	0.60 min/Ci
t regreso y vuelt. =	0.60 min/Ci
Suma	= 2.00 min/Ci

$$Ci/hr = \frac{60 \text{ min/hr}}{2.0 \text{ min/Ci}} = 30 \text{ Ci/hr}$$

E = 70%

R = 9.73 m3c/Ci x 30 Ci/hr x 0.7 = 204.33 m3c/hr

$$Costo = \frac{\$ \ 815.69/hr}{204.33 \text{ m3c/hr}} = \$ \ 3.99/m3c$$

Indirectos 34% =	1.36
Precio Unitario =	$ 5.35/m3c

Cortes.-2.a).-Escavación en cortes, con acarreo libre de 20 m. sin incluir carga; con tractor medida compacta.- En material "A"

Considerando un tractor Cat D-8K, con buldozer y motoconformadora Cat 120 B.

R= Vol/Ciclo x Ciclos/hr x Efic.

$$V/Ci = \frac{V\ Ci}{Ca}$$

V = 4.1

Ca= 1.2 m3s/m3c (mat A)

$$V/Ci = \frac{4.1\ m3s/Ci \times 1.0}{1.2\ m3s/m3c} = 3.4\ m3c/Ci$$

$$Ci/hr : tr = \frac{0.02\ km/ci}{0.75 \times 6.8\ km/hr} + \frac{0.02\ km/ci}{0.85 \times 4.7\ km/hr} = 0.009\ hr/ci$$

0.009 hr/ci + 0.005 hr/ci (tF/ci) = 0.014 hr/ci

$$Ci/hr = \frac{1}{0.014\ hr/Ci} = 71.4\ Ci/hr.$$

E = 70%

R = 3.4 m3c/Ci x 71.4 x 0.7 = 169.9 m3c/hr

$$\text{Costo: tractor} = \frac{\$\ 728.13/hr}{169.9\ m3c/hr} = \$\ 4.29/m3$$

$$\text{Motoconformadora:} \frac{\$350.38}{3 \times 169.9\ m3c/hr} = \$\ 0.69/m3$$

Costo Directo =	$	4.98/m3
Indirectos 34% =	$	1.69
Precio Unitario =	$	6.67/m3

Cortes.2.b).-Excavación en cortes, con acarreo libre de 20 m, incluyendo carga con cargador frontal y camiones de volteo de 6 m3. medida compacta.

En material "A"

a) Excavación y afine (del 2.a): $ 4.98/m3

b) Carga al camión con traxcavator sobre orugas Cat 955 de 1. 3/4 yd3 (1.34 m3)

Del 1 b

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 3.21/m3c \times 1.2\ m3s/m3c}{1.1\ m3s\ /m3c} = \$\ 3.50/m3$$

c) Camión en acarreo libre

Del 1.b

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 1.33/m3c \times 1.2\ m3s/m3c}{1.1\ m3s/m3c} = \$\ 1.45/m3$$

CostoDirecto =	$ 9.93/m3
Indirectos 34% =	3.38
Precio Unitario =	$ 13.31/m3

2.c).- Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m. incluyendo carga, con escrepa de arrastre. Medida compacta. En material "A".

Equipo: El señalado en 1.c); más un tractor Cat D-7F, empujador y una motoconformadora afinando taludes y piso.

$$Ci = \frac{60 \text{ min/hr}}{t_{carga/Ci} + t_{recorr/Ci} + t_{desc\ y\ vuelt/Ci} + t_{atraso/Ci}}$$

t_{carga} =		0.80 min.
t_{recorr} =	$\frac{60m \times 60 \text{ min/hr}}{85\% \times 3000 \text{ m/hr}}$	1.41 min.
$t_{desc\ y\ vuelta}$		0.60 min.
t_{atraso}		0.60 min.
	SUMA	3.41 min.

$$Ci/hr = \frac{60 \text{ min/hr}}{3.41 \text{ min/Ci}} = 17.6 \text{ Ci/hr}$$

E = 70%

$$V/Ci = \frac{13.8 \text{ m3s/ci}}{1.2 \text{ m3s/m3c}} = 11.5 \text{ m3c/Ci}$$ (colmada empleando tractor empuje)

R = 11.5 m3c/Ci x 17.6 Ci/hr x 0.7 = 141.7 m3/hr

$$Costo = \frac{\$\ 465.34/hr + \$\ 139.70/hr}{141.7 \text{ m3/hr}}$$ \$ 4.27/m3

Empujador

$$Costo = \frac{\$\ 465.34/hr}{3 \times 141.7 \text{ m3/hr}} =$$ \$ 1.09/m3

Motoconformadora

$$Costo = \frac{\$\ 350.38/hr}{3 \times 141.7 \text{ m3/hr}} =$$ \$ 0.82/m3

COSTO DIRECTO	\$ 6.18/m3
INDS. 34%	\$ 2.10
PRECIO UNITARIO	\$ 8.28/m3

2.d).- Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m incluyendo carga, con motoescrepa, en material "A". Medida compacta

Equipo;

Motoescrepa Cat 621 de 14 a 20 yd3 (10.7 a 15,3 m3)
con tractor empujador Cat D-8 K

$$V = \frac{15.3\ m3s/Ci}{1.2\ m3s/m3c} = 12.75\ m3c/Ci$$

$$Ci/hr;\ tr = \frac{60\ m/Ci \times 60\ min/hr}{0.75 \times 4000m/hr} = 1.2\ min/Ci;\ 1.2 + 2 = 3.2\ min/Ci$$

(2 min = carga + descarga + vueltas + retraso)

$$Ci/hr = \frac{60\ min/hr}{3.2\ min/Ci} = 18.7\ Ci/hr$$

E= 70%

R= 12.75 m3c/Ci x 18.7 Ci/hr x 0.7 = 166.9 m3c/hr

Costo : motoescrepa	$= \frac{\$\ 815.69/hr}{166.9\ m3/hr}$	$ 4.89/m3
tractor D-8 K	$= \frac{\$\ 728.13/hr}{3 \times 166.9\ m3/hr}$	$ 1.45/m3
Motoconformadora	$= \frac{\$\ 350.38/hr}{3 \times 166.9\ m3/hr}$	$ 0.70/m3
	COSTO DIRECTO	$ 7.04/m3
	INDS. 34%	$ 2.39
	PRECIO UNITARIO	$ 9.43/m3

2.e)-Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m, incluyendo carga, con cargador frontal y camiones volteo, en material "C". Medido compacto

a).- Barrenación;

Espesor = 3.0 (2.7m + 0.30m subrasante)

Separación = 1.4 x 1.4

Area = 1.4 x 1.4 = 1.96 m2

Arranca:
3.0 - 10% x 1.4 =2.86m

Volumen/barr. = 1.96m2 x 2.86m = 5.61 m3

Volumen por m. de barrenac.= $\frac{5.61m3}{3m}$ = 1.87 m3/m

Coeficiente de barrenación = $\frac{1}{1.87\ m3/m}$ = 0.53 m/m3

Barrenación/perforadora x hora =	4 m/hr
Compresor de 600 p.c.m. =	$ 368.04/hr
6 perforadora a $ 61.17/hr =	$ 367.02
	$ 735.06

Barrenación/hr = 4m/hr.perf. x 6 perf. = 24 m/hr

Volumen = 24m/hr x 1.87 m3/m = 44.9 m3/hr

Costo = $\frac{\$\ 735.06/hr}{44.9\ m3/hr}$ $ 16.37/m3

b).- Acero y brocas

Escala de 4 barrenas (0.8, 1.6, 2.4 y 3.2m) = $ 5,764.72

Zancos;	3 x $ 185.12 =	555.36	
Pastillas;	3 x $ 537.68 =	1,613.04	
Afiladas;	24 x $ 54.08 =	1,297.92	
		$ 3,466.32	$ 3,466.32
			$ 9,231.04

Para dureza media (basalto, sano)
por m de barrenación = $\frac{\$\ 9,231.04}{2600\ m}$ = $ 3.55/m

por m3 = $ 3.55/m x 0.53 m/m3 = $ 1.88/m3

../..

c).- Explosivos

Dinamita 40%	0.1 kg/m3 x $ 18.51/kg	= $ 1.81/m3	
Mexamon	0.35 kg/m3 x $ 5.92/kg	= $ 2.07/m3	
Estopin: 1 pza/barrend. / 5.61m3/barrend.	0.18 pza/m3 x $ 9.02/pza	= $ 1.73/m3	
		$ 5.61/m3	$ 5.61/m3

d).- Voladura:

1 poblador	$ 211.64/tno
1 ayudante	$ 170.20/tno.
2 peones a $ 153.00/tno.	$ 306.00/tno.
	$ 687.84/tno.

Producción = 44.9 m3/hr x 6.5 hr/tno. = 291.5 m3/tno.

costo = $ 687.84/tno. / 291.5 m3/tno — $ 2.36/m3

e).- Extracción y carga;
Cargador frontal sobre orugas Cat. 955 de 1 3/4 yd3

R = V/Ci x Ci/hr x E; V = (1.32 m3s/Ci x 0.8) / 1.5 m3s/m3c = 0.7 m3c

R = 0.7 m3c/Ci x 146.3 Ci/hr x 0.7 = 71.7 m3c/hr

costo = $ 420.38/hr / 71.7 m3/hr — $ 5.86/m3

Camión: t activo = 0.034 hr
t inactivo = 6 m3s / (1.5 m3s/m3c x 71.7 m3c/hr) = 0.06/hr

costo = ($ 157.31/hr x 0.034 hr + $ 44.84/hr x 0.06 hr) / 4 m3c — $ 2.01/m3

f).- Plantilla y bordeo
tractor D-8 K con buldozer
costo = $ 728.13/hr / 2 x 71.7m3c/hr — $ 5.08/m3

g).- Amacise de taludes

10 % de afloje ($16.37 + 1.88 + 5.61 + 2.36) — $ 2.62/m3

COSTO DIRECTO	$41.79/m3
INDS. 34%	$14.21
PRECIO UNITARIO	$56.00/m3

2.f).-Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m, sin incluir carga, con tractor Medida compacta.-En material "B"

Considerando un tractor Cat D-7F, con buldozer y motoconformadora Cat 120 B

a).- Tractor D-7

v= 3.32 m3s
Cc= 1.3 m3s/m3c

$$V/Ci = \frac{3.31 \text{ m3s/m3c} \times 0.9}{1.3 \text{ m3s/mc}} = 2.29 \text{ m3c/Ci}$$

$$Ci/hr: \; tr = \frac{0.02 \text{km/Ci}}{0.75 \times 3.5 \text{ km/hr}} + \frac{0.02 \text{ km/Ci}}{0.85 \times 4.7 \text{ km/hr}} = 0.013 \text{ hr/Ci}$$

$$tr + tf = 0.013 \text{ hr/Ci} + 0.005 \text{ hr/Ci} = 0.018 \text{ hr/Ci}$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.018 \text{ hr/Ci}} = 55.6 \text{ Ci/hr}$$

E = 70%

R = 2.29 m3c/Ci x 55.6 Ci/hr x 0.7 = 89.1 m3/hr

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 536.06/\text{hr}}{89.1 \text{ m3/hr}} \qquad \$\ 6.02/\text{m3}$$

b).- Motoconformadora:

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 350.38/\text{hr}}{2 \times 89.1 \text{ m3/hr}} \qquad \$\ 1.97/\text{m3}$$

COSTO DIRECTO	$ 7.99/m3
Inds. 34%	$ 2.72
Precio Unitario	$10.71/m3

2.g).-Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m, incluyendo carga con cargador frontal y camiones de volteo de 6m3. medida compacta. En material "B"

Considerando un tractor Cat D-7F, con buldozer; motoconformadora Cat 120 B; - traxcavator 955 de 1 3/4 yd3 (1.34m3) y camiones ford de volteo, de 6 m3

a).- Excavación y afine (del 2.f) $ 7.99/m3

b).- Carga al camión con traxcavator del 1.b

Costo = $ 3.21/m3 x 1.3 m3s/m3c / 1.1 m3s/m3c $ 3.79/m3

c).- Camión en acarreo libre del 1.b

Costo = $ 1.33/m3c x 1.3m3s/m3c / 1.1 m3s/m3c $ 1.57/m3

COSTO DIRECTOR	$ 13.35/m3
INDS. 34%	$ 4.54
PRECIO UNITARIO	$ 17.89/m3

2.h)-Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m, sin incluir carga, con tractor. Medida compacta. En material "B"

A).- Considerando un tractor Cat D-7F, ripper de 3 dientes, en afloje (#)

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 531.11/\text{hr}}{537\ \text{m3/hr}} \qquad \$\ 0.99/\text{m3}$$

B).- Excavación con tractor Cat D-7 con buldozer

$$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$$

$$v = \frac{h2 \times 1}{2tg\ 40°} = \frac{1.27^2 \times 3.45}{2 \times 0.839} = 3.32\ \text{m3s}$$

Cc= 1.0

Ca= 1.3 (mat B)

$$V/Ci = \frac{3.32\ \text{m3s} \times 1}{1.3\ \text{m3s/m3c}} = 2.55\ \text{m3c/Ci}$$

$$Ci/hr = \frac{1}{tr + tf}$$

$$tr = \frac{0.02\ \text{km/Ci}}{0.8 \times 6.3\text{km/hr}} + \frac{0.02\ \text{km/Ci}}{0.85 \times 4.7\ \text{km/hr}} = 0.009\ \text{hr/Ci}$$

tf = 0.005 hr/Ci

$$Ci/hr = \frac{1}{0.009 + 0.005} = 71.4\ Ci/hr$$

E = 70%

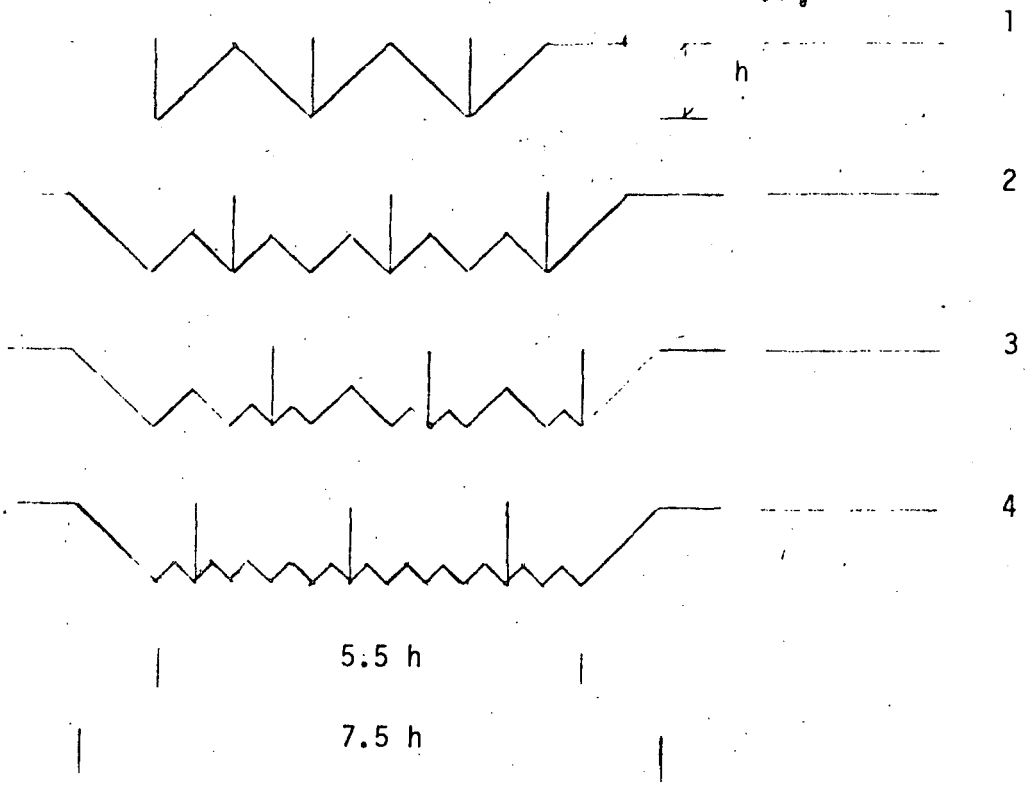
R = 2.55 m3c/Ci x 71.4 Ci/hr x 0.7 = 127.4 m3c/hr

$$\text{Costo: tractor} = \frac{\$\ 536.06/\text{hr}}{127.4\ \text{m3/hr}} \qquad \$\ 4.21/\text{m3}$$

C).- Afine

$$\text{Motoconformadora} = \frac{\$\ 350.38}{3 \times 127.4\ \text{m3/hr}} \qquad \$\ 0.92/\text{m3}$$

COSTO DIRECTO	$ 6.12/m3
INDS. 34%	$ 2.08
PRECIO UNITARIO	$ 8.20/m3



$$A = \frac{(7.5\ h + 5.5\ h)}{2}\ h = \frac{13.0\ h}{2} \times h$$

A = 6.5 h2 ; si h=0.6m

$A = 6.5 \times 0.6^2 m = 2.34\ m2$

Ac=2.34 m2 x 0.8 = 1.87 m2

Si L = 100 m

V = 187 m3 en 4 pasadas

$$Ci/hr = \frac{1}{(tr/p + tf/p)\ No.\ pas/Ci}$$

$$(Tr/p + tf/p) = \frac{100\ m/p}{0.7 \times 3{,}500 m/hr} + 0.02\ hr = 0.061\ hr/p$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.061\ hr/p \times 4} = 4.1\ Ci/hr$$

E = 0.7

Producción = 187 m2/Ci x 4.1 Ci/hr x 0.7 = 537 m3/hr.

2.i).- Excavación en cortes, con acarreo libre de 20mm. incluyendo carga con cargador frontal y camiones de volteo de 6m3. Medido compacto.- En material "B"

Considerando un tractor Cat. D 7F con buldozer y ripper, motoconformadora Cat 120B; traxcavator 955 de 1 3/4 yd3 y camiones Ford de volteo, de 6m3

a).- afloje del material (del 2.h)	$ 0.99/m3
b).- excavación (del 2.h)	$ 4.21/m3
c).- afine (del 2.h)	$ 0.92/m3
d).- Carga al camión (del 2.g)	$ 3.79/m3
e).- Camión en acarreo libre (del 2.g)	$ 1.57/m3
COSTO DIRECTO	$ 11.48/m3
INDS. 34%	$ 3.90
PRECIO UNITARIO	$ 15.38/m3

2.j).- Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m. incluyendo carga, con - escrepa de arrastre. Medida compacta. en material "B"

Considerando un tractor Cat D-7F con ripper, motoconformadora Cat 120B, escrepa de arrastre Cat 435F tirado por tractor Cat D 7F y empujador -- Cat D-7F

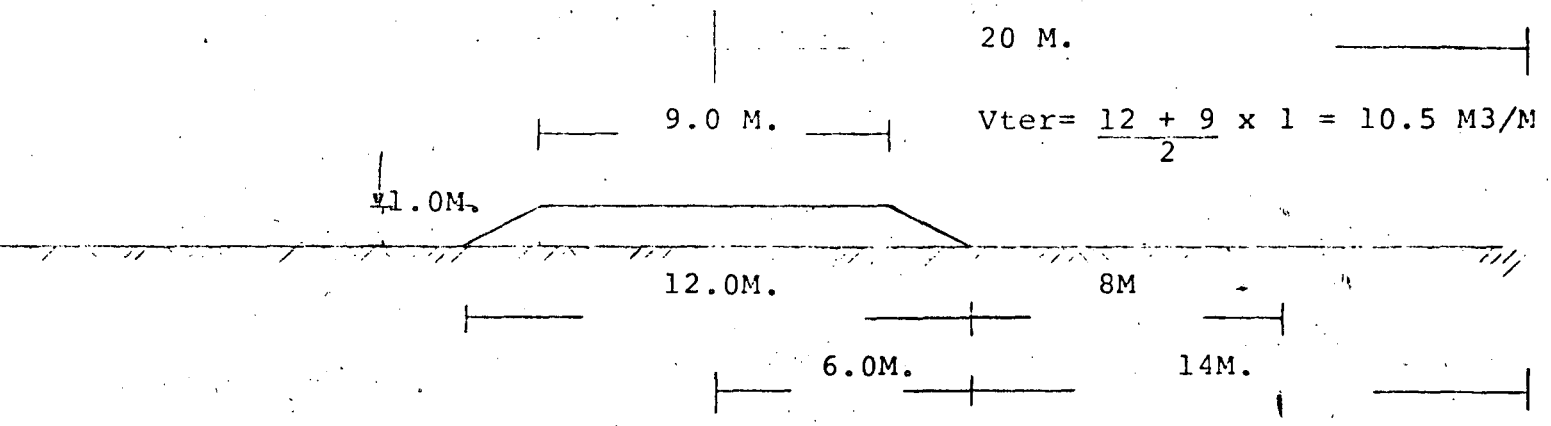
a).- afloje del material (del 2.h)		$ 0.99/m3
b).- excavación (del 2.c)	$ 4.27/m3 x 1.3 / 1.2	$ 4.63/m3
c).- empujador (del 2.c)	$ 1.09/m3 x 1.3 / 1.2	$ 1.18/m3
d).- motoconformadora (del 2.c)	$ 0.82/m3 x 1.3 / 1.2	$ 0.89/m3
	COSTO DIRECTO	$ 7.69/m3
	INDS. 34%	$ 2.61
	PRECIO UNITARIO	$ 10.30/m3

2.k).- Excavación en cortes, con acarreo libre de 20m. incluyendo carga, con motoescrepa. Medida compacta.- En material "B"

Considerando un tractor Cat D-7F con ripper, motoescrepa Cat 621, empujador Cat D-8K y motoconformadora Cat 120B

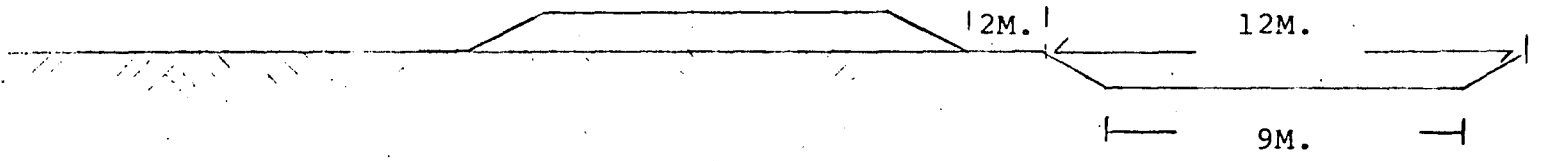
a).- afloje del material (del 2.h)	$ 0.99/m3
b).- excavación (del 2.d); $\frac{\$\ 4.89/m3 \times 1.3}{1.2}$	$ 5.30/m3
c).- empujador(del 2.d); $\frac{\$\ 1.45/m3 \times 1.3}{1.2}$	$ 1.57/m3
d).- motoconformadora (del 2.d)=$\frac{\$\ 0.70/m3 \times 1.3}{1.2}$	$ 0.76/m3
COSTO DIRECTO	$ 8.62/m3
INDS. 34%	$ 2.93
PRECIO UNITARIO	$ 11.55/m3

PRESTAMO LATERAL DENTRO DE LA FAJA DE 20M.
DE UN SOLO LADO.

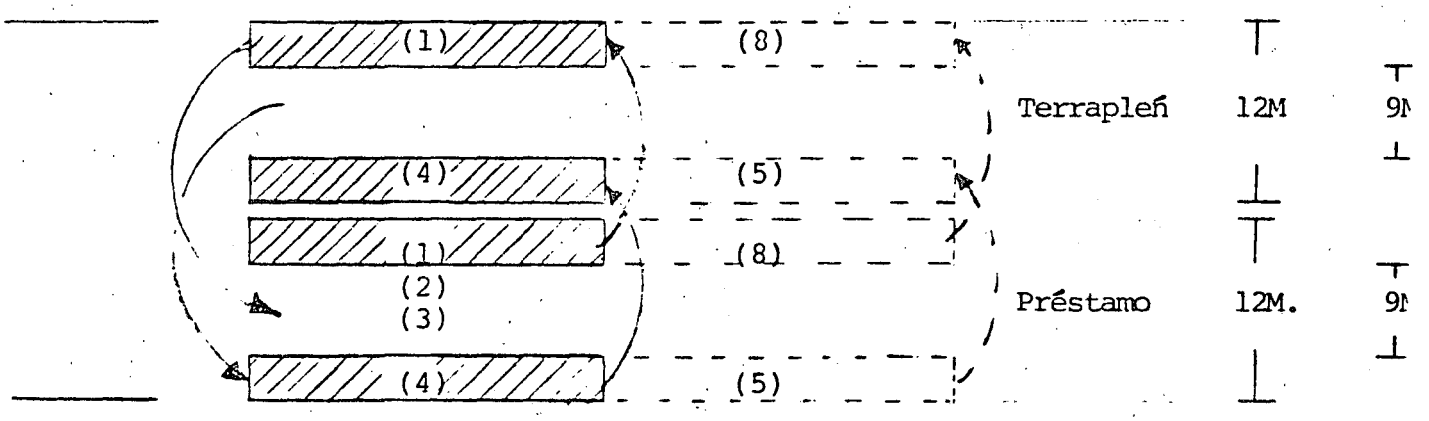


$$V_{ter} = \frac{12 + 9}{2} \times 1 = 10.5 \text{ M3/M}$$

$$\text{Prof. Corte} = \frac{10.5 \text{ M3}}{14.0\text{M}} = 0.715 \text{ M3/M}$$



Prof. Corte= 1.0M.



Recorrido: Corte + Vuelta + Descarga + Vuelta.

TERRAPLENES.- 1.a).- Formación y compactación de terraplenes.-Cuando el material se acarrea en camión volteo (mat 50-50) (medida compacta) compactada al 85%

a).- tendio del material:
considerando una motoconformadora cat 120B

R = V/Ci x Ci/hr x E

$$V/Ci = \frac{h2CcL}{2tg40 \times Ca} = \frac{0.61^2 m \times 0.9\ L}{2 \times 0.839 \times 1.25} = 0.16\ m3/m \times L$$

Longitud del tramo: 300m

V/Ci = 0.16m3/m x 300m = 48m3/Ci

$$Ci/hr = \frac{1}{(tr + tf)\ (1 + \frac{1}{8})}$$

$$tr = \frac{0.3\ km/Ci}{0.8 \times 3.2 km/hr} = 0.117 hr/Ci;\ tf = 1min/Ci = 0.017\ hr/Ci$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.134\ hr/Ci\ (1.125)} = 6.63\ Ci/hr$$

E = 0.7

R = 48m3/Ci x 6.63 Ci/hr x 0.7 = 223 m3/hr

$$Costo = \frac{\$\ 350.38/hr}{223\ m3/hr} \qquad \$\ 1.57/m3$$

b).- Compactación.
Considerando un rodillo "pata de cabra"
Dynapac CF 44, tirado por un tractor agrícola Ford 5000
Espesor medido compacto de 16cm.
Ancho de compactación: 1.65m
Velocidad de desplazamiento: 2.5km/hr

R = V/Ci x Ci/hr x E

V/Ci = 1.65m x 300m/Ci x 0.16m = 79.2 m3/Ci

$$Ci/hr = \frac{1}{(tr/pas + tf/pas)\ No.\ pas/Ci}$$

$$tr = \frac{0.3\ km}{2.5\ km/hr} = 0.12\ hr;\ tf = 0.017\ hr/Ci$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.137\ hr/pas\ (No.\ pas/Ci)} = \frac{7.3\ pas/hr}{No.\ pas/Ci}$$

Suponiendo No. pas/Ci: 80% = 3 pas/Ci; 90% = 5pas/Ci; 95% = 8pas/Ci y 100% = 13pas/Ci

$$Ci/hr = \frac{7.3\ pas/hr}{3\ pas/Ci} = 2.43\ Ci/hr$$

E = 0.7

R = 79.2 m3/Ci x 2.43 Ci/hr x 0.7 = 134.7 m3/hr

$$Costo = \frac{\$\ 96.19/hr + \$\ 99.68/hr}{134.7\ m3/hr} \qquad \$\ 1.45/m3$$

$$para:\ 90\% = \frac{134.7\ m3/hr \times 3\ pas/Ci}{5\ pas/Ci} = 80.82\ m3/hr$$

$$95\% = \frac{134.7 \times 3}{8} = 50.51\ m3/hr$$

$$100\% = \frac{134.7 \times 3}{13} = 31.08\ m3/hr$$

c).- Recorte de cuñas
Considerando un terraplén con:
Corona de 8.0m; base 11.0m, altura 1.0m cada cuña de 0.2m en la corona -- (0.1 m3/m); volumen del terraplen terminado = 9.5 m3/m

Se requiere, para el recorte, 1 pasada por lado, o sean 2 pasadas para el terraplén en 300m; y 2 pasadas para el extendido; total 4 pasadas de motoconformadora Cat 120B

t pasada = tr/pas + tf/pas = 0.134 hr/pas

t 4 pasadas/terraplén= 4/pas x 0.134 hr/pas = 0.536 hr/terrapl.

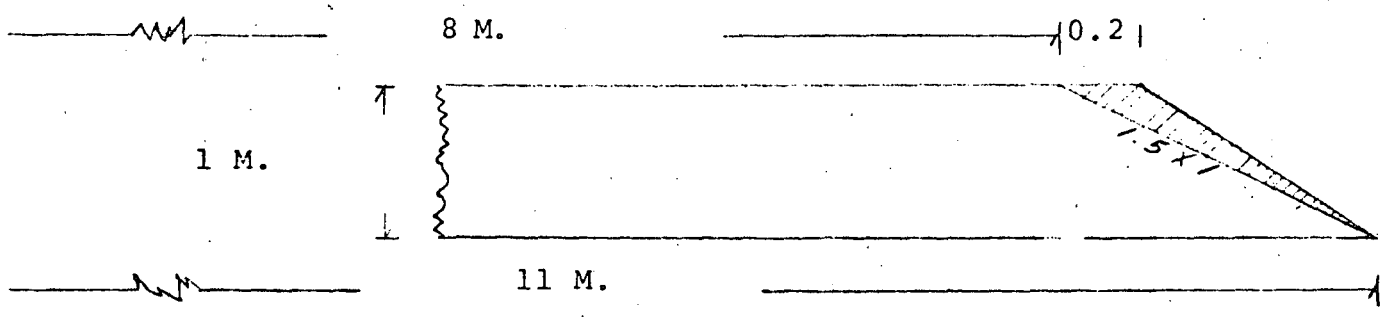
por afine e imprevistos 6 pasadas

$$Costo = \frac{\$\ 350.38/hr \times 0.536\ hr/terrapl. \times 1.5}{9.5\ m3/m \times 300\ m/terrapl. \times 0.7\ E} \qquad \$\ 0.14/m3$$

d).- Afine de la corona
Considerando 6 pasadas

Costo = recorte de cuñas	$ 0.14/m3
COSTO DIRECTO	$ 3.30/m3
INDS 34%	1.12
PRECIO UNITARIO	$ 4.42/m3

RECORTE DE CUÑAS.



Terrapl.= $\frac{11 + 8}{2}$ = 9.5M2/M

Cuña = $\frac{0.2 \times 1}{2}$ = 0.1M3/M por cada lado

2 Cuñas = 0.2M3/M

$\therefore$ $\frac{0.2 \text{ M3cuña/M} \times 100}{9.5 \text{ m3 terrapl/M.}}$ = 2.1% cuña/terraplén.

1.b).- Formación y compactación de terraplenes.- Cuando el material se acarrea con escrepa (mat 50-50-0) (medida compacta).-compactador al 85%

a).- afine del tendido

motoconformadora Cat 120B
volumen = 300m x 0.16m x 9.5m (promedio)= 456 m3
considerando 4 pasadas en 9.5m. de ancho;
tiempo (del 1.a)= 0.536 hr

Costo $\frac{\$\ 350.38/hr \times 0.536\ hr.}{456\ m3 \times 0.7\ E}$ $ 0.59/m3

b).- compactación (del 1.a) $ 1.45/m3

c).- recorte de cuñas (del 1.a) $ 0.14/m3

d).- afine de la corona (del 1.a) $ 0.14/m3

COSTO DIRECTO	$ 2.32/m3
INDS. 34%	$ 0.79
PRECIO UNITARIO	$ 3.11/m3

ACARREOS

a.1).- Sobreacarreo por m3-Estación, empleando tractor D-8K con buldozer material con clasificación (33.3 - 33.3 - 33.3)

$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$

V/Ci (para los primeros 20m) $= 4.1\ m3s/Ci \dfrac{Cc}{Ca}$

$Cc = 0.97$ (0.85 para 100m)

$Ca = \dfrac{1.2 + 1.3 + 1.5}{3} = 1.33\ m3s/m3c$

$V/Ci = \dfrac{4.1\ m3s/Ci \times 0.97}{1.33\ m3s/m3c} = 2.99\ m3c/Ci$

$Ci/hr = \dfrac{1}{tr/Ci}$

$tr/Ci = \dfrac{0.02\ km/Ci}{6.8\ km/hr} + \dfrac{0.02\ km/Ci}{4.7\ km/hr} = 0.0073\ hr/Ci$

$Ci/hr = \dfrac{1}{0.0073} = 137\ Ci/hr$

$E = 0.7$

$R/Ci = 2.99 m3c/Ci \times 137 Ci/hr \times 0.7 = 286.7\ m3/hr\text{-}la.\ Est.$

V/Ci = (para los primeros 100m) $= 4.1\ m3s/Ci \dfrac{Cc}{Ce}$

$V/Ci = 4.1\ m3s/Ci \times \dfrac{0.85}{1.33} = 2.62\ m3c/Ci$

$Ci/hr = \dfrac{1}{tr/C}$

$tr/C = \dfrac{0.1\ km/Ci}{6.8\ km/hr} + \dfrac{0.1\ km/Ci}{6.8\ km/hr} = 0.029\ hr/Ci$

$Ci/hr = \dfrac{1}{0.029\ hr/Ci} = 34.5\ Ci/hr$

$R = 2.62 m3c/Ci \times 34.5\ Ci/hr \times 0.7 = 63.3\ m3c/hr\text{-}t\ est.$

Costos: la. est $= \dfrac{\$\ 728.13/hr}{286.7\ m3/hr\text{-}la.\ Est.}$ $\$\ 2.54/m3\text{-}la.est$

INDS. 34% 0.86

PRECIO UNITARIO $ 3.40/m3-la. Est.

Incremento a la La estación y hasta 5 estaciones

costo a 100m(5ta. Est) = $\frac{\$\ 728.13/hr}{63.3\ m3/hr}$ = $ 11.50/m3

Incremento a $ 2.54/m3-1a Est; hasta 5 est. $\frac{\$\ 11.50 - \$\ 2.54}{4\ Est.}$ $ 2.24/m3-Est

INDS. 34%	0.76
PRECIO UNITARIO	$ 3.00/m3-Est.

a.2).- Sobreacarreo por m3-estación, empleando escrepa de arrastre Cat 435F, tirada por tractor Cat D-7F

$$R = V/Ci + Ci/hr \times E$$

$$V/Ci = \frac{13.8\ m3s/Ci}{1.33\ m3s/m3c} = 10.4\ m3c/Ci$$

$$Ci/hr = \frac{1}{tr/Ci}$$

$$tr/Ci\ (\text{para los primeros } 20m) = \frac{0.02km/Ci}{0.85 \times 3.5km/hr} + \frac{0.02km/Ci}{0.9 \times 9.7\ km/hr} = 0.009$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.009\ hr/Ci} = 111.11\ Ci/hr$$

$$E = 0.7$$

$$R = 10.4m3c/Ci \times 111.11\ Ci/hr \times 0.7 = 808.88\ m3/hr$$

$$Costo = \frac{\$\ 465.34 + \$\ 139.70}{808.88\ m3} = \$\ 0.75/m3\text{-la. Est.}$$

INDS. 34%	0.25
PRECIO UNITARIO	$ 1.00/m3-la. Est.

Incremento a la 1a. Est. y hasta 5 estaciones

$$tr/Ci \text{ (para los primeros 100m)} = \frac{0.1 \text{ km/Ci}}{0.85 \times 3.5 \text{km/r}} + \frac{0.1}{0.9 \times 9.7} = 0.045$$

$$Ci/hr = \frac{1}{0.045 \text{ hr/Ci}} = 22.22 \text{ Ci/hr}$$

$$R = 10.4 \text{ m3c/Ci} \times 22.22 \text{ Ci/hr} \times 0.7 = 161.76 \text{ m3/hr}$$

$$\text{Costo a 100m (5a. Est)} \frac{\$\ 465.34 + \$\ 139.7}{161.76} = \$\ 3.74/\text{m3}$$

$$\text{Incremento a 1.08/m3-est.; hasta 5 est.} = \frac{\$3.74 - \$0.75}{4 \text{ est}} = 0.75/\text{m3-est}$$

INDS. 34% 0.25

PRECIO UNITARIO $1.00/m3-est

a.3).- Sobreacarreo por m3-Estación, empleando motoescrepa Cat 621

$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$

$$V/Ci = \frac{15.3\ m3s/ci}{1.33\ m3s/m3c} = 11.5\ m3c/Ci$$

$$Ci/hr = \frac{1}{tr}\ ;\ tr_{carg} = (100m) = \frac{0.05\ km/Ci}{5.5\ km/hr} + \frac{0.05\ km/Ci}{9.5\ km/hr} = 0.014\ hr/Ci$$

$$tr_{vac} = (100m) = \frac{0.05\ km/Ci}{5.5\ km/hr} + \frac{0.05\ km/Ci}{12.5\ km/hr} = 0.013\ hr/Ci$$

SUMA 0.027 hr/Ci

$$R = 11.5\ m3c/Ci \times \frac{1}{0.027\ hr/Ci} \times 0.7 = 298.1\ m3/hr$$

$$Costo = \frac{\$\ 815.69/hr}{298.1\ m3/hr \times 5\ Est.} =$$

0.55/m3-Est.

INDS. 34% 0.19

PRECIO UNITARIO 0.74/m3-Est

Precio a 5 Est. (100m = 1er. Hectom.) $ 0.74/m3-Est x 5 est = $ 3.70/Hm.

a.4).- Sobreacarreo, por m3-estación, empleando camión volteo de 6m3

$$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$$

$$V/Ci = \frac{6m3s/Ci}{1.33\ m3s/m3c} = 4.5\ m3c/Ci$$

$$Ci/hr = \frac{1}{tr} = tr_{carg}(100m) = \frac{0.1\ km/hr/Ci}{10\ km/hr} = 0.010\ hr/Ci$$

$$tr_{vac}\ (100m) = \frac{0.1\ km/hr/Ci}{20km/hr} = 0.005\ hr$$

SUMA = 0.015 hr/Ci

$$R = 4.5\ m3c/Ci + \frac{1}{0.015\ hr/Ci} \times 0.7 = 210\ m3c/hr$$

$$Costo = \frac{\$\ 157.31/hr}{210\ m3c/hr \times 5\ Est}$$

	$ 0.15/m3-est
INDS. 34%	0.05
PRECIO UNITARIO	$ 0.20/m3-est

Precio a 5 est. (100m = 1er. Hect)= $ 0.20/m3-Est x 5 est = $ 1.00/m3

b.1).- Sobreacarreo por m3-Hectómetro, empleando motoescrepa Cat 621

$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$

$V/Ci = 11.5$ m3c/ci

$Ci/hr = \frac{1}{tr}$; $tr_{carg} = \frac{0.5 \text{ km/Ci}}{15 \text{ km/hr}} = 0.033$ hr/Ci

$tr_{vac} = \frac{0.5 \text{ km/Ci}}{17.5 \text{ km/hr}} = 0.029$

SUMA 0.062 hr/Ci

$R = 11.5 \text{ m3c/Ci} \times \frac{1}{0.062 \text{ hr/Ci}} \times 0.7 = 129.8$ m3/hr

Costo a 5 hectómetros = $\frac{\$ 815.69/\text{hr}}{129.8 \text{ m3/hr}}$ = $ 6.28/m3

INDS. 34% $ 2.14

PRECIO UNITARIO $ 8.42/m3

Incremento a $ 3.70/m3 del primer hectómetro y por cada hectómetro

$\frac{\$ 8.42 - \$ 3.70}{4 \text{ Hect.}}$ = $ 1.18/m3-Hect.

b.2).- Sobreacarreo por m3-hectómetro, empleando camión volteo de 6m3

$R = V/Ci \times Ci/hr \times E$

$V/Ci = 4.5$ m3c/Ci

$Ci/hr = \frac{1}{tr}$; $tr_{carg} = \frac{0.5 \text{ km/Ci}}{15 \text{ km/Ci}} = 0.033$ hr/Ci

$tr_{vac} = \frac{0.5 \text{ km/Ci}}{25 \text{ km/Ci}} = 0.020$

SUMA 0.053 hr/Ci

$R = 4.5 \text{ m3c/ci} \times \frac{1}{0.053 \text{ hr/Ci}} \times 0.7 = 59.4 \text{ m3/hr}$

Costo a 5 hectómetros = $\frac{\$ 157.31/\text{hr}}{59.4 \text{ m3/hr}}$ $ 2.65/m3

INDS. 34 % $ 0.90

PRECIO UNITARIO $ 3.55/m3

Incremento a $ 1.00/m3 del primer Hectómetro y por cada Hectómetro.

$\frac{\$ 3.55 - \$1.00}{4 \text{ Hect.}} = \$ 0.64/\text{m3-Hect.}$

Tendido de mezcla asfáltica empleando extendendora acabadora mecánica:

Considerando una extendedora marca Finisher SA-35 con velocidades: 1a. 201.2m/hr 2a. 420.6 m/hr. y ancho del depósito de 3.0m

R = Vol/ciclo x Ci/hr x Efic.

tramo de 500m; espesor, de la carpeta, medido compacto = e

Vol/ci = 500m/Ci x 3.0m x e = e 1500 m2

$$Ci/hr = \frac{60\ min/hr}{t\ recorr/ci + t\ fijos/Ci}$$

$$t\ rec = \frac{500\ m/Ci \times 60min/hr}{201.2\ m/hr} = 149.1min/Ci$$

$$t\ f = 1\ min/Ci = \frac{1.0min/Ci}{150.0min/Ci}$$

$$Ci/hr = \frac{60\ min/hr}{150.0min/Ci} = 0.4\ Ci/hr$$

Efic = 70%

R = 1500 e/Ci x 0.4 Ci/hr x 0.7 = 420 e

para espesor de 5cm.

R = 420 x 0.05 = 21 m3/hr

El equipo de compactación está sujeto en su producción a la de esta maquina.

Hay que tener en cuenta en los estudios de costos de carpetas de concreto asfáltico la capacidad de producción de la planta de mezclado y además en la organización del tiro, la distancia de acarreo para calcular el número de camiones para el transporte, a fin de equilibrar el equipo para lograr la producción máxima de las máquinas determinantes que pueden ser la planta y la extendedora

Para la programación se tomará en cuenta el volumen por tender y el tiempo; para asignar los recursos arriba mencionados.

Por cada extendedora debe considerarse:

1 aplanadora tandem de 8 a 10ton, 1 rodillo neumático jalado por tractor agrícola y 2 peones.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

ING. JULIAN NAME MACCISE
NOVIEMBRE DE 1978

CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.

Para el curso de procedimientos de construcción y dentro del tiempo disponible se ha agrupado el mismo como sigue:

1.- Procedimientos de Construcción.- Aplicables a caminos vecinales o alimentadores por considerarlos como intermedios entre la construcción de caminos de primer orden y caminos rurales.

2.- Rendimientos en Mano de Obra.- En este pequeño resumen se determinan las principales consideraciones que se deben tener en cuanto al trabajo realizado por el empleo de mano de obra y a los procedimientos de construcción que puedan emplearse.

3.- Normas y Recomendaciones Para el Empleo Correcto de las Máquinas.- Del empleo adecuado de las máquinas se desprende la aplicación correcta de procedimientos de construcción para la ejecución de los diferentes conceptos que intervienen en la construcción de vías terrestres.

ING. JULIAN NAME M.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION APLICABLES EN CAMINOS VECINALES

Las normas, las recomendaciones y los sistemas que se siguen, para realizar en forma técnica y adecuada todas y cada una de las partes que integran una obra, cualquiera que sea la naturaleza de ésta y el lugar de su ubicación, se consideran como procedimientos de construcción.

Del estudio de planeación se desprende la importancia que debe tener un camino y, su proyecto, se basará en las especificaciones geométricas del trazo que puedan satisfacer el tránsito previsto para el mismo y en las especificaciones de construcción que tomen en cuenta las características de los suelos de la zona de ubicación, considerando las condiciones orográficas, hidrográficas y climáticas.

En el caso de los caminos vecinales estas consideraciones van, casi siempre, aunadas a realizaciones de bajo costo, lo que les imprime ciertas limitaciones.

Por lo tanto, en la programación de las inversiones económicas para la construcción de un camino vecinal, se pueden considerar dos aspectos. Por lo que respecta a planeación, que exista una limitación de tránsito durante los primeros años en tanto no se desarrolle la zona de influencia. Por otro lado puede haber una limitación debida a que los recursos financieros con que se cuenta, no sean suficientes para la construcción total, en virtud de la gran demanda que existe a nivel nacional y regional para la construcción de caminos.

Cuando existe una limitación, la construcción puede realizarse por etapas, construyendo cada una de éstas como parte integrante del proyecto general, de tal modo que permitan la continuación de las etapas sucesivas sin que tengan que hacerse después modificaciones sustanciales. Estas limitaciones en cuanto a la construcción del camino, debido a la programación por etapas, nos conducen a una serie de procedimientos que a pesar de representar una disminución en la vialidad de la ruta, son aconsejables por cuanto permiten la comunicación deseada.

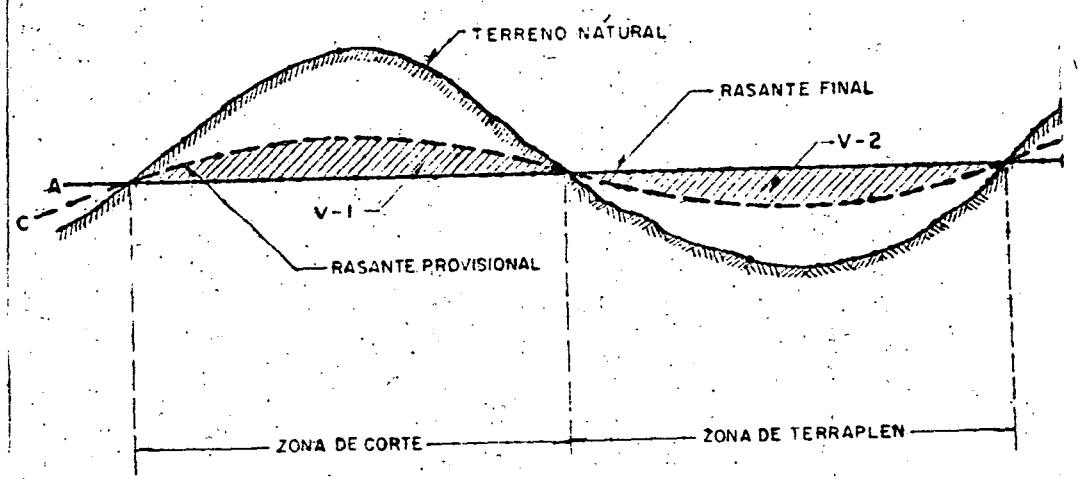


FIGURA 1

En la figura 1 se muestra un perfil longitudinal, en que la línea A B representa la rasante final o sea, la corona hasta pavimentación. Sin cambiar el alineamiento horizontal se disminuyen los volúmenes de corte V-1 y de terraplén V-2 modificando el alineamiento vertical según la línea C D. Con este procedimiento no se reduce la corona del camino.

Si no se modifica el alineamiento vertical, se aplica el procedimiento siguiente:

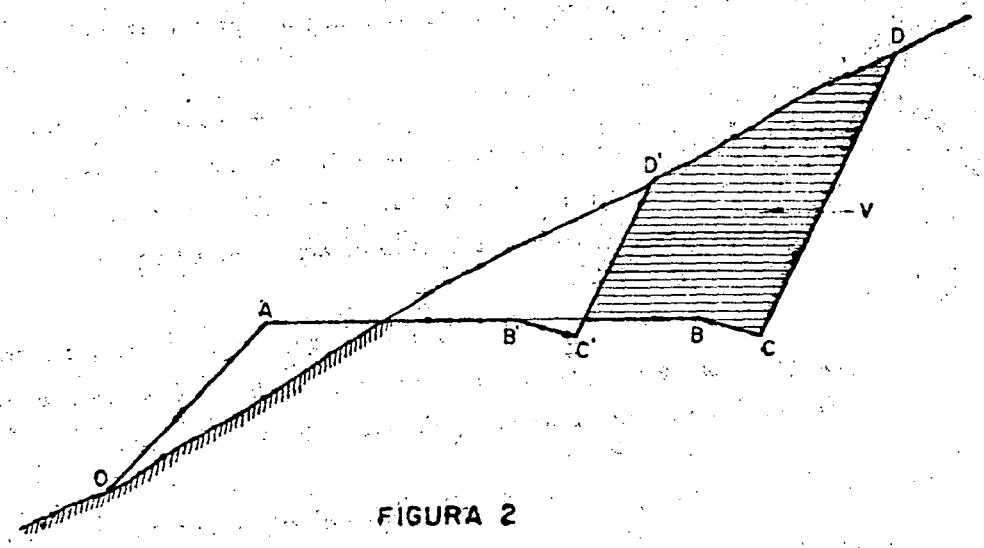


FIGURA 2

La sección limitada por los puntos O, A, C, D, es la que se considera definitiva hasta nivel de sub-rasante; y la sección provisional en la marcada por los puntos O, A, B', C' y D'. La ampliación para llegar a la sección definitiva corresponde a la zona sombreada.

La reducción inicial en el costo correspondiente al volumen V, con el inconveniente en este procedimiento con relación al anterior, de que la corona del camino es menor, que la especificada.

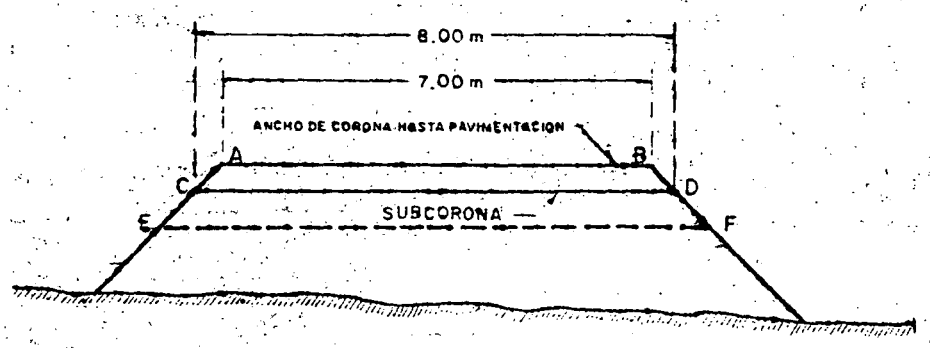


FIGURA 3

En la figura 3 la línea A B corresponde al ancho de cor hasta pavimentación, la línea C D corresponde a la sub-corona del camino y el espesor comprendido entre estas 2 líneas es el del pavimento propuesto. La línea E F corresponde a una altura cualquiera del terraplén, fijada en la etapa inicial de la construcción, según lo indicado en la figura 1. Sólo en algunos casos el material que forma el cuerpo del terraplén p de servir como superficie temporal de rodamiento, pero cuando esta condición no se reúne, deberá proyectarse sobre la terracería una capa de material seleccionado, que permita el tránsito en toda época.

Las recomendaciones anteriores se consideran como limitativas en cuanto se refieren a la terminación total del camino, no así a las especificaciones que deben utilizarse, para la correcta construcción del mismo.

En los procedimientos de construcción y de acuerdo con el pro

proyecto, se distinguen los que corresponden a caminos que, en su etapa final, llegan solamente hasta la superficie de rodamiento y los que se construyen hasta pavimentación.

En un camino se consideran las siguientes divisiones:

a.- Terracerías

b.- Obras de Drenaje y Puentes

c.- Pavimentación

La secuencia lógica en terracerías comprende los siguientes puntos.

Desmonte.- que deberá ejecutarse en toda el área correspondiente a los cortes, a la del desplante de los terraplenes, y a la de las zonas en que se tome material de préstamo.

Este concepto comprende el corte de árboles y arbustos, arrime, limpieza y quema de los productos que no se aprovechen, y el destronque, deshierbe y desenraice necesarios.

Despalme.- que consiste en la remoción del material inadecuado, tanto en la zona de los cortes, como en el área de desplante de los terraplenes y que corresponde a suelos que no pueden utilizarse y que por lo mismo se desperdician.

Excavación en Cortes.- que corresponde a la extracción y remoción del material necesario para formar la sección de la obra proyectada.

Formación de Terraplenes.- que se refiere a las estructuras ejecutadas con material adecuado, producto de los cortes o de material obtenido de préstamos, sean éstos laterales o de banco.

Para la formación de terraplenes con materiales provenientes de cortes se considera en el estudio de los movimientos, comprendidos en la curva masa, que por las características del material extraído y el tratamiento que debe dársele existen dos divisiones:

a.- La de materiales no compactables, como fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates, con un volumen de fragmentos mayores que se retengan en la malla de 76 mm (3"), y cuyo costo de eliminación y disgregado, elimina la posibilidad de este tratamiento para volverlos compactables.

b.- La de materiales compactables.

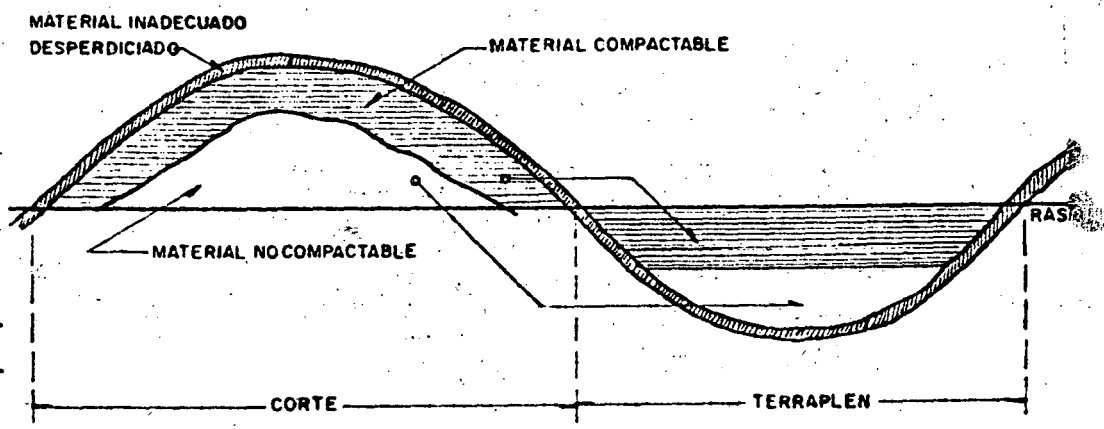


FIGURA 4

La figura 4 representa una sección longitudinal del camino, en la que el corte está formado por tres estratos; uno que se desperdicia y dos que al utilizarse para formar el terraplén, se depositan en la forma indicada por las flechas; el material no compactable en la parte inferior del terraplén y el compactable en la parte superior.

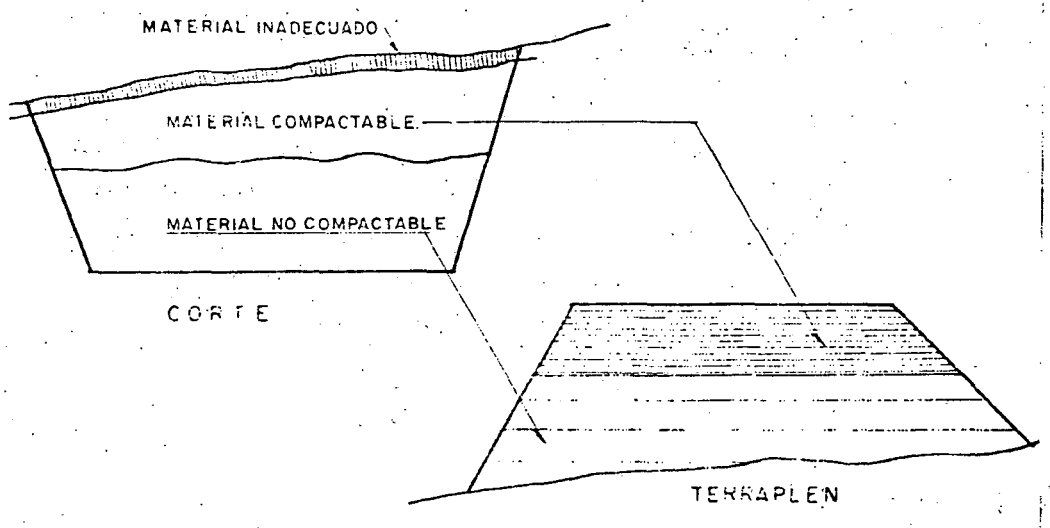


FIGURA 5

La colocación de los materiales para formar el terraplén debe hacerse en capas sensiblemente horizontales, según se ve en la figura 5 y el espesor de estas capas variará de acuerdo con los tamaños máximos de los fragmentos del material no compactable, o del grado de compactación especificado para el material compactable, en relación al equipo que se dis

ponga.

Cuando para la formación de terraplenes se empleen materiales provenientes de préstamos, se hacen consideraciones similares, por lo que respecta a los estratos, en cuanto a su extracción y colocación.

En la formación de los cortes, la inclinación de los taludes, se proyectan de acuerdo con el ángulo de reposo de los materiales, y por lo que a cada uno corresponde.

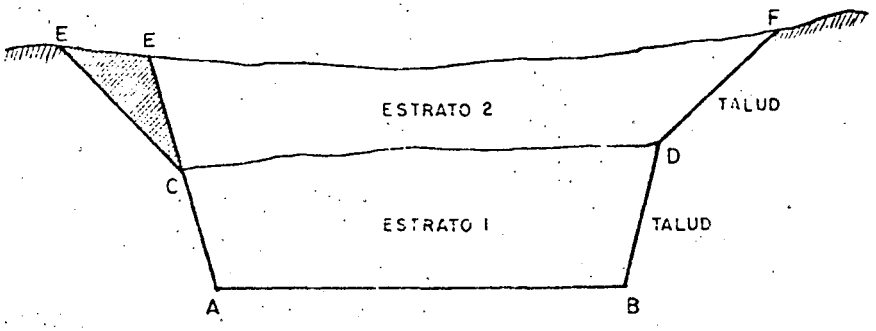


FIGURA 6

En la figura 6 las líneas A C y B D corresponden al ángulo de reposo del material del estrato 1, y las líneas C E y D F al del estrato 2. Si al proyectar la sección del corte el talud se ejecuta conforme a la línea A C E', queda una zona de falla comprendida dentro de los puntos C E E', que por el intemperismo o por saturación, se derrumba sobre la corona.

Al formar los taludes, deben removerse las piedras flojas y el material suelto que se encuentre en los mismos.

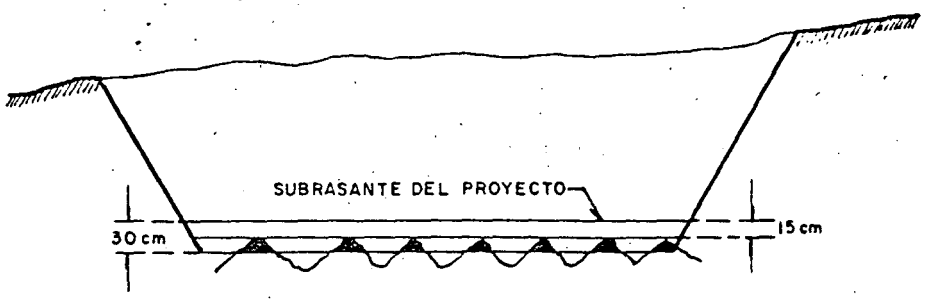


FIGURA 7

Cuando el material que forma el estrato inferior corresponde a mantos de roca sana, al excavar un corte, debe profundizarse abajo de la sub-rasante del proyecto por lo menos 30 cms. para formar la cama, y no deben quedar salientes de roca a menos de 15 cms. debajo del nivel de la sub-rasante, tal como se indica en la figura 7.

Cuando el material del corte esté constituido por piedras sueltas, boleos y conglomerados, debe también profundizarse lo necesario abajo de la sub-rasante de proyecto para formar la cama.

Para sustituir el material proveniente de esta excavación adicional, se hará un relleno con material de buena calidad, y que puede

servir como superficie temporal de rodamiento, en tanto se construye el pavimento.

Para alejar el agua de los cortes, se utilizan los siguientes procedimientos:

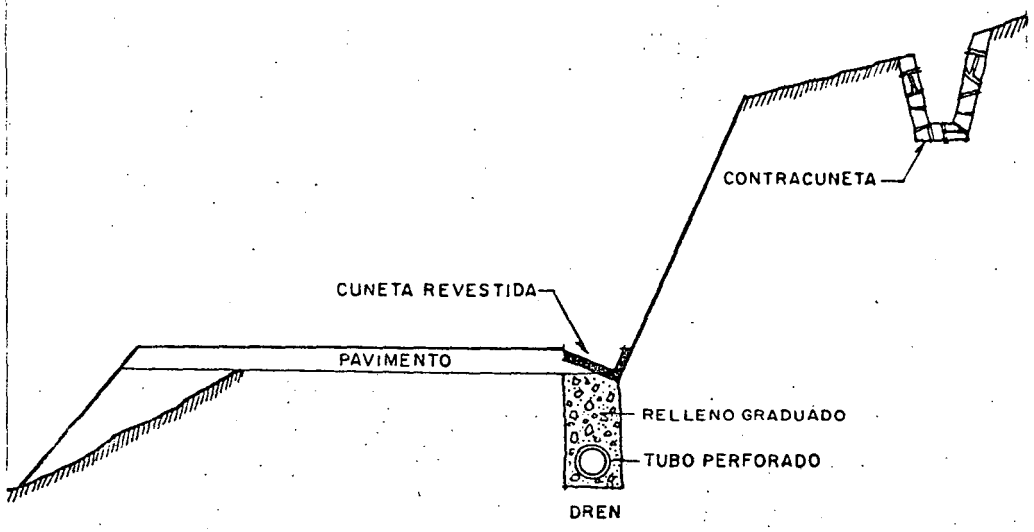


FIGURA 8

La figura 8 que representa una sección en balcón, nos muestra la contra-cuneta, la cuneta y el dren.

Cuando el material en que se construye la contra-cuneta es permeable, ésta se reviste con mampostería o con una capa de concreto hidráulico, que impida la saturación, que provoca deslizamientos y asentamientos.

tos.

Para que en las cunetas, el agua que corre por ellas no - sature el pavimento, la sub-rasante y el suelo en que se desplanta ésta, - se revisten con mampostería, concreto hidráulico, o suelo-cemento.

Si por la naturaleza del material en que se forma la sección del corte, existen corrientes de agua o efectos de saturación, se - - construyen drenes para abatir el nivel freático en forma tal, que no cause perjuicios en la corona, o provoque deslaves en la zona de terraplenes laterales.

En la formación de terraplenes los taludes se proyectan - según el tipo de materiales que lo formen, de tal modo que no se destruyan y sean estables. Para protegerlos, se sigue el siguiente procedimiento:

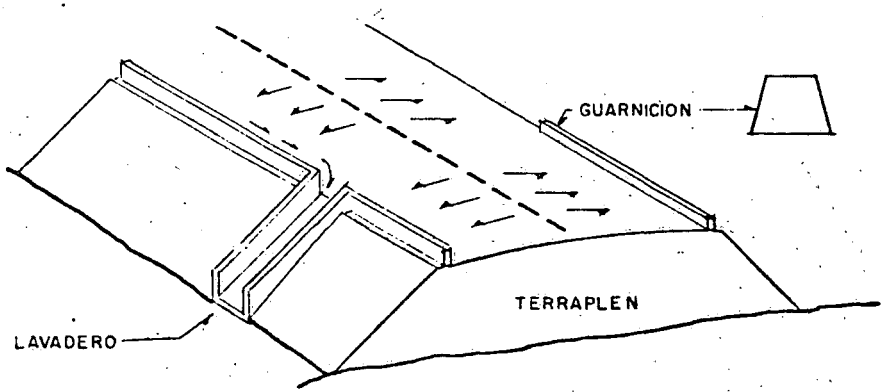


FIGURA 9

Por las pendientes longitudinales, y por las transversa les, el agua de lluvias al correr tiende a deslavar los terraplenes y pa protegerlos se encauza el agua por guarniciones laterales y lavaderos.

En terrenos de características arenosas, con partícula finas, para proteger los taludes de los terraplenes, tanto de la lluvia mo de los vientos, se arropan los mismos con una capa de material arcil so sembrando pasto, si es necesario.

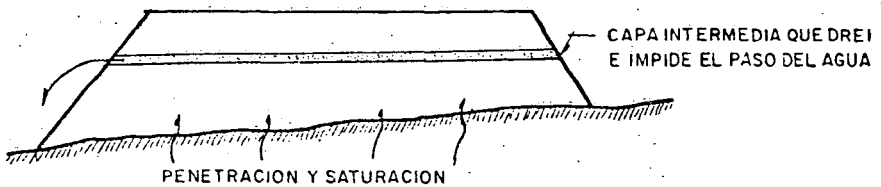


FIGURA 10

En terraplenes formados por suelos muy absorbentes, la medad los satura y para impedirlo se intercala una capa de material are so, que elimina el paso de la humedad a la sub-rasante.

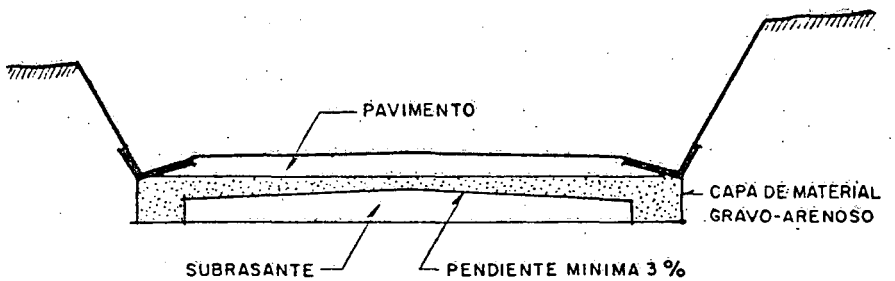


FIGURA 11

Cuando en los cortes la característica de los suelos corresponde a las mismas condiciones anteriores indicadas en los terraplenes, esta capa intermedia constituida por materiales gravo-arenosos, se coloca sobre la sub-rasante con la pendiente necesaria, para alejar el agua hacia las cunetas o hacia los drenes.

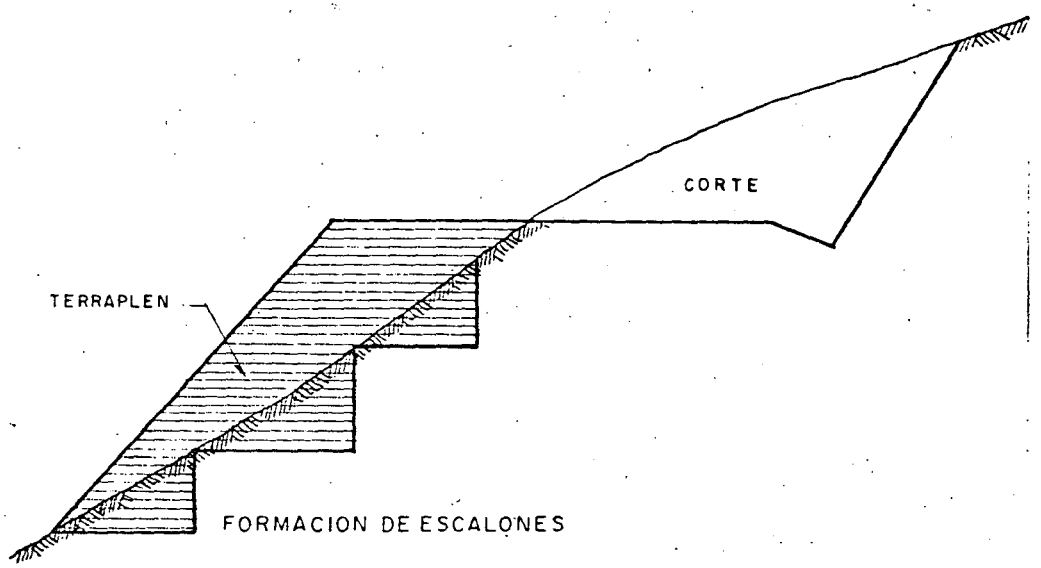


FIGURA 12

Para desplantar terraplenes en terrenos con pendientes transversales, mayores del 25%, y para evitar deslizamientos se construyen escalones y el ancho y forma de éstos, varía con los tipos de material, empleados.

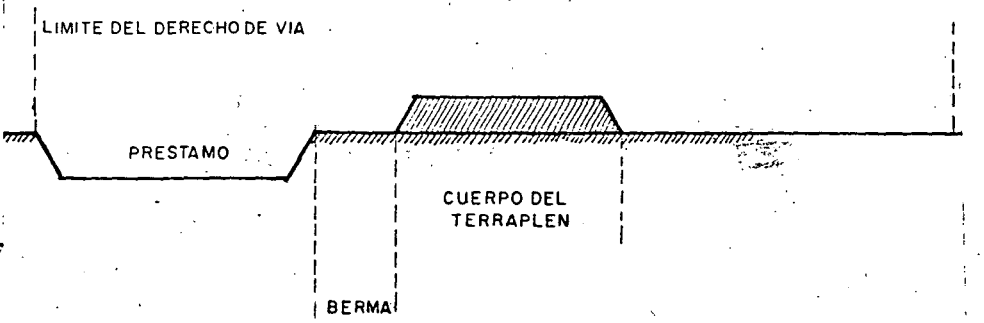


FIGURA 13

Cuando para la formación de los terraplenes el material se toma de préstamos laterales, la excavación del préstamo se hace a partir de la línea que limita el derecho de vía y no debe llegar al pie del terraplén, para formar una berma que le sirva de protección.

Deben drenarse las excavaciones formadas por los préstamos laterales, con objeto de impedir la saturación de los terraplenes.

Las recomendaciones anteriores se refieren al sistema de ejecución y a la forma de lograr la estabilidad de los trabajos comprendidos dentro de terracerías. Los métodos y sistemas que se siguen para la construcción relacionan el proyecto en cuanto a las especificaciones solicitadas, con el tipo de equipo utilizado para su ejecución, junto con la obra de mano.

En comparación con un camino federal, un camino vecinal tiene una limitación económica y por lo mismo volúmenes por kilómetro meno-

res.

Aún cuando el empleo del equipo, se norma por los mismos factores en cuanto a su utilización la eficiencia se reduce cuando los anchos de corona y los espesores se reducen. Por las razones anteriores existe una limitación en tamaños, capacidades, vueltas, y desplazamientos, que influyen en el rendimiento y que incrementan el costo de ejecución.

Como recomendaciones generales para el empleo correcto del equipo y su utilización, veremos las siguientes consideraciones.

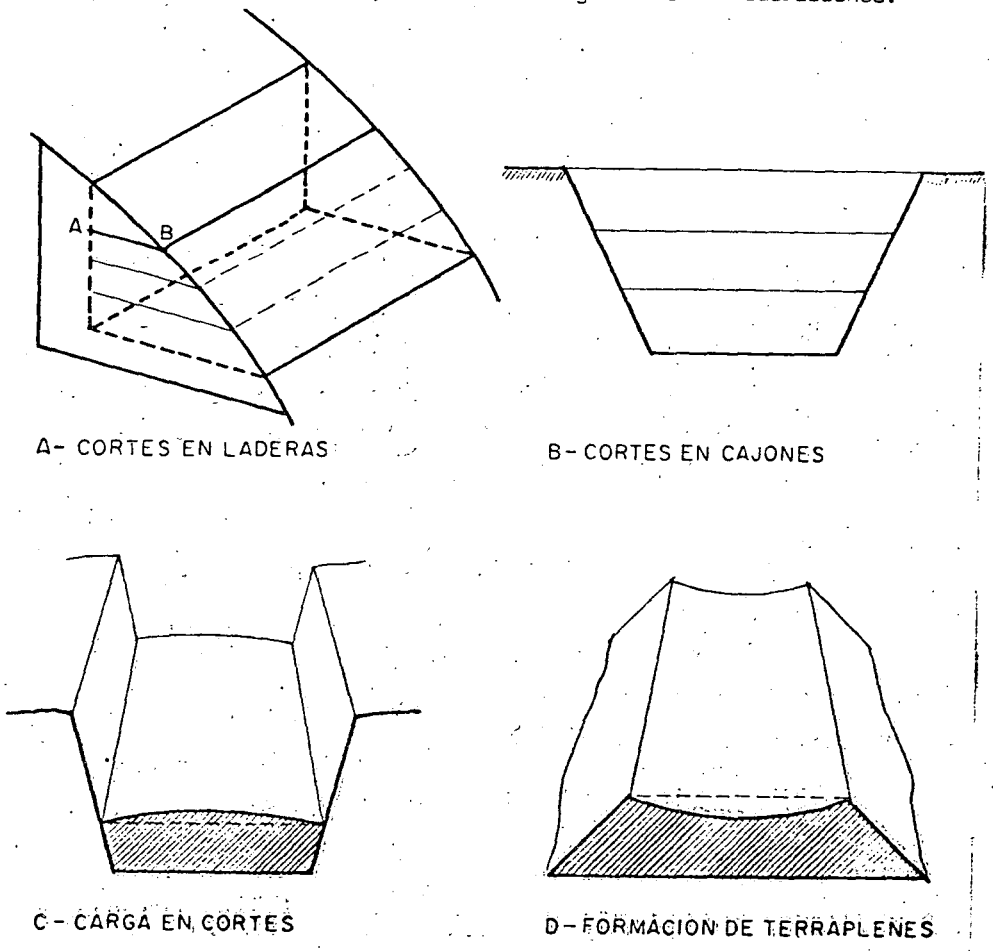


FIGURA 14

En la figura 14 A, se aprecia que en cortes en laderas, para empezar a trabajarlos, requieren de una plantilla. Para formar la sección se hacen escalones utilizando la cuchilla para voltear el material o bien acumulándolo para cargar.

En la figura 14 B, se aprecia un corte en cajón, en el cual la extracción y remoción debe hacerse por capas de espesor variable de acuerdo con el equipo utilizado y que permitan ejecutar al mismo tiempo el amacise y el afinamiento de los taludes.

En la figura 14 C, cuando se utilizan moto-escrepas o escrepas la sección del corte se procesa como se indica. Dando esta forma a la sección transversal se logra que los equipos no resbalen, alejándose de los taludes, lo cual representa un trabajo extra en la terminación del corte.

En la figura 14 D, para la formación del terraplén utilizando moto-escrepas o escrepas se aprecia la forma en que deben colocarse las capas, para que el equipo no resbale sobre el talud, dañándolo.

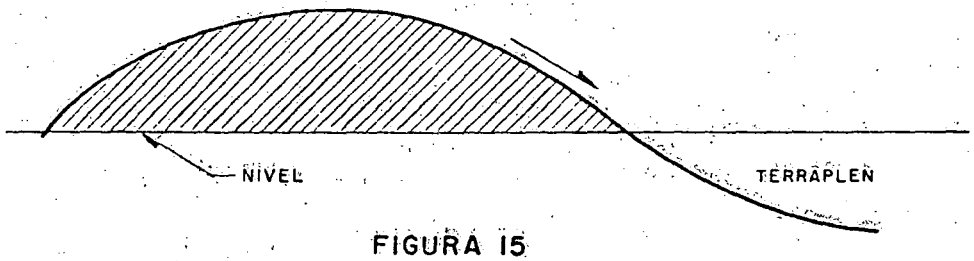


FIGURA 15

Cualquier equipo de acarreo incrementa su rendimiento cuando trabaja a favor de la pendiente y por lo mismo los cortes deben excavarse siguiendo las indicaciones de la figura 15, con lo cual también se elimina el agua que pueda quedar depositada cuando se hace a nivel horizontal.

Los lineamientos señalados anteriormente se aplican a cualquier tipo de material suelto. Para extraer el material se emplean: tractor con cuchilla, tractor con erado, compresores y explosivos. El material puede cargarse y moverse con equipo combinado de carga y acarreo como tractor y escrepa o moto-escrepa; palas mecánicas o cargadores frontales para cargar a equipo de transporte, como vagonetas o volteos.

No es posible dentro del tiempo destinado para este tema, tratar con amplitud todas las recomendaciones necesarias para la utilización del equipo y sus aplicaciones en los diferentes trabajos que se presentan. Para ello se resumirá de una manera general la relación entre los trabajos y el empleo del equipo anotando ventajas y desventajas, en relación a procedimientos.

UTILIZACION DE LOS TRACTORES

DESCRIPCION DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caminos de acceso	Desviaciones y pasos provisionales		Rocas expuestas no dinamitadas
Limpia superficial	Despalme de la capa superficial para almacén o desperdicio	Rendimiento elevado en cortes ligeros	Acarreo deficiente a distancias largas
Desmonte	Remoción de pasto yerbas arbustos y árboles		Arboles grandes
Trabajos preliminares	Sistema de drenaje, abierta de cortes, principio de rellenos	Puede trabajar en áreas restringidas	Rocas expuestas, acarreo deficiente a distancias largas
Excavaciones con acarreo corto hasta 60 mts.	Rellenos, zapatas cortes y tapado de obras de drenaje	Movilidad y gran volumen de producción	Rocas
Excavaciones en Acarreo largo		Sólo como emergencia	
Taludes		Equipo adecuado	
Extendido	Material en montones proveniente de acarreo en camiones	Empuja el material al lugar en cualquier dirección	Inapropiado para el acabado final
Rellenos	Reposición de material en zanjas o alrededor de estructuras	Fácil de maniobrar	
Compactación	Compactación ligera del material de relleno, su uso especificado en materiales no cohesivos	Gran ayuda obtenida, al extender capas delgadas mientras se compacta	
Acabado	Afinamiento de la rasante	Maniobra rapida hacia los costados como hacia adelante	No se puede hacer el acabado final

VII-18

VII-19

UTILIZACION DE LA ESCREPA

DESCRIPCION DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caminos de acceso	Desviaciones y pasos provisionales	En cortes pesados donde el acarreo no es propio para el TRACTOR.	Impropio en cortes y rellenos en terreno escabroso
Desmonte	Remoción de pasto hierbas	En acarreos	Importe para vegetación tupida, arbustos, árboles, raíces
Limpia superficial	Remoción de la capa superficial para almacén o desperdicio		Areas escabrosas espacio limitado de giro y carga
Trabajos preliminares	Sistemas de drenaje, cortes a media ladera principio de rellenos	Construcción de canales y contracunetas anchas	Terreno áspero
Excavaciones con acarreo corto	Rellenos, zanjas, cortes, formación de terraplenes	Ideal para distancias que excedan de 60 mts. hasta 200 mts. carga, acarreo y extendido	Dificultad de giro.
Taludes	Formación de cortes o rellenos	Bueno para pendientes suaves 2:1	La pendiente debe ser menor de 2:1
Extendido		Ideal. Se controla y no deja bordes	
Compactación	Solidificación del material de relleno	Ayuda mucho en la compactación de los rellenos	Limitada a cierto grado y sin control uniforme
Acabado	Alisamiento de la rasante o talud	Emparejar la superficie	No se da el acabado final, requiriéndose otras máquinas

UTILIZACION DEL ARADO

DESCRIPCION DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Escarificación de materiales	Disgregado de materiales. Extracción de raíces. Roturas de concreto	Facilita las cargas. Aumenta la producción de escrepas. Evita el uso de explosivos.	

UTILIZACION DE LA MOTOESCREPA

Excavaciones con acarreo largo a más de 200 mts.	Formación de terraplenes	Carga, acarreo y extendido. Altas velocidades	Baja velocidad en superficies de rodamiento en malas condiciones

En las moto-escrepas, existen 2 tipos, las no autocargables, que requieren de tractor de empuje, tanto por la reducción de tiempo de carga como para evitar el forzamiento del equipo. Las autocargables, que no requieran tractor de empuje.

USO DE LOS COMPRESORES

En suelos que no pueden ser extraídos con equipo, es indispensable, barrenar mediante el uso de compresores, combinados con perforadoras. Como regla general se puede considerar, que a más metros de barrenación en relación al metro cúbico de extracción, el material se obtendrá más fragmentado. El tamaño de los fragmentos influye en la carga, en -

el transporte y en el acomodo de los materiales. Asimismo, la altura de los frentes, debe ser adecuada al tamaño del equipo de carga, para una eficiencia mayor.

EQUIPO DE CARGA.

Aguilón de Pala con Cucharón de Pala

Su utilización básica en: Excavación de Bancos o Préstamos
Excavación de cortes
Descarga sobre pilas de desecho (desperdicios)
Carga de unidades de acarreo.
Descarga en tolvas, cribas, bandas.
Zanjas poco profundas (no recomendable)
Excavación en plano horizontal - Rasante final o despeje de materiales (no recomendable).

Aguilón de Grúa con Cucharón de Draga

Su utilización básica en: Dragado de Grava o arena de río.
Excavación de canales y zanjas.
Despeje de la capa vegetal.
Carga de depósitos de arcilla.
Carga ocasional de camiones con capacidad de 5 a 6 veces la capacidad del cucharón.

Retroexcavador

Su utilización básica en: Excavación de zanjas y relleno de las mismas.

Perfilado del terreno en plano horizontal.
Limpieza de cunetas.
Descarga del material sobre pilas y carga de unidades de acarreo.

Las eficiencia está basada, para los equipos anteriores, en el tamaño del cucharón y alcance del aguilón, la dureza de los suelos atacados, los tamaños de los fragmentos, la humedad del material, la profundidad del corte o de la excavación, el ángulo de rotación, y el tamaño de las unidades de transporte.

CARGADORES FRONTALES

Que corresponden a un aditamento de pala, montado sobre tractor. Su utilización principal, consiste en carga de materiales sueltos a unidades de acarreo, en excavaciones, en limpieza del terreno. Sustituye a las palas, por su peso y movilidad. Su eficiencia está basada en los mismos principios considerados en las palas.

EQUIPO DE ACARREO

Independientemente de las Escrepas y moto-escrepas, se considera como equipo de acarreo, la máquina o combinación de máquinas que se utilicen para transportar un material de un lugar a otro, valiéndose de un sistema de carga adecuado y de un dispositivo de descarga.

Por lo que se refiere a la forma de descarga, puede hacerse como sigue:

Con descarga por el fondo. Con descarga trasera. Con descarga lateral. Con descarga frontal.

En cuanto a su utilización y rendimiento pueden considerarse; en relación al tipo del equipo, las siguientes variables:

Las condiciones físicas del trabajo:	Longitud del recorrido, tipo de superficie, pendientes de recorrido.
Los materiales por transportarse:	Tipo del material, tamaño del material, peso volumétrico, abundamiento del material.
Las limitaciones en la máquina:	Capacidad de carga, velocidad, maniobrabilidad bajo diferentes caminos y condiciones del tiempo, potencia del motor. Tipo del mecanismo de descarga. Impacto de la carga.
El método de operación:	Número de unidades. Sistema de carga y capacidad de éste. Velocidad de carga. Sistema de descarga.

Hasta el punto anterior, se ha considerado lo que corresponde a extracción, carga y acarreo de los materiales, considerándolos sueltos, o medianamente acomodados o compactados en relación a algunas formas de descarga del equipo. Ahora bien, dentro de las especificaciones de construcción, y de terracerías en relación al uso que vaya a tener el camino, se proyecta el tratamiento que deba tener cada parte del mismo, en cuanto a calidad y resistencia.

Para lograr lo anterior, y una vez colocado el material, en el lugar que le corresponde, y de acuerdo con el tratamiento se puede establecer:

La formación de terraplenes, ejecutándolo por capas y con el acomodo o compactación que se solicite. En caminos que sólo van a ser transitados sobre revestimiento, las capas de materiales, deberán acomodarse, en forma tal que no permitan huecos en la estructura. Cuando se construyan, con materiales no compactables, se utiliza para el tendido y acomodo, tractor con cuchilla. Cuando se usen materiales compactables, en caso de que el material se transporte con unidades de acarreo (camiones), el tractor realiza este mismo trabajo de tendido y compactación ligera. Si se usan escrepas o moto-escrepas, al tender las capas en forma conveniente, se logra el propósito anterior, pudiendo emplearse además por seguridad, un equipo de compactación, que de varias pasadas, para detectar fallas.

En caminos que se proyectan hasta la fase final de pavimentación, el tratamiento de las terracerías debe hacerse con métodos más estrictos, que garanticen, tanto el mejor acomodo de los materiales no compactables, como la compactación solicitada en materiales compactables.

En materiales no compactables, el tendido debe hacerse por capas, que tendrán un espesor superior al de los fragmentos mayores de rocas que lo formen. Con la cuchilla del tractor, se harán desplazamientos, tanto longitudinales como transversales al eje del camino, para lograr el mejor acomodo.

Si no contiene el material, partículas para llenar huecos, se agregan materiales finos y se aplica agua, para que por arrastre se lo-

gre el relleno necesario. En materiales que puedan disgregarse, el uso de rodillos pesados, remolcados por tractor, quiebra las partículas, logrando un mejor acomodo y estabilidad. En materiales compactables, el espesor de las capas, deberá considerarse en relación al tipo de los mismos; granulares, arenosos, arcillosos y al equipo utilizado, rodillos lisos, pata de cabra, neumáticos, vibratorios, de "tipo segmentado" (remolcados o autopropulsados), y la combinación de éstos con el equipo de tendido y la forma de proporcionar a los materiales su contenido de humedad.

El aumento del peso volumétrico seco por la compactación, hace que los suelos retengan el mínimo de humedad, tengan menos permeabilidad y sufran asentamientos menores.

La compactación se traduce en un mayor valor de soporte, mayor resistencia al corte, menores variaciones de volumen debido a cambios en el contenido de humedad y por consiguiente un apoyo mejor.

La compactación depende del tamaño del área cargada, de la presión ejercida en esta área y del espesor de la capa.

En rodillos pata de cabra, la presión debe ser tan grande como sea posible, pero sin exceder considerablemente la capacidad de carga del terreno. El espesor de las capas por compactar debe ser sensiblemente igual a la longitud de las patas, no debiendo exceder en más de 20% esta dimensión. Las capas varían entre 25 y 30 cms. El número de pasadas tiene un efecto considerable sobre el grado de compactación obtenido.

En aplanadoras de neumáticos, su eficacia depende del área de la presión de contacto, del número de pasadas y del espesor de la capa.

Si la presión de contacto (presión de inflado más presión debida a la rigidez de las paredes laterales del neumático) se mantiene constante, el aumento de carga total no produce aumento en el grado de compactación. Se considera lo anterior para suelos cohesivos, ya que en suelos sin cohesión, entre mayor sea el neumático, mayor será el área cargada y el efecto de compactación. El espesor de las capas, debe determinarse por pruebas, relacionándolo en el número de pasadas.

En rodillos con unidad vibratoria, se produce una vibración vertical con frecuencias que pueden variarse. Estas vibraciones provocan un acomodamiento de las partículas sólidas y por lo tanto un incremento del P. V. S.

Se recomienda la vibración en suelos granulares. A la acción estática, se agrega mediante la vibración, una acción dinámica.

En rodillos o ruedas con segmentos, la profundidad de las capas se determina por el peso del equipo, por el número de pasadas, por la velocidad de desplazamiento y se recomiendan para suelos cohesivos.

Otro equipo de compactación corresponde a las aplanadoras del tipo de ruedas lisas que en el caso de terracerías, por su propio peso, repartido en las ruedas, limitan el espesor de las capas. Son recomendables en gravas y suelos arcillosos, teniendo cuidado en estos últimos, de fijar el espesor, que permita la compactación total, ya que a veces se endurece sólo la costra superficial. En el caso de terraplenes que sólo van a tener un acomodo, pueden usarse para detectar fallas notables por el tendido, sobre todo en los construidos con obra de mano, que es usual en caminos vecinales.

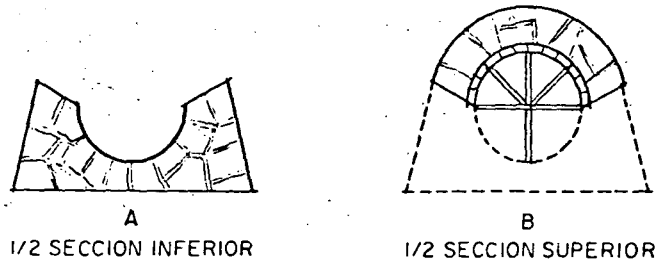


FIGURA 16

En el tipo de caminos que nos ocupa, estos tubos cuando existen materiales pétreos de buena calidad pueden formarse con mampostería, procediendo como lo indica la figura 16.

Se construirá primero la media sección inferior del tubo proyectado, al terminar ésta, se cimbra, y se construye la media sección superior.

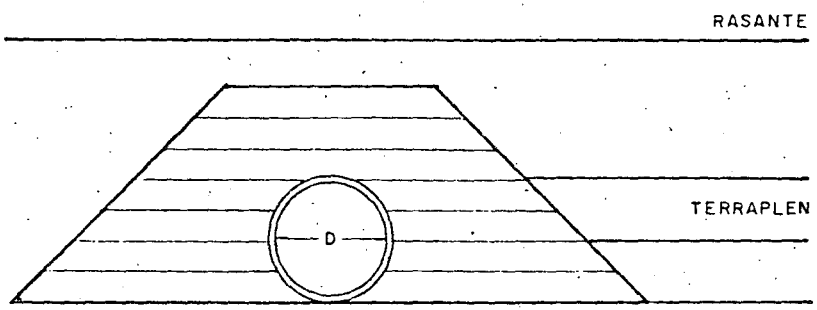


FIGURA 17

En la construcción de un camino, se procurará siempre que las obras de drenaje vayan adelantadas a la construcción de terracerías.

En los tubos se tendrá especial cuidado en el arrope, y se seguirá el sistema indicado en la figura 17.

Colocado el tubo, se proyectará la construcción de un trapecio, formado por capas compactadas al grado especificado, y que se levantarán simultáneamente a ambos lados, para compensar los empujes.

Cuando la construcción del terraplén llegue a estas estructuras, se podrá fácilmente completar la sección, sin causar deterioros.

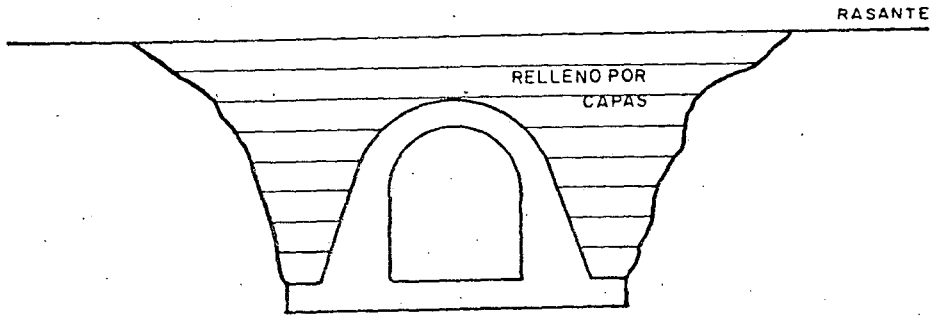


FIGURA 18

Aprovechando los materiales pétreos de la región en obras mayores de drenaje, se proyectan bóvedas de mampostería, y su arrope debe seguir los mismos lineamientos que para los tubos. En bóvedas al igual que en estribos de puentes, conviene evitar el sobre-empuje de los suelos, por saturación, colocando un dren formado por fragmentos de roca acomodados, o material granular adecuado que permita la salida del agua, encauzándola por tubos.

La construcción de materiales compactados debe hacerse en capas sensiblemente horizontales y superpuestas, y su espesor de tendido debe ser el especificado. Una condición es la de lograr la homogeneización de materiales, en cuanto a composición y contenido de humedad.

Por la especificación de compactación, toda el área comprendida dentro de la sección de construcción, debe quedar compactada. Al proyectar las secciones y para lograr lo anterior, se consideran cuñas de sobreancho, que permitan la operación adecuada del equipo.

Para los afinamientos finales, en los taludes y sobre todo en la corona de las terracerías, se utilizan las moto conformadoras, que tienen también utilidad en:

Desyerbe y remoción de vegetación ligera.
Limpia de bancos.
Construcción de canales y formación de terraplenes.
Extendido de materiales.
Mezcla de materiales y revoltura para uniformizarlos.
Mantenimiento de caminos.

Como en la construcción de caminos vecinales, es frecuente utilizar la obra de mano, utilizando equipo sólo en casos excepcionales, conviene tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

Se empleará la obra de mano en suelos que se excaven con zapapico y se carguen con palas de mano a carretillas, para su transporte al lugar de depósito. Excepcionalmente, en suelos que se aflojen con barretas o con marros y cuñas, para desintegrarlos o abrir frentones que permitan el tumbe fácil del material de las paredes, que al caer rompen su estructura, quedando sueltos y por lo mismo fáciles de cargar. En suelos muy duros o mantos de roca, se usan explosivos utilizando preferentemente compresores, tratando de fragmentar lo más posible el material, para facilitar su carga.

El acarreo en carretillas queda limitado a una distancia corta debiendo utilizarse para distancias mayores, camiones chicos de volteo, ya que la altura de la caja, influye en el rendimiento de la carga a mano.

En la formación de terraplenes las capas deben ser delgadas, para extender más fácilmente el material, y evitar huecos y fallas por mal acomodo.

Por lo que se refiere a obras de drenaje, se consideran en las mismas, las alcantarillas de tubo, sean de concreto o bien metálicos.

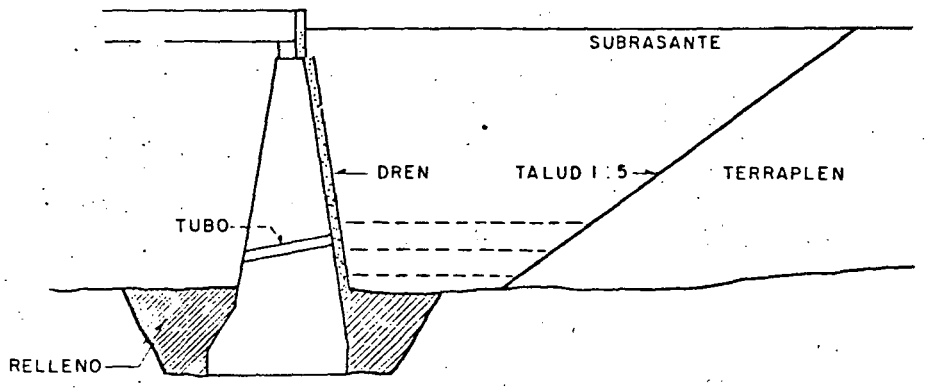


FIGURA 19

En otro tipo de obras de drenaje, sean estribos de mampostería y losas de concreto, cajones de concreto, para el relleno se siguen lineamientos similares. Cuando los terraplenes se construyen antes que las estructuras, sus taludes, para ligarlos con los rellenos deben ser por lo menos de 1:5.

El equipo usado para la compactación de los rellenos, varía desde pisones de mano, a equipo ligero, especialmente compactadores de base vibratoria, y el espesor de las capas debe ajustarse al equipo de que se disponga.

En caminos que se construyan hasta revestimiento provisional, con terracerías acomodadas y medianamente compactadas, los últimos 30 cms. de la terracería, se construirán con material tipo sub-rasante y sobre éstos se apoyará el revestimiento provisional, utilizando materiales del tipo sub-base. Muchas veces el material de la sub-rasante, es suficiente p

para constituir por sí mismo, el revestimiento provisional.

El pavimento corresponde a la etapa final de construcción de un camino. Se proyecta en relación a la intensidad de vehículos por día, que van a transitar y en función al valor relativo de soporte de la sub-rasante en que se apoya. En caminos que se construyan hasta pavimentación, sobre terracerías compactadas, los últimos 30 cms., que forman la capa sub-rasante deberán construirse con material adecuado y ser compactados al 95% del P. V. M.

Sobre esta sub-rasante, que deberá quedar perfectamente nivelada, descansará el pavimento flexible, que se compone de una sub-base,* una base y una carpeta. Los materiales de la sub-base, y base deberán adaptarse a la curva granulométrica proyectada, y reunirán los requisitos necesarios de contracción lineal, valor cementante, y valor relativo de soporte, considerados en el proyecto.

La carpeta, se construye con material pétreo, de buenas características, que reúna una serie de requisitos granulométricos, por su composición y forma; por su desgaste, por su afinidad con el asfalto, por su densidad y por su absorción.

Las carpetas, pueden clasificarse como sigue:

Tratamiento superficial con un material
Tratamiento superficial con dos o más materiales
De mezcla en el lugar

De mezclas elaboradas en plantas asfálticas.

Siendo la carpeta, una superficie considerada como de desgaste, el tipo que para la misma se seleccione, irá en función del tránsito considerado para el camino.

Los materiales pétreos necesarios para la elaboración de revestimientos, sub-bases bases y carpetas, proviene de mantos naturales, de arrastres de ríos, o bien de mantos de roca. En todos los casos se trata de que los mismos satisfagan los requisitos necesarios, para su correcta utilización.

Su extracción quedará normada, por su constitución, por su dureza de extracción, por el equipo de carga y acarreo, así como por el tratamiento que requieran, como sigue:

Mantos naturales, constituidos por conglomerados, aglomerados, medianamente cementados, con partículas gravo-arenosas, que al disgregarse puedan o no cumplir con los requisitos granulométricos.

Mantos producto de arrastre de ríos, constituidos por gravas y arenas, que requieren normalmente un tratamiento de cribado y/o trituración.

Mantos de roca, con extracción mediante tractor y arado o con explosivos y que requieren un tratamiento de trituración.

Difícilmente, los materiales gravo-arenosos, reúnen en su

estado natural las especificaciones granulométricas. En algunas ocasiones, con eliminar a mano el excedente de tamaños mayores que el especificado, quedan dentro de la curva deseada. Esta eliminación se limita por su costo, cuando excede al de un tratamiento de cribado y/o trituración.

Los aglomerados y conglomerados, que después del tratamiento de disgregado reúnan las condiciones establecidas en el párrafo anterior, deben tratarse en forma similar.

Los fragmentos de rocas, extraídos de banco, o de pepena, requieren un tratamiento de trituración, para romperlos y ajustarlos a la curva granulométrica.

En todos los casos anteriores, el material puede no tener el requerimiento que en cuanto a valor cementante, se necesita, por lo que es necesario mezclarlo con otro material, como limo o tepetate.

Dependiendo del tipo de material, se usará el equipo adecuado para obtener el producto deseado.

En cuanto a carga: Puede hacerse a mano, con pala, con draga, o con cargador frontal.

En cuanto a acarreo: En vehículos de transporte, relacionando la capacidad de éstos, con el sistema de carga y ancho de corona.

Para el disgregado y dependiendo de la dureza del material, desde el uso de marros, a aplanadoras metálicas, o rodillos de reji-

lla, remolcados por tractor.

Para la trituración y/o cribado, plantas especiales, diseñadas para ello, y cuyo tamaño, para su eficiencia, depende del tamaño mayor de los fragmentos de roca suministrados y del tamaño del material producidó, es decir de la relación de trituración.

La eficiencia de las plantas, aumenta en proporción a su tamaño, en razón del incremento de las ventajas mecánicas. Los elementos primordiales de una planta de trituración son: unidad de alimentación, unidad intermedia o secundaria, unidad para producir finos y medios de almacenamiento, transporte cribado y descarga.

La forma en que se rompen los fragmentos de roca, depende mucho del tipo de unidad usada para producir el producto deseado, y la capacidad de las cribas depende del material, de los tamaños del material mayor (retorno) del material menor (desperdicio) y de la superficie de la criba, de su forma y de la humedad de material.

El transporte adecuado (bandas o canjilones), la capacidad de las tolvas de almacenamiento, su facilidad de descarga, el número de vehículos empleados en ésta, influye en el rendimiento.

Por su forma de agrupación, en cuanto a los elementos que constituyen una planta, éstas se dividen en planta para roca y en planta para grava.

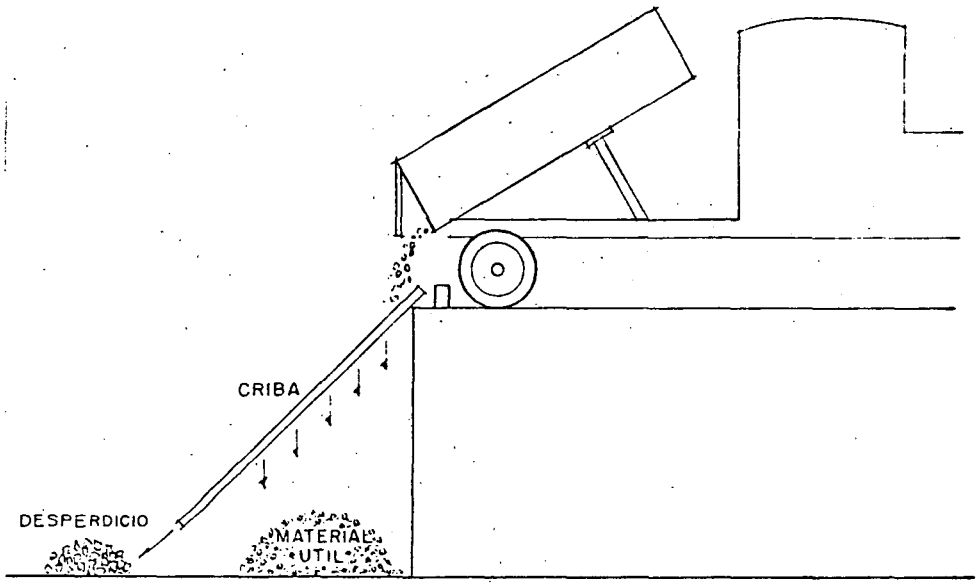


FIGURA 20

Si el material solamente requiere cribado, éste se hace en plantas diseñadas para ello, que no requieren unidades de trituración, ó puede hacerse utilizando obra de mano, combinada con el transporte, para descargar el producto transportado por éste, a cribas, con inclinación de 45°, en las que se eliminará el material mayor, no deseado.

El material producto de los bancos, sea cualquiera el tratamiento indicado, se lleva al camino y se deposita en la corona. Una vez que cumpla con las especificaciones solicitadas en cuanto a granulometría sea por disgregado o por trituración y/o cribado, deberá acamellonarse para tener la seguridad de que el volumen suelto por metro lineal de camino, es el necesario para dar el espesor compacto de la capa pedida. Si

es necesaria la mezcla de dos materiales, deberán acamellonarse por separado, para lograr uniformidad en la revoltura, que debe ser en seco, antes de agregarles agua, para su tendido y compactación.

La revoltura, así como la incorporación del agua, se ejecuta con equipo, que puede consistir en mezcladoras especiales, o motoconformadoras.

En cuanto a las motoconformadoras, su eficiencia depende de muchos factores como son: la potencia de la máquina, el ajuste de la cuchilla a las condiciones del trabajo, la velocidad de recorrido, la distancia del mismo, el número de pasadas, el tiempo empleado en voltear y todo ello relacionado con el espesor de la capa por tender, el peso volumétrico suelto y compacto del material y el tamaño del mismo. Influye en mucho la curvatura horizontal, por la sobre-elevación y cambios de pendientes.

El espesor es básico, relacionando el camellón formado por el material suelto con el ancho de corona del camino y la facilidad o dificultad, que por la razón anterior, se presente al hacer los desplazamientos necesarios, para su revoltura y tendido, así como por el equipo de compactación que se disponga.

Entre el equipo de compactación, se considera: la aplanadora de 3 rodillos y con pesos de 10 a 12 toneladas, el neumático con pesos variables que son del orden de 15 a 25 toneladas, y los rodillos vibratorios lisos.

El proceso de compactación con el equipo citado anteriormente, varía con el tipo de material, su peso volumétrico suelto y máximo, el grado de humedad, la uniformidad de éste y del espesor de la capa, la forma de empleo del equipo, en cuanto a velocidad y desplazamiento, y a la combinación oportuna de las diferentes máquinas utilizadas.

En sub-bases y bases, es necesario que las capas, al igual que en las terracerías, tengan el apoyo suficiente para evitar asentamientos y desplazamientos al paso del equipo, ya que si éste no se acerca a la orilla de la corona, existirá una falla en la compactación que se irá transmitiendo.

Debe tenerse especial cuidado en que la nivelación del camino, sobre todo a partir de la capa sub-rasante, sea lo más uniforme posible, para que el tendido de las sub-bases y bases, sea siempre del mismo espesor, para que con el mismo número de pasadas del equipo, se produzca una compactación igual en toda la superficie tratada.

La base, debe conservarse en tanto no se construya la carpeta. Sobre ella y después de barrer las partículas sueltas y el polvo acumulado, deberá darse un riego de impregnación a base de un asfalto rebajado de fraguado medio.

La cantidad de asfalto, para este riego, por metro cuadrado, dependerá del tipo de material de la base, de lo abierto o cerrado de la misma, y del grado de absorción de los materiales que la constituyan.

Sobre el riego de impregnación, se procederá construir la carpeta.

Para tratamientos superficiales de un riego, se usará material pétreo cribado y/o triturado, cuyo tamaño máximo pase por la malla de 3/8" o de 1/4" y sea retenido a su vez en la malla 4, o en la 8. Aún cuando la primera condición, proporciona un material de mejores características, por su alto costo en comparación con la segunda, no siempre es recomendable usarlo, sobre todo en caminos de bajo costo. Es de recomendar que este tratamiento se aplique en todo el ancho del camino.

En tratamientos superficiales de dos riegos, el material pétreo, tendrá 2 tamaños, uno comprendido entre las mallas 1/2" y 1/4", y el otro entre las mallas de 1/4" y 8.

Para su aplicación y sobre la base impregnada y perfectamente limpia, se aplica un riego con asfalto rebajado de fraguado rápido, sobre el que por medios mecánicos o bien tendiendo a mano, se coloca el material correspondiente.

En el tratamiento superficial de dos riegos, se aplicará primero el comprendido entre las mallas 1/2" y 1/4", e inmediatamente se dará un nuevo riego con asfalto rebajado, para aplicar el material comprendido entre las mallas 1/4" y 8.

Los riegos deben cubrirse perfectamente por el material pétreo, evitando excesos y acumulaciones de material sobrante, y se planchan, utilizando aplanadora de 2 rodillos, o de 3 rodillos, cuidando siempre de que por el peso de las máquinas y por el número de pasadas, no se incruste el material en la base, ni se fragmente o rompa.

Se rastrea el camino, para remover las partículas sueltas, y al final, por medio de barrido, se sacará el excedente del material suelto, que exista en la superficie tratada.

Para mezclas asfálticas elaboradas en el lugar, el tamaño máximo del material pétreo, no debe ser mayor de 3/4 del espesor de la carpeta propuesta.

Para mezclar el asfalto con el material, se usan mezcladoras, o bien motoconformadoras, siendo más común el uso de éstas.

Sobre la base impregnada, se aplica un riego de liga con asfalto rebajado de fraguado rápido, y sobre éste se tenderá la mezcla ya uniformizada y desfluxada y se compactará con aplanadoras metálicas y rodillos neumáticos.

Sobre la carpeta elaborada por este procedimiento, se aplicará un tratamiento superficial de un riego, que cubra también los acotamientos, y que sirve para sellar las carpetas, cuando son de textura abierta.

Los equipos usuales considerados en los diferentes tratamientos son la barredora, la petrolizadora, el esparcidor de materiales pétreos, así como las motoconformadoras y el equipo de compactación, vistos antes.

En cuanto a la barredora, puede ser autopropulsada o remol

cada y su función es limpiar tanto la base como la impregnación de los materiales sueltos y sobrantes, dando a la escoba giratoria, un ángulo que permita desplazar el material hacia las orillas. Para completar este barrido, se utilizan escobas y cepillos, que en último caso pueden reemplazar la barredora.

La petrolizadora es un tanque montado en chasis con una bomba cuyas funciones primordiales son las de succionar y regar a presión, y que permite además recircular en el tanque el producto asfáltico. El riego se hace mediante barras de distribución con espreas espaciadas que permitan un regado uniforme,

El riego depende de la cantidad de asfalto bombeado, del desplazamiento del vehículo, el tamaño de la barra y la altura de ésta sobre el nivel del terreno. Debe controlarse la temperatura del asfalto para darle la fluídes necesaria.

Debe tomarse la precaución de no traslapar los riegos para evitar excesos de asfalto, que se reflejen en la carpeta y que son zonas de falla.

Los esparcidores usados para el tendido de materiales, en sistema de pavimentación por riegos, están basados en la descarga del material de la caja de volteo a una tolva, y de ésta mediante un rodillo giratorio cae uniformemente regulada al camino, ya que la velocidad de marcha del vehículo, está relacionada con la velocidad de giro de rodillo, por lo que teóricamente el volumen del material esparcido, permanece constante.

La elaboración de mezclas en planta, es un procedimiento

más perfecto, aún cuando más caro, y poco usado por lo mismo, en caminos vecinales.

En cuanto a la Programación de las obras por realizar, la misma está basada, en los volúmenes y cantidades de los diferentes conceptos que en el camino intervienen, en las condiciones del trabajo y que son:

1.- Naturaleza del terreno
2.- Condiciones del suelo y condiciones metereológicas:
Terreno seco y drenado, terreno húmedo y mal drenado, clima cálido o frío, lluvias, vientos.
3.- Topografía y tamaño de la obra, por lo que respecta a accesibilidad, acarreos, dificultad de maniobras, etc.
4.- Equipo disponible, adecuado y necesario, así como la conexión de dependencia de las máquinas entre sí.
5.- La experiencia del personal y del manejo del trabajo.
6.- La selección, cuidado y mantenimiento del equipo.
7.- La concepción, la ejecución, la dirección y la coordinación de todas las operaciones que afectan el rendimiento.

La Programación deberá tomar en cuenta, la disponibilidad

de recursos económicos, el tiempo para ejecutar la obra y establecer así el número de unidades de equipo, que se requieren para lograr su máximo rendimiento.

En el equipo, debe considerarse en su costo, la renta horaria del mismo tanto por periodos activos como por inactivos, así como los transportes a la obra, en relación al rendimiento que se obtenga.

Los rendimientos del equipo en cuanto a su capacidad teórica, se ven afectados por un coeficiente de eficacia y un coeficiente de utilización.

El coeficiente de eficacia, se refiere a la misma máquina, por su cuidado y mantenimiento, y al factor humano de operación de la misma, en cuanto a fatiga del operador se refiere.

El coeficiente de utilización está basado en las condiciones del trabajo y en la organización de la obra.

De acuerdo con los puntos anteriores la determinación de los coeficientes para una correcta programación, se indican en el siguiente cuadro.

ORGANIZACION DE LA OBRA								
	Excelente		Buena		Mediana		Mala	
Coeficiente de utilización de la máquina	0.83	0.66	0.83	0.66	0.83	0.66	0.83	0.66
Condiciones de trabajo.								
Excelentes	0.70	0.56	0.67	0.53	0.63	0.50	0.58	0.46
Buenas	0.65	0.52	0.62	0.50	0.59	0.47	0.54	0.43
Medianas	0.60	0.48	0.57	0.46	0.54	0.43	0.50	0.40
Malas	0.52	0.42	0.51	0.40	0.47	0.38	0.43	0.35

La entidad contratante, debe tener el registro de experiencias de las diferentes obras, ejecutadas por los contratistas, en cuanto a su organización y cumplimiento, así como el conocimiento de las condiciones del equipo que debe ser utilizado para la obra en proyecto.

Por su parte el contratista, debe valorar las condiciones del trabajo y de los montos de obra, de los diferentes conceptos que deban construirse, en relación al presupuesto.

Del conocimiento que ambas partes tengan sobre lo anterior, podrá contratarse sobre bases seguras, para cumplir con el programa establecido, y a precios reales, que satisfagan los requisitos pedidos.

El monto de la obra por ejecutar, debe responder a un mínimo o a un máximo conveniente. En el primer caso para que la obra por —

ejecutar haga costeable la utilización del equipo y obra de mano necesarias. En el segundo caso, por la limitación y rendimiento de equipo y obra de mano con que se cuente, en relación al tiempo que se disponga para la ejecución.

Este monto queda también sujeto al tipo de obra por hacer, y a la diversidad de equipo que se requieren.

Considerando un primer caso, que corresponda a la construcción de terraplenes, con materiales provenientes de préstamo lateral, el equipo básico requerido es: tractor y escrepa, que tendrá un rendimiento horario, relacionado con su potencia y capacidad. Para mover un volumen determinado se cuenta con dos variantes: tiempo de ejecución y número de equipos utilizados. En relación a lo anterior puede fijarse el monto de contratación.

Considerando un segundo caso, que corresponda a la construcción del pavimento, que comprende sub-base y carpeta, el equipo básico requerido es: compresor, equipo de carga, equipo de transporte, planta de trituración, motoconformadoras, equipo de compactación y petrolizadora. En este caso, cada equipo tiene su rendimiento propio, pero a la vez, cada uno depende de los anteriores e influye en los demás por lo que el monto de contratación, se basará en el avance que se logre con todos los equipos en función del tiempo disponible, para determinar la obra que pueda contratarse. En este caso no puede suprimirse ningún equipo de los considerados como básico.

Los gastos por administración, vigilancia y supervisión

VII-46

así como los imprevistos son diferentes en cada uno de los casos citados, y su influencia repercute en la suma de los costos que corresponden a cada programación y por lo mismo en los precios unitarios que determinen el monto de a.

VII-47

RENDIMIENTOS EN MANO DE OBRA

El rendimiento en la mano de obra, no puede fijarse siguiendo un criterio general como si se tratara de una máquina,- cuyas características se conocen.

En nuestro País, por motivos bien conocidos y necesa-- rios se utiliza al máximo, el trabajo manual. Pensando estrictamente en costos podría hacerse la comparación del costo obtenido para lograr "n" unidades mediante el empleo de maquinaria o el de mano de obra, cuando es factible utilizar ambos. Existen conceptos que solo son posibles de ejecutar mediante máquinas o mano de obra.

El rendimiento para una misma unidad dentro del Territorio Nacional, varia por múltiples causas:

Condiciones de Clíma, condiciones étnicas, condiciones de preparación, habilidad y destreza. Todas estas referidas á un promedio estándar de la fuerza ocupada, ya que independientemente la resistencia física y la voluntad de cada trabajador influyen en la labor que desarrolla.

Fuera de lo que es capaz de hacer el hombre mismo - - existen una serie de factores que afectan la eficiencia. Podrían citarse entre ellos: el empleo de la herramienta ade-- cuada a la labor que desempeñan. (Fierro de Barrenación aguzado, palas proporcionadas al material que se cargue, etc.); condiciones de seguridad (andamios, ataguías, etc.); materiales adecuados al trabajo que se especifique (tamaños de pie-- dra en mamposterías), movimiento de materiales (traspaleo vertical en excavaciones de zanjas)

...///

Lo anterior nos lleva a la conclusión que tomar un rendimiento estandar para los conceptos y aplicarlos indistintamente en cualquier región y para cualquier obra, es un error.

Deben conocerse los rendimientos "promedio", y estos a la vez deben modificarse, por una serie de coeficientes, producto de la observación y conocimiento del lugar y condiciones donde se lleva a cabo la obra.

En los rendimientos influye como en cualquier otra actividad la planeación y dentro de ésta la integración de las cuadrillas es importante, tanto por el número como por los desplazamientos, en relación al área de trabajo, así como por su seguridad, (separación suficiente entre hombres para no tener que cuidarse del manejo de la herramienta del vecino, y para permitir el movimiento de los materiales).

La fijación de un rendimiento obligado o tarea, puede ser excesivo. El dejar libertad de acción al trabajador en cuanto a lo que ejecuta o produce, lleva una obra al fracaso. Deben fijarse límites medios razonables para cada labor y adaptarse a los usos y costumbres del lugar, tomando como índice los precios de destajos que se utilizan para obras similares y que permitan que el trabajador de acuerdo con las horas que fija la Ley Federal del Trabajo, obtenga por lo menos el salario correspondiente, con todas las prestaciones a que tiene derecho.

Normas y recomendaciones para el empleo correcto de las maquinas.

A.-Tractores.

1.- A mayor velocidad menos estabilidad.

2.- El rendimiento disminuye con la irregularidad de la superficie de rodamiento.

3.- El equipo adicional (dozers, cargadores etc.) provoca diferentes balanceos.

4.- Las cargas excesivas, disminuyen efectividad.

5.- Terraplenes o rellenos nuevos pueden ceder con el peso del tractor.

6.- Superficies rocosas, pueden provocar deslizamientos laterales.

Si el tractor trabaja en rampas, el volumen comparado con el rendimiento a nivel, disminuye en 3% o aumenta en 6% por cada grado que sube o baja la pendiente.

B.-Escrepas.

Condiciones de la carga.

1.-Cargar a la capacidad máxima tolerable.

2.- Procurar efectuar esta operación a la distancia más corta (30 mts. o menos).

3.- Procurar llenar la escrepa en el menor tiempo posible (de 1 a 2 minutos de acuerdo con la capacidad).

4.- Cuando el material es duro, conviene ararlo previamente para facilitar la carga.

5.- El tractor de empuje debe ser de la potencia y peso necesario para incrementar la velocidad de la escrepa al cargar.

6.- En cierto tipo de materiales, como arcillas duras y compactas, es preferible usar el tractor con arado, en vez de dedicarlo a empujar.

7.- La fuerza de gravedad facilita las cargas en pendientes hacia abajo.

8.- Cuando se carga en terreno plano, se puede emplear el sistema de "carga a caballo" consistente en hacer 3 pases: primero las 2 laterales y después montando la escrepa sobre el banco que quedó en medio.

9.- Cuando se carga en laderas, debe procurarse hacer el corte en forma tal que permite el escurrimiento del agua, empezando por la parte superior del talud.

10.- Cuando se trabaja en cortes, es necesario que el tractor, se acerque lo más posible al pie del talud, empezando por los lados, dejando el centro del corte más alto.

Condiciones del transporte.

1.- El estado del camino debe permitir las velocidades máximas debiendose arreglar la superficie de rodamiento.

2.- Empleo de la potencia total del motor. Una superficie mal nivelada aumenta la resistencia al rodamiento, provoca vibraciones y golpes, fatigas para el operador y por consiguiente hace disminuir el rendimiento.

3.- Las pendientes desfavorables, deben cortarse en principio, combinándo distancias y movimientos.

4.- Las vueltas deben hacerse lo más rápido y en la menor distancia posible.

5.- Utilizar una presión óptima para el inflamiento de las llantas, donde el esfuerzo de tracción da su mejor rendimiento.

Condiciones del tendido.

Practicamente todas las descargas de la escrepa, se hacen en capas de igual espesor.

1. - Efectuar la descarga a la mayor velocidad y en la minima distancia.
2. - Descargar en capas, con un espesor relacionado con el tipo de material y con el equipo de compactación disponible.
3. - En determinados materiales como la arcilla mojada, la resistencia al rodamiento es mayor y la descarga debe ser más lenta.

C. - Motoescrepas.

Las recomendaciones para facilitar el trabajo, son las mismas que las tratadas para las escrepas.

D. - Arado.

Su uso consiste en escarificar materiales duros, que de otro modo necesitarían mucho tiempo en cargarse, o bien sería imposible hacerlo, a menos de usar explosivos.

1. - Debe procurarse la máxima penetración, de acuerdo con el grado de dureza del material, limitándo el número de dientes a medida que el material es más duro.
2. - Nunca se de vuelta con los dientes enterrados, pues el esfuerzo de tensión producido deteriora los dientes y el marco.

E. - Palas mecánicas.

Cuidado en la operación.

1. - No sobrecargar la máquina ya que aumenta el desgaste.
2. - No aumentar la velocidad del motor con lo que se evitan golpes violentos, que repercuten en el botalón, mango, cables, tambores, bastidor mesa giratoria, perno central y orugas.

3. - No permitir que el cucharón golpee contra el suelo o la oruga ya que provoca torceduras y tensiones en el mango y en los pernos.

Aumento del rendimiento.

1. - Llenese al completar el movimiento de abajo hacia arriba, lo que - - provoca menores esfuerzos en la máquina y evita que el mango se sob bre cargue con el material adicional al que está en el cucharón.

2. - No encajar el cucharón demasiado al principio del corte, ya que la -- maquina tiende a elevarse en la parte posterior, puede caer de golpe y dañarse.

3. - No empujar con el cucharón o mango lateralmente, pues daña la ma-- quina.

4. - Procupar que sólo los dientes penetren en la tierra, ya que corta con mas facilidad.

5. - Procurese que el material por cargar no tenga más de un 5% de peda-- zos cuya dimensión máxima exceda el de la mitad de la dimensión mí- nima del bote.

6. - La profundidad óptima del corte, en relación al tamaño de la pala, así como el angulo de rotación, influyen en el cuidado y en el rendimiento.

Cargaderos frontales.

En estos se consideran basicamente las mismas recomendaciones establecidas para las palas y por su rodado, se dividen en neumáticos y orugas.

Las cargaderas frontales sobre neumaticos se debe usar en terrenos secos y - firmes cuando

1. - Los puntos de trabajo estén diseminados y donde las maquinas transi- ten por pavimentos.

2. - Los materiales están suelt s y pueden atacarse facilmente con el - cucharón.

3. - La superficie de trabajo no debe ser dañada. Los cargadores frontales sobre orugas, se pueden usar cuando:

1. - Las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.

2. - Cuando los materiales son duros y no puedan excavarse facilmente.

3. - Cuando se requiere máxima altura de levantamiento y buena estabilidad bajo las cargas.

4. - Cuando la falta de espacios para maniobras, lo exige.

Motoconformadoras.

Aprovechar al máximo la potencia de la maquina, comenzando con la cuchillia, ya que se ajuste a las condiciones del trabajo es importantísimo ya que afecta la potencia requerida, la cantidad y calidad del trabajo.

La inclinación frontal de la cuchilla debe permitir cortar, mezclar y rastrear como se desea.

La inclinación de las ruedas delanteras es basica ya que en casi todas sus aplicaciones las motoconformadoras, soportan una fuerza lateral, que tiende a desviar la parte delantera de las maquinas hacia un lado.

La pendiente del terreno, define la velocidad de transmisión de las motoconformadoras. La rugosidad del terreno, la condición compacta o suelta del suelo, el peso volumétrico y el tamaño del material por trabajarse, afectan la eficiencia.

Equipo de compactación.

El éxito de la compactación depende de los metodos usados, del tipo y peso -

del equipo de compactación así como del equipo y de los metodos empleados en la colocación del suelo y de su preparación para la compactación.

La compactación depende del tamaño del area cargada, de la presión ejercida en esta area y del espesor de la capa.

Para una aplicación correcta de la compactación, las capas de materiales deben ser sensiblemente horizontales y superpuestas con el espesor necesario y deben homogeneizarse en cuanto a composición y contenido de humedad.

Plantas de trituración.

1.- Las plantas de trituración, consisten en una combinación integrada por quebradoras, medios de alimentación y transporte, clasificación y almacenamiento. Deben estar diseñadas para recibir roca a los tamaños, volúmenes y tiempos prescritos por las exigencias de la operación, para entregar un producto o productos deseados de acuerdo con la demanda.

2.- Debe conservarse de acuerdo con el tamaño de las quebradoras, una relación adecuada de trituración, que se define como la relación del tamaño de alimentación al tamaño del producto triturado.

La eficiencia de las quebradoras aumenta con el tamaño de las mismas, lo que está en relación con el incremento de las ventajas mecánicas que aumentan con el tamaño de las maquinas.

Plantas de asfalto.

1.- Alimentación constante y bien graduada de los agregados, conviene separar el agregado en 2, 6 más tamaños, para llevar el material en la proporción granulometrica deseada a la planta.

2.- Secado uniforme y a una misma temperatura.

Debe controlarse el volumen en relación al tiempo y a la cantidad de calor suministrada.

3. - Evitar la perdida de finos.

   Se logra con un colector de polvos.

4. - Control estricto de pesos de agregados y asfaltos. Deben checarse cuidadosamente las basculas.

5. - Control de tiempos de mezclado.

6. - Control de temperaturas.

7. - Sincronización del trabajo de la planta con los camiones que descargan las mezclas.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

ASPECTOS METODOLOGICOS DEL ESTUDIO PARA EL PRIMER PLAN NACIONAL DE TRANSPORTE

ING. RODOLFO FELIX FLORES
ING. GONZALO CRUZ BERISTAIN
ING. MIGUEL A. NAVA URIZA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

PLANEACION DE LA RED DE VIAS TERRESTRES

Ing. Daniel Díaz Díaz.
Director General de Análisis de Inversiones.
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

I. Consideraciones generales

La problemática que plantea un país subdesarrollado puede quedar resumida al destacar dos aspectos básicos de este fenómeno: por una parte un lento proceso en la evolución de las actividades económicas, políticas y sociales, y por otra una marginalidad creciente respecto a las regiones y países de mayor desenvolvimiento en el mundo. Esta problemática, así enunciada, ha configurado en la economía latinoamericana, y en general en la de aquellos países que forman parte del Tercer Mundo, un desequilibrio sectorial que se manifiesta en la marginalidad de los sectores primarios que agrupan a cerca de dos tercios de la población total, en comparación con un sector industrial relativamente poco creciente y un sector terciario en expansión.

México, ubicado dentro de ese gran grupo de países en vías de desarrollo, no puede sustraerse a la necesidad de corregir el rumbo de su economía, puesto que las metas y objetivos del desarrollo económico están determinadas no sólo por el logro de tasas elevadas de crecimiento económico, sino en que los resultados de ese proceso lleguen a las mayorías que forman su población. A este respecto, nuestro país ha adoptado un proceso funcional adecuadamente orientado al incremento de los niveles de productividad.

Y si bien es verdad que la expansión económica nacional durante los últimos años se ha visto acompañada por un proceso inflacionario, a lo que habría que agregar las presiones externas de esta naturaleza, la realidad es que puede considerarse positivo el viraje que ha experimentado la economía del país: la consecución de una mayor participación del factor trabajo en el Producto Nacional, a través de una mejor canalización de las inversiones públicas, lo que ha implicado cambios tecnológicos y sociales en áreas y regiones marginadas del país. Este nuevo contenido en la política económica, ha venido incidiendo en una cada vez más orientada tendencia al desarrollo equilibrado dentro de las relaciones intersectoriales y ramas productivas, generando empleo y fortaleciendo el aparato productor en concordancia con las exigencias de una demanda agudamente presionada. Implícitamente, esa nueva estrategia económica se sustenta en una cada vez mayor ejecución de programas de infraestructura y de ampliación de servicios básicos, que han tendido a favorecer al variado tipo de regiones potencialmente productivas, a las regiones de mayor desarrollo relativo y, en menor medida, a los centros urbanos para coadyuvar con ello al logro de los objetivos de una política de ordenación del territorio.

El panorama anterior facilita la tarea de comprender que el proceso de expansión de una economía reclama de una elevada producción de bienes y servicios y de un intenso intercambio de aquellos, por lo que puede afirmarse que un país en desarrollo, como el nuestro, es un país en el que se genera una creciente demanda de desplazamientos.

Una de las manifestaciones materiales más características del fenómeno de expansión es, entonces, el transporte, actividad que presenta en la actualidad un variado y extenso campo de acción, como resultado de los avances tecnológicos que suceden en el tiempo con singular velocidad. En efecto, a partir de la máquina de vapor y el motor de combustión interna, que han constituido la base del extraordinario desarrollo del transporte, han surgido diversas innovaciones que motivan que los vehículos se diseñen presentando un conjunto de requerimientos que condicionan, en forma señalada, las obras e instalaciones de ingeniería que deben construir, para permitir su funcionamiento adecuado. Dicho funcionamiento resulta especialmente complejo, si se toman en cuenta los elevados volúmenes de carga y el creciente número de vehículos de todo tipo en que descansa la transportación de personas y bienes que demanda el estado actual del progreso en que se encuentra la sociedad humana.

Desde luego, lo anterior se muestra claramente en una buena parte de los países del mundo, más aún en aquellos que se ha dado en llamar "plenamente desarrollados"; los avances de la técnica y de la industria en general, característica fundamental de sus estructuras económicas y la importante participación de la producción de servicios en el producto global de esas adelantadas colectividades, explican por sí mismas la evolución tan rápida de los medios y modos de transporte con que han ido resolviendo sus requerimientos de intercambio.

Si bien la contribución del sector transporte a la producción varía conside-

rablemente de país a país, allí, donde la actividad productiva se traduce en un valor por tonelada relativamente bajo y los sistemas de transporte repercuten en altos costos, es también por lo general donde la contribución del transporte al Producto Interno Bruto a precios de mercado es mayor. Paralelamente, las conexiones inter-industriales en las economías en desarrollo, al no ser muy numerosas o su complejidad no representa altos niveles, las comunicaciones terrestres adquieren un papel determinante sobre las características de distribución geográfica que adquiere el propio desarrollo.

La flexibilidad del autotransporte, por ejemplo, para drenar o abastecer zonas relativamente cercanas, ha determinado que México siga una política de inversiones públicas que concede señalada importancia a la construcción de carreteras. Esta acción, iniciada en trascendental etapa de nuestra historia, presenta un contenido muy distinto del que tuvo en su oportunidad la iniciación de la construcción de la red de vías férreas, ya que los ferrocarriles se encontraban vinculados a una política económica fundamentalmente orientada a la exportación de productos agropecuarios y de la minería, en tanto que las carreteras, sin dejar de cubrir esta función, reflejan hoy el deseo de integrar el territorio nacional y sentar las bases para el sano ~~desarrollo~~ de una economía de mercado, y por tanto fortalecer el aparato productivo de la nación.

De esta manera, bien puede inferirse que la importancia básica del transporte en el desarrollo económico de México se explica no solamente por las ventajas propias de este sistema de intercambio, sino también por las fun-

ciones de integración que lleva implícitas. Y sobre este particular, cabría asegurar que para los países en vías de desarrollo, es esta función del -- transporte la que se constituye en promotora del desarrollo al vincular dos aspectos de la vida de una nación: primeramente, y en lo que atañe a lo económico, las vías terrestres permiten incorporar extensas zonas potencialmente productivas a la economía nacional, operándose con ello un profundo reajuste tanto en la tenencia como en el uso de la tierra, así como en la- organización de los procesos de producción, distribución y consumo; en segundo lugar, y considerando el aspecto social, el transporte terrestre participa en la adecuada introducción de servicios públicos y de mejoramiento- social requeridos por un desarrollo equilibrado y sostenido.

En este orden de ideas, las diversas funciones de los sistemas viales se- definen según su importancia nacional o regional, pero siempre contempladas como parte integrante de la infraestructura necesaria para canalizar una --- serie de proyectos e inversiones ulteriores, previstas por quienes organizan la vida productiva de un país. En el caso de México, se puede afirmar - que la experiencia nacional ha mostrado resultados satisfactorios al realizarse inversiones en esta materia, derivados no de un análisis individual- de la bondad de cada proyecto, sino estableciendo una relación con la -- economía en general; en otros términos, la planeación, programación y --- ejecución de las obras viales, de hecho han estado basadas en los diferentes efectos de carácter económico y social de las inversiones efectuadas en los últimos años.

II. Formulación de Planes.

Independientemente de las circunstancias muy particulares que caracterizan a los diferentes países y de sus sistemas económicos vigentes, las políticas de inversión en carreteras tienen como común denominador el hecho de que deben formar parte inseparable de los planes y programas de desarrollo económico y social, y de que las metas específicas de las acciones en materia de construcción y conservación de obras de infraestructura para el transporte, deben ser congruentes con los objetivos nacionales.

En México se ha tenido una prolongada época de crecimiento económico, no siempre traducido en un aumento real en la riqueza efectiva de todos sus habitantes, ya que aún subsiste una desigual distribución del ingreso. En este sentido, la orientación esencial de la política del Gobierno actual radica en conseguir una participación más equitativa de la población del país en los beneficios del desarrollo y en impulsar al mismo tiempo el crecimiento de la producción.

Es en este contexto y con esos propósitos que se preparan los planes de inversiones en carreteras, y las técnicas que se utilizan para ello demandan contar con un claro panorama de la infraestructura y de la calidad de los servicios existentes, así como la demanda de esos servicios medida en volúmenes de tránsito y en los aspectos relacionados con las ventajas de establecer la comunicación permanente.

En el orden lógico de las acciones, y por muchos años, la construcción de carreteras troncales constituyó la principal preocupación del Gobierno Fede-

ral, y actualmente se puede asegurar que el sistema básico ha alcanzado un grado de evolución aceptable que desempeña el papel que le corresponde en el proceso de desarrollo económico y social del país. Sin embargo, como en casi todos los países en vías de desarrollo, y como consecuencia de específicas situaciones económicas, las redes de transporte de toda clase presentan, en lo general, una densidad de uso relativamente baja, lo que se traduce en un bajo grado de utilización de las inversiones y una nociva aplicación de los recursos asignados a su construcción. Esto último es explicable en razón de que muchas de las obras de infraestructura tienen carácter indivisible y no pueden construírse o mejorarse sino en determinadas dimensiones.

Ciertamente, en la red carretera de México los volúmenes de tránsito observados son muy distintos de un tramo a otro. En efecto, mientras que en un gran número se registran tránsitos de unas cuantas decenas de vehículos diarios, en otros se reportan millares de ellos, fundamentalmente en los accesos a las principales ciudades, presentándose en éstos últimos problemas de saturación y congestionamiento. El sistema carretero alimentador, por su parte, es todavía insuficiente, y existen en el país miles de poblaciones que aún no cuentan con vías de acceso permanentes y, en consecuencia, hay millones de mexicanos que no han sido incorporados al proceso de desarrollo general.

Por lo que se refiere a la determinación de la red federal, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, con el apoyo de técnicas adecuadas, efectúa diversos análisis de los enlaces carreteros desea--

bles entre los diferentes centros del país, en función de las diversas actividades que se desarrollan en una sociedad, para lo cual éstas se han clasificado en dos grandes grupos. El primero corresponde a las actividades de naturaleza política, social y administrativa, y el segundo a las actividades de naturaleza económica: agricultura, ganadería, pesca, industria, turismo y otras. Ciertas actividades económicas, como la silvicultura, la minería y otras han sido excluídas de los análisis ya que los productos que se derivan de ellas son materia de transporte carretero sólo en casos especiales.

En relación con la red de carreteras alimentadoras se procede en términos semejantes a los empleados en la determinación de la red troncal, es decir, tomando en cuenta las actividades mencionadas y sus interrelaciones a nivel estatal, considerándose las obras en proceso de construcción, así como aquellos caminos que denotan un interés local por parte de los gobiernos de las diferentes Entidades Federativas.

Considerando el panorama descrito, así como los marcos de referencia en la determinación de la red de carreteras, se preparan los planes de inversión y las técnicas que se utilizan, mismas que van desde esquemas formales que contienen las acciones a seguir, hasta planteos informales usados en la toma de decisiones, sin pretender que constituyan marcos rígidos que conduzcan totalmente las acciones correspondientes, sino que su utilidad y validez radique en la coherencia entre los objetivos y medios y la solidez de las hipótesis con que se trabaja. En este sentido es necesaria

una máxima flexibilidad en la elaboración y estructura de los planes y supermanente revisión y adaptación; aquellos que se contemplan a largo plazo tienen necesariamente un carácter general y se formulan con criterios y en términos predominantemente cualitativos; por más imperfectos que éstos sean, al irse ajustando y mejorando constituyen el marco para las estrategias fundamentales en el corto y mediano plazo, que son mucho más -- precisos e incluso detallados.

Conforme lo hasta aquí expuesto, y en relación con las necesidades concretas que los caminos mexicanos deben satisfacer en el proceso económico de la nación, cabe señalar que la política de inversiones para la evolución deseable del sistema se apoya en las siguientes directrices, que a su vez definen las prioridades para los distintos rubros de inversión:

1) Mantener en buenas condiciones la red carretera, dando prioridad a las actividades de conservación.

2) Atender con especial énfasis la construcción de caminos de acceso al medio rural, incorporando de esta manera a la vida política, social y económica del país, núcleos de población que tradicionalmente han permanecido marginados, y ello mediante obras que respondan al tamaño justo de la demanda, ocupando en el proceso de trabajo primordialmente mano de obra desempleada.

3) Dar particular atención a la construcción de vías alimentadoras que permitan el aprovechamiento integral de los recursos existentes, coadyuven

a promover las actividades productivas y la máxima utilización de los sistemas troncales.

4) Continuar la construcción de las obras faltantes en el sistema troncal- con especificaciones que respondan al tránsito previsto, y que permitan las interrelaciones adecuadas entre los polos de desarrollo.

5) Proseguir los esfuerzos dirigidos a la modernización integral y homogénea de las rutas nacionales sometidas a utilización más intensa, lo que puede traducirse en algunos casos en la construcción de acortamientos, carriles adicionales o autopistas.

Tales directrices se encuentran enmarcadas, a su vez, en lo que es la idea de ordenación del territorio, que involucra la necesidad de prever dentro de un marco espacial determinado los cambios que han de intervenir en la política económica, y guiar el desarrollo de la riqueza nacional en el espacio como la planeación económica lo guía en el tiempo.

La necesidad de introducir este criterio en la formulación de planes, se deriva del interés nacional por modificar la estructura espacial de la riqueza del país, resultante de un proceso histórico que trajo consigo el establecimiento de varias ciudades que actuaron como metrópolis o polos de atracción de sus zonas, donde se concentraron los mayores ingresos y la más amplia gama de servicios sociales. Tal fenómeno ha conformado una contradicción que se manifiesta en el hecho de que las nuevas actividades buscan hoy los mercados más amplios y, por consiguiente, se acumula la-

riqueza en unos cuantos puntos del país, agudizándose las diferencias interregionales. En efecto, las muy diversas características geográficas y la distribución de las diferentes regiones en el territorio nacional, además de las repetidas injusticias históricas, han traído como consecuencia que el desarrollo regional se haya realizado a muy diferente ritmo. Esta situación se refleja en la desigual distribución de la riqueza y recursos potenciales ociosos, lo que propicia los desequilibrios en todos sentidos incidiendo, a su vez, en desigualdades de urbanización. En este sentido conviene señalar que actualmente más de 10 millones de personas habitan el Valle de México, y sufren las consecuencias derivadas de la concentración, problemas que principian a observar en las Ciudades de Guadalajara y Monterrey. Tan sólo en el Distrito Federal se concentra el 77% del poder adquisitivo del país; el 60% de la producción de maquinaria; el 67% del valor de las nuevas construcciones y alrededor del 65% del presupuesto de las instituciones de educación superior.

Al iniciarse este siglo el 70% de la población del país habitaba en comunidades menores a los 15 mil habitantes; en el presente la cifra se ha reducido al 50% y se preve que para fines de siglo sólo el 30% vivirá en comunidades de este rango. A partir del movimiento de Independencia se requirieron 100 años para que la población del Valle de México se duplicara y en el presente, de acuerdo a las tendencias de crecimiento actuales, la población del país se duplicará en 23 años previéndose un lapso aún menor para que ésto tenga lugar en muchas de nuestras ciudades. De todo ello -

bien puede inferirse que nos encontremos frente a un fenómeno para cuya - solución se presentan dos alternativas fundamentales:

a) Permitir el juego libre de los acontecimientos y que, en forma natural, se desarrollen regiones y ciudades que por sus características atraigan el mayor número de habitantes,

b) Programar el desarrollo equilibrado del país, haciendo intervenir los -- conceptos de una adecuada política de ordenación del territorio, proporcionando, hasta donde los medios lo permitan y con una acertada planeación, iguales oportunidades de desarrollo a las diversas regiones — que integran el contexto nacional.

La primera alternativa conduce a la injusticia social y a la explotación de- los grupos mayoritarios; por el contrario, la segunda se encuentra dentro de los lineamientos y objetivos para el desarrollo equilibrado y sostenido del- país, que contempla iguales oportunidades para todos y la búsqueda de equilibrio con justicia social. De aquí la importancia que en los últimos años ha conferido el país a la construcción y modernización de la infraestructura para el transporte, importancia que conlleva un interés por eliminar los de- sequilibrios territoriales, persistentes a pesar de las altas tasas de crecimiento logradas. Este hecho se deriva de una tendencia cada vez mayor a la integración económica de las distintas regiones que conforman el territorio, y al espectacular desarrollo que han experimentado los mayores centros urbanos. En otros términos, este interés tiene su origen en las profundas-

modificaciones respecto a la localización de las actividades productivas — que son consecuentes de un proceso de industrialización; de la necesidad de conseguir una eficaz distribución espacial de las inversiones; de aprovechar los recursos naturales e integrar los distintos territorios regionales en el sistema económico nacional. De esta manera, la infraestructura para el transporte, afectada por una política encaminada a invertir el sentido de los flujos de recursos, desde las áreas más desarrolladas económicamente y más urbanizadas hacia las menos desarrolladas, incide en el proceso de desarrollo al permitir la formación del capital social fijo, distribuyéndolo uniformemente desde el punto de vista espacial. Este hecho revierte sus efectos hacia la movilidad del trabajo y del capital; por consiguiente, la distancia pierde sus efectos restrictivos sobre la producción.

En este contexto, la red de vías férreas y los sistemas carretero y aeroportuario, representen un eficaz instrumento de acción que permite corregir los desequilibrios regionales existentes. Como ejemplo de ello, puede mencionarse el papel que desempeñaron los ferrocarriles en el inicio de la industrialización del país, las carreteras en una más rápida y amplia integración territorial y el sistema aeroportuario en el más extenso aprovechamiento de los recursos turísticos, así como en el fortalecimiento de las relaciones económicas nacionales e internacionales.

La ordenación del territorio es pues, la expresión geográfica de la política económica del país, e involucra la redistribución voluntaria de la agricultura, la industria y los servicios para una mejor utilización del espacio y de

los recursos de la nación.

III. Criterios para la Selección de Proyectos.

Los proyectos carreteros tienen distintos efectos y funciones dominantes: unos se destinan al servicio de las zonas desarrolladas, buscando promover reducciones en los costos de transportes; otros, denominados de penetración económica, se proponen para el fomento de las economías de mercado, para desalentar situaciones de autoconsumo y para propiciar el uso de áreas agropecuarias potenciales; los de orden social, se construyen con el objeto de llevar a las zonas rurales y pobladas del país, aún no comunicadas, los servicios de educación, salubridad, justicia y los que requiere la sociedad en su conjunto.

Los proyectos en zonas desarrolladas y los proyectos de penetración económica se evalúan con base a la relación beneficio-costo o a la tasa interna de retorno. Sin embargo, conviene aclarar que la estimación de los beneficios se lleva a cabo en forma muy diferente en cada uno de estos casos, en virtud de que los efectos de la inversión se cuantifican, para las zonas desarrolladas en función de los ahorros de los usuarios, y para los caminos de penetración, fundamentalmente en base al incremento en el producto, atribuible al proyecto.

En relación con los proyectos carreteros en zonas desarrolladas, los efectos consecuentes son de muy diversa índole en el marco de la economía regional, tales como el fomento de actividades agrícolas, industriales y tu

rísticas; incremento en el valor de las tierras; mayor recaudación de impuestos; facilidades para la implantación de servicios sociales, entre otros. No obstante, su cuantificación resulta problemática en los países en vías de desarrollo, especialmente por la carencia de datos estadísticos suficientes y de los medios para realizar investigaciones directas profundas en cada caso particular. Por ello, se parte de la hipótesis de que los efectos mencionados se reflejan finalmente en incrementos a los volúmenes de tránsito establecidos, y se opta por medir los beneficios a través de los ahorros en tiempo y en costos de operación que se ofrecen a los usuarios con el nuevo proyecto.

Para evaluar los efectos de las inversiones en caminos de penetración, habrá que distinguir los efectos inmediatos de los mediatos y los directos de los indirectos.

Los efectos inmediatos son los que se dejan sentir en el período subsiguiente a la terminación de las obras, y los que se perciben durante su construcción, así como la comunicación misma, que entraña la posibilidad de tener acceso permanente a las comunidades; los mediatos son los que se observan a mediano y largo plazo, ya sea directamente como resultado del funcionamiento de las obras, o indirectamente a través de reacciones en cadena en el resto de la economía y que no son consecuencia atribuible a los proyectos mismos, sino que se derivan de ellos.

Los efectos directos de los caminos de penetración, medidos por los ahorros en costo de transporte, tiempos de recorrido y aumento en la comodidad y -

la seguridad, son de poca cuantía, ya que los volúmenes de tránsito son-sumamente reducidos, por lo que los criterios clásicos de evaluación de - proyectos apoyados en este tipo de ventajas son poco aplicables en razón de la diferente naturaleza de los beneficios.

Contrariamente, los efectos indirectos son de gran importancia y están re-presentados principalmente por el aumento de la capacidad productiva del - campo, e inciden, en una primera etapa, en el aumento de la producción - agropecuaria y en la apertura al cambio de las estructuras sociales.

Lo anterior se manifiesta en la creación de fuentes permanentes de trabajo y en la limitación de los movimientos migratorios, que conducen a un desa rrollo regional más sólido y mejor compartido.

Ahora bien, partiendo del supuesto de que el efecto primordial de los cami nos es, en una primera etapa, el aumento en la producción agropecuaria, - es preciso reflexionar acerca de cuales son las perspectivas reales de que ese incremento tenga lugar ante el panorama de las características del mer cado de ese tipo de productos; ante la existencia o no de un aparato de - distribución adecuado, y frente a las limitaciones que impone la naturaleza geográfica de nuestro territorio y las estructuras sociales del campo mexi-cano.

La medida del impacto de los caminos de penetración en zonas de riego pa ra la agricultura, o en zonas de explotación ganadera o forestal en gran - escala es un problema de relativamente fácil solución, y en la evaluación-económica se considera el conjunto de inversiones y beneficios, incluídos-

los de las obras de irrigación y de otra índole, como un sistema integrado en el que el camino es uno de los elementos que lo estructuran.

La visión conjunta así definida, además de tener la ventaja de significar un alto grado de certeza en cuanto a la obtención de los beneficios, involucra, con mucha frecuencia, seguridad y coherencia en cuanto a los planteamientos financieros.

En cambio, el análisis de los efectos indirectos de los caminos en zonas de agricultura de subsistencia, caracterizadas por sus bajos niveles de ingreso y altas tasas de crecimiento de la población, en las que el desarrollo debe ir acompañado de una expansión en la producción de alimentos y del logro de niveles cada vez más altos de convivencia social, involucra dificultades más serias ante la incertidumbre de que los beneficios no lleguen a producirse efectivamente en el sentido y la magnitud que se espera.

En México, no obstante que existen amplios potenciales agrícolas cuyo desenvolvimiento tiene que ser firmemente apoyado por la construcción de caminos, una buena parte de la agricultura está integrada por economías estructuralmente pobres, carentes de recursos de capital, técnicos y naturales, cuya pobreza se deriva de su casi imposibilidad para producir más y aprovechar plenamente los recursos humanos.

En el grupo de proyectos de función social, cuyos efectos directos e indirectos son difíciles de cuantificar, a pesar de su evidente importancia socio-económica, la evaluación de ellos no pretende lograr calificarlos me--

diante la rentabilidad del capital invertido. En tal caso, los órdenes de— prioridad se establecen con el criterio de optimizar los recursos disponibles en forma de servir al máximo de beneficiarios con el mínimo de inversión. Para ello, básicamente se toma como medida de evaluación el cociente que resulta de dividir el costo total de la obra entre el número de habitantes - localizados en su zona de influencia.

Sin embargo, como indicadores auxiliares también se consideran el número de hectáreas que como consecuencia de la obra se pueden agregar al cul— tivo; la generación de empleos que se provoca al realizar este tipo de pro yectos con mano de obra y, consecuentemente, la elevación del ingreso en la propia zona. Asimismo, la Secretaría de Asentamientos Humanos y - -- Obras Públicas está estudiando la posibilidad de definir cuáles son los cue llos de botella que restringen el desarrollo en cada una de las regiones que se pretende servir, a fin de valorarlos en una escala jerárquica. De acuer do a este criterio, en algunos casos tendrá prioridad la construcción de -- vías de comunicación, pero en otros pudieran ser más urgentes proyectos - tales como las obras de riego, la dotación de agua potable, la construcción de bodegas, etc. Este criterio establece por sí mismo un elemento adicio- nal de juicio, cuando se formulen los órdenes de prioridad de los proyectos carreteros de función social.

En relación con la selección de proyectos de vías férreas, y tomando en - cuenta la incidencia que tiene este sistema de transporte en la ordenación del territorio, puede señalarse en forma general que los criterios para este

propósito presentan similitud con los apuntados para el caso de carreteras en zonas desarrolladas, destacando que por sus características este sistema resulta adecuado para el transporte de grandes volúmenes de carga a grandes distancias, situación que conlleva a la necesidad de que en la estructuración de los esquemas que orientan las acciones en esta materia, se analice la intercomunicación eficiente entre los polos de desarrollo, lo que a su vez da origen a un conjunto de iniciativas que por sí mismas, e independientemente de sus efectos directos en materia de ahorros en costo de transporte, deben tener alta prioridad en su ejecución por su papel en la promoción de la expansión económica y sus efectos en la ordenación del ámbito territorial.

El reconocimiento de esa realidad y los principios hasta aquí expuestos, como los criterios de evaluación de proyecto y las modalidades de cuantificación de los beneficios y costos, conjuntamente con la política de inversiones, deben tenerse muy en cuenta en la formulación de programas de obras, así como el hecho de que en muchas regiones del país, la construcción de caminos debe ir acompañada de otras obras de infraestructura económica y social, que los complementen, y hagan más efectivas las ventajas de su realización.

IV. Formas de Financiamiento

Las diversas directrices que, como se ha señalado, conforman la actual política de inversiones en infraestructura para el transporte, al permitir un notable crecimiento fundamentalmente del sistema carretero, han repercutido,

a su vez, en la necesidad de obtener, ampliar y diversificar las fuentes de financiamiento, de tal manera que su aplicabilidad resulte racional de acuerdo a los objetivos nacionales de desarrollo. Dichas fuentes de financiamiento han venido clasificándose, en función de su origen, en internas o nacionales y externas o internacionales.

Con relación a las primeras, éstas se integran con aquellos recursos derivados de la recaudación general que tradicionalmente efectúa el Gobierno Federal, así como de los recursos que provienen del ahorro interno. Además de ello, se cuenta con la cooperación que en este rubro llevan a cabo los diferentes gobiernos Estatales, los Municipios y los particulares beneficiados con las obras, de tal suerte que las fórmulas de financiamiento bipartita y tripartita, han permitido el fortalecimiento de la red alimentadora del país en concordancia con los requerimientos del desarrollo regional.

Otro aspecto importante en el financiamiento interno de la infraestructura para el transporte, lo constituye la generación de ingresos provenientes del cobro de cuotas a los usuarios de caminos que sirven a zonas que se caracterizan por sus altas intensidades de tránsito; dichas obras, que se convierten en rutas alternas y que permiten el abatimiento de los costos de operación, acortando el tiempo de recorrido, requieren de fuertes inversiones que de ser financiadas con cargo al presupuesto gubernamental se gravaría el déficit existente de recursos.

Con el fin de administrar y conservar este tipo de caminos, el organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, obtiene los ingresos correspondientes de los usuarios de este tipo de obras. Asimismo, este organismo amortiza las inversiones efectuadas, financia las obras nuevas y en proceso, reinvirtiendo los recursos remanentes, más los empréstitos conseguidos para el efecto.

Respecto al financiamiento externo, mucho se ha escrito acerca de la conveniencia o no de recurrir a los créditos externos. Se menciona, por ejemplo, que este tipo de financiamiento incide directa o indirectamente en el aumento de la componente externa del costo de los proyectos, propiciando de esta manera una mayor dependencia tanto económica como tecnológica. Sin embargo, existe un hecho innegable: los países del llamado Tercer Mundo, y en el que se ubica México, presentan un esquema de necesidades mayor que el de los recursos disponibles; esto fundamenta la utilización de este sistema de financiamiento que permite complementar los fondos nacionales, además de que la tasa de interés en valor absoluto que se paga por ellos es bastante menor en relación a la que prestan las instituciones privadas nacionales. Esto es explicable, dado que en los países altamente industrializados la tasa de rendimiento de la inversión, debido a su gran acervo de capital, es bastante baja. En contraposición, los países en vías de desarrollo, donde los bienes de capital son escasos, la tasa de rendimiento de la inversión es muy alta, razón por la cual los países ricos, mayoritarios en su aportación a las instituciones multinacionales de créditos especializados, pueden prestar

a un interés comparablemente menor que las instituciones nacionales, pero mayor que el que obtendrían en sus respectivos países.

De lo anterior se infiere que la magnitud absoluta de todas las fuentes mencionadas, fiscales, crédito interno, cooperaciones, entre otros, no será suficiente para afrontar los problemas que tendrá nuestro país en el futuro inmediato en materia de inversiones en infraestructura para el transporte, y se precisará, como lo ha sido hasta el momento, del concurso de fuentes externas, planteando problemas de muy diversa índole, que se refieren tanto a la procedencia de los fondos como a la regularidad y flexibilidad en su uso.

*

* *

Como resultado de la continuidad en la formulación de planes y programas en materia de inversiones en la infraestructura para el transporte, nuestro país ha logrado conformar una red de caminos que comprende una longitud de 200 000 km., incluídos los 30 070 km. de caminos construídos por otras Dependencias. Por esa red se mueven los tres millones de vehículos automotores que existen en México; el 46% de todos los productos que se desplazan para satisfacer las necesidades de todo tipo de la población y, lo más importante, por la red carretera se mueve el 90% de todas las personas que viajan a lo largo y a lo ancho del territorio nacional. Por -

su parte, la red de 24 700 km. de vías férreas, es una de las mejores demostraciones del esfuerzo de los gobiernos revolucionarios por dotar al país de un sistema de transporte que indudablemente ha impulsado el desarrollo industrial de México.

No obstante, y en relación a lo hasta aquí expuesto, es necesario ser conscientes de que el esfuerzo por realizar en los próximos años tendrá que ser mayor, ya que para tener una red carretera con una adecuada estructura que comunique, cuando menos, a las poblaciones mayores de 300 habitantes, se requiere que la red alimentadora tenga una extensión tres veces superior a la troncal. En otros términos, la longitud de caminos alimentadores por construir se estima será de 90 000 km., de los que unos 50 000 podrán ser caminos de mano de obra. En cuanto a la red troncal, conviene que ésta se extienda en 10 000 km. en los próximos años, a fin de incorporar áreas con recursos potenciales que es necesario poner a producir. Paralelamente, y en virtud del dinamismo que actualmente registran las actividades industriales, agropecuarias y mineras, habrá de precisarse la modernización de buena parte de la red ferroviaria existente, de los equipos en operación y de las instalaciones actuales.

Enero, 1977.

PLANEACION APLICADA AL TRANSPORTE Y AL DESARROLLO URBANO DEL PAIS

B i b l i o g r a f í a

1. Pautas para la Evaluación de Proyectos
Publicación de las Naciones Unidas

2. Planificación Urbana y Regional: Un enfoque de sistemas
J. Brian Mc Loughlin. Colección "Nuevo Urbanismo"
Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

3. El Plan o el Antiazar
Pierre Massé
Nueva Colección Labor

4. L' Aménagement du Territoire
Jérome Monod et Philippe de Castelbajac
Colección "Que sais-je?"
Presses Universitaires de France.

5. La Estructura del Crecimiento Económico.
Un análisis para el período 1950-1970.
Hollis Chenery, Moisés Syrquin.
Editorial Tecnos, Madrid.

6. Dentro y Fuera del Desarrollo
Edmundo Flores
Fondo de Cultura Económica

7. Contabilidad Social
Manuel Balboa
Publicación de Naciones Unidas

8. Métodos de Optimización
Alberto Moreno Bonett
Representaciones y Servicios de Ingeniería

9. Redesigning The Future
Russell Ackoff
Wiley. Interscience

10. Gestión de Empresas Constructoras
Biblioteca del Constructor
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción

11. L'Aménagement du Territoire et la Regionalisation
Jacques de Lanversin
Librairies Techniques, France

12. La Selección de Inversiones
Pierre Massé
Editorial Sagitario

13. El Desarrollo Urbano de México
Luis Unikel.
Publicación de El Colegio de México.

14. Manual de Ingeniería de Tránsito
Guido Radelat
Ed. Reuben H. Donnelley

15. Traffic System Analysis
Wohl and Martin
Ed. Mc Graw Hill

16. Manual de Proyectos de Desarrollo Económico
Naciones Unidas

17. La Planification des Transports
Hans A. Adler
Ed. Dunod.

18. Aeropuertos
F. López-Pedraza y Munera
Ed. Paraninfo.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

LA FOTOGRAMETRIA EN EL PROYECTO DE VIAS TERRESTRES

ING. BULMARO CABRERA RUIZ
NOVIEMBRE, 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

C O M U N I C A C I O N E S

T E M A I

La Comunicación elemento de los organismos sociales. - El hombre es un animal social. Se siente ansioso de amistad, se siente desgraciado cuando está solo durante mucho tiempo y a veces se asocia con sus colegas simplemente porque tiene sed de compañerismo. Sobre todo en el caso de los empleados que tienen una vida familiar insatisfactoria, el trabajo proporciona una gran parte de la satisfacción de sus necesidades sociales.

Lo que hace que muchos trabajos resulten soportablaes es la "cháchara" social. Si no hay nada más constructivo sobre lo que hablar, se puede desorbitar la importancia de las pequeñas cuestiones y descargar el aburrimiento haciendo circular bulos y rumores. También en la vida social de carácter informal de una fábrica muchos trabajadores tienen la oportunidad de demostrar su iniciativa y su talento personal. E incluso el propio trabajo puede resultar socialmente remunerador para ciertos empleados tales, por ejemplo, los telefonistas y dependientes de ventas que logran una gran satisfacción por el hecho de hablar con los clientes.

El trabajo satisface muchas veces otras muchas necesidades sociales, aparente de la necesidad de amistad. El hecho de pertenecer a una pandilla o grupo proporciona a los trabajadores y empleados una sensación de identificación y de pertenencia a un grupo e insisten en forma "grupos informales" incluso frente a la oposición de la dirección de empresa. Cuando no logran esta iden

tificación, el trabajo resulta menos deseabla para - - ellos. Existen, de hecho, datos que indican que los -- trabajadores que pertenecen a pequeños grupos de trabajo integrados tienen una mayor moral de trabajo que los que trabajan solos o perdidos entre grandes masas de -- empleados con los que tienen pocos vínculos sociales. - Un estudio llevado a cabo sobre este particular explica la razón de que los trabajadores del acero se sientan - más satisfechos son su trabajo que los que están destinados en cadenas de montaje de automóviles debido en -- parte a que aquéllos suelen trabajar en pequeños equi - pos; en contraste con esto, en la cadena de montaje el_ obrero sólo puede hablar con el hombre que tiene a uno_ y otro lado, por lo que resulta más difícil formar grupos sociales cohesionados.

El simple hecho de trabajar juntos, el trabajo de - equipo, contribuye a crear una moral de trab jo. A casi todo el mundo le gusta ayudar a los demás. Y también - cuando lo necesitamos, nos gusta que nos ayuden los demás.

Hay otro conjunto de necesidades sociales que nace de la relación del subordinado con su supervisor. Es lógico que el subordinado quiera ser tratado justamente:- quiere que le oigan yle atiendan y reparen la falta - - cuando el supervisor ha tomado una decisión errónea y - quiere tener derecho a poder recurrir contra esta decisión del supervisor. A casi todo el mundo le gusta ser alabado cuendo hace algo bien (aunque a veces la alabanza de un colega de trabajo tiene mucho más sentido que_ la alabanza de un supervisor). El obrero medio desea - asimismo que su supervisor le acepte, es decir, que le_

comprenda y le guarde consideración cuando comete un - error. Por último, desea saber cuál es exactamente el lugar que ocupa.

Independientemente de que trabaje bien o mal, el - obrero típico desea recibir ciertas atenciones de su patróno. Ahora bien, las personas difieren por lo que se refiere a la cantidad de atenciones que desean porque - algunas prefieren gozar de una amplia independencia y - otras recurren constantemente al jefe para sentirse reconfortadas por él. El supervisor debe acoplar en consonancia con ello sus procedimientos de control y vigilancia (evitar, sin embargo, las posibles acusaciones - de favoritismo.) Pero de este tema volveremos a ocuparnos más adelante.

NECESIDADES FUNDAMENTALMENTE EGOCENTRICAS.

LOS LOGROS

"Lo malo de este trabajo es que no tengo la sensación de realizar nada. Soy un don nadie, no hago nada y no voy a ninguna parte. No soy más que un engranajo demasiado pequeño para que llegen nunca a echarme de menos". De este modo explicaba un obrero su desamor por el trabajo, aunque se trataba de uno de los mejores pagados de la fábrica.

Una de las necesidades más fuertes que siente el - hombre es la de tener un sentido de logro o plenitud, - la sensación de que está haciendo algo y de que su trabajo tiene importancia. La palabra "logro" o realiza -

ción resulta, sin embargo, confusa porque quiere decir muchas cosas distintas según la persona que la emplee. Examinamos algunas de las dimensiones de esta palabra.

Importancia del trabajo. Todo trabajo que parezca sin sentido provocará frustración. Una de las formas más desagradables de castigo que utilizan los militares es hacer que los soldados caven agujeros y los rellenen a continuación con tierra. Comparemos esto con la espléndida recompensa que obtiene la gente que realiza tareas, siquiera sean subalternas, en un hospital por el hecho de "ayudar a la gente".

Dos investigadores ingleses descubrieron durante la realización de un estudio sobre una fábrica de azúcar candi, que la mayor insatisfacción se centraba en torno a un pequeño grupo de trabajo cuya tarea consistiría en desenvolver los chocolates defectuosos como parte de una operación de recuperación de material. Esos trabajadores descubrían que su trabajo era mucho menos constructivo que el de otros colegas suyos. Los supervisores de las compañías de teléfonos suelen decir que la producción y la moral de trabajo son siempre mayores durante una situación de urgencia. A este respecto uno de ellos ha dicho lo siguiente: "Es asombroso: puede ocurrir que un telefonista produzca muy poco y constituya un problema de disciplina porque llega tarde al trabajo o practique el absentismo, pero en cuanto llega una gran tormenta y todas las carreteras quedan cortadas esta persona será capaz de andar a pie largas distancias para poder llegar a tiempo a su trabajo".

El trabajador satisfecho siente orgullo por el pro

ducto que fabrica: "Me siento muy estimulado cada vez que lo veo en la tienda" dirá a este respecto o "nuestros aparatos tienen la tolerancia máxima de toda la industria". Las siguientes citas indican perfectamente las diversas formas que puede asumir esta sensación de realización:

T E M A R I O.

1.- TRASCENDENCIA E IMPORTANCIA DE LA COMUNICACION EN LA SOCIEDAD CONTEMPORANEA.

2.- DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES.

3.- LA COMUNICACION ELEMENTO CINETICO DE LOS ORGANISMOS SOCIALES. (A NIVEL INDIVIDUAL Y A NIVEL DE GRUPO)

4.- CONCEPTO DE LA COMUNICACION.

5.- PROCESO DE LA COMUNICACION.

6.- IMPORTANCIA Y NATURALEZA DE LA COMUNICACION.

7.- TEORIA CIBERNETICA DE LA INFORMACION.

8.- LA COMUNICACION DENTRO DE LAS ORGANIZACIONES.

.....

1.- TRASCENDENCIA E IMPORTANCIA DE LA COMUNICACION EN LA SOCIEDAD CONTEMPORANEA.

INTRODUCCION.

La Comunicación hoy en día es una necesidad entre los indivíduos como entre los grupos. Y me atrevo a decir que es una necesidad, basado en el lema, ya de todos conocido que reza: EL - HOMBRE ES UN ANIMAL EMINENTEMENTE SOCIAL. Imaginemos por un momento a un hombre que repentinamente quedara aislado de toda comunicación con sus semejantes, es casi seguro que volvería a un estado semisalvaje al "Estado de Naturaleza" de que nos hablara - J.J. Rousseau en su CONTRATO SOCIAL.

Su vida sería solitaria, se puede decir que casi sin objeto, porque no tendría la emoción de dar ni recibir algo, ya que no tiene a quién ni tiene el sentimiento de pertenecer un grupo .

Es pues, sólo a través de la comunicación , ya sea mímica , hablada, escrita o mixta, como lo es la audivisual, que el individuo toma contacto con otros sujetos.

2.- DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES.

Así como la Revolución Industrial fue uno de los más grandes acontecimientos del siglo XIX, hoy, a las nuevas generaciones nos toca ser testigos de uno de los acontecimientos más trascedentales de la segunda mitad del siglo XX, LAS COMUNICACIONES.

Si somos observadores, el razgo característico de este siglo es el fenómeno de la comunicación con las masas.

Y para corroborar lo anterior, dejémonos llevar de la imaginación y la memoria y, recordar esos momentos en que el hombre se lanzó a la conquista del universo, con el afán de satisfacer esa necesidad innata de curiosidad, de escudriñar en lo más recóndito del espacio infinito la razón de su ser, nuevas formas de vida, otras civilizaciones con las cuales tomar contacto, establecer vías de comunicación abiertas que nos permitan conocerlos y que nos conozcan, que nuestros conocimientos no sólo sean exclusivos del mundo, sino trasponer las fronteras terrestres y establecer una fraternidad universal, fincada en la comunicación, así como ahora sucede en el globo gracias a los avances tecnológicos y científicos que nos permiten estar siguiendo paso a paso los hechos de un acontecimiento que está sucediendo en puntos antípodas mediante los "sputniks" que circundan la tierra, eso es comunicación.

Es casi seguro, que no hay en el mundo actual persona que esté en condiciones de no conocer los hechos sobre las crisis, las decisiones y las grandes personalidades de nuestro tiempo; ¿quién no ha oido hablar de la devaluación del dollar, las crisis del medio Oriente, de Viet Nam, La Conquista de la Luna, de Indira Gandhi, Castro Ruz, etc.?.

Los conocimientos que posee el hombre, aplicados al arma que tiene en los aparatos o medios de la comunicación (la T.V. la Radiodifusión, La Prensa, La Revista, etc.) ha tenido como consecuencia el embrutecimiento, la estereotipación de las masas, el impacto que causa en la sociedad es su última embestida.

Considerando todo lo anterior, se concluye que una de las preocupaciones fundamentales de los que tienen los medios de comunicación en las manos es la de realizar una labor social constructiva, de contribuir a satisfacer esa curiosidad connatural del hombre, el deseo de investigación, de libertad, de que esos aparatos , obra del hombre , sean al servicio de éste y no para hacerlo cada vez más esclavo del hombre mismo.

3.- LA COMUNICACION ELEMENTO CINETICO DE LOS ORGANISMOS SOCIALES.
(A Nivel Individual y a nivel de Grupo.)

Algunos estudios tienden a considerar que la comuni

cación entre los individuos , CARA A CARA, es de mayor importancia que entre los grupos, esto es aceptable siempre y cuando veamos al sujeto como elemento número uno de los grupos, como individuos que influyen sobre otros y éstos reciben a su vez la influencia de los demás. La comunicación , en estas condiciones revela la imprescindible necesidad del hombre de relacionarse con otros individuos, surgien do de esta manera, EL GRUPO que a su vez puede verse identificado con otros grupos y juntos forman un universo llamado medio ambiente social.

4.- EL CONCEPTO DE LA COMUNICACION.

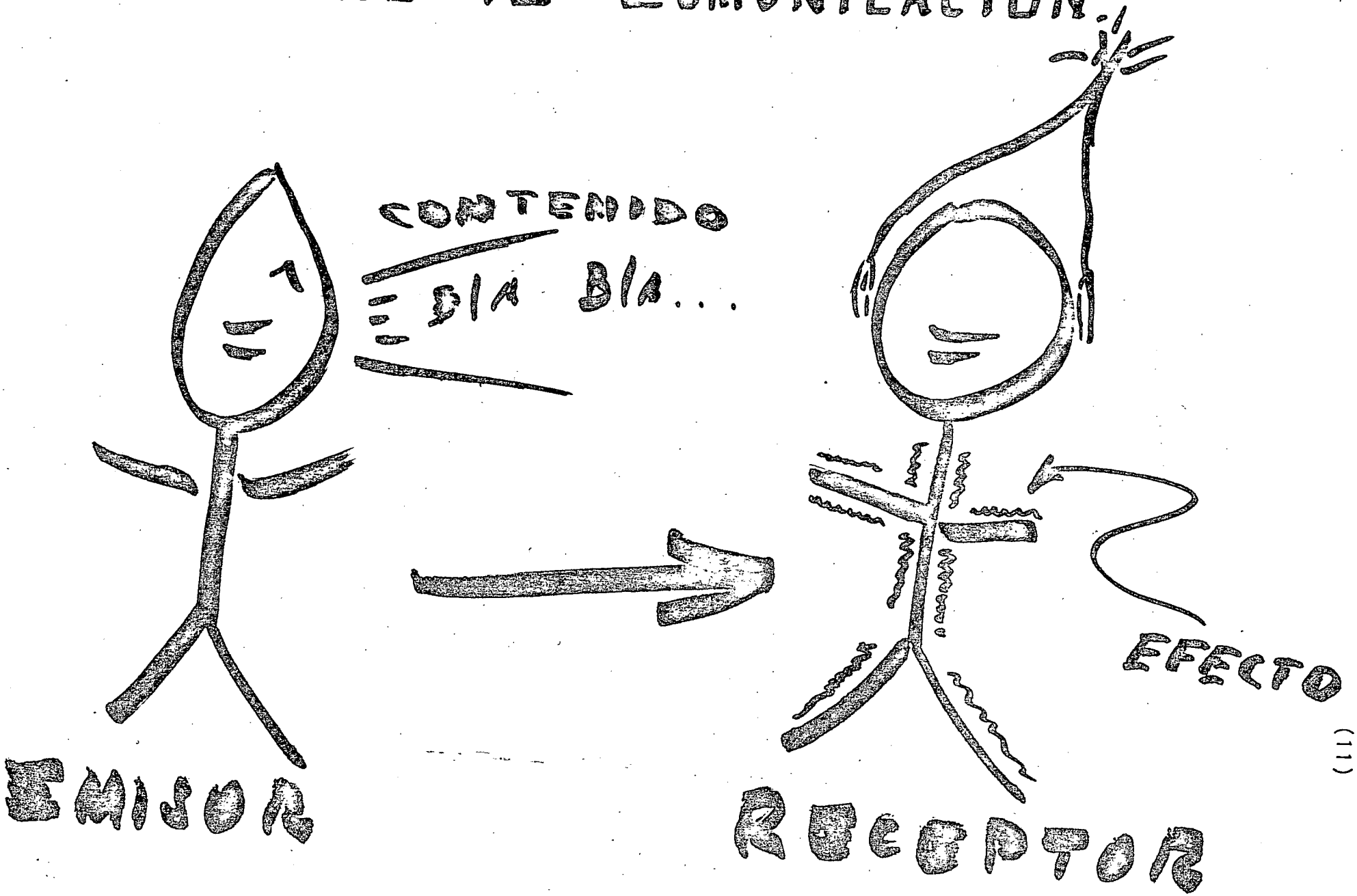
A decir de un sesudo en la materia, "es una calle de doble sentido", es decir,que se establece una interacción entre los individuos que que se comunican con el objeto de modificar o influir en el medio exterior(medio ambiente) modificando su conducta,o bien, adaptándola a éste.

5.- EL PROCESO DE LA COMUNICACION.

Para que funcione el Proceso de la Comunicación deben concurrir 4 factores que a saber son:

1.- Debe haber un sujeto EMISOR.
2.- " " " RECEPTOR.
3.- Que haya un contenido en la comunicación.
4.- Que cause un efecto el mensaje dado.
(Que mueva a la Acción.)

PROCESO de la COMUNICACIÓN



En el factor número 4 es donde estriba el problema central de la comunicación, SU EFECTIVIDAD. Y ¿por qué digo que es el problema central?, pues, porque a pesar de que haya sujeto emisor, sujeto receptor y mensaje, si éste no es comprendido, si no hay una relación previa entre el símbolo y el hecho (objetos) no hay comunicación o si la hay no es efectiva, el receptor debe tener un estado de ánimo de oir lo que se le está diciendo y no lo que él quiere oir lo que le está diciendo su -- cerebro.

6.- IMPORTANCIA Y NATURALEZA DE LA COMUNICACION.

Está muy claro que la comunicación desempeña una -- función muy importante en la vida del hombre, se puede decir, que es lo que le da su personalidad , su cultura, su manera de actuar para con los demás, pues como ya dije anteriormente,cada uno de nosotros es producto del medio ambiente en que nos - desenvolvemos, PRODUCTO DE UNA EXPERIENCIA TOTAL, pues, si nos encerramos en el sólo conocimiento empírico resultaríamos estrechos de visión, de cultura, etc.

La comunicación significa Progreso. Veamos lo si--- guiente:

Todos los avances que hoy en dia estamos presenciando se debe a la transmisión de conocimientos que de generación en generación se han venido pasando, desde el rudimentario in-

vento de los rodillos por los egipcios, para deslizar las piedras en la construcción de sus pirámides, hasta la aplicación de los neumáticos a los transportes(cabe insertar el hecho de que dentro de 10 años ya no se usarán ninguna clase de rueda) son fiel testimonio del progreso alcanzado por el hombre con - base en el conocimiento pretérito.

Si fundamentamos la comunicación, con base en el interés, podríamos decir que el sujeto se reune en sociedad - porque fuera de élla es un animal con menos posibilidades de - sobrevivir, dado que de todos los animales, el hombre es el menos dotado, si lo queremos comparar con el águila, ésta supera al hombre en su aguda vista y el vuelo, si pensamos en el ciervo éste lo supera en velocidad, si pensamos en el mono, veremos que éste está dotado por la naturaleza con su abrigo de - pelo, etc. de esta forma podremos concluir que el individuo no es completo , es decir, no es autosuficiente,por lo tanto necesitamos convivir el uno junto al otro, debemos depender unos de otros para protegernos, obtener ayuda y satisfactores y para lograr ésto debemos aprender a comunicarnos y de estas relaciones interpersonales surge el grupo base de toda organización , de - toda industria, de toda sociedad, pues ésta no es más que un - grupo gigante.

7.- TEORIA CIBERNETICA DE LA INFORMACION.

Estamos en presencia del fabuloso desarrollo de los

medios de comunicación y en el transporte y comienzo de la "era planetaria".

Hace 100 años, se tendió el primer cable submarino entre américa y europa, que acercó a los dos contientes. Hace 15 años se lanzó el primer satélite artificial(sputnik) por - los rusos y hoy los norteamericanos conquistan la luna.

Ahora ya se puede, mediante los satélites que vuelan en torno de la tierra, establecer comunicaciones telefóni cas en número de 18000 simúltáneamente, mientras que hace - aproximadamente 970 años una información necesitaba alrrededor de unos 8 meses para dar la vuelta al mundo.

Respecto a las organizaciones , estás se están po co a poco estructurando con base en una CIBERNETIZACION, con quista silenciosa que va conformando el esqueleto de las nue vas fuerzas productoras ya no como como sucedió durante la - Revolución del siglo pasado(que exigía al obrero como comple mento de la máquina) síno liberándolo, en algunos casos de to da intervención durante el prodeso productivo.

Las posibilidades prácticas de la Teoría cibernéticaen la Información, son en la actualidad de gran alcance e imprescindibles. La relación cambiante entre el organismo humano y la máquina trajo como consecuencia que la comunica ción ya no fuera sólo interpersonal, síno que la información que se daba a un individuo pudiera ser diseminada hacia el gru po y más tarde hacia las masas.

8.- LA COMUNICACION DENTRO DE LAS ORGANIZACIONES.

Es de importancia capital la comunicación dentro de las organizaciones, porque el buen funcionamiento de la 2/a.dependerá de la eficaz comunicación.

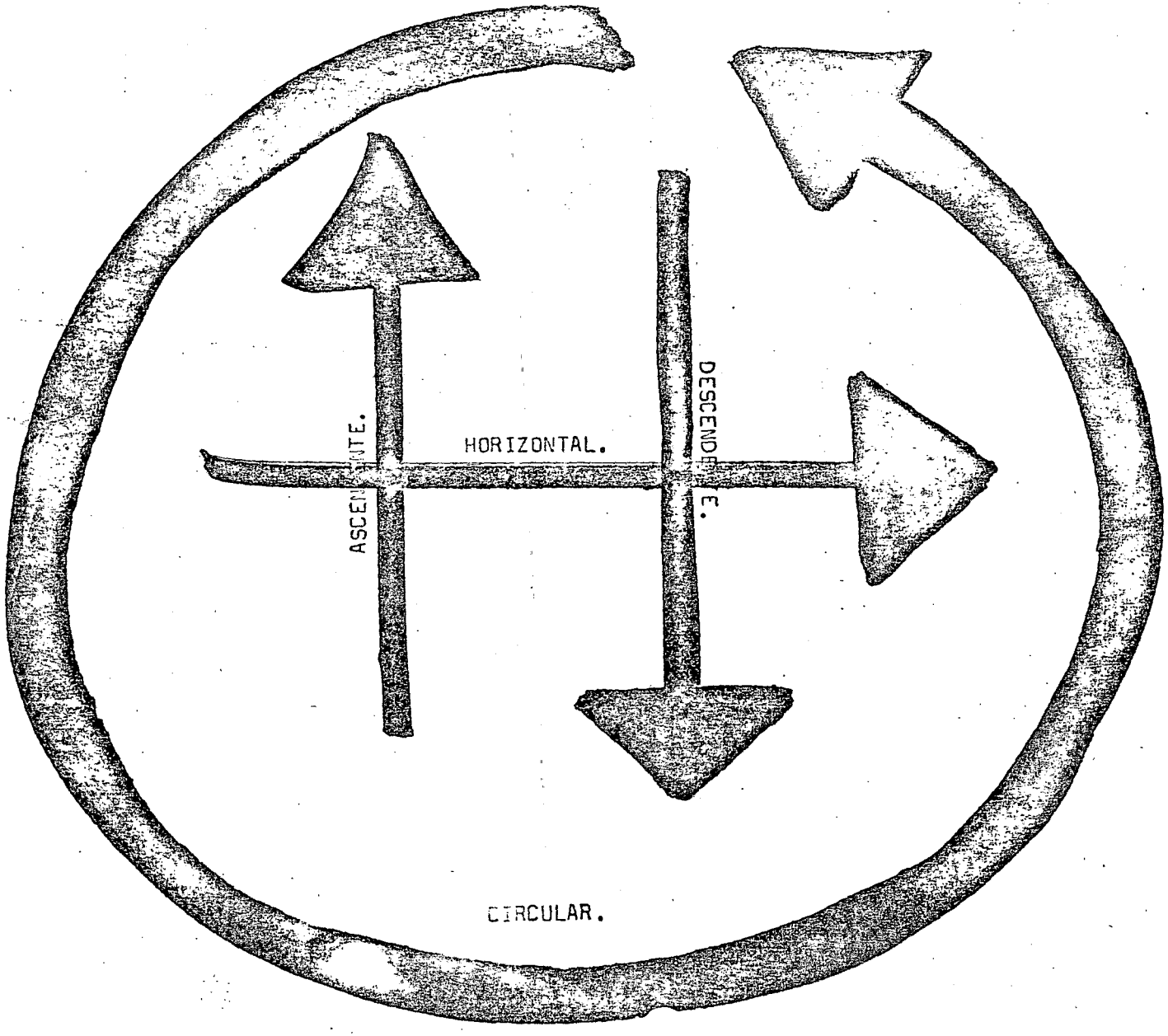
La comunicación dentro de la industria, nace 1/o. entre cada una de las personas, luego entre cada persona y su trabajo,de donde se forman más tarde los grupos informales y finalmente en-- tre cada trabajador su sus superiores.

Si no hay una buena comunicación entre el trabajador y su trabajo habrá poca producción, si falta la comunicación entre jefe y trabajador no hay cooperación , porque el jefe poco caso hace de las opiniones de sus subalternos y en cambio sí los afec ta con sus decisiones , pero sin dar razones ni porqués.

En resumen, el buen exito de todo ejecutivo, es esta-- blecer una comunicación eficiente con su personal estar bien in-- formado para tomar decisiones correctas , para resolver confl tos y hacer que el negocio funcione bien.

México,D.F. Diciembre 4, 1971.

La Comunicacion "efectiva" Dentro de las ORGANIZACIONES.



COMUNICACIONES

- por el medio empleado
  - orales
    - cara a cara
      - entrevista
      - charla
      - reunión
        - conferencia
        - comité
        - mesa redonda
        - junta
        - otros eventos
    - aparato
      - teléfono
      - magnavoz
      - grabaciones
  - escritas
    - carta
    - circulares
    - telegrama
    - memoranda
    - boletines
    - manuales
    - reglamentos
    - periódicos
    - carteles
    - folletos
    - tableros
  - señales
    - audibles
    - visuales
  - audio-visuales
    - cine
    - televisión

En toda empresa existen grupos de individuos que mantienen entre sí relaciones derivadas del hecho de pertenecer a una misma organización.

Podemos distinguir claramente dos tipos de actividades: Formales e Informales.

Actividad Formal es toda aquella que se integra hacia el logro de un fin propuesto previamente. Tal objetivo, llamado Organizacional, se constituye de los Objetivos Sociales, Económicos, y de Servicio que integran la estructura operacional de toda empresa.

Actividad Informal es la que surge sin un fin predeterminado, es decir, en forma espontánea. En la práctica, dichas actividades son las que crean los niveles de comprensión, de unidad, entre los trabajadores, siendo susceptibles de determinar la buena marcha y consecusión de los objetivos estructurales.

Lógicamente, la Comunicación Formal viene a ser el proceso informativo, racional y crítico, encaminado a la creación de medios de comprensión de los fines organizacionales propuestos. Como ejemplo, tenemos los Manuales de Organización, las Circulares, Memoranda, Asambleas, etc. Una característica importante es el que se establece entre los miembros de una organización, condicionados por los puestos que ocupan.

La Comunicación Informal se identificará por su espontaneidad y ausencia de estructura predeterminada. Sus ejemplos clásicos son los rumores, chismes, diálogos, discusiones y reuniones que se generan en toda asociación humana. En una empresa se origina fuera del ambito formal y sin atender al organigrama funcional.

Este tipo de comunicación puede ser patológico para la empresa, según la tendencia seguida enella, ya que puede o no mantener relaciones con la actividad formal; además, su flujo no tiene canales determinados.

COMUNICACION ESCRITA. Se ha dicho que la comunicación hablada tiene un poder de convencimiento más arraigado, debido a que se efectúa en forma directa y personal.

Sin embargo, debemos pensar en que se ve sujeta a po-

sibles errores espontáneos de interpretación y de semántica,-- propiciados por faltas de claridad o mala estructuración del - tema.

Tal problema se viene a canalizar por medio de la Comunicación Escrita, que deberá contener la mayor exactitud y - concretividad posibles, tendiendo a que los conjuntos informados la entiendan perfectamente, tomándola como una fuente de - veracidad.

Las características de forma que debe reunir toda comunicación escrita son:

1. Claridad: Que sea concisa y completa.

2. Concordancia: Que se elimine toda posibilidad de - interferencia de ideas entre sí: que no haya posibles contra - dicciones.

3. Adecuación: Que a través de un lenguaje sencillo y adaptado al nivel de los informados, éstos puedan comprender - fielmente su significado.

4. Coordinación: Que los temas tratados sigan una secuencia lógica en cuanto a ideas, o sea, que un tema presuponga el siguiente.

5. Uniformidad. Que se evite la rotura de la unidad - con expresiones que den altibajos marcados a la idea expresada, o bien, que encaucen la atención a temas extraños.

Para que la comunicación administrativa sea clara y - comprensible:

Las frases y oraciones deben ser cortas,

Sencillas en su construcción,

Sin adjetivos o palabras innecesarias,

Con mayoría de palabras de una a dos sílabas,

Sin términos difíciles de comprender, poco usados o - desconocidos.

La Característica de Fondo de la comunicación escrita es la Veracidad, que motivará al receptor a tomarla como una - base concreta para la formulación de criterios, planes o cur - sos de acción.

La Comunicación Escrita es recomendable en los siguientes casos:

A. Cuando se comuniquen órdenes o disposiciones fijas y predeterminadas.

B. Cuando se desee primordialmente una interpretación conforme a un punto de vista preexistente, siendo su labor principal el Convencimiento. En este caso es necesario integrar las razones concretas en que se basa el criterio.

C. Cuando se desee que la información sea propagada en forma masiva y económica, ya que la comunicación oral se ve reducida a minorías casi siempre.

A continuación se tratarán algunas formas de Comunicación Escrita Formal, tales como el Informe, el Reporte, la Circular, etc.

MEMORANDUM: Es un tipo de carta-resumen que es usada entre los niveles internos de una empresa. Su objetivo es el de comunicar disposiciones y solicitud de informes. Los memoranda siempre se deben archivar para referencia permanente o temporal.

Debe de ser breve, conciso, compacto y claro. Además, deberá de cubrir los siguientes requisitos:

1. El receptor deberá estar bien definido.

2. El asunto debe estar claramente establecido.

3. Si es largo, en el primer párrafo deberá exponer claramente el asunto tratado, y el resto, siguiendo una sistemática lógica, cronológica, alfabética u operacional.

4. Si se espera respuesta, hacerlo notar claramente.

5. Debe llevar fecha de expedición para referencia posterior.

6. Debe hacerse con copia para el archivo.

7. Debe ir firmado.

8. Llevará términos amables para la inducción a su lectura.

9. Concluirá con un párrafo que complemente al primero.

LA CIRCULAR: Es la carta dirigida hacia un grupo, en forma general o bien destinada a un determinado nivel o conglomerado de personas. Su fin es el de informarles sobre situaciones determinadas, eventos próximos, disposiciones, etc.

En muchas ocasiones sirven para dar a conocer resoluciones tomadas con respecto a peticiones generales de aumento de sueldos, de prestaciones, descansos, etc. Se debe tener en cuenta que al hacer tal informe, existe necesariamente la obligación de informar las causas que motivaron el fallo, ya sea afirmativo o negativo. Siembre debe incorporarse el sentimiento de comprensión y unidad de los distintos niveles empresariales, de la necesidad de cooperación recíproca.

Son también un medio de información de estrategias y políticas generales, como la de expansión de ventas, aumento de producción, disminución de ausentismo e impuntualidad, abatimiento del porcentaje de desperdicios, etc. También sirven para indicar normas de procedimientos novedosos, de prevención de accidentes, etc.

Su lenguaje ha de ser comprensible, encaminado a que los destinatarios se sientan aludidos en forma directa e individual, por lo que se deben esbozar los intereses directos del trabajador.

Sus frases deben seer concisas y cortas. El número de palabras por oración, adecuado y óptimo, será de 17 en promedio, procurando nunca sobrepasar ese límite. Los párrafos deben de ser cortos, de preferencia no mayores de 5 o 6 líneas, ya que la mente humana capta más fácilmente los párrafos cortos. La carta en total no debe ser mayor de una a dos cuartillas.

En cuanto al contenido, habrán de tratarse temas de importancia y poco frecuentes, o al menos se debe dar esa impresión. Jamás deberán esbozarse reproches.

Deberán ser enviadas en la forma más directa y personal que se pueda, yendo firmadas por personas de la importancia requerida para que sean tomadas con toda seriedad.

EL INFORME: Puede ir encaminado al sector interno o externo de una empresa, o bien en forma mixta.

En todo caso, es un documento que se distribuirá entre todos los miembros de la empresa. Detalla las operaciones económicas, de servicio y sociales de la empresa, pudiéndose acompañar de reuniones o asambleas con fines explicativos.

Su presentación deberá de ser periódica: mensual, bimestral, anual, etc.

Un buen informe contendrá reconocimientos a quienes contribuyeron al progreso de la organización; tanto al empleado de oficina, como al obrero, al ingeniero, los accionistas y los ejecutivos.

Servirá para revisar los resultados generales de la empresa, y en base a ello, planear el futuro.

Se incluirán datos de producción, de ventas y beneficios. En cuanto al último aspecto, se detallarán las participaciones en las utilidades a los trabajadores. En México, esta prestación debería ser distribuida en períodos menores al acostumbrado; si se hiciese el reparto trimestral o semestralmente, con sus respectivos informes, los empleados cobrarían conciencia permanente de la utilidad de sus esfuerzos y necesidad de incrementarlos.

En los Informes se deben evitar calificativos para mal o para bien, como: "Dado el gran éxito de nuestro Depto. de Relaciones", "Las grandes muestras de admiración hacia nosotros", o "En vista de nuestro rotundo fracaso", etc.

Es preciso cubrir todos los departamentos, en base a sus informes parciales.

Se requiere buscar una organización general del informe, que sea lógica y coherente. Jamás debe faltar el índice.

EL MANUAL DE ORGANIZACION: Es básicamente, la idea de lo que es la empresa. Su objetivo es el de dar a conocer a todos los miembros de la organización, un panorama general de la misma evitando la "enajenación" por falta de información.

A los ejecutivos les detallará las políticas y procedimientos establecidos.

A los trabajadores les evitará que se sientan extraños en la empresa y que, por consecuencia traten de conseguir información con otros trabajadores, la cual, en un momento dado, podría ser incompleta o impregnada de puntos de vista personales y negativos, originando con ello la formación de estereotipos equivocados en los nuevos empleados. (En sí, éste es el punto central de la Inducción de que nos habla la Admón. de Recursos Humanos).

Se compondrá básicamente de los siguientes aspectos:

I. Prefacio o Introducción. Incluye una breve Historia de la Empresa, sin demasiadas estadísticas o nombres. Realza su importancia y los pasos trascendentales operados en -- ella, lo cual se encaminará a motivar favorablemente a todo el personal.

Es conveniente explicar lo que contiene el manual: objetivos, planes, políticas, normas, etc. En forma muy diplomática responsabiliza de su uso y cumplimiento a las personas -- que laboran en la factoría.

En cuanto a los nuevos trabajadores, es conveniente - incluir un mensaje del Director General de la empresa, en que- se exponga la filosofía empresarial, lo que se espera de ellos y lo que deben esperar éstos de la misma.

II. Objetivos Generales de la Empresa. Expondrá to - dos los Objetivos Cualitativos y Cuantitativos de la organización. Siempre deben ir delimitados y redactados en forma concreta. Se elaborarán usando el "make the company lovely", es- decir, se tratará de eliminar una exposición fría y aburrida,- por lo cual se trata de interesar al empleado en lo referente- al fin de la asociación.

III. Políticas Generales de la Empresa. Es una explicación de los cursos de acción y estrategias a seguir. Sigue- en forma parecida, los lineamientos del punto anterior.

Los Objetivos y las Políticas Generales en ocasiones- pueden formar Manuales completos y separados, abordando con mayor detalle datos que muchas veces son confidenciales. En tal caso, su acceso estará limitado a los altos niveles directivos y ejecutivos. Este sistema es optativo, y se determina por la discreción requerida en cuanto a la información que contengan; pero jamás deben de faltar exposiciones generales en un Manual de Organización.

IV. Exposición sobre los Grupos Funcionales. En mu - chos casos también forma un Manual del Empleado independiente- de los anteriores.

Contendrá:

a) Introducción en que se determinarán los Departamentos Funcionales de la empresa.

b) Exposición de los Objetivos Específicos de cada departamento, así como de sus Políticas particulares.

c) Organigrama y Cédula Explicativa.

d) Definición de puestos o Grupos de Trabajo.

e) Descripción de los anteriores. Se delimita la autoridad funcional formal, así como las responsabilidades y deberes formales. Al igual se establece la especificación y requisitos de cada puesto y por último, se detalla la Agenda de Labores.

f) Diagramas de Flujo y Distribución de Cargas de Trabajo.

g) Cita de los Manuales Auxiliares, que pueden ser el Catálogo de Clientes, la Bitácora de Procedimientos, etc.

f) Se detallan los estándares de actuación por departamentos, por puestos y de la empresa en general.

g) Normas Generales y Particulares de Conducta, como pueden ser las contenidas en el Reglamento Interior de Trabajo.

h) Derechos y Prestaciones: Incluye los escalafones, ascensos y aumentos de salario, jubilaciones, vacaciones, reparto de utilidades, etc.

PERIODICOS MURALES. Se componen de artículos elaborados por todos los miembros de la empresa, incluyendo ilustraciones y fotografías referentes al tema. Se colocarán en los lugares más frecuentados por el personal.

Su contenido se puede relacionar con situaciones permanentes de la empresa, o bien con las relacionadas con un determinado factor que prive en forma general: Disposiciones extraordinarias, acontecimientos especiales, etc.

Sus principales objetivos son:

1. Poner alto a los rumores, corrigiendo cualquier información equivocada que entorpezca las operaciones de la empresa.

2. Ayudar a disminuir quejas y agravios o síntomas de descontento, pudiéndose desbaratar una huelga o protesta en desarrollo.

3. Pueden ayudar a reducir los costos de la producción presentando de "bulto" tal necesidad. Se motiva al desarrollo

y la autosuperación entre los trabajadores, encaminado todo ello al progreso general de la empresa. Así, se dan indicaciones de cómo se podrán evitar desperdicios o gastos superfluos.

4. Sirven para aumentar la producción, a través del mejoramiento de la moral de empleo, implicando el orgullo o la satisfacción que cada trabajador debe tener de su empleo, de su producción y de la empresa a que pertenece. Puede ayudar en esta forma a la baja de la deserción del trabajo, a favorecer hábitos de seguridad, etc.

En general, se pueden incluir planes para ampliación de construcciones, información comercail, proyectos para promoción de ventas, menús de restaurante, comunicaciones de los clubes deportivos y culturales de la empresa, novedades, excursiones y reuniones sociales, cursos de perfeccionamiento, carteles educativos, anuncios sobre festividades y vacaciones, anuncios sobre objetos perdidios, fotografías de la vida diaria de la empresa, etc.

No es aconsejable que el tablero de avisos sea utilizado directamente para órdenes de la dirección de la empresa o de los jefes departamentales, sino que éstos deberán de canalizarse por medio del Depto. de Personal, que los clasificará y depurará.

Como se puede ver, es un medio mixtificado de formalidad e informalidad que en forma agradable sirve para comunicación relativamente trivial hacia los empleados. Siempre deberá de tratar de unificar y aumentar la comprensión de todos los niveles de la organización.

BOLETIN INFORMATIVO. Es un medio de comunicación que tiene por objeto dar a conocer un hecho de interés de una manera breve yoportuna. Crea un foco que irradie a toda la empresa, llevando la información de noticias y novedades, que mediante un discreto planteamiento creará en el trabajador un adecuado "enfoque empresarial".

Ha de ocuparse de proyectos de mejoras y otras formas de perfeccionar la colaboración, convirtiéndose también en un órgano programador de la reducción de costos, de la racionalización y aumento de la productividad, etc., que beneficien tanto a la dirección como al sector operativo.

Su formato se compondrá:

1. De acontecimientos noticiosos de interés general.
2. De artículos muy breves sobre procedimientos.
3. Pensamientos e Ideas culturales y técnicos.

Se debe tener un redactor especial, que esté al co -- rriente de los sucesos noticiosos, quien de ser posible, será- escogido del mismo personal.

Este es un magnífico complemento del contacto perso - nal entre la dirección y los trabajadores.

REVISTA INTERNA: Es un órgano informativo que comenta los hechos y las actividades de la empresa en forma amena y -- oportuna, teniendo como finalidad estrechar los lazos entre -- los miembros de su comunidad.

Contenido:

1. Mensaje Editorial. Que es un comentario al aspecto más importante del número de la revista.
2. Artículos de interés general.
3. Artículos culturales o especializados.
4. Sección de integración (entrevistas a empleados, - sus familiares, personajes importantes, etc.)
5. Sociales (Del medio laboral y sus familias)
6. Actividades de la empresa.
7. Sección Deportiva.
8. Pasatiempos y Concursos, etc.

Según Schoenfeld, las características de una publicación interna eficaz son:

1. Informar a los empleados de las políticas, prácticas, reglamentos, objetivos, planes, problemas y éxitos o fracasos de la empresa.
2. Dar al personal un entendimiento del trabajo y - - producción que realiza, haciéndole comprender el porqué de las exigencias en la calidad, conducta, etc.
3. Dar información respecto a las áreas sociales, económicas y políticas que afecten el trabajo del personal.

Carlos Ortiz Gil nos indica que:

1. Quien la escribe debe pensar siempre en lo que interesa al personal y averiguarlo.
2. Publicar cosas que hagan al trabajador que se sien

ta como en su casa, inclusive intimidades hogareñas.

3. Que el escritor sea sincero y humano en lo que escribe.

4. Que oriente al lector, sin tratar de adoctrinarlo.

Mucha gente gusta de leer las conmemoraciones publicadas por aniversario de servicios en la empresa de algún trabajador. Es conveniente publicar detalles relacionados con la vida y desenvolvimiento personar de esas personas.

De bastante interés son para la generalidad, noticias sobre la actuación de una trabajadora social de la empresa, la toma de posesión de viviendas u otras prestaciones de los trabajadores.

El lector externo siempre tiene preferencia a las informaciones sobre políticas de negocios y desenvolvimiento general de la empresa.

EL CARTEL: Es la forma más simple de comunicación interna escrita. Su uso puede ser muy variado, pues advierte peligros, recuerda deberes o prohibiciones, etc.

Al elaborar un cartel, debe analizarse lo que comunicará, reduciéndose al punto mínimo de palabras: máxima brevedad.

Debe de ser:

1. Breve: rapidez de lectura y enfoque visual.

2. Sencillo: de fácil entendimiento.

3. Compacto: de pequeño tamaño (que el ojo humano lovea de un solo golpe).

4. Claro: Que tenga rapidez para la captación de su significado.

Muy importante es su colocación, que deberá de ser en los lugares apropiados, más frecuentados y visibles, estando a la altura de los ojos, a fin de evitar esfuerzos al leerlo, obien, el que sea ignorado.

EL FOLLETO: Es de uso muy variado y aconsejable en aquellos casos en que no se encuentra un canal determinado para resolver los problemas de comunicación.

Muy importante es el hecho de que lleve grabados alusivos, ya que ésta es una comunicación ágil por excelencia.

Nunca podrá ser mayor de 12 páginas, con grandes ti -

pos de imprenta, de modo que se pueda leer en un tiempo máximo de 5 minutos.

Sus características son:

Lectura rápida; de posible uso para referencias futuras, que dé una imagen de la empresa; que llame la atención; - que sea manuable y al mismo tiempo explicativo; que sea de circulación fluida a fin de que se transmita su mensaje y efecto.

El folleto es una mixtificación entre el boletín, circular y revista, útil tanto para información interna de la empresa, como para el sector externo enfocado a la comercialización de productos de la misma.

Este trabajo se basó principalmente en la cátedra impartida por el Profr. CLAUDIO ENRIQUE TROULIN E., complementándose en las siguientes obras:

ORTIZ Gil, Carlos. "La Comunicación". Edit. Herrero Hnos. México 1965.

NEWCOMB, Robert y SAMMONS, Margarita. "La Comunicación con los Empleados en Actuación". Edit. Herrero-Hnos. México 1961.

DUHALT, Krauss, Miguel F. "Técnicas de Comunicación-Administrativa". U. N. A. M. 1971.

Investigación y puntos de vista ¡¡ preparados por el-alumno:

BELMARES SANCHEZ JAVIER
Cta. 6708645 Gpo. 716.

México D. F., Diciembre de 1971.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SOP

ANALISIS DE COSTOS

ING. ENRIQUE TOSCANO LATZ

-COSTO-

ACEPCIONES GENERALES:

1ª

$$\text{COSTO} = \sum \left\{ \begin{array}{l} \text{RECURSOS Y} \\ \text{ESFUERZOS} \end{array} \right\} \text{PARA PRODUCIR ALGO}$$

2ª

$$\text{COSTO} = \left\{ \begin{array}{l} \text{SACRIFICIO O} \\ \text{DESPLAZAMIENTO} \end{array} \right\} \text{DE UNA COSA POR OTRA}$$

1ª	2ª
COSTOS DE PRODUCCION	COSTOS DE SUSTITUCION
SEMIDEN: [$]	[ESFUERZOS, SACRIFICIOS, ESPERAS]

COSTO FIJO
COSTO VARIABLE
COSTO HISTORICO
COSTO REAL
COSTO ESTANDAR

COSTO DIRECTO
COSTO INDIRECTO

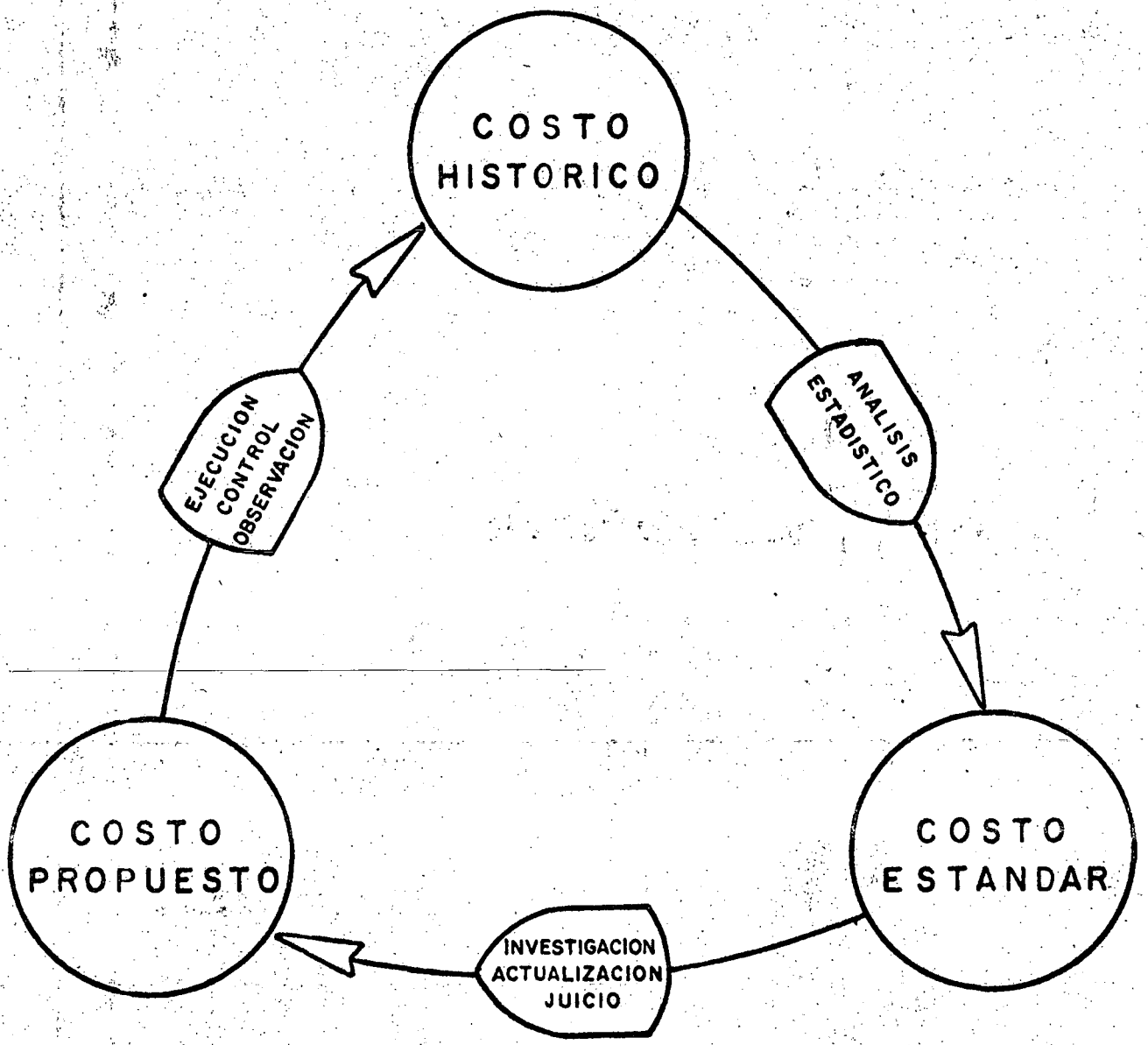
COSTO TIPO
COSTO BASE
COSTO MEDIO
COSTO AJUSTADO

COSTO DE DESPLAZAMIENTO

COSTO DE OPORTUNIDAD

COSTO MARGINAL

E.T.L.



CICLO DEL COSTO

E.T.L.

CARGO POR EQUIPO DE SEGURIDAD

VALUACION PARA LA CATEGORIA DE PEON (EJEMPLO)

CATEGORIA	SALARIO TURNO	EQUIPO DE SEGURIDAD			
		TIPO	COSTO	DURACION	CARGO
PEON	$ 55.00	CASCO	$ 80.00	297	$ 0.27
		GUANTES	$ 25.00	75	$ 0.33
		BOTAS HULE	$ 90.00	149	$ 0.60
		IMPERMEABLE	$120.00	297	$ 0.40
SUMAS	$ 55.00				$ 1.60

Factor por Reparaciones (No se considera por ser equipo que no acepta reparación)

Factor por Pérdidas 1.10 (Variable de acuerdo con el tipo de la obra y la ubicación de la misma)

CARGO POR EQUIPO DE SEGURIDAD $ 1.60 x 1.10 = $ 1.76

APLICACION DEL CARGO:

Este cargo se valúa para cada categoria y condición de trabajo, y se tomará en cuenta adicionandolo al salario por turno del trabajador, sin que participe de otros cargos adicionales tales como los de herramienta. El cargo se tomará en cuenta, siempre y cuando REALMENTE se le proporcione al trabajador el equipo de seguridad.

E.T.L.

CARGO POR HERRAMIENTA

VALUACION PARA UNA CUADRILLA DE TERRACERIAS (EJEMPLO)

PERSONAL CUADRILLA				H E R R A M I E N T A					
CATEGORIA	No.	SALARIO $	TOTAL $	T I P O	CANTIDAD	COSTO-UNIT.- $	COSTO TOTAL	DURACION (TURNOS)	CARGO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CABO	1	70.00	70.00	PICOS	10	30.00	300.00	297	1.01
PEONES	10	55.00	550.00	PALAS	10	30.00	300.00	297	1.01
AGUADOR	0.5	55.00	27.50	BARRETAS	4	50.00	200.00	891	0.22
TLACUALERO	0.2	55.00	11.00	MARROS	4	35.00	140.00	297	0.47
				CUÑAS	4	10.00	40.00	594	0.07
				BOTES	5	10.00	50.00	50	1.00
				CARRETILLAS	5	250.00	1,250.00	223	5.61
S U M A S			658.50						9.39

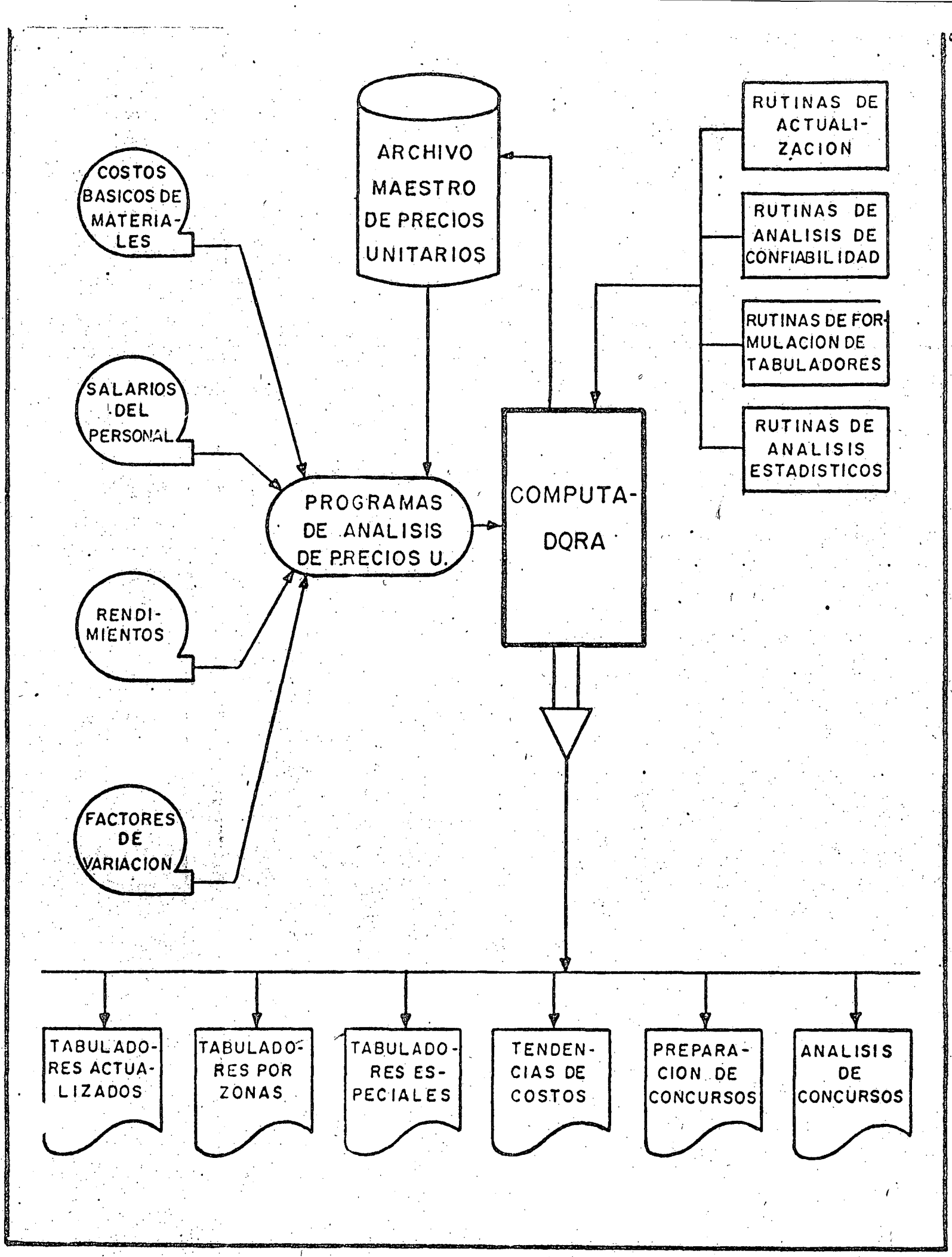
Factor por Reparaciones 1.25 (Variable de acuerdo con el tipo de herramienta)

Factor por Pérdidas 1.10 (Variable de acuerdo con el tipo de la herramienta y de la obra)

Factores adicionales: (Se considerarán, en su caso, por tipo de material y condiciones especiales de la obra)

$$\text{CARGO POR HERRAMIENTA} = \frac{\$9.39 \times 1.25 \times 1.10}{\$658.50} \times 100 = 1.96\% \text{ SOBRE COSTO DE LA MANO DE OBRA.}$$

E. T. L.


ARCHIVO MAESTRO DE PRECIOS UNITARIOS
COSTOS BASICOS DE MATERIALES
SALARIOS DEL PERSONAL
RENDIMIENTOS
FACTORES DE VARIACION
PROGRAMAS DE ANALISIS DE PRECIOS U.
COMPUTADORA
RUTINAS DE ACTUALIZACION
RUTINAS DE ANALISIS DE CONFIABILIDAD
RUTINAS DE FORMULACION DE TABULADORES
RUTINAS DE ANALISIS ESTADISTICOS
TABULADORES ACTUALIZADOS
TABULADORES POR ZONAS
TABULADORES ESPECIALES
TENDENCIAS DE COSTOS
PREPARACION DE CONCURSOS
ANALISIS DE CONCURSOS

MOVIMIENTO DE TIERRAS

PARTE	OPERACION	MAQUINARIA USUAL
DESMONTE	ROZA DESYERBE TALA EXTRACCION TOCONES DESENRAICE ESCOGIDO DISPOSICION QUEMA	TRACTORES CON EQUIPOS ESPECIALES; CARGADOR FRONTAL CON CUCHARON ESPECIAL MOTOCONFORMADORAS DESVARADORAS SIERRAS MECANICAS PORTATILES QUEMADORES
DESPALME	EXTRACCION CARGA ACARREO DISPOSICION	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA "DOZZERS" CARGADOR FRONTAL MOTOCONFORMADORA EXCAVADORAS CONVERTIBLES, CAMIONES
EXCAVACION.	AFLOJE EXTRACCION	COMPRESORES, EQUIPO DE BARRENACION, TRACTORES CON ARADO "RIPPER" Y HOJA EMPUJADORA; CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORAS - CONVERTIBLES
CARGA		CARGADOR FRONTAL EXCAVADORAS CONVERTIBLES TRANSPORTADORES DE BANDA ó CANJILONES
TRANSPORTE		TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA CARGADOR FRONTAL; TRANSPORTADORES DE BANDA, EXCAVADORAS CONVERTIBLES, CAMIONES.
TENDIDO		TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA MOTOCONFORMADORAS COMPACTADORES AUTOPROPULSADOS CON HOJA - EMPUJADORA
COMPACTACION.	INCORPORACION AGUA HOMOGEINIZACION DENSIFICADO	APLANADORAS TANDEM Y DE TRES RUEDAS RODILLOS AUTOPROPULSADOS ó JALADOS, ESTATICOS - ó VIBRATORIOS. PLACAS VIBRATORIAS COMPACTADORES MANUALES PIPAS Y TANQUES REGADORES, (EQUIPO DE TERRACERIAS)
AFINE	PRECORTE RECORTE RENIVELACION	COMPRESORES, EQUIPO DE BARRENACION TRACTOR CON HOJA EMPUJADORA CARGADOR FRONTAL CON CUCHARON ESPECIAL. MOTOCONFORMADORA

ESCREPAS Y MOTOESCREPAS

E.T.L.

PRODUCCION DE AGREGADOS

PARTE		OPERACION	MAQUINARIA USUAL
OBTENCION	DE BANCO DESMONTE DESPALME EXCAVACION	(MISMAS QUE PARA TERRACERIAS) (1)	(MISMAS QUE PARA TERRACERIAS)
	DE PEPENA	SELECCION RECOLECCION APILADO	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA Y HOJA ESPECIAL, (MANO DE OBRA), CARGADOR FRONTAL.
	DE DESPERDICIO	CARGA (2)	
C A R G A			CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORA CONVERTIBLE
T R A N S P O R T E			VEHICULOS DE Y FUERA DE CARRETERA
TRATAMIENTO	DISGREGADO	TENDIDO RODILLADO DESPIEDRE ACAMELLONADO	TRACTOR CON HOJA EMPUJADORA. RODILLO DE REJAS; RODILLO LISO (MANO DE OBRA), CRIBAS SIMPLES, CRIBAS VIBRATORIAS MOTOCONFORMADORA
	LAVADO	ALIMENTACION LIMPIEZA SEPARACION ELIMINACION DESP.	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE BANDA LAVADORA VIBRATORIA, ESTATICA. CIRIBAS VIBRATORIAS TRANSPORTADOR DE GUSANO; BOMBA DE LODOS (MANO DE OBRA).
	CRIBADO	ALIMENTACION SEPARACION DISTRIBUCION	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE BANDA, DE CADENA CRIBAS SIMPLES, CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES.
	TRITURACION PARCIAL	ALIMENTACION FRAGMENTACION SEPARACION (3) DISTRIBUCION (3)	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE CADENA. QUEBRADORAS DE: QUIJADAS, DE CONOS, DE MARTILLOS; GRANULADORAS; MOLINOS DE RODILLOS. CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS. TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES.
	TRITURACION TOTAL	ALIMENTACION PRE-CRIBADO FRAGMENTACION SEPARACION DISTRIBUCION	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE CADENA. REJAS VIBRATORIAS, ESTATICAS. QUEBRADORAS DE: QUIJADAS, DE CONOS, DE MARTILLOS; GRANULADORAS; MOLINOS DE RODILLOS. CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS. TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES.
C A R G A			CARGADOR FRONTAL, TRANSPORTADORES, EXCAVADORA CONVERTIBLE.
T R A N S P O R T E			VEHICULOS DE Y DE FUERA DE CARRETERA, TRANSPORTADORES.
ALMACENAJE	EN PATIOS	SELECCION DESCARGA APILADO	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA, MOTOCONFORMADORAS, CARGADOR FRONTAL, TRANSPORTADORES DE BANDA.
	EN TOLVAS	SELECCION DESCARGA ELEVACION DISTRIBUCION	TRANSPORTADORES DE CANJILONES, DE BANDA; CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORA CONVERTIBLE (TRACTOR CON HOJA EMP., MOTOCONFORMADORA)

RELACION DE LA INFORMACION NECESARIA PARA LA ELABORACION DE PRECIOS UNITARIOS ESPECIALES

1.- EXCAVACION EN CORTE, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

a) Cuando se desperdicie.

Ubicación de los cortes.
Volumen por ejecutar.
Desmonte tipo y densidad.
Material: Clasificación.
Peso volumétrico en corte.
Peso volumétrico suelto.
Peso volumétrico máximo.

b) Cuando se formen terraplenes, adicionalmente a lo anterior:

Humedad óptima y de campo.
Grado de compactación ordenado.
Ubicación de los bancos de agua.
Maquinaria utilizada y sus rendimientos.

2.- TERRAPLENES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

Ubicación del banco con su desviación correspondiente y ubicación del terraplén por construir.
Volumen total de obra.
Desmonte: Tipo de vegetación y densidad.
Despalme clasificación y espesor.
Porcentaje de desperdicio en banco.
Material aprovechable: clasificación y espesor de la capa útil.
Grado de compactación ordenado.
Humedad óptima del material.
Humedad de campo.
Ubicación del banco de agua.
Peso volumétrico en banco.
Peso volúmétrico suelto.
Peso volumétrico máximo.
Maquinaria utilizada en extracción, en tendido y en compactación y sus rendimientos.

#2...

3.- SUB-BASES Y BASES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

Ubicación del banco con su desviación correspondiente.
Ubicación de la sub-base ó base por construir.
Volumen total de obra.
Desmonte: Tipo de vegetación y densidad.
Despalme: espesor y clasificación.
Material aprovechable: clasificación y espesor de la capa útil.
Grado de compactación ordenado.
Humedad óptima del material.
Humedad de campo.
Ubicación del banco de agua.
Peso volumétrico en banco.
Peso volumétrico suelto.
Peso volumétrico máximo.
Desperdicio en banco y su acarreo si lo hubo.
Maquinaria utilizada y sus rendimientos.

Tratamiento del material:

a) Eliminación a mano del desperdicio en camino:

Personal empleado, jornales y rendimiento.
Porcentaje del desperdicio.

b) Cribado:

Marca y modelo de la criba.
Mallas por las que se cribe.
Porcentaje de desperdicio.
Volumen total por cribar.
Rendimiento.
Acarreos locales: distancias del banco a la criba, de la criba al 1er. almacenamiento, del 1er. almacenamiento al 2o. si lo hay.
Distancia del acarreo del desperdicio si lo hay.

c) Triturado parcial:

Marca y modelo de la quebradora.

Porcentaje del material que se tritura.
Volumen total.
Rendimiento.
Tamaño máximo de trituración.
Acarreos locales: distancia del banco a la quebradora, de la quebradora al primer almacenamiento y de éste al segundo almacenamiento si lo hay.

d) Triturado total:

Los mismos datos que el caso del material de triturado parcial, menos el porcentaje.

4.- REMOCION DE TERRAPLENES Y/O DERRUMBES.

Volumen total de obra.
Clasificación del material por remover.
Acarreo medio total del material producto de la remoción.
Utilización que tuvo dicho material.
Máquinas empleadas y sus rendimientos.

En caso de que se utilice para formación de terraplenes, dar adicionalmente los datos que correspondan del punto 2.

5.- RECOMPACTACIONES.

Volumen total de obra.
Ubicación tramo por recompactar.
Grado de compactación ordenado.
Procedimiento empleado.
Máquinas empleadas y sus rendimientos.
Peso volumétrico máximo.
Humedad óptima y de campo.
Ubicación del banco de agua.

6.- EXCAVACIONES PARA CANALES Y CONTRACUNETAS.

Volumen total de obra.
Clasificación media.
Distancia media de sobreacarreo del material excavado.

Aclarar si el trabajo se ejecuta a mano o con máquina; - si es en seco o en agua.
Máquinas empleadas, en su caso, y sus rendimientos.

7.- CARPETA ASFALTICA.

Volumen total por ejecutar.
Desmonte: tipo de vegetación y densidad.
Despalme: espesor y clasificación.
Material aprovechable: clasificación y espesor capa útil.
Desperdicio en banco, porcentaje.

Tratamiento:

Cribado, triturado parcial y/o triturado total, dar los - mismos datos que para los puntos c), d) y e) de las ----- sub-bases y además:

Peso volumétrico en banco.
Peso volumétrico suelto del material pétreo ya tratado.
Peso volumétrico compacto de la mezcla.
Máquinas empleadas en la mezcla y sus rendimientos.

8.- ASFALTOS.

Volumen total de obra.
Ubicación del tramo y centro de gravedad del mismo.
Tipo de producto asfáltico.
Lugar de adquisición.
Tipo de transporte (autotanque o ferrocarril).
En caso de elegir autotanque, aclarar por qué se escogió.
Ubicación del depósito y tipo de este (fosa o tanque metálico), aclarar quién es el dueño.
Capacidad del depósito.
Equipo de calentamiento y de bombeo, si los hay.

9.- ADICIONANTE PARA PRODUCTOS ASFALTICOS.

Volumen de adicionante por litro y total por emplear.
Tipo del adicionante.
Tramos en que se va a emplear.
Ubicación del almacén del Contratista, donde se almacene- el adicionante.

10.- ZAMPEADOS Y MAMPOSTERIAS.

Indicar el concepto y el tipo de la estructura en que se usará: muros de cabeza, pilas, conos de derrame, etc. etc.
Volumen de obra.
Ubicación del tramo.
Tipo del banco de piedra: pepena, explotado y/o desperdicio.
Ubicación de los bancos de piedra, arena y agua.
Características de los caminos de acarreo.
Rendimientos y salarios.
Lugares de adquisición y precios en caso de compras de materiales.

11.- ALCANTARILLADO. (Bóveda, de losas, etc.)

Proyectos en caso de que los hubiere.
Volumen de obra por ejecutar.
Tramo en que estan ubicadas las obras.
Localización de los bancos de agregados y sus tratamientos.
Localización de bancos de agua.
Resistencia de los concretos y concepto a que corresponden (losa, coronas, etc.)
En caso de tubería metálica, diámetro y calibre.
Personal y máquinas empleados, jornales y rendimientos.
Lugares de adquisición y precio en caso de compras de materiales.

NOTA: Al proporcionar los datos de pesos volumétricos, humedades, desperdicio en el camino, por ciento de trituración, y para Materiales No. 3 por ciento de desperdicio, deberá adjuntarse la hoja de ensaye de Laboratorio correspondiente.

ETL/eac.

(COPIA DEL ORIGINAL)

SUBSECRETARIA.
ASESOR TECNICO.
110.-1155

C I R C U L A R

CC. DIRECTORES GENERALES DE:
Construcción de Carreteras Federales,
Conservación de Carreteras Federales,
Carreteras en Cooperación,
Construcción de Vías Férreas,
Edificios, y
Aeropuertos.
P r e s e n t e .

En relación con el estudio de precios unitarios para aquellos conceptos de trabajo que no figuren en los tabuladores de esta Secretaría o en las formas E-9 de los diversos Concursos organizados por la misma y con respecto a los costos indirectos involucrados,- ruego a usted se sirva tomar nota del criterio con el que deben determinarse estos últimos:

I.- En el caso de Contratos otorgados con precios de tabulador y para el cálculo de aquellos precios de conceptos de trabajo no incluídos en los mismos, los coeficientes de - gastos indirectos serán como sigue:

C O N C E P T O	PARTES SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA			
	Terracerías, Revestimiento y materiales- que se almacenen.	Obras de drenaje y Trabajos Diversos.	Estructuras y Puentes	Sub-Bases, bases y carpetas de pavimentación
Mano de obra.....	42%	42%	42%	42%
Adquisición de Materiales.....	20%	20%	20%	20%
Maquinaria y Equipo	34%	34%	42%	42%
Fletes con Medios - Propios.....	34%	42%	42%	42%
Fletes utilizando a Empresas establecidas.....	20%	20%	20%	20%

Notas:- 1) Para todos los conceptos de los trabajos por administración que se ordenen a los contratistas, incluyendo los que se liquidan por hora-máquina (con informes de la residencia) se aplicará como coeficiente de indirectos el 20%.

2) En todos los casos los coeficientes anotados incluyen el -- 0.5% de Obra material de beneficio regional.

II.- Cuando los Contratos fueran otorgados por Concurso, los coeficientes de indirectos, utilidad y Obra material de beneficio - regional que se utilicen para el cálculo de precios por conceptos no previstos en el Pliego de Requisitos, serán los que figuran en la proposición presentada por el propio contratista - en el Concurso.

III.- Si la Secretaría solicitó, para conceptos no considerados, estimación para determinar el costo directo de conceptos especializados, tales como materiales y su colocación, equipo y su colocación, etc., el coeficiente de indirectos que debe usarse - es de 18% incluyendo en dicha cifra el 0.5% de Obra material - de beneficio regional. El valor anterior corresponde tanto a - precios unitarios por estudiar en el caso de conceptos no considerados en un Concurso como para la contratación directa por tabulador.

IV.- Cuando para obras a cargo de la Dirección General de Edificios se estudien precios unitarios por conceptos de trabajo no incluidos en los tabuladores, los coeficientes de indirectos serían:

Tipo de Obra	Ubicación	Coeficiente
Construcción de Edificios.....	Zona Urbana.	25%
	Zona Rural	27%
Reparación de Edificios.....	Zona Urbana	28%
	Zona Rural	33%

V.- Para Contratos otorgados por adjudicación directa con precios no previstos en los casos anteriores, los coeficientes de indirectos y utilidad deberán ser previamente consultados con el suscrito.

La presente Circular deroga los oficios y circulares citados a continuación:

Oficio 110.-1764 de 7 de dic. de 1960 al C. Director General de Edificios.
Circular 110.-1010 de 30 de junio de 1961.
Circular 110.-071 de 20 de enero de 1964.

EL SUBSECRETARIO

Ing. Rodolfo Félix Valdés.

CALCULO DE LOS FACTORES PARA OBTENER EL SALARIO REAL

I.- INCREMENTO CONSECUENTE CON LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO.

NUMERO DE DIAS NO LABORABLES AL AÑO:

DOMINGOS	52	DIAS
DIAS FERIADOS	7	"
VACACIONES	6	"
POR ENFERMEDAD	3	"
	68	DIAS

POR LO TANTO: DIAS LABORABLES: 365 - 68 = 297 DIAS LABORABLES

NUMERO DE DIAS QUE SE PAGAN:

EL AÑO:	365	DIAS
AGUINALDOS	15	"
PRIMA POR VACACIONES	1.5	"
	381.5	DIAS

COEFICIENTE DE INCREMENTO POR LEY FEDERAL DEL TRABAJO

$$\frac{381.5}{297} = 1.2845$$

II.- INCREMENTO CONSECUENTE CON EL SEGURO SOCIAL (CLASE V)

DIAS QUE SE PAGAN AL AÑO CON CARGO AL SEGURO 365 DIAS

DIAS LABORABLES EN UN AÑO: 297 DIAS

$$\text{FACTOR} = \frac{365 \text{ DIAS}}{297 \text{ DIAS}} = 1.2260$$

EL SEGURO SOCIAL FIJA LOS PORCENTAJES A ESTE FACTOR, DE ---- 19,6875% PARA SALARIOS MINIMOS Y DE 15.9375% PARA SALARIOS MAYORES AL MINIMO.

DE DONDE: 122,60 x 19.6875% = 24.14 PARA MIN.
122,60 x 15.9375% = 19.54 PARA MAY. Q/MIN.

AHORA, SI NUESTRO SALARIO BASE ES IGUAL A 100.00

CONCEPTO	MINIMO	MAY.Q/MIN.
SALARIO BASE	100.00	100.00
INCREMENTO: LEY FEDERAL	28.45	28.45
INCREMENTO S. S.	24.14	19.54
SUMA TOTAL	152.59	147.99
FACTORES	1.53	1.48

FACTOR DE CORRECCION A LA POTENCIA DE MOTORES DE COMBOSTION INTERNA DE CUATRO TIEMPOS, DE ACUERDO CON LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL -- MAR Y LA TEMPERATURA DEL LUGAR DE OPERACION.

ALTURA - SOBRE EL NIVEL -- DEL MAR.	TEMPERATURA EN GRADOS C.							
	-30	-20	-10	0	+15	+30	+40	+50
0	1.10	1.07	1.05	1.03	1.00	0.97	0.96	0.94
600	1.02	0.99	0.98	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88
800	1.00	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86
1,000	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84
1,200	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.82
1,400	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.80
1,600	0.90	0.88	0.87	0.85	0.83	0.80	0.79	0.78
1,800	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.79	0.77	0.76
2,000	0.85	0.84	0.82	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74
2,200	0.84	0.82	0.80	0.79	0.77	0.75	0.74	0.72
2,600	0.80	0.78	0.77	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69
3,000	0.76	0.74	0.73	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66

REGLAS PRACTICAS

1.- MOTORES DE 4 TIEMPOS CON ASPIRACION NATURAL.

De 0 a 300 m. no se considera pérdida de potencia, reducir los valores del Rimpull en 1% por cada 100 metros arriba de 300.

2.- MOTORES DE 2 TIEMPOS CON ASPIRACION NATURAL.

Reducir los valores del Rimpull en 0.5% por cada 100 metros hasta -- los 2,000 metros, después de los 2,000 metros reducir 1% por cada - 100 metros.

COEFICIENTES DE TRACCION		
CARACTERISTICAS DE SUPERFICIE RODAMIENTO	TIPO SISTEMA RODAMIENT	
	NEUMATICOS	ORUGAS
PISTA DE CONCRETO	0.80 - 1.00	0.45
TIERRA ARCILLOSA SECA	0.50 - 0.70	0.90
TIERRA ARCILLOSA HUMEDA	0.40 - 0.50	0.70
ARENA SUELTA SECA	0.20 - 0.35	0.30
GRAVA DE CANTERA	0.60 - 0.70	0.40
TIERRA SUELTA	0.30 - 0.40	0.60
TIERRA COMPACTA	0.50 - 0.60	0.90
NIEVE DURA	0.20	0.15 - 0.35
HIELO	0.10	0.10 - 0.25
TERRENO PANTANOSO	0.15	0.10 - 0.20

RESIST. PROM. AL RODAM. EXP. EN % DEL PESO TOTAL DE MAQUINA				
CARACTERISTICAS DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO	RUEDAS DE ACERO PLANAS DOTADAS DE CHUMACERAS ANTIFRICCION.	TRANSITOS DE ORUGAS (1)	LLANTAS NEUMATICAS CON CHUMACERAS ANTIFRICCION	
			DE ALTA PRESION	DE BA. PRESION
PISTA DE CONCRETO	2	2.75	1.75	2.25
PISTA DE ASFALTO - BIEN CONSERVADA	2.5 - 3.5	3.0 - 3.5	2.0 - 3.25	2.5 - 3.0
TIERRA BIEN COMPACTADA Y CONSERVADA	5.5	3.4	2.0 - 3.5	2.5 - 3.5
TIERRA MAL CONSERVADA CON BACHES	5.0 - 7.5	4.0 - 5.5	5.7 - 7.0	3.5 - 5.0
TIERRA MAL CONSERVADA CON BACHES, LODOSA	10.0 - 12.5	7.9	8.0 -11.0	7.5 - 10.0
GRAVA Y ARENA SUELTA	14.0 - 16.0	8.0 - 10.0	13.0 -14.5	11.0 - 13.0
LODOSA, BLANDA CON BACHES	17.5 - 20.0	12.0 - 15.0	15.0 -20.0	14.0 - 17.0

NOTAS:

(1) Cuando se utilicen los datos de Rimpull proporcionados en los catálogos de las máquinas, por los fabricantes, deberá tenerse en cuenta que esos valores consideran descontada ya, una resistencia al rodamiento de 5.5%, según convenio de la Universidad de Nebraska.

TRACTORES CLASIFICADOS POR POTENCIA Y MARCAS. (1)										
POTENCIA DEL MOTOR (H.P.)	CASAS FABRICANTES Y SUS MODELOS									
	ALLIS-CHALMERS (ITD)	ALLIS-CHALMERS (CMD)	J.I. CASE	CATER-PILLAR	JOHN-DEERE	KOMATSU	MASSEY-FERGUSON	TEREX	INTERNATIONAL HARVESTER (FED)	INTERNATIONAL HARVESTER (CED)
42	HD-3				JD-350				500C-GD	
43										
44			350	D4D-DD			MF-2244			
44				D4D-PS					500C-PS	
47.9	H-3									
50									T-7C-GD	
50									TD-7C-GD	
56									T-7C-PS	
56									TD-7C-PS	
57			450		JD-450					
59	HD-4									
59	650									
63									TD-8C-GD	
65							MF-300			
66										TD-9B-GD
69		HD-68								
69		HD-GE							TD-8C-PS	
74										
75										TD-9B-PS
76							3366			
90				D4-SA						
93				D5-DD						
93				D5-PS						
105			1150							
120				D5-SA						
121		HD-11E								
125				DGC-DD		D60A-3				TD-15B-GD

TRACTORES CLASIFICADOS POR POTENCIA Y MARCAS. (2)

POTENCIA DEL MOTOR (H.P.)	CASAS FABRICANTES Y SUS MODELOS									
	ALLIS-CHALMERS (JTD)	ALLIS-CHALMERS (CMD)	J.I.CASE	CATER-PILLAR	JOHN-DEERE	KOMATSU	MASSEY-FERGUSON	TEREX	INTERNATIONAL HARVESTER (FED)	INTERNATIONAL HARVESTER (CED)
125				D6C-PS						TD-15B-PS
136							MF-500			
137		HD-11EP								
140						D60P-3				
140						D60P-3				
170		HD-16B-DD								TD-20C-PS
180				D7-DD						
180				D7-PS		D85A-12				
195										
225								82-30		
225								82-30T		
230										TD-25B-GD
230										TD-25B-PS
250						D125A-18				
268		HD-21B								
270				D8-DD						
270				D8-PS						
275								82-40		
280										
285										TD-25C-GD
285										TD-25C-PS
290								82-40T		
385				D9-PS						
440								82-40T		
524		HD-41								
770				DD9-G						

ESCREPAS Y MOTOESCREPAS

TIEMPOS DE CARGA EN MINUTOS

CONDICIONES DEL TRABAJO	TIPO DE LA ESCREPA						
	Sola jalada Carga-c/Empujador.	3 Ejes Carga-c/Empujador.	Propulsión en todas las Ruedas		Tandem		Con Elevador. (Autocargable).
			Carga-con Empujador.	Carga Sola	Carga con Empujador.	Carga Sola	
BUENAS	0.6	0.8	0.5	0.8	0.8	1.0	0.8
REGULARES	0.8	1.0	0.7	1.3	1.0	1.5	1.0
MALAS	1.2	1.5	1.1	1.8	1.3	2.0	1.5

TIEMPOS POR VUELTAS Y DESCARGA EN MINUTOS

CONDICIONES DEL TRABAJO	TIPO DE LA ESCREPA				
	Sola Jalada.	3 Ejes	Propulsión en todas las Ruedas.	Tandem	Con Elevador
BUENAS	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4
REGULARES	0.6	0.7	0.6	1.0	0.5
MALAS	1.3	1.5	1.0	1.6	0.6

TIEMPOS DE ATRASO EN MINUTOS

CONDICIONES DEL TRABAJO	TIPO DE LA ESCREPA					
	Sola Jalada c/Empujador	3 Ejes c/Empujador.	Propulsión en todas las Ruedas.		Tandem Empujada o-Sola	Con Elevador - Autocargable.
			c/Empujador.	Sola		
BUENAS	0.4	0.4	0.1	0.1	Despreciable	Despreciable
REGULARES	0.6	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1
MALAS	0.8	0.9	0.5	0.3	0.2	0.2

POTENCIA NECESARIA EN EL CONJUNTO EMPUJADOR

CAPACIDAD Yd^3	TIPO	Rango de Potencia del Empujador --- (H.P.)
7-14	Sola	200 - 300
7-14	Propulsión en todas las ruedas	200 - 300
15-24	Sola	300 - 600
15-24	Propulsión en todas las ruedas	250 - 500
25-32	Sola	650 - 900
25-32	Propulsión en todas las ruedas	600 - 900
33 y más	Sola	800 - 1200
33 y más	Propulsión en todas las ruedas	800 - 1200

DURACION, EN SEGUNDOS, DEL CICLO DE TRABAJO PARA DRAGAS DE ARRASTRE, CON DIFERENTES MATERIALES, ANGULOS DE GIRO Y A PROFUNDIDAD OPTIMA

	M A T E R I A L															
TAMAÑO BALDE.	Arcilla húmeda suelta o margas.				Arena o Grava				Tierra Común				Arcilla dura compacta			
	45°	90°	135°	180°	45°	90°	135°	180°	45°	90°	135°	180°	45°	90°	135°	180°
3/8	16	19	22	25	17	20	24	27	20	24	28	31				
1/2	16	19	22	25	17	20	24	27	20	24	28	31				
3/4	17	20	24	27	18	22	26	29	21	26	30	33	25	30	35	39
1	19	22	26	29	20	24	28	31	23	28	32	35	27	32	37	41
1 1/4	19	23	27	30	20	25	29	32	23	28	33	36	27	32	38	42
1 1/2	21	25	29	32	22	27	31	34	25	30	35	38	29	34	40	44
1 3/4	22	26	30	33	23	28	32	35	26	31	36	39	30	35	41	45
2	23	27	31	35	24	29	33	37	27	32	37	41	31	37	42	47
2 1/2	25	29	34	38	26	31	35	40	29	34	40	44	33	39	45	50
3	27	31	36	40	28	33	37	42	31	36	43	47	35	41	47	52
3 1/2	29	33	38	42	30	35	39	45	33	38	46	50	37	43	49	55
4	32	36	40	43	32	37	42	48	35	40	49	54	39	45	51	58
4 1/2	35	39	44	47	35	40	45	51	37	43	52	48	41	48	53	61
5	38	41	46	50	38	43	48	54	39	46	55	62	43	50	55	65

FACTOR DE CARGA PARA BALDES DE DRAGAS DE ARRASTRE CON DIFERENTES MATERIALES

TIPO DE MATERIAL	CAPACIDAD NOMINAL DEL BALDE (Yd^3)								
	3/4	1	$1^1/2$	2	$2^1/2$	3	$3^1/2$	4	$4^1/2$
Arcilla ligera húmeda	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28
Arena o Grava	0.93	0.94	0.97	1.00	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02
Tierra Común	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
Arcilla Mojada y Pegajosa	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Arcilla dura	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.07	1.07	1.07	1.07
Roca en fragmentos pequeños.	0.80	0.80	0.85	0.85	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95

FACTORES DE CORRECCION POR PROFUNDIDAD DE EXCAVACION Y ANGULO DE GIRO PARA DRAGAS DE ARRASTRE.

PROFUNDIDAD DE EXCAVACION EN % OPTIMA.	ANGULO DE GIRO EN GRADOS							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.18	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

DURACION DEL CICLO PARA PALAS MECANICAS EN SEGUNDOS

TAMAÑO DEL CUCHARON.	EXCAVACION FACIL Marga húmeda, arena-arcillosa suelta				EXCAVACION MEDIA Tierra común en banco				EXCAVACION DURA Arcilla dura en banco, roca bien tronada			
Yd^3	45°	90°	135°	180°	45°	90°	135°	180°	45°	90°	135°	180°
3/8	12	16	19	22	15	19	23	26	19	24	29	33
1/2	12	16	19	22	15	19	23	26	19	24	29	33
3/4	13	17	20	23	16	20	24	27	20	25	30	34
1	14	18	21	25	17	21	25	29	21	26	31	36
$1^1/4$	14	18	21	25	17	21	25	29	21	26	31	36
$1^1/2$	15	19	23	27	18	23	27	31	22	28	33	38
$1^3/4$	16	20	24	28	19	24	28	32	23	39	34	39
2	17	21	25	30	20	25	29	34	24	30	35	41
$2^1/2$	18	22	27	32	21	26	31	36	25	31	37	43

RENDIMIENTOS OPTIMOS DE DRAGAS DE ARRASTRE, CON PLUMA CORTA NORMAL, EXPRESADA EN (Yd^3) PARA MATERIAL MEDIDO EN BANCO.

CAPACIDAD NOMINAL Yd^3	TIPOS DE MATERIALES				
	Arcilla húmeda y suelta o marga.	Arena o Grava	Tierra Común.	Arcilla dura y Compacta.	Arcilla dura pegajosa.
3/8	70	65	55	35	20
1/2	95	90	75	55	30
3/4	130	125	105	90	55
1	160	155	135	110	75
$1^1/4$	195	185	165	135	95
$1^1/2$	220	210	190	160	110
$1^3/4$	245	235	210	180	130
2	265	255	230	195	145
$2^1/2$	305	295	265	230	175
3	350	340	305	270	210
$3^1/2$	390	380	340	305	240
4	465	455	375	340	270
5	540	530	445	410	330
6	610	600	510	475	385

PALAS MECANICAS CARRERA OPTIMA DE EXCAVACION

CLASE DE MATERIAL	CAPACIDAD NOMINAL DEL CUCHARON (Yd^3)								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Materiales sueltos	1.15	1.40	1.61	1.83	1.98	2.13	2.25	2.37	2.55
Arena y Grava	1.15	1.40	1.61	1.83	1.98	2.13	2.25	2.37	2.55
Tierra Común	1.37	1.73	2.06	2.37	2.58	2.80	2.95	3.10	3.40
Arcilla dura y tenaz	1.83	2.13	2.44	2.74	2.97	3.25	3.50	3.70	4.05
Arcilla húmeda pegajosa	1.83	2.13	2.44	2.74	2.97	3.25	3.50	3.70	4.05

FACTORES DE CORRECCION POR CARRERA DE CORTE Y ANGULO DE GIRO.

% DE LA CARRERA OPTIMA	ANGULO DE GIRO EN GRADOS						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

TRANSPORTE CON VEHICULOS DE FUERA DE CARRETERA

FACTORES DE VELOCIDAD PARA TRANSFORMAR LA MAXIMA EN MEDIA

LONGITUD DEL TRAMO EN METROS	SIN VELOCIDAD INICIAL	CON VELOCIDAD DE LLEGADA		
		A NIVEL	PENDIENTE - DESCENDENTE	PENDIENTE - ASCENDENTE.
0 - 75	0 - 0.4	0 - 0.65	0 - 0.67	1.00
76 - 125	0.40 - 0.51	0.65 - 0.70	0.67 - 0.72	
126 - 200	0.51 - 0.56	0.70 - 0.75	0.72 - 0.77	Con velocidad de llegada super. a la máx. alcanzable en el tramo.
201 - 300	0.56 - 0.67	0.75 - 0.81	0.77 - 0.83	
301 - 450	0.67 - 0.75	0.81 - 0.88	0.83 - 0.90	
451 - 600	0.75 - 0.80	0.88 - 0.91	0.90 - 0.93	
601 - 750	0.80 - 0.84	0.91 - 0.93	0.93 - 0.95	
751 - 1000	0.84 - 0.87	0.93 - 0.95	0.95 - 0.97	
1001 ó más	0.87 - 0.94	0.95	0.97	
0 - 75	0 - 0.39	0 - 0.62	0 - 0.64	1.00
76 - 125	0.39 - 0.48	0.62 - 0.67	0.64 - 0.68	
126 - 200	0.48 - 0.54	0.67 - 0.70	0.68 - 0.74	Con velocidad de llegada superior a la máx. alcanzable en el tramo.
201 - 300	0.54 - 0.61	0.70 - 0.75	0.74 - 0.83	
301 - 450	0.61 - 0.68	0.75 - 0.79	0.83 - 0.88	
451 - 600	0.68 - 0.74	0.79 - 0.84	0.88 - 0.91	
601 - 750	0.74 - 0.78	0.84 - 0.87	0.91 - 0.93	
751 - 1000	0.78 - 0.84	0.87 - 0.90	0.93 - 0.95	
1001 ó más	0.84 - 0.92	0.90 - 0.93	0.95 - 0.97	
0 - 75	0 - 0.33	0 - 0.55	0 - 0.56	1.00
76 - 125	0.33 - 0.41	0.55 - 0.58	0.56 - 0.64	
126 - 200	0.41 - 0.46	0.58 - 0.65	0.64 - 0.70	Con velocidad de llegada sup. a la máx. alcanzable en el tramo.
201 - 300	0.46 - 0.53	0.65 - 0.75	0.70 - 0.78	
301 - 450	0.53 - 0.59	0.75 - 0.77	0.78 - 0.84	
451 - 600	0.59 - 0.62	0.77 - 0.83	0.84 - 0.88	
601 - 750	0.62 - 0.65	0.83 - 0.86	0.88 - 0.90	
751 - 1000	0.65 - 0.70	0.86 - 0.90	0.90 - 0.92	
1001 ó más	0.70 - 0.75	0.90 - 0.93	0.92 - 0.95	

NOTA 1.- USESE 1.00 como factor para un tramo, cuando el vehículo al llegar a él tenga velocidad superior a la máxima alcanzable en el mismo y el tramo siguiente no limite su velocidad.

NOTA 2.- Cuando se trate del último tramo de un recorrido, deberá usarse el factor consignado en la columna "Sin Velocidad Inicial", puesto que la unidad se va aporar el final del tramo.

M O T O C O N F O R M A D O R A S

VELOCIDADES DE TRANSITO TRABAJANDO		
T I P O D E T R A B A J O	VELOCIDADES EN KM/H	
	MODELOS MEDIANOS	MODELOS PESADOS
LIMPIA DE TERRENOS (Desmonte ligero)	3.0 - 4.0	4.0 - 6.5
EXCAVACION TERRENO SUAVE (Despalme ligero)	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
CONSTRUCCION DE CUNETAS	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
AFINAMIENTO DE TALUDES	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
TRANSPORTE LATERAL DE MATERIAL SUELTO (Acamellonado)	5.5 - 9.0	6.5 -11.5
ESCARIFICADO	3.0 -13.0	4.0 -16.0
EXTENDIDO DE TERRACERIAS EN CAPAS	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
CONSERVACION DE CAMINOS (Rastreo)	5.5 - 9.0	6.5 -11.5
MEZCLA DE MATERIALES	9.0 -19.5	10.0 -20.5
ACABADOS O AFINE	4.0 - 5.5	5.5 - 6.5
LIMPIEZA DE NIEVE EN CAMINOS	9.0 -22.0	11.5 -25.0

FACTOR APLICABLE A VELOCIDAD MEDIA (VUELTAS)

CONDICION OBRA	FACTOR "C"
EXCELENTE	0.85
BUENA	0.75
MEDIA	0.60
MALA	0.50

E.T.L.

PRODUCCION POR PIE CUADRADO DE MALLA, CRIBA VIBRATORIA EN TONELADAS, E=0.85

TIPO DEL MATERIAL (Peso Vol. Supuesto)	ABERTURA DE MALLA EN PULGADAS												
	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4
TRITURADO (1,600 kg/m³)	0.45	0.82	1.09	1.27	1.45	1.54	1.72	1.91	2.45	2.81	3.08	3.36	3.63
NATURAL (GRAVAS) (1,600 kg/m³	0.73	0.91	1.27	1.54	1.72	1.91	2.18	2.27	2.90	3.36	3.63	3.99	4.35
ESCORIA TRITURADA (2,160 kg/m³)	0.54	1.00	1.36	1.54	1.72	1.91	2.18	2.27	2.90	3.36	3.63	3.99	4.35

Para aplicar a cribas rotatorias, considerar como ancho efectivo un tercio del diámetro del cilindro.

Para lavar agregados se requieren, en promedio, 50 litros de agua por minuto, por m^3 de material producido por hora.

El cálculo de la capacidad de producción por malla es igual a la superficie de la malla en pies cuadrados, multiplicada por la producción unitaria proporcionada por la tabla, y debe corregirse multiplicandola por los factores de corrección a, b, c y d.

Factor "a".- Corrección por la posición de la malla en la criba:

Superior	a	=	1.00
Segunda	a	=	0.90
Tercera	a	=	0.80
Cuarta	a	=	0.60

Factor "b".- Corrección por uso de chiflones de agua sobre las mallas; de acuerdo con abertura:

Abertura 3/16"	b	=	3.50
Abertura 5/16"	b	=	3.00
Abertura 3/8"	b	=	2.50
Abertura 1/2"	b	=	1.75
Abertura 1" o más	b	=	1.25

Factores "c" y "d".- Corrección por porcentajes de tamaños: menor que la mitad de la abertura de la malla y mayor que la abertura de la malla.

Porcentaje de agregado Menor	Factor "c"	Porcentaje de agregado Mayor	Factor "d"
10	0.5	10	1.05
20	0.7	20	1.00
30	0.8	30	1.00
40	1.0	40	0.95
50	1.2	50	0.90
60	1.4	60	0.85
70	1.8	70	0.80
más de 70	1.8	80	0.70
		90	0.60
		92	0.50
		94	0.44
		96	0.35
		98	0.20

CAPACIDAD DE DIFERENTES QUEBRADORAS DE QUIJADA, EN TONELADAS DE ROCA POR HORA

CARACTERISTICAS DE LA QUEBRADORA			AJUSTE DE LA ABERTURA DE DESCARGA EN PULGADAS										
TAMAÑO - PULGADAS (1)	r.p.m. Máx.	H. P. Máx.	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	4	5	6	7	8	9
10 x 16	300	15	10.0	14.5	18.1								
10 x 20	300	20	12.7	18.1	22.7	30.8							
15 x 24	275	30	-	24.5	30.8	38.1	45.4						
15 x 30	275	40	-	29.9	39.0	48.1	56.2						
18 x 36	250	60	-	41.7	55.3	69.9	84.4	113.4					
24 x 36	250	75	-	-	69.9	86.2	103.4	136.1	175.0				
30 x 42	200	100	-	-	-	113.4	136.1	181.4	226.8	272.2			
36 x 42	175	115	-	-	-	127.0	145.1	181.4	226.8	272.2	296.0		
36 x 48	160	125	-	-	-	136.1	158.8	204.1	249.5	294.8	340.2		
42 x 48	150	150	-	-	-	149.7	172.4	226.8	272.2	317.5	362.9	408.2	
48 x 60	120	180	-	-	-	-	199.6	254.0	308.4	362.9	408.2	453.6	499.0
56 x 72	95	250	-	-	-	-	-	285.8	344.7	408.2	467.2	526.2	580.6

NOTAS:- (1) El tamaño así expresado, corresponde a la abertura de las quijadas, medida perpendicularmente a la muela y al ancho de las muelas, respectivamente.

Peso volumétrico de la roca 1,600.00 Kg/M^3.

QUEBRADORAS DE CONOS, TIPO SYMONS, CAPACIDADES EN TONELADAS POR HORA (P. V. 1600 KG/M^3)

Tamaño en pies (a)	Velocidad a Plena Carga r. p. m.	Potencia Requerida H. P.	Dimensión de la Abertura de alimentación (")	Ajuste mínimo de la descarga (")	Dimensión de la Abertura de Descarga (")										
					1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
2	575	25 - 30	2 1/2	1/4	13.6	18.1	22.7	27.2	31.8						
			3 1/2	3/8		18.1	22.7	27.2	31.8	36.3	40.8	45.4	54.4		
3	580	50 - 60	3 7/8	3/8		31.8	36.3	49.9	63.5	68.0					
			5 1/8	1/2			36.3	49.9	63.5	68.0	72.6	77.1	81.6	86.2	
4	485	75 -100	5	3/8		54.4	72.6	90.7	108.9	122.5	136.1				
			7 3/8	3/4					108.9	122.5	136.1	154.2	160.6	167.8	
4 1/2	485	125 -150	4 1/2	1/2			90.7	113.4	127.0	136.1					
			7 3/8	5/8				113.4	127.0	136.1	145.1	158.8			
			9 1/2	3/4					127.0	136.1	145.1	158.8	167.8	172.4	
5 1/2	435	150 -200	7 1/8	5/8				145.1	181.4	213.2	249.5				
			8 5/8	7/8						213.2	249.5	272.2	308.4	340.2	408.2
			9 7/8	1							249.5	272.2	308.4	340.2	408.2
7	435	250 -300	10	3/4					299.4	353.8	408.2	508.0	544.3		
			11 1/2	1							408.2	508.0	544.3	725.7	
			13 1/2	1 1/4								508.0	544.3	725.7	216.15

(a).- El tamaño de la máquina está dado por el diámetro del cono interior a la salida del material, en pulgadas. Estas máquinas se usan en trituraciones Secundarias y Terciarias.

CAPACIDADES DE MOLINOS DE RODILLOS LISOS EN TONELADAS METRICAS DE ROCA POR HORA

CARACTERISTICAS DEL MOLINO			ANCHO DE LA ABERTURA ENTRE RODILLOS EN PULGADAS						
TAMAÑO EN PULGADAS-(1)	VELOCIDAD EN r. p.m.	POTENCIA REQUERIDA H. P.	1/4	1/2	3/4	1	$1^1/2$	2	$2^1/2$
16 x 16	120	15 - 30	13.6	27.2	36.3	49.9	77.1	104.3	127.0
24 x 16	80	20 - 35	13.6	27.2	36.3	49.9	77.1	104.3	127.0
30 x 18	60	50 - 70	13.6	27.2	40.8	59.0	86.2	113.4	140.6
30 x 22	60	60 - 100	18.1	36.3	49.9	68.0	104.3	140.6	172.2
40 x 20	50	60 - 100	18.1	31.8	45.4	63.5	95.3	122.5	158.8
40 x 24	50	60 - 100	18.1	36.3	54.4	77.1	113.4	149.7	190.5
54 x 24	40	125 - 150	21.8	43.5	64.4	86.2	130.6	174.2	217.7

NOTA: (1) El primer número corresponde al diámetro de los rodillos y el segundo número corresponde al ancho de los mismos.

Peso volumétrico de la roca 1,600.00 Kg/M^3.

R E N D I M I E N T O S

I.- GENERALIDADES.

Se conoce por rendimiento, la producción por unidad de tiempo, ya sea de un trabajador, un grupo de trabajadores (cuadrilla), una máquina o un grupo de máquinas, en alguna actividad.

Así, por ejemplo, se habla del rendimiento de un peón excavando un determinado tipo de material y en determinadas circunstancias, o acarreando algún material a una cierta distancia y utilizando un sistema determinado, todo esto referido a una unidad de tiempo que puede ser la hora o el turno generalmente.

En la misma forma se habla del rendimiento o producción de una máquina, ya sea excavando, cargando, transportando, revolviendo, extendiendo, etc., algún tipo de material, relacionando este rendimiento o producción generalmente con la unidad de tiempo hora.

De acuerdo con lo anterior, el rendimiento o producción puede definirse asimismo, como la velocidad a la que se realiza un determinado trabajo, y en consecuencia, el rendimiento o producción máxima se obtendrá cuando la velocidad de ejecución del trabajo sea la máxima.

Por otra parte, es por todos conocido que para producir velocidad, y sobre todo velocidad de ejecución de trabajo, se requiere energía, energía cuyo consumo es proporcional a la magnitud de la velocidad y crece conforme esta aumenta, en consecuencia, cuando la velocidad

de ejecución del trabajo sea la máxima, se requerirá también el máximo gasto de energía.

Ahora bien, la energía necesaria para producir trabajo a una determinada velocidad, la proporcionan, en un caso los trabajadores, seres humanos y en otro caso las máquinas, manejadas y dirigidas porseres humanos, si se toma en cuenta que ni las mismas máquinas se han diseñado para trabajar en forma contínua a su máxima velocidad, es razonable considerar que el ser humano tampoco puede llegar a proporcionar la energía necesaria para trabajar, en forma contínua a la máxima velocidad de producción, en consecuencia cuando se hable de rendimientos o de producción debe tenerse en cuenta que se está haciendo referencia a las condiciones promedio de los mismos, sobre todo si se considera el rendimiento de los trabajadores ya sea en forma aislada o por grupos.

Adicionalmente a lo expuesto, la intervención del elemento humano en todos los aspectos de la ejecución de trabajos, tales como organización, dirección, ejecución y vigilancia del mismo, ocasiona una serie de combinaciones de calidad de estos aspectos que determinan una variedad en los rendimientos o producciones. Asimismo si se considera que las condiciones de ejecución se ven influenciadas por las características propias de cada una de las obras, estas características también determinarán variedad en los rendimientos o producciones; por lo tanto debe existir un factor que ligando estos aspectos, al aplicarse a los rendimientos o producciones promedio, les incluyan una corrección tal que permita obtenerlos lo más apróximados que sea posible a la realidad. Ese factor es el que se conoce-

como factor de eficiencia.

El factor de eficiencia mencionado aparece tabulado en la figura -- (1), para diversas condiciones de organización y para diversas condiciones de obra. Para determinar a que corresponden las condiciones señaladas, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

1.- Por lo que se refiere a condiciones de la obra, se han considerado cuatro, calificaciones que son: Excelentes, Buenas, Regulares y Malas. Una obra cuyas características la califiquen como Excelente, será aquella en la cual, la topografía, el clima y el proyecto sean tales que no representen problema alguno para su ejecución, -- sino que por el contrario la faciliten. Una obra podrá considerarse calificada como Buena, cuando las condiciones de topografía, clima, geología y proyecto sean tales que requieran de un esfuerzo normal para su realización. La calificación de Regular a una obra, se la proporcionarán las condiciones medianamente adversas de uno o de algunos de los factores relativos a la topografía, el clima, la geología y el proyecto. Finalmente se calificará como Mala, la obra - en la cual la totalidad de los factores relativos a la topografía,- el clima, la geología y el proyecto resulten adversas para su ejecución.

2.- Por lo que se refiere a las condiciones llamadas de organiza--- ción y que comprenden a las organizaciones técnico-administrativas y de intendencia, cuyas funciones principales son las de proporcionar a la obra los servicios de abastecimiento de todos los insumos necesarios para su ejecución, en forma oportuna y en cantidad suficiente, asi como brindarle la dirección técnica y el servicio admi-

nistrativo adecuado para su eficiente realización; también se han considerado cuatro calificaciones que son: Excelente, Buena, Regular y Mala. Estas calificaciones, en la misma forma que para las condiciones de obra, corresponderán a las características que la organización, la experiencia, la dedicación y la vigilancia del contratista, le proporcionen a la realización de la obra, asi como a la colaboración que brinde el contratante.

A este respecto cabe señalar que la Secretaría de Obras Públicas cuenta y debe contar con contratistas idóneos, por lo cual el grado mínimo de calificación que a este respecto puede darse a su organización será el de Buena.

FACTORES DE EFICIENCIA

CONDICIONES DE LA OBRA.	CONDICIONES DE ORGANIZACION			
	EXCELENTES	BUENAS	REGULARES	MALAS
EXCELENTES	0.80	0.75	0.70	0.65
BUENAS	0.75	0.70	0.65	0.60
REGULARES	0.70	0.65	0.60	0.55
MALAS	0.65	0.60	0.55	0.50

(Figura 1)

Los Factores de Eficiencia del cuadro de la Figura 1, pueden aplicarse como un factor general para la totalidad de la obra, o, mejor todavía, dentro de la misma obra aplicar diferentes factores para los distintos aspectos de la misma, según sean las condiciones en cada uno de los casos.

Cuando se trata de movimiento de tierras utilizando equipo pesado - para hacerlo, la calificación de las condiciones como favorables o- buenas, promedio o regulares y desfavorables o malas, de la obra o- del trabajo, pueden hacerse atendiendo, entre otras, a las consideraciones siguientes:

CONDICIONES FAVORABLES O BUENAS.

1.- Tipo y estado del material por mover:

Capa superficial o de despalme.

Mezcla de arcilla y marga (bajo contenido de humedad).

Tierra compacta.

2.- Area de carga (Corte o Préstamo):

Longitud y anchura sin restricciones.

Lisa y seca (o con buen mantenimiento por bulldozer o Motoconformadora).

3.- Resistencia al rodamiento, total menor del 4%.

4.- Supervisión constante, tanto en el área de carga, como en la descarga.

CONDICIONES PROMEDIO O REGULARES.

1.- Tipo y estado del material por mover:

Arcilla algo húmeda.

Material bien arado o fácilmente atacable.

Arena suelta con algún cementante.

Mezclas de tierras diferentes.

Mezclas de arena fina con gravas.

2.- Area de carga (Corte o Préstamo):

Alguna restricción ya sea en lingitud o anchura.

Superficie seca pero con material suelto.

Carga a nivel.

3.- Resistencia al rodamiento, total entre 4% y 7%.

4.- Supervisión intermitente, tanto en el área de carga, como en la de descarga.

CONDICIONES DESFAVORABLES O MALAS.

1.- Tipo y estado del material por mover:

Arcilla pesada (de alta densidad) o arcilla común mojada.

Arena suelta y seca sin ningún cementante.

Gravas gruesas sin finos.

Caliche o rocas suaves no aradas.

Afloración frecuente de rocas.

2.- Area de carga (Corte o Préstamo):

Restricciones ya sea en longitud o anchura.

Superficie mojada y resbalosa y/o suave (sin mantenimiento).

Carga cuesta arriba o en un lado de una pendiente.

3.- Resistencia al rodamiento, total superior al 7%.

4.- Carencia de supervisión en las áreas de trabajo.

II.- SISTEMAS DE EVALUACION DE RENDIMIENTOS.

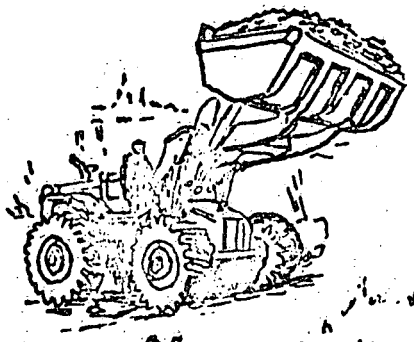
II.1.- Rendimientos del personal.- Para la evaluación de rendimientos de personal, resulta sumamente difícil recurrir a un procedimiento teórico o semiteórico que permita calcular el rendimiento dentro de un nivel de confianza adecuado, aún cuando existan técnicas de cálculo de tiempos elementales en la producción, por lo tanto solo con base en la observación directa de la ejecución del trabajo y en un gran número de casos, se puede llegar a obtener la aproximación más real de un rendimiento promedio; es decir, la apli

cación de los procedimientos estadísticos resulta indispensable. Otra forma de valuar, en forma bastante imprecisa, los rendimientos del personal es mediante la traducción de los destajos de mano de - obra a rendimientos, lo cual puede hacerse restando la utilidad del destajista (10%), estableciendo la primera suposición de que este - sea el porcentaje de indirectos y utilidad considerado, cantidad restante dividirla entre el salario o la parte proporcional de salarios del personal que interviene en forma directa en la ejecución - del trabajo cotizado; también, cuando se recurre a esta forma de -- cálculo, es necesario tener un número regular de cotizaciones de -- destajos a fin de poder establecer un análisis estadístico con los- mismos y llegar a un promedio razonable.

II.2.- Rendimientos de la Maquinaria.- El trabajo que las máquinas- de construcción ejecutan, lo realizan mediante una sucesión de movimientos que determinan acciones tales como ataque y remoción de materiales, carga, transporte, descarga, mezclado, fragmentación, cribado, lavado, perforación, etc., y que por ejecutarse en la mayor - parte de los casos en forma de una serie de movimientos repetidos,- en un determinado tiempo, que vuelven a sucederse, se han denominado ciclos de trabajo. De acuerdo con esto, el ciclo de trabajo de- una máquina está formado por una serie de movimientos en una cierta secuencia ordenada, que consumen tiempo y energía o potencia de la- máquina para su realización y que se repiten en forma sucesiva. Consecuentemente se tienen ciertos elementos básicos, componentes del- ciclo, que estan íntimamente ligados con las acciones determinadas- por los movimientos de la máquina y que variarán para las diferentes

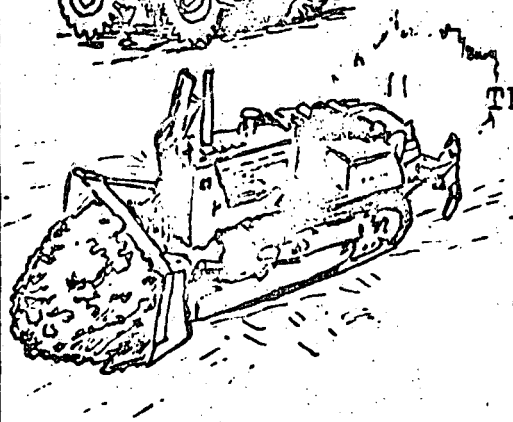
especialidades de las mismas. Así, por ejemplo, los componentes -- del ciclo en equipo para movimiento de tierras serán: La carga, el- Transporte o empuje, la descarga, el regreso; en el caso de equipo- de trituración los componentes serán; la alimentación o carga de la máquina, la fragmentación del material y la disposición del mismo,- y en otros tipos de trabajo tales como extendido de materiales será la disposición de material para tender y el tendido del mismo. Adicionalmente a estos componentes propios del movimiento de las máquinas, se tendrán que contemplar otros tiempos que, aún cuando no dependen del movimiento de las máquinas, sí ejercen influencia en la- duración de los básicos; estos tiempos los crean factores tales como las condiciones de los lugares donde físicamente se realiza el - trabajo, tales como: Condiciones relativas principalmente a los espacios y mantenimiento de los pisos de los lugares de carga, las superficies de rodamiento y demás características de los caminos de - construcción, los espacios y accesibilidad en los sitios de carga. Ahora bien, cada uno de estos componentes se verá afectado, principalmente en su duración, por una serie de factores que, en terminos generales, se referirán a tamaño, capacidad y maniobrabilidad de la máquina; a tipo y estado de los materiales; a longitudes de los recorridos necesarios; a condiciones de los caminos de trabajo; a disposición final de los materiales; a la experiencia del operador, y- a aquellos que dependen de los lugares de trabajo. Como una ilus-- tración de la distribución de la influencia de estos factores en -- los componentes del ciclo, en el cuadro que se tiene a continuación, se presenta un ejemplo para trabajos de movimiento de tierras:

FACTORES QUE AFECTAN LOS COMPONENTES DEL CICLO



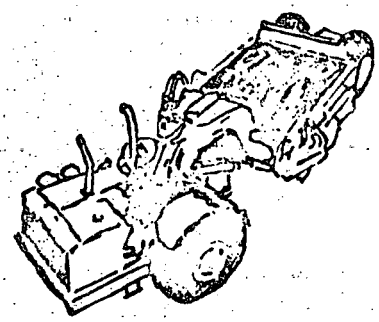
C A R G A

- Tipo y tamaño de la máquina cargadora
- Tipo y estado del material
- Capacidad de la Unidad
- Experiencia del Operador



TRANSPORTE O EMPUJE

- Facilidad de operación de la unidad
- Distancia de acarreo
- Condiciones de los caminos
- Pendientes
- Otros que afecten la velocidad

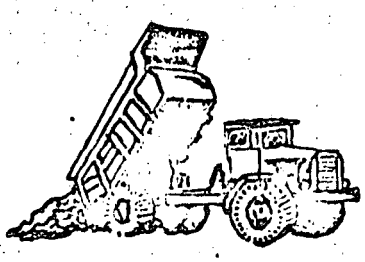


DESCARGA

- Destino del material-Tolvas, en banco, en relleno, almacenado en pilas, etc.
- Condiciones del area de descarga
- Tipo y facilidad de maniobra de la unidad
- Tipo y estado del material

REGRESO

- Facilidad de operación de la unidad
- Distancia de regreso
- Condiciones de los caminos
- Pendientes
- Otros que afecten la velocidad



LUGAR

- Habilidad de maniobra de la unidad
- Area de maniobra con que se cuenta
- Tipo de la máquina cargadora
- Ubicación del equipo de carga

ATRASOS

- Tiempo de espera en la unidad de carga
- Tiempo de espera en las tolvas de carga

III.- TRACTORES Y SUS RENDIMIENTOS.

III.2.- Generalidades.- De acuerdo con el trabajo a que se destine esta máquina, proporcionará un cierto rendimiento que en cada caso, tendrá una forma diferente de valuarse.

En efecto, el tractor equipado con su hoja frontal, para usarse como bulldozer, podrá mover tierra, atacando el terreno natural y acarreando el material aflojado hasta un lugar de tiro o almacenamiento. Equipado con los escaroficadores (Ripper) o arados, desgarrará el material del terreno natural. Equipado con una hoja especial de empuje y en algunos casos como bulldozer, se utilizará para proporcionar fuerza tractiva adicional y mejorar el rendimiento de otra máquina.

III.2.1.- De acuerdo con lo señalado, el Tractor equipado como Bulldozer y utilizado en el movimiento de tierras; atacará el terreno con la cuchilla de su hoja y empujará el material con la misma hoja para acarrearlo hasta su lugar de tiro o de almacenamiento.

Por lo tanto su rendimiento dependerá de:

a) Tamaño de la máquina.
b) Tipo de la máquina.
c) Forma de la hoja.
d) Tipo y condiciones del material.
e) Duración del ciclo.
f) Habilidad del operador.

II.2.1.a.- Tamaño de la máquina.- El tamaño de las máquinas está en relación íntima con su potencia, por lo tanto la producción o rendimiento de una máquina como ya se habia establecido con anterioridad guarda relación intima con dicha potencia y, consecuente-

mente, cuando esta es mayor en una máquina, determinará que pueda manejar una hoja de tamaño mayor y por lo tanto atacar o mover y- acarrear un mayor volumen de material por ciclo de trabajo.

II.2.1.b.- Tipo de la máquina.- En todos aquellos trabajos en los cuales resulta necesario para su ejecución, aplicar la potencia - de la máquina através de tirón o empuje, como en el caso que nos- ocupa, el tipo de la máquina, atendiendo principalmente a su sis- tema de rodamiento será de importancia en la producción, puesto - que la aptitud de utilizar la potencia del motor en tirón o empu- je de la máquina dependen de tres factores principales, a saber:- El peso propio de la máquina, el area de contacto entre el piso y el sistema de rodamiento y la mayor o menor fricción que el men-- cionado sistema de rodamiento pueda generar contra la superficie- del terreno en que se mueva la máquina, es decir, del coeficiente de fricción o sea el "COEFICIENTE DE TRACCION"; el cual será ma-- yor, para una misma condición de terreno, en una máquina cuyo sis tema de rodamiento sea a base de orugas que en aquella en la cual dicho sistema este construido a base de neumáticos; puesto que en el primer caso existirá una mayor area de contacto entre la oruga y el piso, asi como un mayor coeficiente de tracción por efecto - de las garras de las orugas, que no se tendrán en el segundo caso, aún cuando el dibujo de la llanta tenga características especia-- para fracción.

II.2.1.c.- Forma de la hoja.- El material al ser atacado por la - cuchilla de la hoja del bulldozer, tiende a subir, a girar y a ir se hacia los lados de la misma, por la combinación de las dos ---

fuerzas a que queda sometido; el empuje de la máquina y la acción de la gravedad, debido a estos movimientos del material, la forma de la hoja influye en el volumen que puede acumularse en el frente de la misma, asi como en el que puede conservarse después de un cierto acarreo. Aún cuando hay variedad en los tipos y formas de hojas, dependiendo de los distintos fabricantes de maquinaria de construcción, en realidad se pueden limitar, para movimiento de tierras y en cuanto a forma, a dos tipos usuales básicos; la hoja recta y la hoja angular; la primera presentará una mayor facilidad, al material acarreado al frente de ella, para desplazarse hacia las orillas de la hoja, con lo cual, el desperdicio lateral será de consideración, sobre todo en acarreos largos. La forma angular opondrá una mayor resistencia al movimiento del material a lo largo de la hoja, con lo cual le proporcionará una mayor capacidad, principalmente en el mantenimiento de la carga inicial durante el acarreo de la misma.

II.2.1.d.- Tipo y condiciones del material.- El trabajo del Bulldozer en movimiento de tierras, consiste básicamente en formar montones de material suelto en el frente de la hoja, mediante el corte del terreno natural con los gavilanes y la cuchilla y en transportar, mediante un empuje, dicho material hasta el lugar de tiro o almacenamiento. Si la base del trabajo está en apilar material suelto, es claro que el tipo de este y el estado en que se encuentre, principalmente en cuanto a contenido de humedad, ejerce una influencia marcada en el volumen que pueda alcanzar cada pila o monton de material y consecuentemente en el rendimiento o produc--

ción de la máquina, toda vez que la cohesión interna del material determinará características tales como el ángulo de reposo de sus partículas sueltas y su mayor o menor tendencia al movimiento, mismas que influirán en el volumen apilable del mismo. En consecuencia, el tipo del material, más o menos cohesivo determinará un mayor o menor volumen por movimiento; el contenido de humedad, en cierto tipo de materiales al aumentar hasta cierto límite incrementará la cohesión interna del material, hasta el momento en que el contenido de humedad sea tal que el material inicie su comportamiento como líquido.

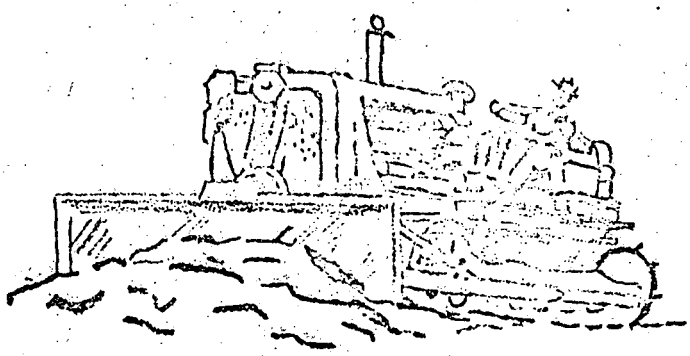
II.2.1.e.- Duración del ciclo.- El tiempo de duración del ciclo, en términos generales y para la casi totalidad de las máquinas cuyo trabajo se realiza mediante ciclos repetidos, por una convención se divide en dos grupos de tiempos: El primero denominado tiempo fijo y que corresponde a los tiempos consumidos por la máquina en efectuar las maniobras elementales que realiza con sus mecanismos ya sean de acción directa o de acción hidráulica, tales como bajar y subir la herramienta de ataque, cambiar la posición de engranes en la caja de cambios (cambio de velocidades) y en algunos tipos los giros necesarios y la abertura o basculación de los elementos de carga para efectuar la carga y la descarga de los mismos. El segundo denominado tiempo variable que corresponde, generalmente, a los tiempos consumidos por la máquina en efectuar los recorridos que realiza tanto cargada como vacia para disponer del volumen de material manejado por ciclo, asi como, en algunos casos los tiempos por demoras ocasionadas por condiciones especia-

les de la obra, generalmente problemas de tránsito y de maniobra en la carga y la descarga.

De acuerdo con lo anterior, en los tiempos fijos del ciclo, tendrá influencia el tipo de sistema mediante el cual se operen los mecanismos que determinan los movimientos de la herramienta de ataque de la máquina y las cajas de cambios de velocidades y de dirección; en consecuencia, estos serán más largos en aquellas máquinas que operen a base de malacates y cables y con cambios directos, que en aquellos en los cuales los mecanismos operen a base de controles y gatos hidráulicos. Asimismo, en los tiempos variables tendrá influencia preponderante la capacidad de velocidad de traslación de la máquina y la maniobrabilidad de la misma.

III.2.1.f.- Habilidad del Operador.- Cualesquiera que sean la capacidad o potencia de la máquina y sus sistemas de operación, es importante saber que, a diferencia de las máquinas de procesamiento industrial, en la mayoria de los cuales la ingerencia del operador es mínima, en las máquinas que intervienen en el proceso constructivo el operador es el factor principal, puesto que prácticamente es el quien determina todos y cada uno de los movimientos del ciclo, más aún en aquellas máquinas en las cuales los mecanismos se accionan mediante malacates y cables y cambios directos que en los de mcanismos y cambios hidráulicos. Ahora bien, la Habilidad del operador dependen: Primero, de la selección que se haga; Segundo de la motivación que se le de; Tercero de la capacitación que se le proporcione; Cuarto de la dirección técnia que tenga, y Quinto de la supervisión que se ejerza sobre el trabajo que desempeña.

III.3.- VALUACION DE RENDIMIENTOS



III.3.1.- TRACTORES Equipados con hoja empujadora (Bulldozer), el rendimiento se valúa:

$$R = V \times \frac{60}{t} \times E \times C$$

V = Volumen por ciclo.

t = duración del ciclo en minutos.

$\frac{60}{t}$ = Número de ciclos por hora de 60 minutos.

E = Eficiencia en el trabajo

C = Factor de corrección.

V Depende de
1.- Tamaño de la máquina.
2.- Forma de la hoja.
3.- Tipo y condiciones del material.
4.- Condiciones del lugar.

t Depende de
1.- Tipo de la máquina (Tamaño y características).
2.- Distancia de acarreo.
3.- Habilidad del Operador.

E Depende de
1.- Condiciones de la obra.
2.- Organización de la Compañía.

C Depende de
1.- Forma de la hoja.
2.- Tipo del material.
3.- Pendiente
4.- Distancia de acarreo.

III.3.2.- VALUACION:

III.3.2.1.- Volumen por ciclo:

A. En forma Directa.- En el terreno por atacar, en una zona de 25m. de longitud, sensiblemente horizontal:

a) Atacar el terreno y cargar la hoja en un recorrido de 15 a 20 m.

b) Detener el avance, sacudir ligeramente la hoja y retirar la máquina hacia atras, dejando la carga lograda en un solo montón.

c) Cubicar el montón así formado, lo cual dará la capacidad de la hoja en el tipo de material que se trate, o sea V.

B. En forma Indirecta.- Utilizar tablas con datos estadísticos medios, de acuerdo con el tamaño (Potencia) de la máquina y la forma de la hoja y aplicar el factor de corrección que corresponda por el tipo de material.

a) ESPECIFICACIONES PROMEDIO DE HOJAS PARA TRACTORES --- (Cat)

MODELOS DE TRACTORES Y HOJAS / ESPECIFICACIONES	D6		D7		D8			D9		
	6S	6A	7S	7A	8S	8A	8U	9S	9A	9U
LONGITUD (m)	3.05	3.80	3.65	4.25	4.00	4.60	4.20	4.35	4.85	4.80
ALTURA (m)	1.13	0.91	1.27	0.96	1.36	1.11	1.36	1.82	1.30	1.82
PESO (Ton.)	2.10	2.30	3.20	3.10	4.95	5.30	5.50	6.60	6.60	7.40
CAPACIDAD (m^3)	2.75	2.50	3.75	3.25	4.25	4.00	6.75	8.50	7.50	11.00

b) Factores de carga para diferentes tipos de materiales.

Cc	=	0.5 - 0.7	Roca tronada.
Cc	=	0.8	Arena o Grava Naturales y Triturados.
Cc	=	0.9	Tierra suelta.
Cc	=	1.0	Arcilla con arena húmeda.
Cc	=	1.10	Arcilla cohesiva húmeda.

III.3.2.2.- Duración del Ciclo en Minutos.

A. En Forma Directa.- Hacer la observación de los o del tiempo empleado en realizar un ciclo completo; la observación deberá hacerse mediante el sistema de muestreo, tomando en cuenta que la muestra deberá ser representativa del total del trabajo, o sea del universo, para lograrlo debe tomarse en cuenta que los tiempos, independientemente del tipo de la máquina, dependen, básicamente, del operador y que el comportamiento de este, como ser humano tiene las características siguientes: No es constante durante todas las horas del turno de trabajo; no es constante durante todos los turnos de la semana y, en la mayor parte de los casos se ve influenciado al saber que lo estan observando.

Por lo tanto, deberá tomarse la muestra con una serie de observaciones realizadas en distintas horas del turno y en distintos días de la semana, y hacerlo en tal forma que el operador no se de cuenta de que esta sujeto a observación.

Realizando las observaciones necesarias, de acuerdo con lo establecido en los párrafos anteriores, se puede tener la duración del ciclo, en su tiempo total o desglosando este, de acuerdo con las necesidades que se presenten, en los movimientos elementales o en las etapas del ciclo en los cuales convenga; la división del ciclo en etapas, generalmente sirve para hacer un análisis de movimientos y buscar la forma de mejorar la eficiencia de alguno o algunos de ellos y minimizar el tiempo total de duración del ciclo.

B. En Forma Indirecta.- Como quedó establecido en puntos anteriores, el tiempo del ciclo se compone de tiempos fijos y de tiempos variables. Para el caso de Tractores equipados con hoja empujadora, utilizandose en movimiento de tierras, los tiempos fijos correspondientes a los necesarios para efectuar los movimientos de la hoja, y los cambios de velocidades, de acuerdo con datos estadísticos de varias casas productoras de equipos, pueden considerarse, en promedio, iguales a 0.05 mín. para máquinas con servotransmisión y hasta 0.15 mín. con máquinas con transmisión directa o para aquellos casos en los cuales la obtención de la carga frente a la hoja del tractor resulte difícil, principalmente por las condiciones del material que se este trabajando.

Por lo que respecta a los tiempos variables, estos dependen principalmente de las distancias de los recorridos cargada y descargada y de las velocidades a las que se puedan hacer dichos recorridos, asi como también dependerán en algunos casos, de los tiempos empleados en efectuar maniobras especiales, es decir en aquellas realizadas además de las que normalmente se ejecutan y que están comprendidas en los tiempos fijos.

De acuerdo con lo anterior el tiempo variable, en su forma mas general, quedará representado por la ecuación siguiente:

$$t_v = \frac{Dc}{Vc} + \frac{Dd}{Vd} + t_m.$$

En la cual:

t_v = Tiempo Variable.
Dc = Distancia de viaje cargada.
Dd = Distancia de viaje descargada.
Vc = Velocidad media en el viaje cargada.
Vd = Velocidad media en el viaje descargada.
tm = Tiempos consumidos en maniobras, no considerados dentro del tiempo fijo.

Ahora bien, en el caso que nos ocupa relativo al trabajo de los tractores equipados con hoja empujadora para movimiento de tierras, las magnitudes de las distancias "Dc" y "Dd", en la mayor parte de los casos serán sensiblemente iguales dada la forma en la cual se realiza el ciclo de trabajo; carga hacia adelante, recorrido cargada hasta el tiro y recorrido en reversa para llegar al punto de iniciación de la carga. Asimismo y también de acuerdo con el sistema de trabajo, las distancias recorridas en los distintos ciclos pueden ser variables, ya sea que se ataque una zona con determinada extensión o que se desperdicie en un area también extensa. (Ver figura 1-T). En estos casos la distancia media a considerar será la que se tenga entre los centros de gravedad del volumen de corte y el de desperdicio.

Por lo que se refiere a las velocidades que pueden alcanzarse en los dos recorridos que efectúa la máquina, seran las que correspondan a la media posible hacia adelante, en el recorrido cargada y a la media posible en reversa, en el recorrido descargada.

Si se tiene a mano el catálogo de operación de la máquina, en el cual exista una gráfica que relacione las velocidades con la Potencia de tirón o empuje, se podrian obtener las velocidades medias al

canzables en cada caso que se presente dentro de este tipo de trabajo; practicamente se ha observado que en la mayor parte de los trabajos de este tipo, las velocidades de operación que pueden obtenerse son: Hacia adelante, de 2 a 4 kilómetros por hora; la elección de la velocidad adecuada debe hacerse tomando, en cuenta la mayor o menor facilidad de ataque y acarreo del material, la potencia de la máquina, la magnitud de la distancia de acrreo y las condiciones generales del terreno en que se está trabajando. Hacia atras, considerando; la potencia de la máquina, la magnitud del recorrido descargada y las condiciones generales del terreno de trabajo, se pueden alcanzar velocidades de 2 a 10 km. por hora. En la tabla siguiente, se dan; para distintas potencias y distancias en un solo sentido, valores medios de las velocidades hacia adelante y hacia atras:

VELOCIDADES MEDIAS DE TRACTORES DE ORUGAS CON HOJA EMPUJADORA.

DISTANCIA EN (m.)	POTENCIAS EN H. P. Y VELOCIDADES EN km/h.									
	45 - 60		70 - 120		130 - 180		185 - 235		250 - 450	
	ADEL.	REV.	ADEL.	REV.	ADEL.	REV.	ADEL.	REV.	ADEL.	REV.
15	2	2	2	3	2	3	2	3	3	4
30	3	4	3	5	3	3	3	4	4	6
45	3	4	3	8	3	6	3	8	4	10
60	3	4	3	8	3	6	3	8	4	10
90	3	4	3	8	3	6	3	10	4	10
120	3	4	3	8	3	6	3	10	4	10

Conviene aclarar que los valores consignados en la tabla deben emplearse con cierta elasticidad, puesto que aún cuando en distancias superiores a 30 m. proporcionan, sobre todo en reversa, velocidades relativamente altas, estas corresponden a condiciones su--

perficiales de terreno con características de buen piso, relativamente liso y casi a nivel.

En cuanto a los tiempos consumidos en maniobras, no considerados dentro del tiempo fijo, "tm"; en el caso de los tractores equipados con hoja empujadora para movimiento de tierras, generalmente no se tiene ninguna maniobra adicional que deba tomarse en cuenta en forma sistemática dentro del tiempo normal del ciclo, es posible que se presenten en forma esporádica maniobras para apartar rocas de gran tamaño, cuando se está atacando un material que las contenga; asimismo se pueden presentar maniobras adicionales en la excavación en ladera, sobre todo al inicio de la excavación para formarle piso a la máquina, pero estas contingencias deben tomarse en cuenta al seleccionar el factor "E" de eficiencia que debe aplicarse, toda vez que dichas contingencias estan íntimamente ligadas con las condiciones de la obra.

III.3.2.3.- Factor de eficiencia en el trabajo.- El factor de eficiencia quedo discutido en el punto II.2., por lo cual únicamente cabe hacer algunas reflexiones en relación con las características que deben tomarse en cuenta al seleccionarlo. Tal como quedó establecido en el punto II.2, al hablar de los factores que afectan los componentes del ciclo (hoja 9) deberá tenerse en cuenta, dentro de las condiciones propias de la obra, cuales son las características de esta y el efecto que producirán en la Carga, el Transporte o Empuje, la Descarga el Regreso, el lugar en si mismo y los posibles atrasos que puedan presentarse, para clasificar las Condiciones de la Obra, ya sea como Excelentes, Buenas, Regu

lares o Malas.

Por lo que se refiere a las Condiciones de Organización, como quedó establecido con anterioridad, la Secretaría cuenta con contratistas idóneos y por lo tanto estos deben tener una organización Buena; quiza, cuando se trate de contratistas con poca experiencia en el tipo de obras que esten realizando, pueda aceptarse una Organización Regular.

III.3.2.4.- Factor de Corrección C.- En el punto III.3.1 se señala que el Factor de Corrección C dependen principalmente del tipo de la hoja, del tipo del material, de la pendiente y de la distancia de acarreo, de acuerdo con lo cual C puede quedar representada por la siguiente ecuación:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

En la cual:

C_1 = Factor de corrección por tipo de la hoja empujadora.

C_2 = Factor de corrección por tipo de material.

C_3 = Factor de corrección por pendiente.

C_4 = Factor de corrección por distancia de acarreo.

Analizando cada uno de estos factores, se puede decir lo siguiente:

El factor C_1, correspondiente al tipo de la hoja empujadora, puede eliminarse o considerarse igual a la unidad, puesto que tanto si se mide el volumen en forma directa como si se valúa en forma indirecta, siempre estará referido al tipo de hoja que se está usando y en consecuencia no se requerirá corrección por este factor.

El factor C_2, correspondiente al tipo de material que se está ata-

cando, deberá considerarse igual a la unidad cuando el volumen se mide en forma directa, sobre todo si se hace con el material que se va a trabajar, y en el caso de valuar el volumen en forma indirecta, ya sea utilizando los valores consignados en la tabla o cualesquiera otro sistema de calculo, si se quiere de la aplicación de un factor, puesto que los valores que se obtengan corresponderán a un material ideal. Como valores para C_2, tomados de varias observaciones, realizadas en un gran número de trabajos, se tienen los valores siguientes para C_2:

0.7 para roca bien fragmentada.

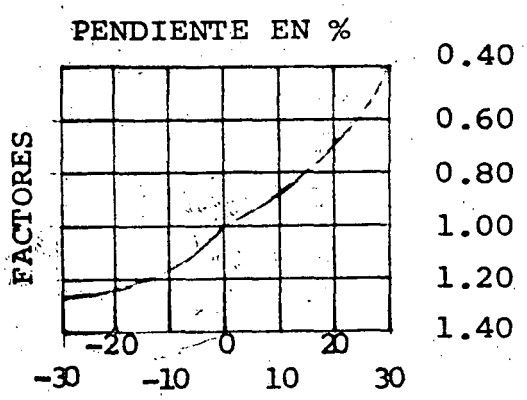
0.8 para materiales granulares.

0.9 para tierra común.

1.0 para arcillas cohesivas.

El factor C_3, corresponde a la corrección que debe aplicarse a la producción o rendimiento normal de la máquina por efecto de trabajar en un terreno con cierta pendiente. En efecto, el bulldozer tiene una reducción en su producción, por efecto de trabajar en una pendiente positiva y un incremento cuando lo hace en una pendiente negativa, principalmente por la diferencia en el volumen de material que es posible acumular en el frente de la hoja. La gráfica del cuadro siguiente proporciona los factores aplicables para diferentes pendientes.

EFECTO DE LA PENDIENTE EN LA PRODUCCION DE BULLDOZERS.



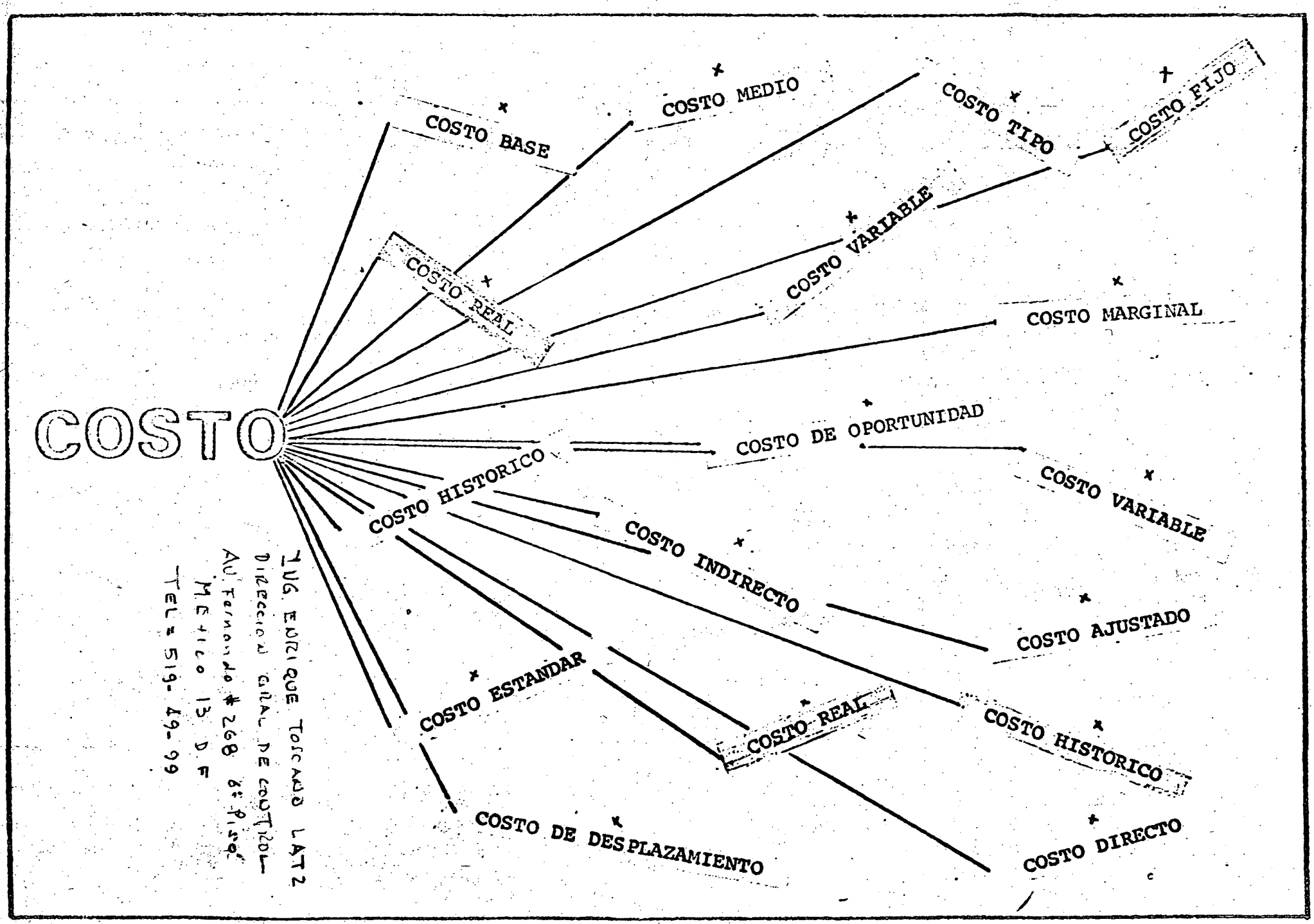
centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL
DE LA SAHOP

ANALISIS DE COSTOS

ING. ENRIQUE TOSCANO LATZ

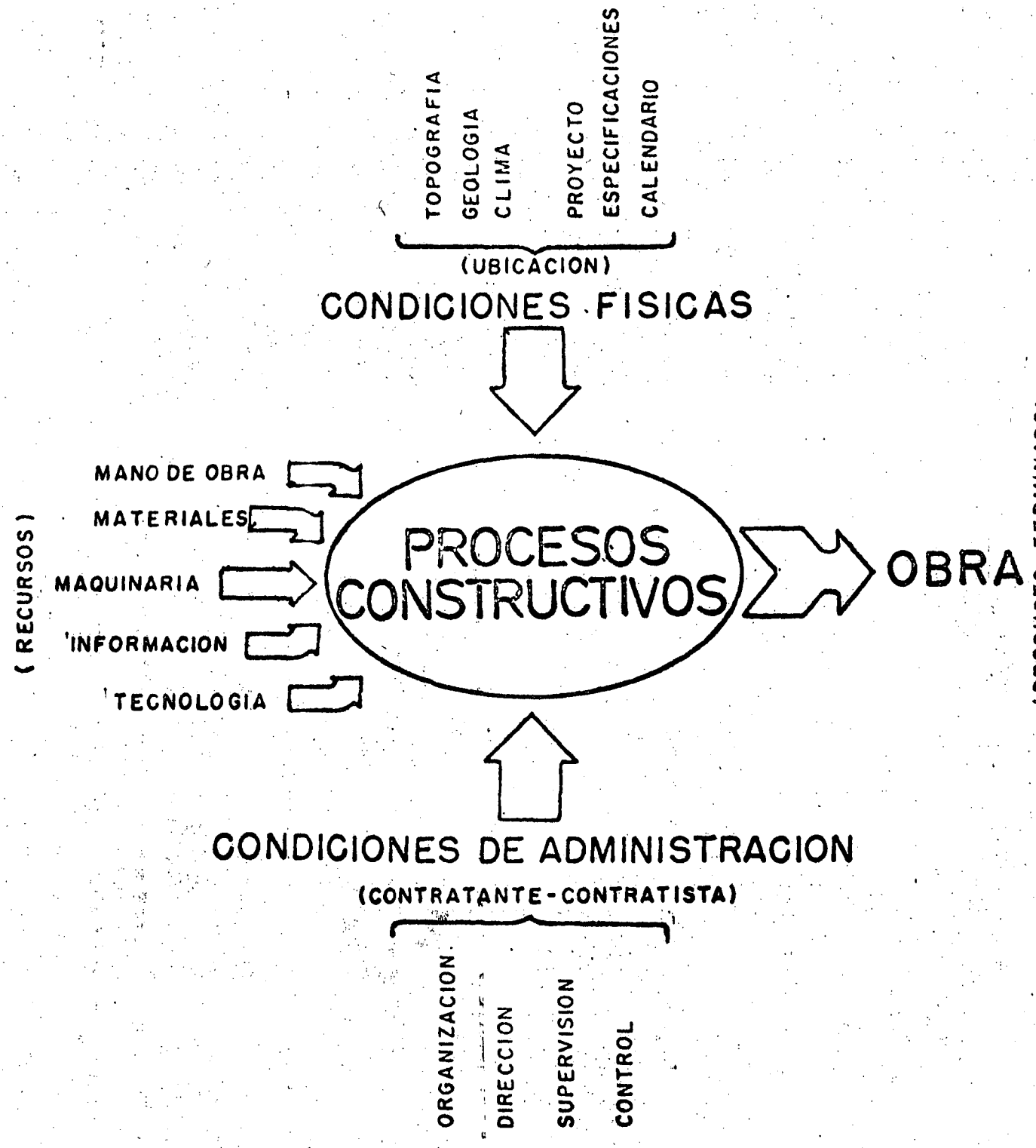
1 9 7 8



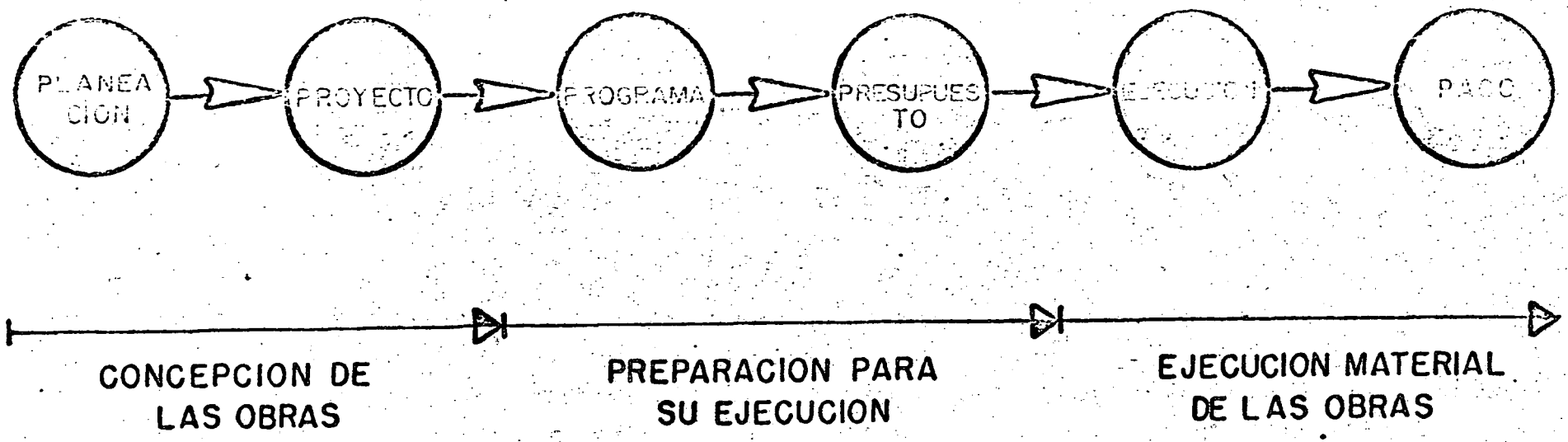
ING. ENRIQUE TOSCANO LATZ
DIRECCION GRAL. DE CONTROL
AV. Fernando # 268 6° piso
MEXICO 13 D.F
TEL = 519-49-99

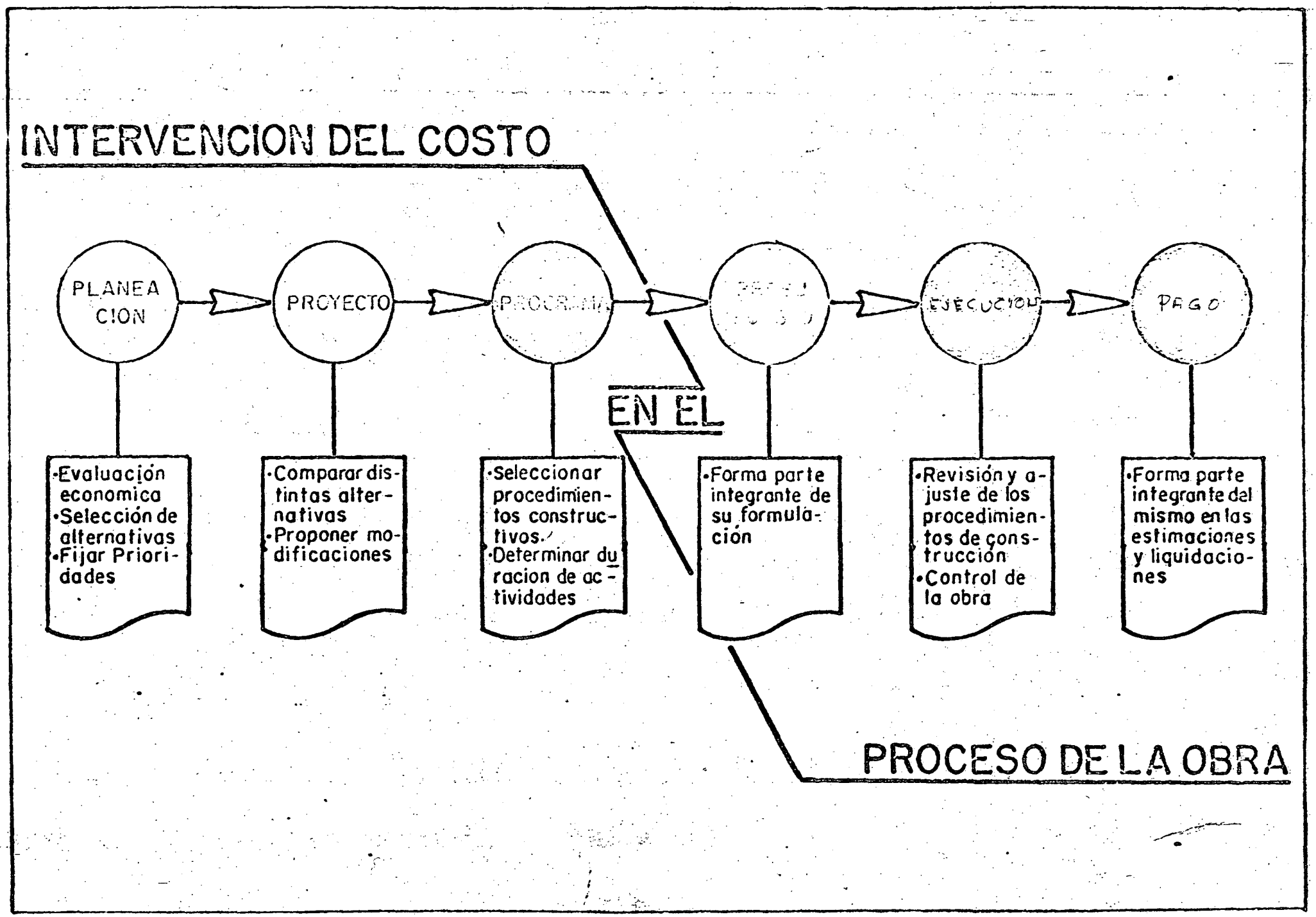
DOS ACEPCIONES GENERALES	1ª COSTO DE PRODUCCION COSTO $\sum$ RECURSOS Y ESFUERZOS PARA PRODUCIR ALGO SE MIDE EN DINERO $
	2ª COSTO DE SUSTITUCION COSTO = [SACRIFICIO O DESPLAZAMIENTO] DE UNA COSA POR OTRA SE MIDE EN SACRIFICIOS, ESPERA

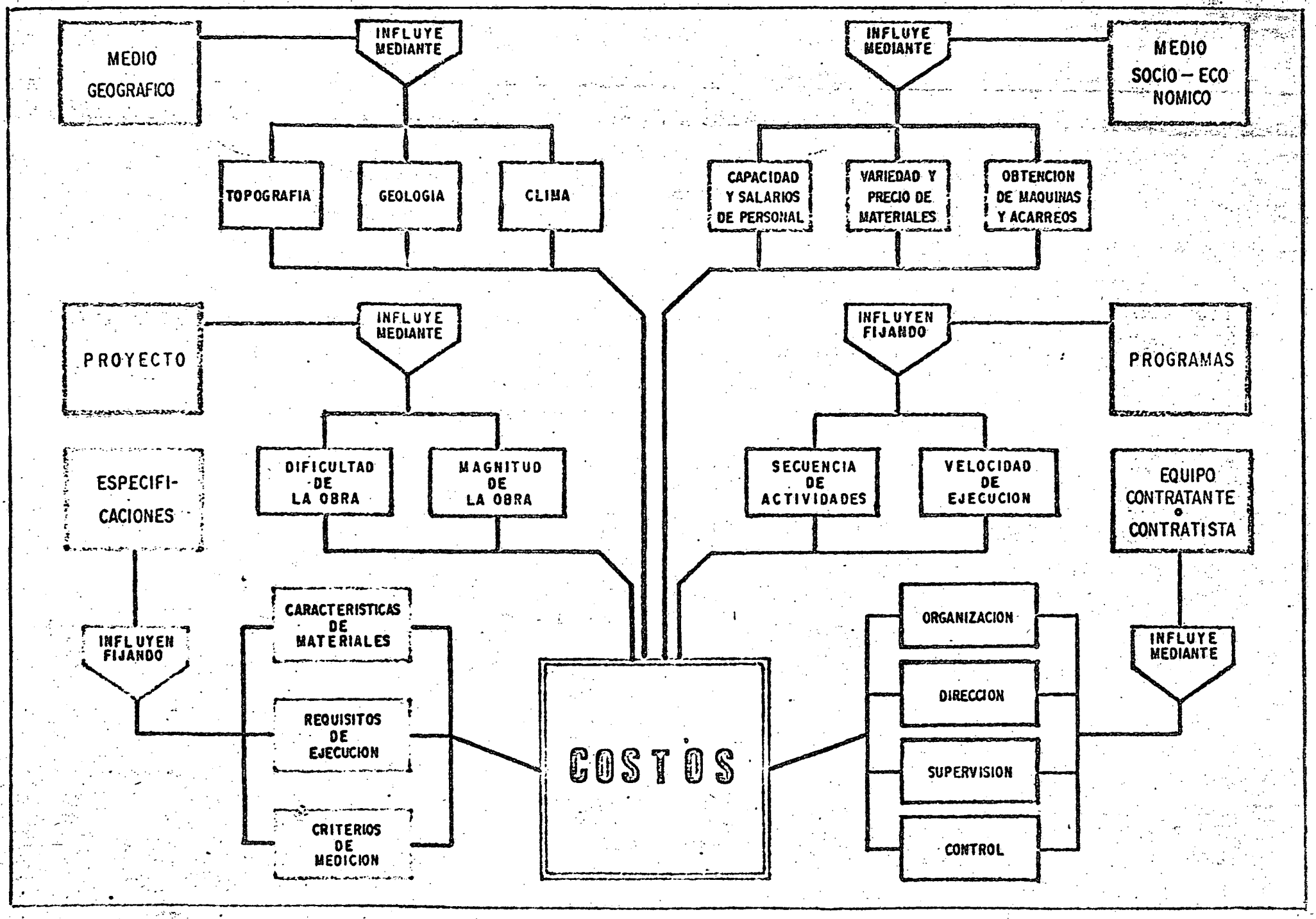
LA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA



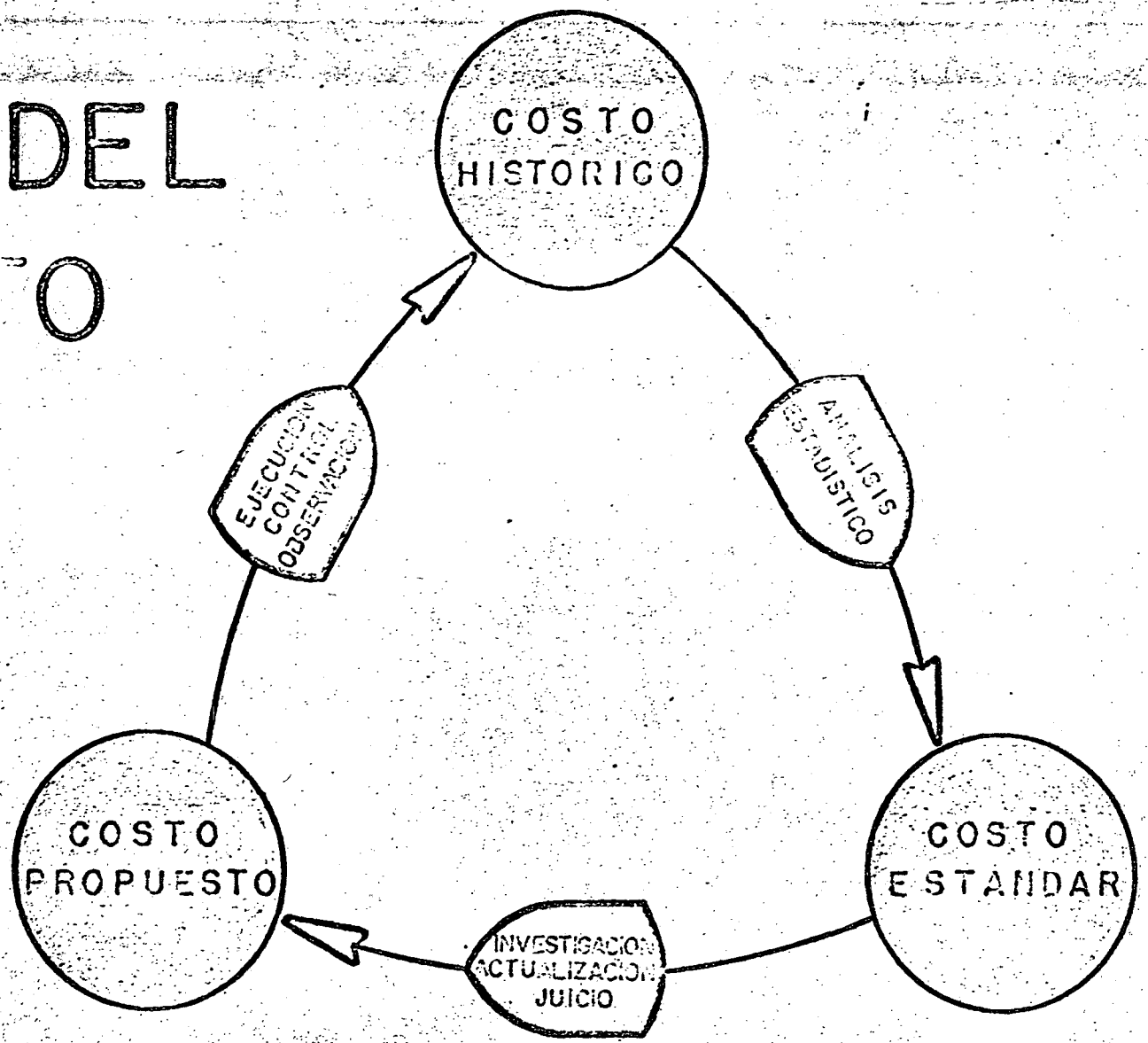
PROCESO DE REALIZACION DE LAS OBRAS



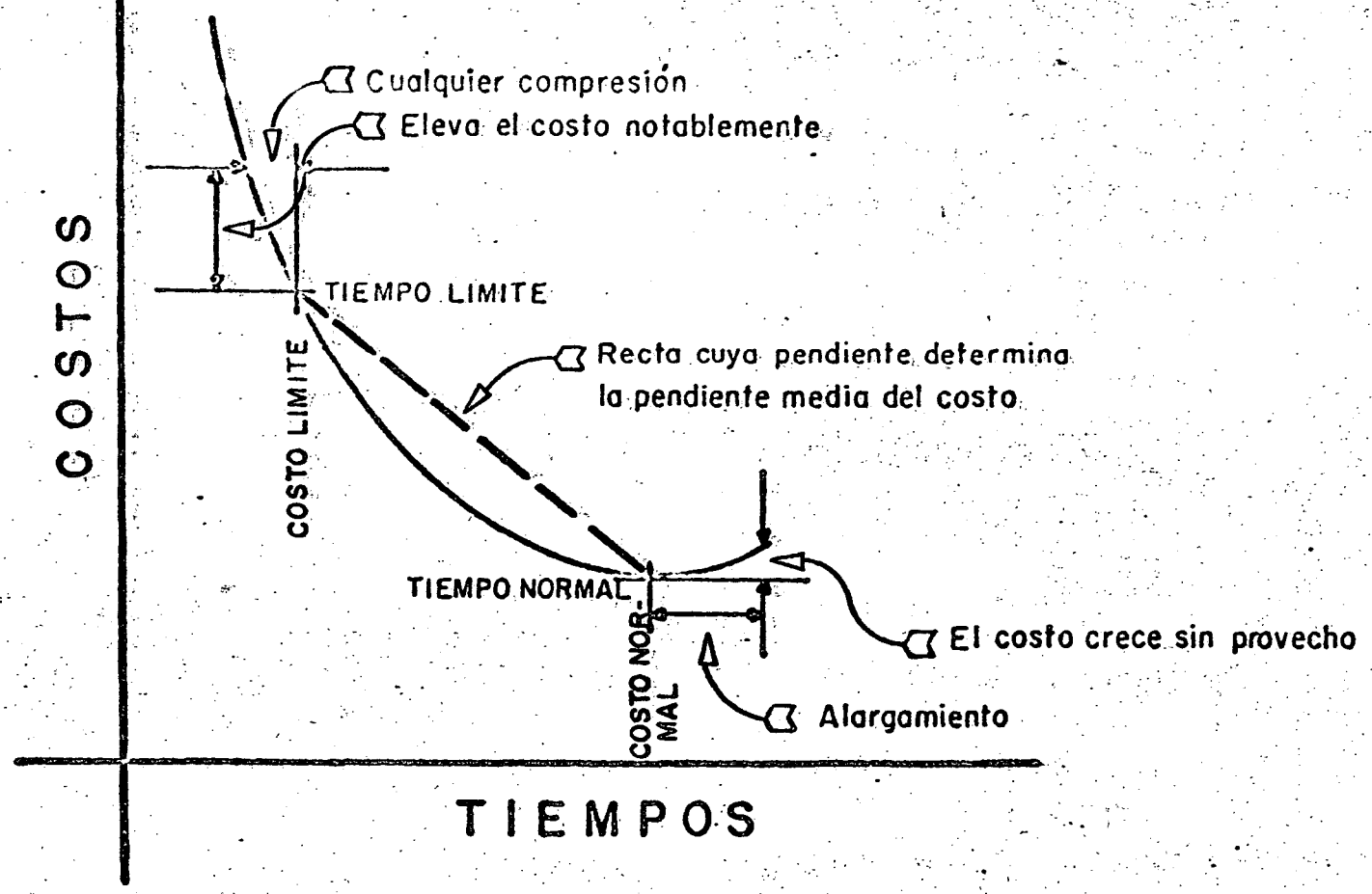

INTERVENCION DEL COSTO
PLANEA CION
PROYECTO
PROGRAMA
EJECUCION
PAGO
EN EL
•Evaluación economica
•Selección de alternativas
•Fijar Prioridades
•Comparar distintas alternativas
•Proponer modificaciones
•Seleccionar procedimientos constructivos.
•Determinar duracion de actividades
•Forma parte integrante de su formulación
•Revisión y ajuste de los procedimientos de construcción
•Control de la obra
•Forma parte integrante del mismo en las estimaciones y liquidaciones
PROCESO DE LA OBRA


MEDIO GEOGRAFICO
INFLUYE MEDIANTE
TOPOGRAFIA
GEOLOGIA
CLIMA
INFLUYE MEDIANTE
MEDIO SOCIO – ECO NOMICO
CAPACIDAD Y SALARIOS DE PERSONAL
VARIEDAD Y PRECIO DE MATERIALES
OBTENCION DE MAQUINAS Y ACARREOS
PROYECTO
INFLUYE MEDIANTE
DIFICULTAD DE LA OBRA
MAGNITUD DE LA OBRA
INFLUYEN FIJANDO
PROGRAMAS
SECUENCIA DE ACTIVIDADES
VELOCIDAD DE EJECUCION
ESPECIFI-CACIONES
INFLUYEN FIJANDO
CARACTERISTICAS DE MATERIALES
REQUISITOS DE EJECUCION
CRITERIOS DE MEDICION
COSTOS
ORGANIZACION
DIRECCION
SUPERVISION
CONTROL
EQUIPO CONTRATANTE o CONTRATISTA
INFLUYE MEDIANTE

CICLO DEL COSTO



RELACION COSTO-TIEMPO PARA CULQUIER ACTIVIDAD



FACTORES DE DEPENDENCIA.

- CONTROLABLES:
  - Proyecto
  - Especificaciones
  - Programa
- INCONTROLABLES:
  - Topografía
  - Geologia
  - Cond. Legales y Laborales
  - Clima
  - Oferta y demanda

PRECIO UNITARIO

FACTORES DE CONSISTENCIA.

- DIRECTOS
- INDIRECTOS
- UTILIDAD
- OTROS CARGOS

PRECIO UNITARIO

DIRECTOS

MANO DE OBRA
- Salario base
- Tiempo extra
- Bonificaciones
- Prestaciones
- Equipo de seguridad.
- Rendimientos

MATERIALES
- Precio
- Comisiones
- Fluctuaciones
- Transportes
- Maniobras
- Almacenajes
- Mermas
- Desperdicios
- Usos
- Cantidades

MAQUINARIA
- Fijos
  - Depreciación
  - Inversión
  - Seguros
  - Almacenaje
  - Mantenimiento
- Consumos
  - Combustibles
  - Lubricantes
  - Llantas
- Operación
- Transporte
- Rendimiento

HERRAMIENTA
- Tipo
- Distribución
- Precio
- Duración
- Consumo
- Perdidas

INSTALACIONES
- Como directo solo cuando pueda cargarse a un concepto especifico de trabajo
- Como indirecto cuando son de utilizacion general de la obra

INDIRECTOS

CENTRALES
Gastos generales en las oficinas centrales, necesarios para realizar la obra pero que no pueden considerarse como directos.

DE LA OBRA
Gastos generales en la obra, necesarios para realizar esta pero que no pueden cargarse a un concepto de obra determinada.

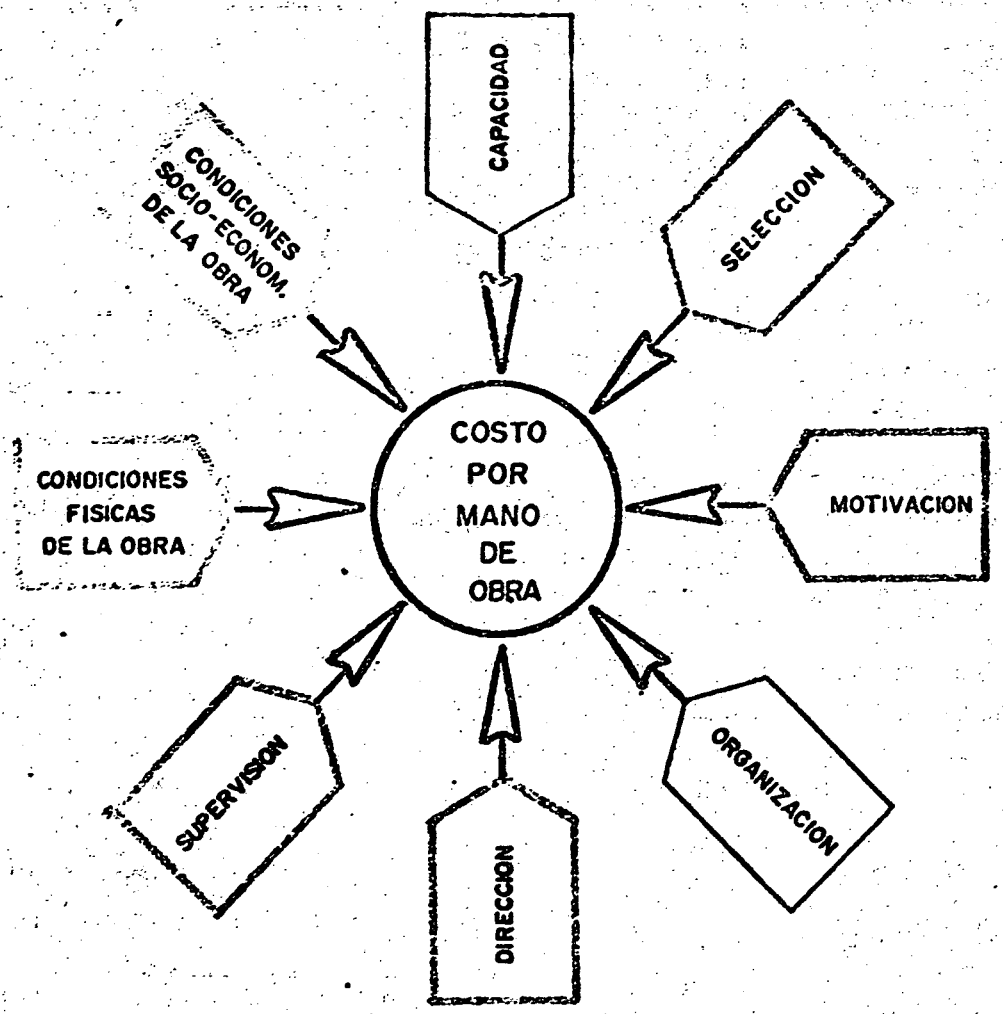
UTILIDAD
Ganancia que percibe el contratista

OTROS CARGOS
Los correspondientes a obligaciones estipuladas en el contrato y que no estan incluidas en los cargos directos ni indirectos

Tenencia Social 1% Gastos Regionales } 2% Campo Deportivo

CARGO POR MANO DE OBRA

FACTORES DE INFLUENCIA



INTEGRACION

$$M_o = \frac{S}{R}$$

M_o = Cargo por mano de obra

S = Salario real del personal que interviene en forma directa en la ejecución del trabajo.

Convencionalmente se considera como categoría límite de personal de dirección, con intervención directa, la correspondiente a Cabo de Cuadrilla.

R = Rendimiento por unidad de tiempo ya sea del individuo o de la cuadrilla, según sea el caso y lo considerado al valuar

CALCULO DE LOS FACTORES PARA OBTENER EL SALARIO REAL

I.- INCREMENTO CONSECUENTE CON LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO.

NUMERO DE DIAS NO LABORABLES AL AÑO:

DOMINGOS	52	DIAS
DIAS FERIADOS	7	"
VACACIONES	6	"
POR ENFERMEDAD	3	"
	68	DIAS

POR LO TANTO: DIAS LABORABLES: 365 - 68 = 297 DIAS LABORABLES

NUMERO DE DIAS QUE SE PAGAN:

EL AÑO:	365	DIAS
AGUINALDOS	15	"
PRIMA POR VACACIONES	1.5	"
	381.5	DIAS

COEFICIENTE DE INCREMENTO POR LEY FEDERAL DEL TRABAJO

$$\frac{381.5}{297} = 1.2845$$

II.- INCREMENTO CONSECUENTE CON EL SEGURO SOCIAL (CLASE V)

DIAS QUE SE PAGAN AL AÑO CON CARGO AL SEGURO 365 DIAS

DIAS LABORABLES EN UN AÑO: 297 DIAS

$$\text{FACTOR} = \frac{365 \text{ DIAS}}{297 \text{ DIAS}} = 1.2260$$

EL SEGURO SOCIAL FIJA LOS PORCENTAJES A ESTE FACTOR, DE ---- 19,6875% PARA SALARIOS MINIMOS Y DE 15.9375% PARA SALARIOS MAYORES AL MINIMO.

DE DONDE: 122,60 x 19.6875% = 24.14 PARA MIN.
122,60 x 15.9375% = 19.54 PARA MAY. Q/MIN.

AHORA, SI NUESTRO SALARIO BASE ES IGUAL A 100.00

CONCEPTO	MINIMO	MAY.Q/MIN.
SALARIO BASE	100.00	100.00
INCREMENTO: LEY FEDERAL	28.45	28.45
INCREMENTO S. S.	24.14	19.54
SUMA TOTAL	152.59	147.99
FACTORES	1.53	1.48

CARGO POR EQUIPO DE SEGURIDAD

VALUACION PARA LA CATEGORIA DE PEON (EJEMPLO)

CATEGORIA	SALARIO TURNO	EQUIPO DE SEGURIDAD			
		TIPO	COSTO	DURACION	CARGO
PEON	$ 55.00	CASCO	$ 80.00	297	$ 0.27
		GUANTES	$ 25.00	75	$ 0.33
		BOTAS HULE	$ 90.00	149	$ 0.60
		IMPERMEABLE	$120.00	297	$ 0.40
SUMAS	$ 55.00				$ 1.60

Factor por Reparaciones (No se considera por ser equipo que no acepta reparación)

Factor por Pérdidas 1.10 (Variable de acuerdo con el tipo de la obra y la ubicación de la misma)

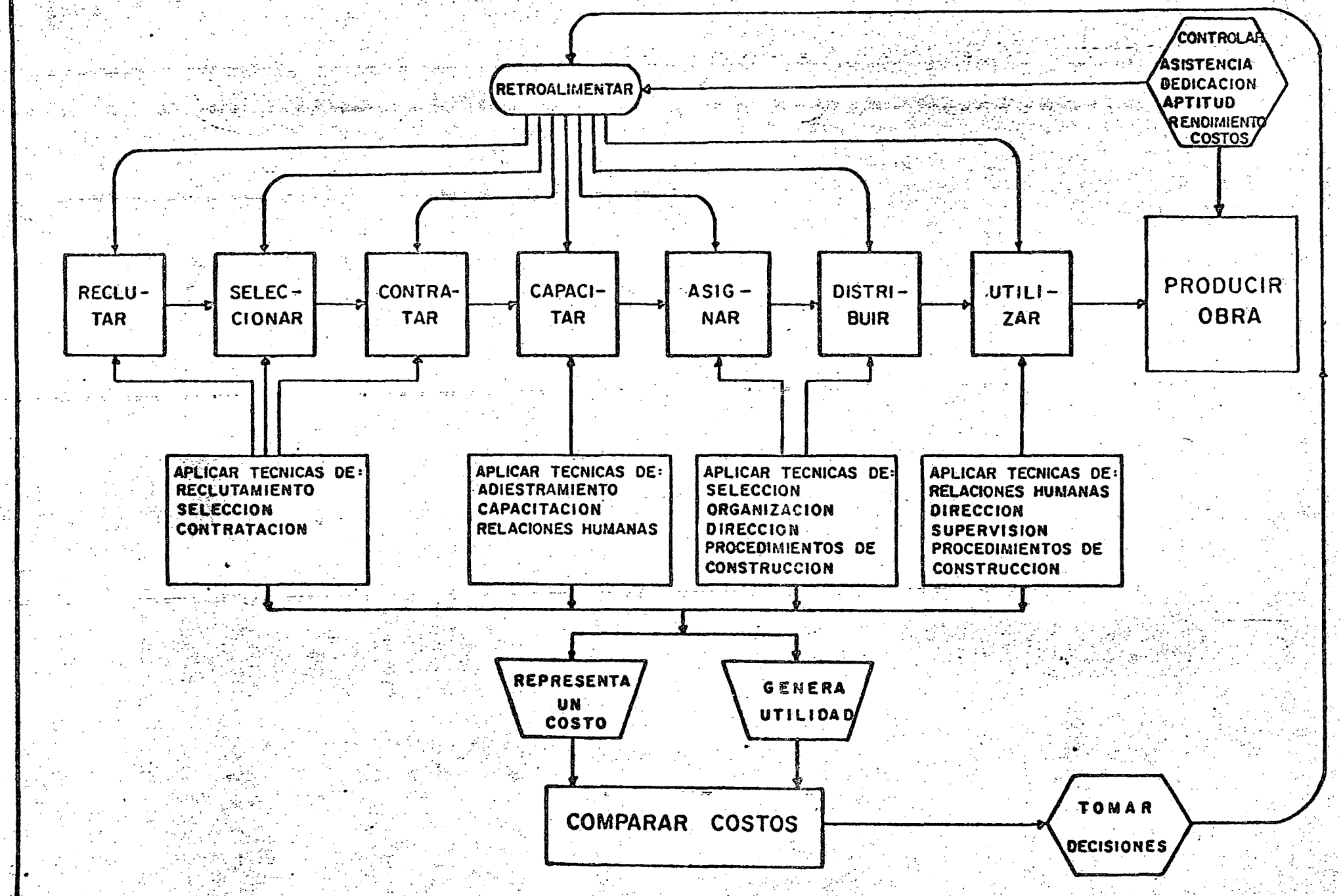
CARGO POR EQUIPO DE SEGURIDAD $ 1.60 x 1.10 = $ 1.76

APLICACION DEL CARGO:

Este cargo se valúa para cada categoria y condición de trabajo, y se tomará en cuenta adicionandolo al salario por turno del trabajador, sin que participe de otros cargos adicionales tales como los de herramienta. El cargo se tomará en cuenta, siempre y cuando REALMENTE se le proporcione al trabajador el equipo de seguridad.

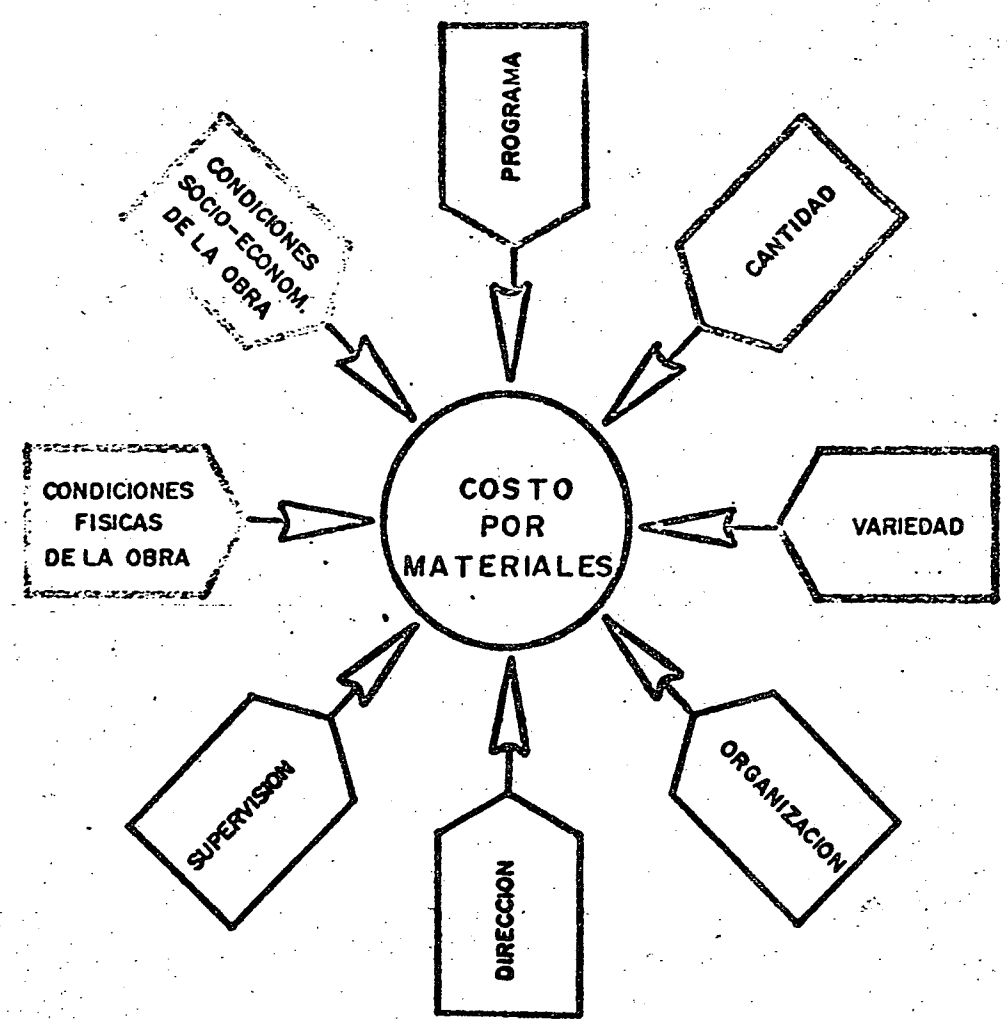
E.T.L.

PROCESO DE UTILIZACION DEL RECURSO "MANO DE OBRA"



CARGO POR MATERIALES

FACTORES DE INFLUENCIA



INTEGRACION

$$M = Va \cdot C$$

M = Cargo por materiales

Va = Precio por unidad del material de que se trate, puesto en la obra.

INCLUYE:

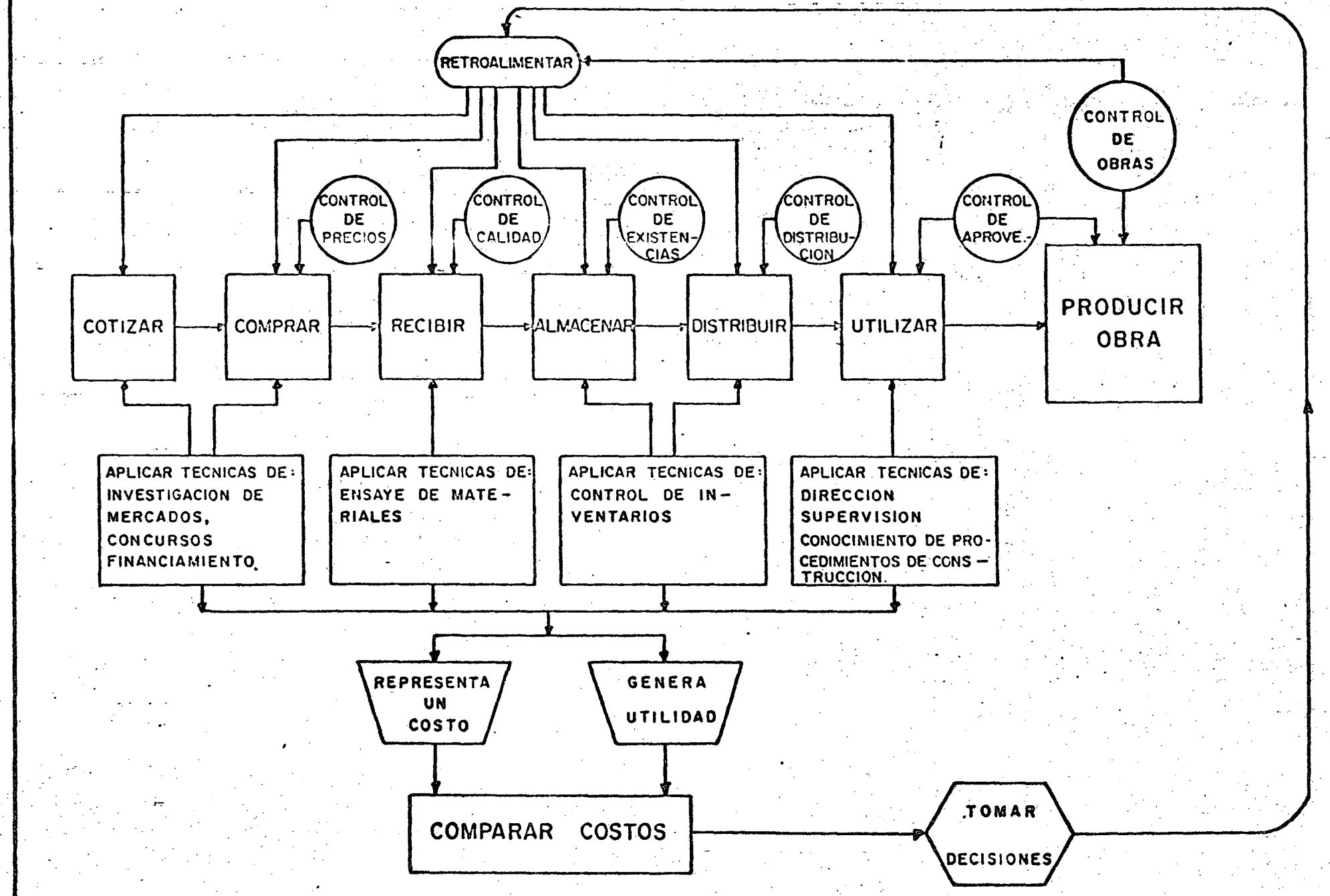
- Costo de adquisición en el mercado
- Costo del transporte hasta la obra
- Costo de las maniobras necesarias
- Costo por mermas razonables

C = Consumo del material por unidad de obra.

INCLUYE:

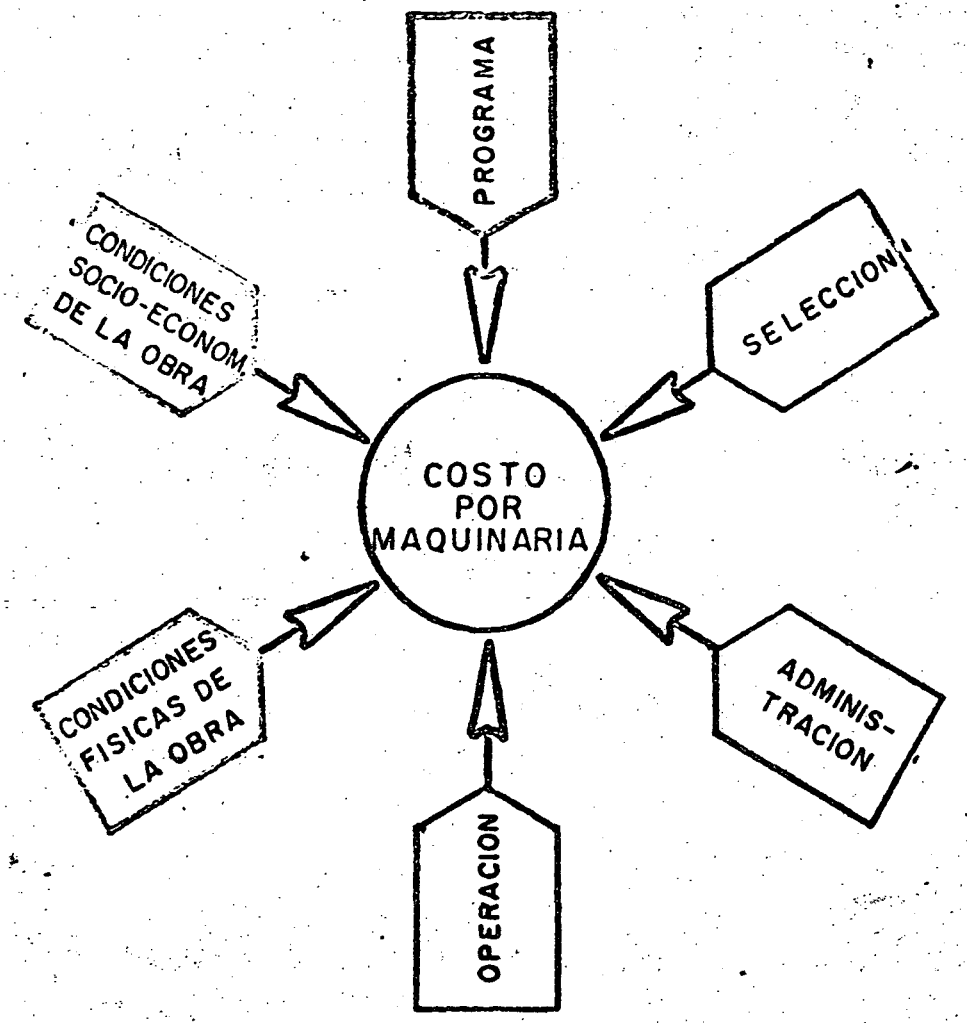
- Cantidad nominal
- Desperdicios
- Número de usos, en su caso

PROCESO DE UTILIZACION DEL RECURSO "MATERIALES"



CARGO POR MAQUINARIA

FACTORES DE INFLUENCIA



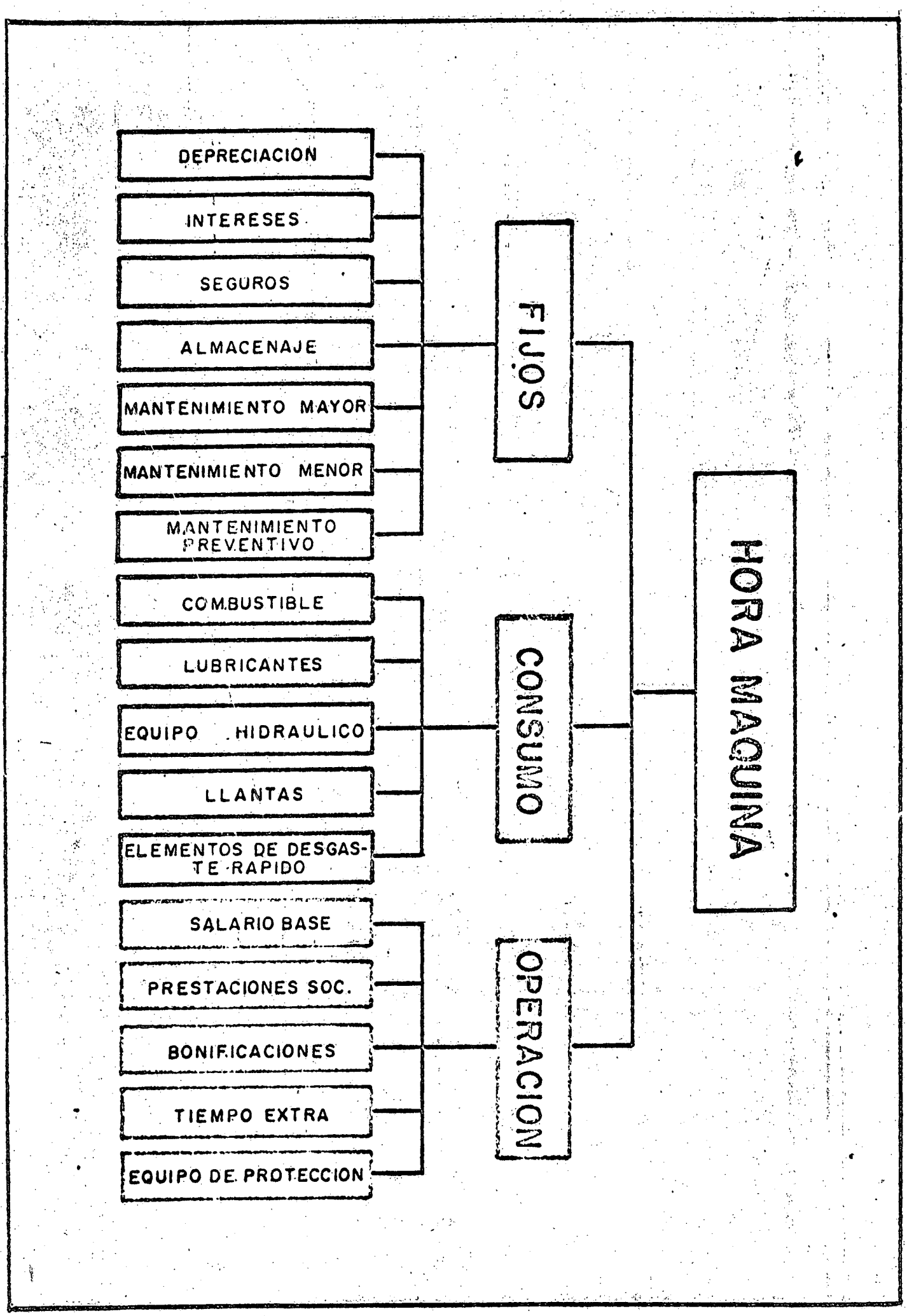
INTEGRACION

$$CM = \frac{HMD}{RM}$$

CM = Cargo por Maquinaria

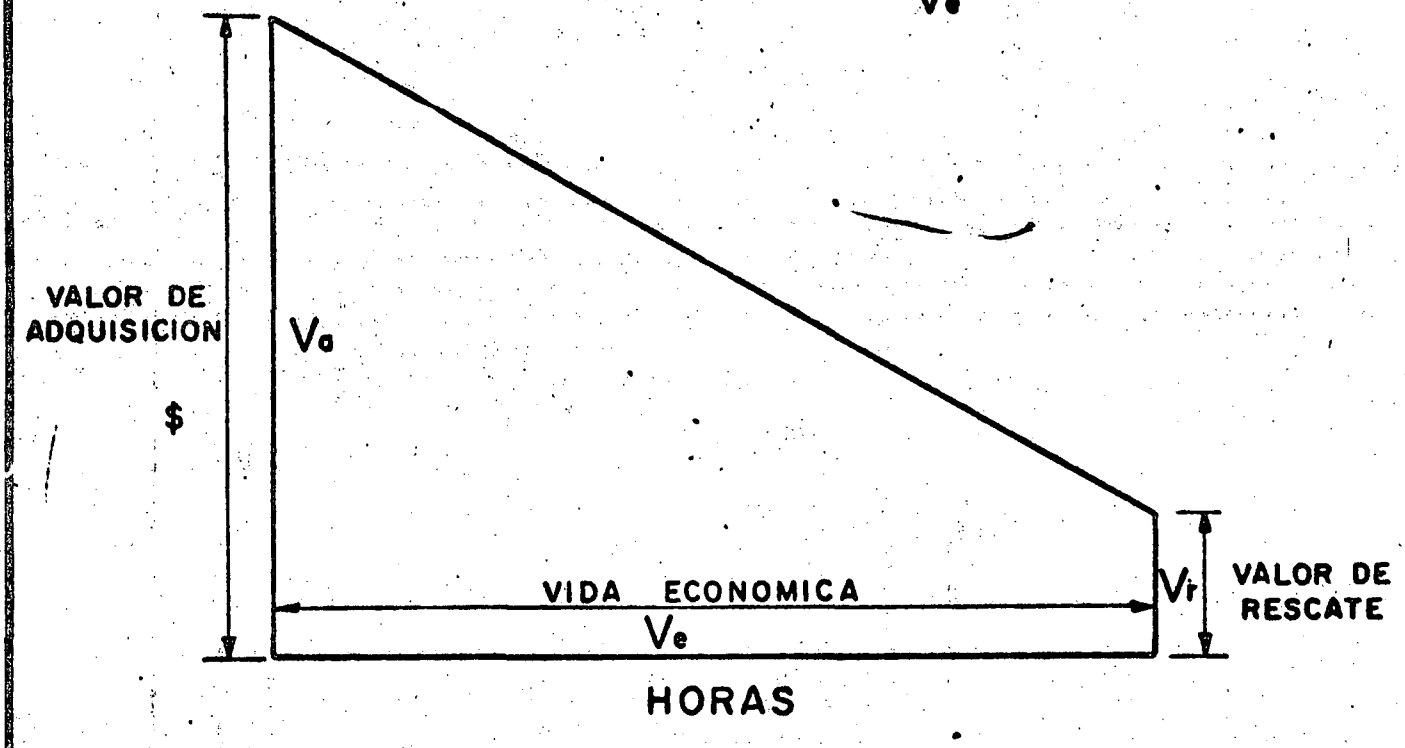
HMD = Costo directo de la hora máquina

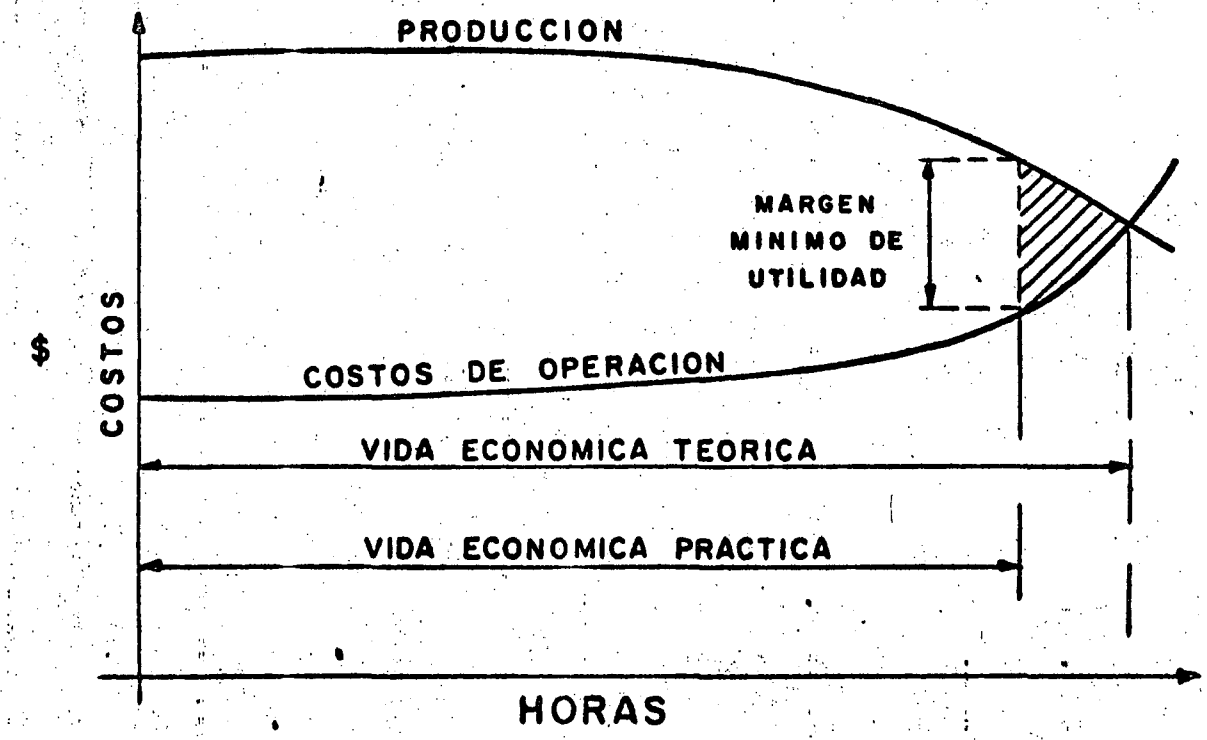
RM = Rendimiento o Producción de la máquina por hora de trabajo.


HORA MAQUINA
FIJOS
CONSUMO
OPERACION
DEPRECIACION
INTERESES
SEGUROS
ALMACENAJE
MANTENIMIENTO MAYOR
MANTENIMIENTO MENOR
MANTENIMIENTO PREVENTIVO
COMBUSTIBLE
LUBRICANTES
EQUIPO HIDRAULICO
LLANTAS
ELEMENTOS DE DESGASTE RAPIDO
SALARIO BASE
PRESTACIONES SOC.
BONIFICACIONES
TIEMPO EXTRA
EQUIPO DE PROTECCION

DEPRECIACION

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$



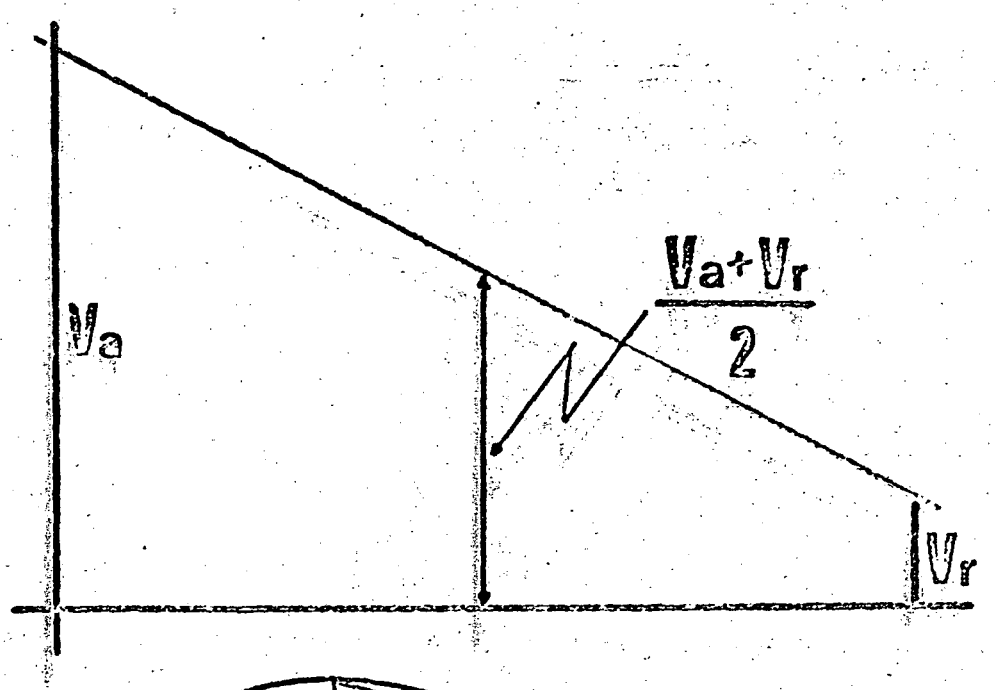


E.T.L.

INVERSION

INTEGRACION

$$I = \frac{V_a + V_r}{2H_a}\, i$$



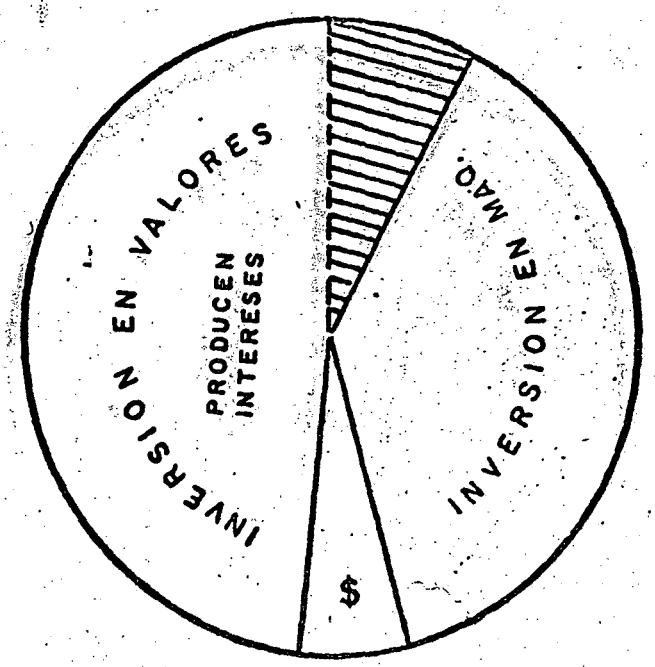
I = Cargo por Inversión

Va = Valor de adquisición

Vr = Valor de rescate

Ha = Horas activas en el año

i = Tasa anual de intereses para capitales invertidos.



CAPITAL DE LA EMPRESA

SEGUROS

INTEGRACION

$$S = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} s$$

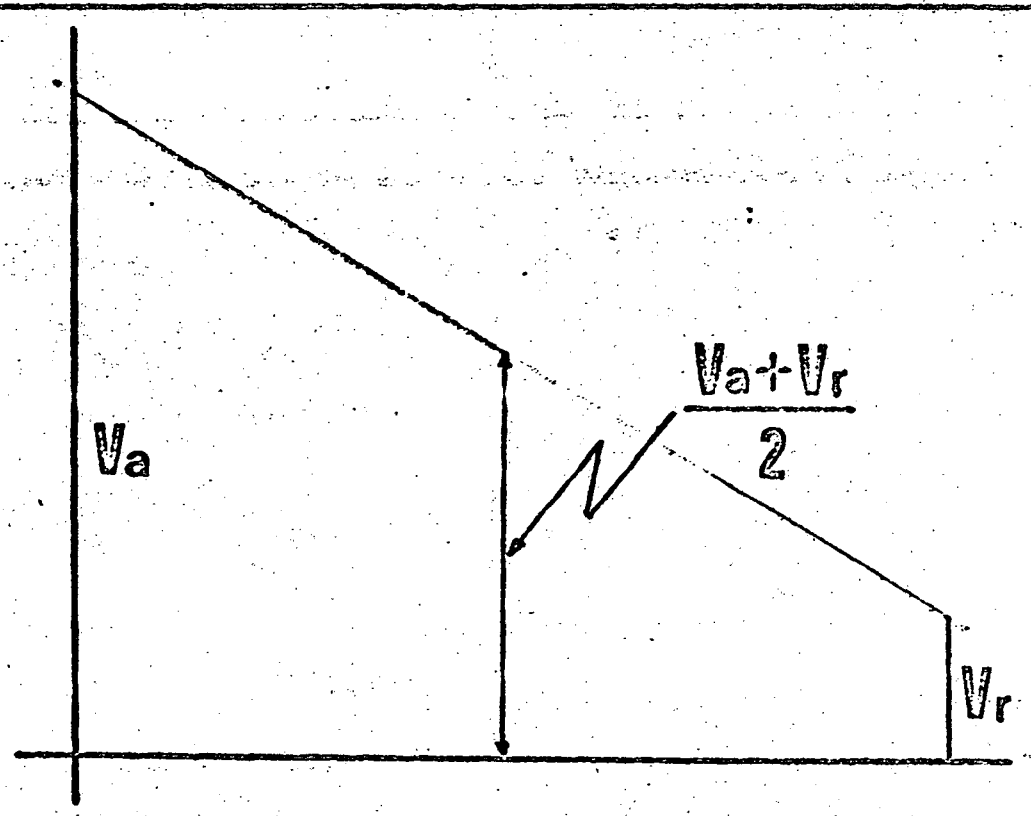
S = Cargo por Seguros

Va = Valor de adquisición

Vr = Valor de rescate

Ha = Horas activas en el año

s = Tasa anual de seguros



SEGURO NORMAL

S = Prima anual de seguro expresada en % del valor de adquisición de la máquina.

AUTO - ASEGURAMIENTO

S = Monto anual considerado por la empresa para cubrir contingencias de la máquina, expresado en % del valor de adquisición de la máquina.

ALMACENAJE

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.

K_a = Coeficiente de almacenaje depende de:

1.- TIPO Y TAMAÑO DE LA MAQUINA

2.- TIEMPO DE ALMACENAJE

3.- RENTA O AMORTIZACION DE:

3.1.- TERRENO NECESARIO

3.2.- TECHADOS O COBERTIZOS Y OFICINAS

4.- PERSONAL NECESARIO PARA:

4.1.- VIGILANCIA

4.2.- MOVIMIENTOS

4.3.- MANTENIMIENTO

5.- MATERIALES NECESARIOS PARA:

5.1.- MOVIMIENTOS

5.2.- LUBRICACION

5.3.- MANTENIMIENTO Y PINTURA

INTEGRACION

$$\boxed{A = K_a D}$$

MANTENIMIENTO

$$T = QD$$

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.

Q = Coeficiente de Mantenimiento, depende de:

1.- Tipo de Máquina

2.- Condiciones de Trabajo

3.- Edad de la Máquina *

COMPRENDE:

1.- MANTENIMIENTO MAYOR (Reparaciones en talleres especializados o en el campo, con personal especialista. De larga duración)

1.1.- REFACCIONES
1.2.- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES
1.3.- SALARIOS DE MECANICOS
1.4.- AMORTIZACIONES DE TALLERES Y HERRAMIENTAS

2.- MANTENIMIENTO MENOR (Lubricación periódica, cambios de herramientas o equipos de ataque y sus consumos y reparaciones menores, de corta duración en los frentes de trabajo)

2.1.- REFACCIONES
2.2.- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES
2.3.- CONSUMO DE HERRAMIENTAS DE ATAQUE
2.4.- SALARIOS DE MECANICOS Y LUBRICADORES
2.5.- COSTO DE EQUIPOS DE LUBRICACION

E.T.L.

CONSUMO ESPECIFICO EN MOTORES

- G A S O L I N A -

1.- Aplicando las fórmulas de TERMODINAMICA es posible -- determinar TEORICAMENTE el consumo de combustible de- un motor de combustión interna, pero como existen mu- chas variables que modifican los resultados obtenidos matemáticamente este consumo se determina mediante -- PRUEBAS DIRECTAS EN EL DINAMOMETRO, al obtener las -- curvas características de cada motor.

2.- Un ejemplo de estas curvas se anexa como referencia.

3.- Como puede apreciarse, en estas curvas se indica el - consumo en LIBRAS POR H. P. AL FRENO-HORA para varias velocidades y potencias.

4.- Analizando curvas características de varios motores - puede aceptarse que el CONSUMO ESPECIFICO PROMEDIO ES DE:

0.55 LIBRAS POR BHP-HORA

5.- La GASOLINA tiene un PESO ESPECIFICO DE:

0.71 A 0.76 KGS/LITRO

#2...

Por lo tanto el consumo será:

$$\frac{0.55 \times 0.454}{0.71} = 0.350 \text{ LITROS POR BHP-HORA}$$

6.- PARA CALCULAR EL CONSUMO DE UNA MAQUINA EN OPERACION, SE HACEN LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

a) Los vendedores siempre anuncian sus máquinas con la especificación de POTENCIA MAXIMA del motor, es decir a la máxima velocidad angular (R. p. m.)

b) Los motores NUNCA se operan en forma normal a esa potencia máxima, pues su vida se reduciría a unas cuantas horas.- Para evitar ésto, los motores están generalmente GOBERNADOS para obtener de ellos del 70% al 80% de la potencia máxima especificada.

c) Por otra parte, durante los ciclos de utilización de las máquinas, estos usualmente NO TRABAJAN EN FORMA CONTINUA A PLENA CARGA y por lo tanto, es práctica generalmente aceptada considerar como PROMEDIO UNA DEMANDA QUE VARIA DEL 60% AL 80% DE LA POTENCIA GOBERNADA.

d) Aceptando estas consideraciones Y TOMANDO COMO BASE LA POTENCIA MAXIMA (de Catálogo) se puede concluir --

#3...

que el CONSUMO PRACTICO POR HP-HORA DE POTENCIA NOMINAL SERA:

0.8 x 0.8.0.350 = 0.224 LITROS POR HP-HORA

- D I E S E L -

MOTOR DIESL:	lbs. por BHP-hora		
NORDBERG	0.38	A	0.40
GENERAL MOTORS	0.45	A	0.50
CATERPILLAR	0.42	A	0.50
HERCULES	0.40	A	0.50

SE PUEDE TOMAR COMO PROMEDIO

0.45 lbs/bhp-hora

0.45 x 454 = 204.3 GRAMOS/bhp-hora

PESO ESPECIFICO = 0.9 KG/LITRO

LITROS POR BHP-HORA = 0.227 = 0.230

MAQUINA TRABAJANDO

1. Los vendedores siempre anuncian sus máquinas con la especificación de POTENCIA MAXIMA del motor, es decir a la máxima velocidad.
2. Los motores NUNCA se trabajan en forma normal a esa potencia máxima pués su vida se reduciría a unas --

cuantas horas. Para evitar esto, los motores están generalmente GOBERNADOS para obtener de ellos del 70% al 80% de la potencia máxima especificada.

3. Por otra parte, durante los ciclos de utilización de las máquinas, éstas usualmente no trabajan a plena carga y por lo tanto es práctica generalmente aceptada considerar como promedio una demanda que varía del 60% al 80% de la potencia gobernada.

Aceptando estas consideraciones, y tomando como base LA POTENCIA MAXIMA (DE CATALOGO) se puede concluir que el CONSUMO ESPECIFICO POR HP HORA DE POTENCIA NOMINAL SERA:

0.8 x 0.8 x 0.230 = 0.1472 lts/HP-HORA

LO CUAL CONCUERDA CON LOS CRITERIOS DE S.O.P. Y PEURIFOY QUE RECOMIENDAN 0.15 lts/HP-HORA

La fórmula para calcular el consumo por hora de cada máquina con motor diesel será:

CONSUMO POR HORA = 0.15 x HP ESPECIFICADOS, (POTENCIA MAXIMA O DE CATALOGO).

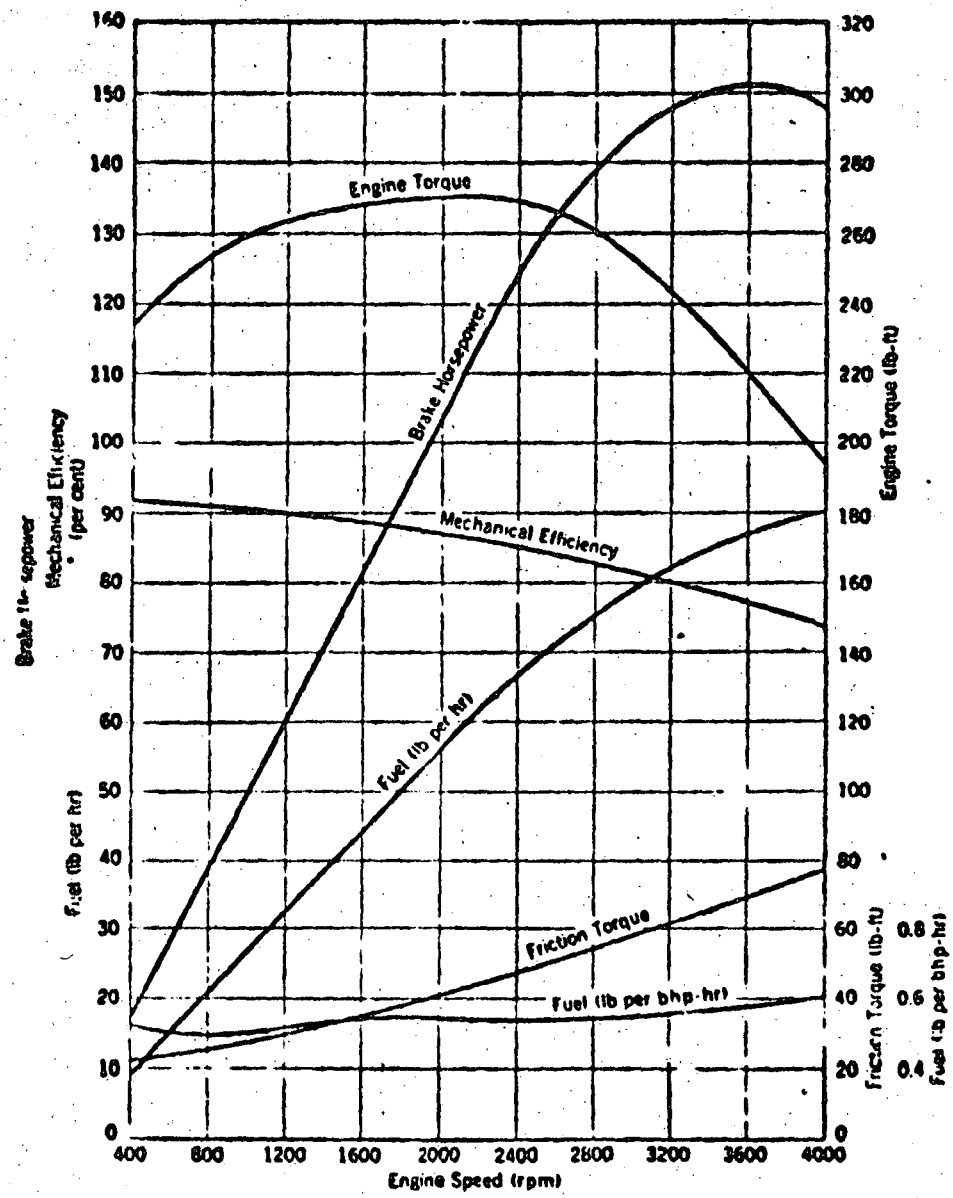


Fig. 14-11. Performance curves for 1947 Buick engine. Eight cylinders, 3½ by 4½ in.; 3.9 cu in., compression ratio, 7:1. (Courtesy of Buick Division, General Motors Corp.)

COSTO DE HORA MAQUINA

Valor de Adquisición =
Horas de Vida =
Valor de Rescate 20% =

Descripción:

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$= \frac{Va - Vr}{Ve}$		
	Inversión	$\left(= \frac{Va + Vr}{2Ha}\right) i$		
	Seguros	$\left(= \frac{Va + Vr}{2Ha}\right) s$		
	Almacenaje	$= Ka\ D$		
	Mantenimiento	$= Q\ D$		
CONSUMOS	Combustibles	$= c\ Pc$		
	Lubricantes	$= a\ Pl$		
	Llantas	$= \frac{Vll}{Hv}$	2100 a 3.000 =	
	Operación	$= \frac{Sa}{H}$		
			TOTAL	

Va = Valor de adquisición de la máquina.
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas.
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
i = Tasa de interés anual en vigor expresada como fracción.
s = Prima anual expresada como fracción.
Ka = Coeficiente calculado o experimental.
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.
Q = Coeficiente experimental.
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo.
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina.
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina.
Vll = Valor de adquisición de las llantas.
Hv = Vida económica de las llantas en horas.
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

B.T.L

CARGO POR HERRAMIENTA

VALUACION PARA UNA CUADRILLA DE TERRACERIAS (EJEMPLO)

PERSONAL CUADRILLA				HERRAMIENTA					
CATEGORIA	No.	SALARIO $	TOTAL $	TIPO	CANTIDAD	COSTO-UNIT.- $	COSTO TOTAL	DURACION (TURNOS)	CARGO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CABO	1	70.00	70.00	PICOS	10	30.00	300.00	297	1.01
PEONES	10	55.00	550.00	PALAS	10	30.00	300.00	297	1.01
AGUADOR	0.5	55.00	27.50	BARRETAS	4	50.00	200.00	891	0.22
TLACUALERO	0.2	55.00	11.00	MARROS	4	35.00	140.00	297	0.47
				CUÑAS	4	10.00	40.00	594	0.07
				BOTES	5	10.00	50.00	50	1.00
				CARRETILLAS	5	250.00	1,250.00	223	5.61
S U M A S			658.50						9.39

Factor por Reparaciones 1.25 % (Variable de acuerdo con el tipo de herramienta)

Factor por Pérdidas 1.10 % (Variable de acuerdo con el tipo de la herramienta y de la obra)

Factores adicionales: (Se considerarán, en su caso, por tipo de material y condiciones especiales de la obra)

$$\text{CARGO POR HERRAMIENTA} = \frac{\$9.39 \times 1.25 \times 1.10}{\$658.50} \times 100 = 1.96\% \text{ SOBRE COSTO DE LA MANO DE OBRA.}$$

E. T. L.

CARGOS INDIRECTOS

DE LA OBRA

$$\% \text{ DE INDIRECTOS} = \frac{\Sigma \text{ GASTOS GENERALES NECESARIOS PARA EJECUTAR LA OBRA}}{\text{COSTO DIRECTO TOTAL DE LA OBRA}} \times 100$$

CONCEPTOS GENERALES DE EROGACION EN LA OBRA QUE PUEDEN CONSIDERARSE DENTRO DE LOS INDIRECTOS

1.- HONORARIOS, SUELDOS Y PRESTACIONES

a) Personal de dirección
b) Personal técnico
c) Personal administrativo
d) Personal en tránsito
e) Cuota patronal de Seguro Social e impuesto adicional sobre remuneraciones pagadas para a) a d)
f) Pasajes y viáticos

2.- DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y RENTAS

a) Edificios y locales
b) Campamentos
c) Talleres
d) Bodegas
e) Instalaciones generales
f) Muebles y enseres

3.- SERVICIOS

a) Depreciación o renta y operación de vehículos
b) Laboratorios de campo

4.- FLETES Y ACARREOS

a) De campamentos
b) De equipo de construcción
c) De plantas y elementos para instalaciones
d) De personal (en su caso)
e) De mobiliario

5.- GASTOS DE OFICINA

a) Papelería y útiles de escritorio
b) Correos, teléfonos, telegrafo y radio
c) Situación de fondos
d) Copias y duplicados
e) Luz, gas y otros consumos

6.- TRABAJOS PREVIOS Y AUXILIARES

a) Construcción y conservación de caminos de acceso
b) Montajes y desmantelamiento de equipo, si procede
c) Conservación de la obra hasta su entrega final

7.- IMPREVISTOS

CARGOS INDIRECTOS

DE LA OBRA

$$\% \text{ DE INDIRECTOS} = \frac{\Sigma \text{ GASTOS GENERALES NECESARIOS PARA EJECUTAR LA OBRA}}{\text{COSTO DIRECTO TOTAL DE LA OBRA}} \times 100$$

CONCEPTOS GENERALES DE EROGACION EN LA OBRA QUE PUEDEN CONSIDERARSE DENTRO DE LOS INDIRECTOS

1.- HONORARIOS, SUELDOS Y PRESTACIONES

a) Personal de dirección
b) Personal técnico
c) Personal administrativo
d) Personal en tránsito
e) Cuota patronal de Seguro Social e impuesto adicional sobre remuneraciones pagadas para a) a d)
f) Pasajes y viáticos

2.- DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y RENTAS

a) Edificios y locales
b) Campamentos
c) Talleres
d) Bodegas
e) Instalaciones generales
f) Muebles y enseres

3.- SERVICIOS

a) Depreciación o renta y operación de vehículos
b) Laboratorios de campo

4.- FLETES Y ACARREOS

a) De campamentos
b) De equipo de construcción
c) De plantas y elementos para instalaciones
d) De personal (en su caso)
e) De mobiliario

5.- GASTOS DE OFICINA

a) Papelería y útiles de escritorio
b) Correos, teléfonos, telegrafo y radio
c) Situación de fondos
d) Copias y duplicados
e) Luz, gas y otros consumos

6.- TRABAJOS PREVIOS Y AUXILIARES

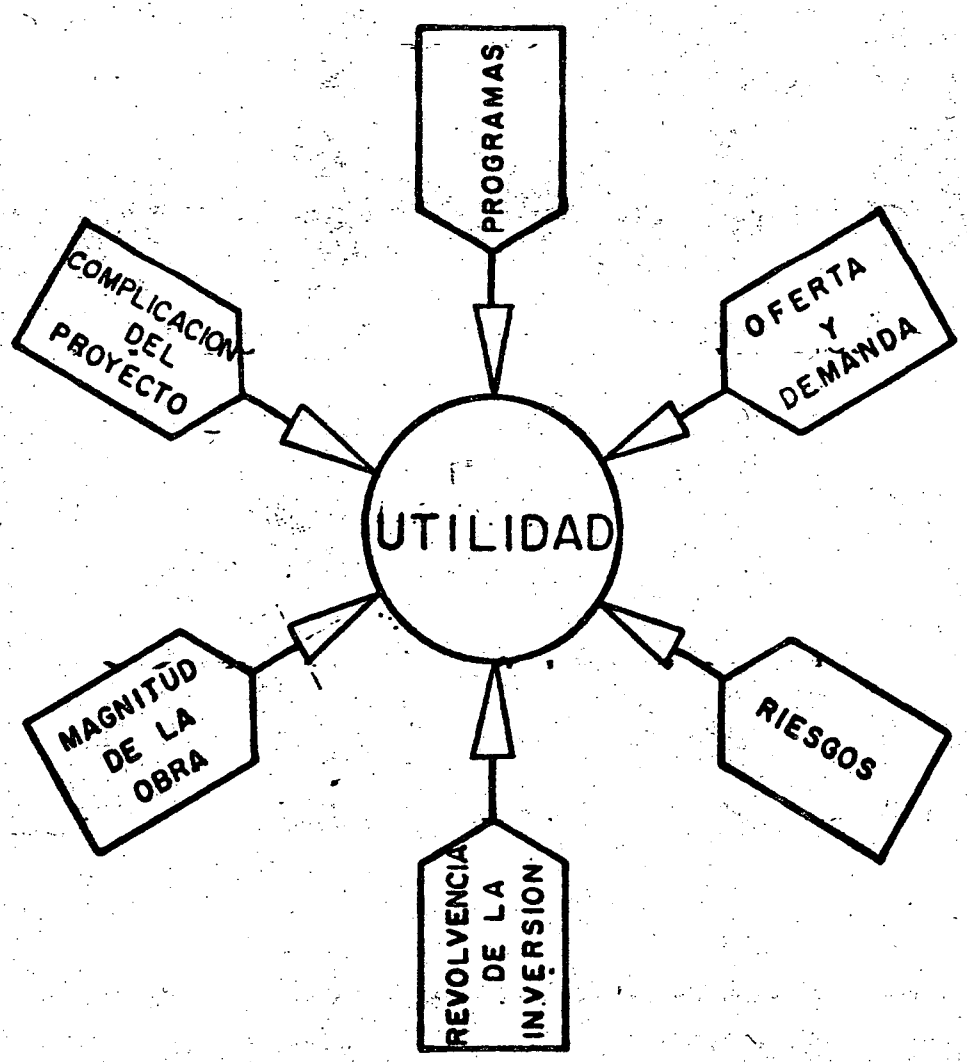
a) Construcción y conservación de caminos de acceso
b) Montajes y desmantelamiento de equipo, si procede
c) Conservación de la obra hasta su entrega final

7.- IMPREVISTOS

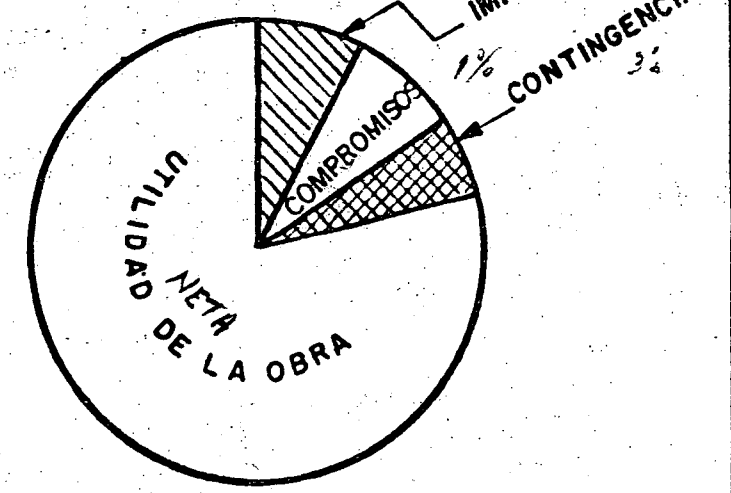
UTILIDAD

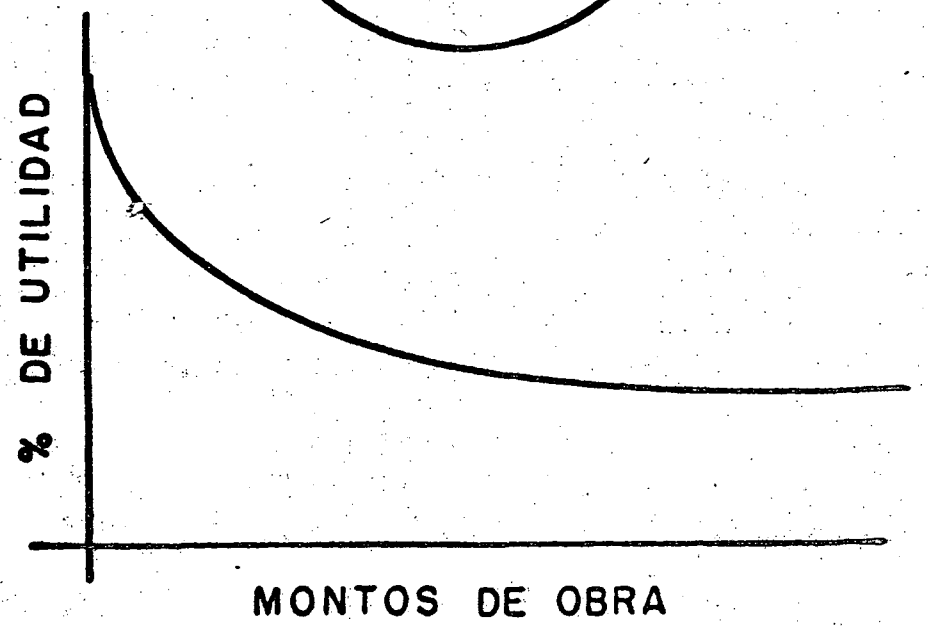
GANANCIA QUE CORRESPONDE AL CONTRATISTA POR LA EJECUCION DEL TRABAJO

FACTORES DE INFLUENCIA



INTEGRACION





R E N D I M I E N T O S

DE MAQUINARIA

FACTOR DE EFICIENCIA

"E"

CONDICIONES DE LA OBRA.	CONDICIONES DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTES	BUENAS	REGULARES	MALAS
EXCELENTES	0.80	0.75	0.70	0.65
BUENAS	0.75	0.70	0.65	0.60
REGULARES	0.70	0.65	0.60	0.55
MALAS	0.65	0.60	0.55	0.50

CONDICIONES DE LA OBRA

EXCELENTES.- Los factores derivados de la ubicación de la obra, el proyecto, las especificaciones y el programa, ejercen influencia positiva y, por lo tanto facilitan la ejecución de la obra.

BUENAS.- La influencia ejercida por los factores antes mencionados es la normal para la obra de que se trate.

REGULARES.- Alguno o algunos de los factores señalados, siendo minoria, ejercen influencia negativa en la ejecución de la obra.

MALAS.- La mayor parte de los factores, ejercen influencia negativa en la ejecución de la obra.

CONDICIONES DE ADMINISTRACION

EXCELENTES.- La experiencia, organización y disposición de recursos del contratista, asi como la dirección y supervisión de la contratante, tienen características positivas para la ejecución de la obra.

BUENAS.- Los factores señalados para contratista y contratante son los normales.

REGULARES.- Existe alguna limitación en uno de los factores señalados.

MALAS.- Existen limitaciones en varios de los factores señalados o alguno de ellos tiene características en extremo negativas.

RENDIMIENTOS

DE MAQUINARIA

1.- Las máquinas en general trabajan mediante la repetición continuada de una serie de movimientos, serie que constituye el ciclo de trabajo de las mismas.

2.- El rendimiento o producción de una máquina puede obtenerse mediante la determinación de la cantidad de trabajo producida durante un ciclo y del número de ciclos efectuados en una hora efectiva, multiplicados por el factor de eficiencia que corresponda, de acuerdo con la formula siguiente:

$$R = \frac{V\ Cc}{Ca} \cdot \frac{60\ \text{mín.}}{t_c} \cdot E$$

3.- Formula en la cual:

R = Rendimiento o Producción por hora.

V = Volumen nominal que realiza la máquina por ciclo de trabajo.

C_c = Factor de corrección al volumen nominal, depende generalmente del tipo de material y de las dimensiones del equipo de trabajo de la máquina.

Ca = Factor de abundamiento.

60 mín. = Los 60 minutos de la hora.

t_c = Duración de un ciclo completo de trabajo medido en minutos.

E = Factor de eficiencia.

RENDIMIENTOS

DE MAQUINARIA

VOLUMEN POR CICLO

$$\frac{V \quad Cc}{Ca}$$

V ---- Es función de las dimensiones geométricas del equipo de trabajo y de la capacidad de carga de la máquina (Volumen o Capacidad Nominal)

Cc - Es función de:

- Condiciones físicas del material

  clase
  cohesión interna
  grado de humedad
  tamaño y forma de partículas
  peso volumétrico

- Condiciones mecánicas de la máquina

  Dimensiones relativas del equipo de trabajo.

  Capacidad de carga.

Ca - Es función de:

- Condiciones físicas del material; su aplicación está condicionada a la forma en que se efectúe la valuación del rendimiento o producción; para producción midiendo el material suelto, Ca=1; para producción midiendo el material en banco Ca=al correspondiente de acuerdo con el abundamiento del material; cuando la producción se mide en material compactado, en la obra Ca = combinación de factor de abundamiento y factor de reducción por compactación.

RENDIMIENTOS

DE MAQUINARIA

CICLOS POR HORA

$$\frac{60 \text{ min}}{tc}$$

tc - Es el resultado de la suma de dos tiempos:

$$t_c = t_f + t_v$$

t_f - Tiempo fijo del ciclo, depende de los elementos mecánicos de la máquina que proporcionan los movimientos básicos del equipo de trabajo para realizar las operaciones básicas tales como ataque, carga, giros, descarga y cambios de velocidades.

t_v - Tiempo variable del ciclo, depende de las distancias de recorrido necesarias para completar el ciclo y de las velocidades a que se recorran dichas distancias.

INTEGRACION

t_f - Lo proporcionan los catálogos de operación de los fabricantes de maquinaria.

t_v - Se calcula aplicando la fórmula:

$$t_v = \frac{l_i}{v_i}$$

l_i = Longitud de cada tramo de los caminos de trabajo, clasificados en función del estado de la superficie de rodamiento y el alineamiento vértical.

v_i = Velocidad media de recorrido de cada tramo, calculada en función de la potencia de la máquina y las resistencias al rodamiento que generen las condiciones del tramo.

RENDIMIENTOS

TRACTORES EQUIPADOS CON HOJA EMPUJADORA

$$R = \frac{V\ C_c}{C_a} \cdot \frac{60}{t_c} \cdot E$$

V

CALCULO TEORICO:

$$V = l \cdot \frac{h^2}{2\ \text{tang.}\alpha} \cdot k$$

l = Longitud de la hoja
h = Altura de la hoja
α = Angulo de reposo interno del material
k = Factor de corrección por variabilidad de la sección de la carga
k ≐ 1.0 para materiales arcillosos, cohesivos
k ≐ 0.8 para materiales granulares y roca: fragmentada

VALOR PRACTICO:

Se proporciona tabulado para diferentes potencias y formas de Hoja.

C_c

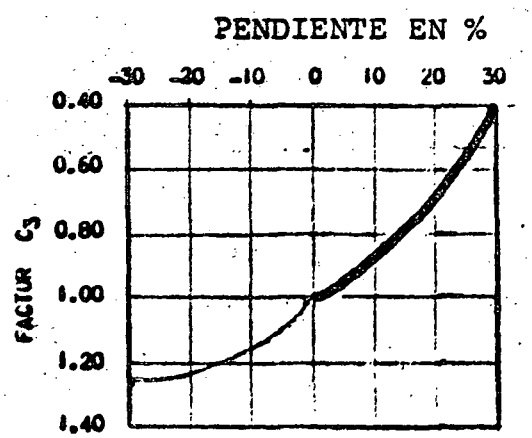
FACTOR COMPUESTO

$C_c = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$

C_1 = Factor correctivo por tipo de material, se usa solo cuando V es valor tabulado

C_2 = Factor correctivo por distancia de acarreo.
C_2 = 1 para 15 m.
C_2 = 0.95 para 30 m.
C_2 = 0.90 para 60 m.
C_2 = 0.85 para 90 m.

C_3 = Factor correctivo por pendiente (De Gráfica)



t_c

TIEMPO COMPUESTO

$t_c = t_f + t_v$ (se mide en minutos)

t_f = Tiempo fijo, incluye ascenso y descenso de la hoja, paros y cambios de velocidades.
t_f = 0.05 a 0.10 para máquinas con transmisión automática.
t_f = 0.10 a 0.15 para máquinas con transmisión directa.

t_v = Tiempo variable, incluye recorridos de máquina cargada y vacía

$$t_v = \frac{d}{Vc} + \frac{d}{Vv}$$

d = Distancia de acarreo
Vc = Velocidad máquina cargada
Vv = Velocidad máquina vacia.
V_c y V_v (Datos de catálogo o tabuladas)

RENDIMIENTOS

CARGADOR FRONTAL DE ORUGAS

$$R = \frac{VC_c}{Ca} \cdot \frac{60 \text{ min}}{t_c} \cdot E$$

V = Capacidad nominal del cucharón

Cc - Dependen del tipo de material y de las dimensiones del cucharón.

VALORES DE "Cc"

TIPO DE MATERIAL	CAPACIDAD NOMINAL (yd^3)							
	3/4	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4
Arcilla húmeda arenosa	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.20	1.22
Arcilla dura y tenaz	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
Arcilla cohesiva húmeda	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
Tierra común	1.00	1.00	1.00	1.05	1.05	1.05	1.08	1.08
Arena o Grava	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	0.98	1.02	1.02
Roca bien fragmentada	0.80	0.85	0.90	0.92	0.95	1.00	1.00	1.00
Roca mal fragmentada	0.60	0.70	0.75	0.80	0.80	0.90	0.95	0.95
Escombros	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95

Ca - El correspondiente al tipo de material de que se trate.

RESUMEN DE CARGOS QUE INTEGRAN UN PRECIO UNITARIO

CARGO	FORMULA	NOMENCLATURA
DIRECTO POR MANO DE OBRA	$Mo = \frac{S}{R}$	Mo = Cargo por mano de obra. S = Salario del personal considerado en forma individual o por cuadrilla. R = Rendimiento por unidad del tiempo, de acuerdo con el individuo o grupo considerando al valuar S.
DIRECTO POR MATERIALES	$M = Va\ C$	M = Cargo por materiales. Va = Precio por unidad más económico del material de que se trate, puesto en la obra. C = Consumo del material por unidad de obra, incluyendo mermas, desperdicios y número de usos, en su caso.
DIRECTO POR MAQUINARIA	$CM = \frac{HMD}{RM}$	CM = Cargo por maquinaria. HMD = Costo directo de la hora máquina. RM = Rendimiento horario de la máquina (ver tabla de integración del costo de la hora máquina).
DIRECTO POR HERRAMIENTA	$Hm = K\ Mo$	Hm = Cargo por herramienta de mano. K = Coeficiente experimental, según el tipo de obra. Mo = Cargo unitario por mano de obra. NOTA: El cargo por herramientas especializadas se calculará en la misma forma que HMD.
POR INSTALACIONES		Generales: Su costo se considerará como cargo indirecto. Específicas: Su costo se considerará ya sea como cargo directo, o como concepto de trabajo específico.
CARGOS INDIRECTOS		Gastos generales necesarios para la ejecución de la obra, no incluidos en los cargos directos, tales como: percepciones del personal técnico, directivo y administrativo, costo y operación de instalaciones temporales, costo de servicios, fletes y acarreos y gastos de oficina.
UTILIDAD		Ganancia que debe percibir el contratista.
CARGOS ADICIONALES		Los correspondientes a obligaciones estipuladas en el contrato y que no están incluidos en los cargos directos, ni en los indirectos.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

PARTE	OPERACION	MAQUINARIA USUAL	
DESMONTE	ROZA DESYERBE TALA EXTRACCION TOCONES DESENRAICE ESCOGIDO DISPOSICION QUEMA	TRACTORES CON EQUIPOS ESPECIALES; CARGADOR FRONTAL CON CUCHARON ESPECIAL MOTOCONFORMADORAS DESVARADORAS SIERRAS MECANICAS PORTATILES QUEMADORES	
DESPALME	EXTRACCION CARGA ACARREO DISPOSICION	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA "DOZZERS" CARGADOR FRONTAL MOTOCONFORMADORA. EXCAVADORAS CONVERTIBLES, CAMIONES	ESCREPAS Y MOTOESCREPAS
EXCAVA-CION.	AFLOJE EXTRACCION	COMPRESORES, EQUIPO DE BARRENACION, TRACTORES CON ARADO "RIPPER" Y HOJA EMPUJADORA; CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORAS - CONVERTIBLES	
CARGA		CARGADOR FRONTAL EXCAVADORAS CONVERTIBLES TRANSPORTADORES DE BANDA ó CANJILONES	
TRANSPORTE		TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA. CARGADOR FRONTAL; TRANSPORTADORES DE BANDA, EXCAVADORAS CONVERTIBLES, CAMIONES.	
TENDIDO		TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA MOTOCONFORMADORAS COMPACTADORES AUTOPROPULSADOS CON HOJA - EMPUJADORA	
COMPACTA-CION.	INCORPORACION AGUA HOMOGEINIZACION DENSIFICADO	APLANADORAS TANDEM Y DE TRES RUEDAS RODILLOS AUTOPROPULSADOS ó JALADOS, ESTATICOS - ó VIBRATORIOS. PLACAS VIBRATORIAS COMPACTADORES MANUALES PIPAS Y TANQUES REGADORES, (EQUIPO DE TERRACERIAS)	
AFINE	PRECORTE RECORTE RENIVELACION	.COMPRESORES, EQUIPO DE BARRENACION TRACTOR CON HOJA EMPUJADORA CARGADOR FRONTAL CON CUCHARON ESPECIAL. MOTOCONFORMADORA	

B.T.L.

PRODUCCION DE AGREGADOS

PARTE		OPERACION	MAQUINARIA USUAL
OBTENCION	DE BANCO DESMONTE DESPALME EXCAVACION	(MISMAS QUE PARA TERRACERIAS) (1)	(MISMAS QUE PARA TERRACERIAS)
	DE PEPENA	SELECCION RECOLECCION APILADO	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA Y HOJA ESPECIAL, (MANO DE OBRA), CARGADOR FRONTAL.
	DE DESPERDICIO	CARGA (2)	
C A R G A			CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORA CONVERTIBLE
T R A N S P O R T E			VEHICULOS DE Y FUERA DE CARRETERA
TRATAMIENTO	DISGREGADO	TENDIDO RODILLADO DESPIEDRE ACAMELLONADO	TRACTOR CON HOJA EMPUJADORA. RODILLO DE REJAS ; RODILLO LISO (MANO DE OBRA), CRIBAS SIMPLES, CRIBAS VIBRATORIAS MOTOCONFORMADORA
	LAVADO	ALIMENTACION LIMPIEZA SEPARACION ELIMINACION DESP.	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE BANDA LAVADORA VIBRATORIA, ESTATICA. CIRIBAS VIBRATORIAS TRANSPORTADOR DE GUSANO; BOMBA DE LODOS (MANO DE OBRA).
	CRIBADO	ALIMENTACION SEPARACION DISTRIBUCION	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE BANDA, DE CADENA CRIBAS SIMPLES, CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES
	TRITURACION PARCIAL	ALIMENTACION FRAGMENTACION SEPARACION (2) DISTRIBUCION (3)	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE CADENA. QUEBRADORAS DE : QUIJADAS, DE CONOS, DE MARTILLOS; GRANULADORAS; MOLINOS DE RODILLOS.. CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS. TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES.
	TRITURACION TOTAL	ALIMENTACION PRE-CRIBADO FRAGMENTACION SEPARACION DISTRIBUCION	ALIMENTADORES VIBRATORIOS, DE CADENA. REJAS VIBRATORIAS, ESTATICAS QUEBRADORAS DE : QUIJADAS, DE CONOS, DE MARTILLOS; GRANULADORAS ; MOLINOS DE RODILLOS. CRIBAS VIBRATORIAS, CILINDRICAS. TRANSPORTADORES DE BANDA, DE CANJILONES.
C A R G A			CARGADOR FRONTAL, TRANSPORTADORES, EXCAVADORA CONVERTIBLE.
T R A N S P O R T E			VEHICULOS DE Y DE FUERA DE CARRETERA, TRANSPORTADORES.
ALMACENAJE	EN PATIOS	SELECCION DESCARGA APILADO	TRACTORES CON HOJA EMPUJADORA, MOTOCONFORMADORAS, CARGADOR FRONTAL, TRANSPORTADORES DE BANDA.
	EN TOLVAS	SELECCION DESCARGA ELEVACION DISTRIBUCION	TRANSPORTADORES DE CANJILONES, DE BANDA ; CARGADOR FRONTAL, EXCAVADORA CONVERTIBLE (TRACTOR CON HOJA EMP., MOTOCONFORMADORA)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS EJEMPLO No. 1

DESCRIPCION:

Excavación en corte en material "C" (Especificación 15-04.3 EXCAVACIONES, A) En cortes y -- adicionales abajo de la sub-rasante, 3) en material "C"). Sub-párrafo 15-04.3A-3 de las Especificaciones S.O.P.

PROCEDIMIENTO:

Afloje del material barrenando con perforadoras de piso y tronando; carga con pala mecánica sobre orugas; transporte con camiones para terracerías; plantilla, bordeo y afinado con --- tractor equipado con bulldozer.

ANTECEDENTES:

Se trata de una excavación con características normales, el material es roca sana de dureza media, facil de atacar, la topografía es un lomerío suave, con caminos de acceso en buen estado, el clima templado y no se está dentro de la temporada de lluvias ni se esperan estas en varios meses. El contratista es la Cía. X que tiene 15 años de experiencia en trabajos semejantes y el programa de trabajo de la obra esta al día, no hace falta equipo y tienen todo lo necesario oportunamente.

MAQUINARIA:

DESCRIPCION	COSTO HORARIO
Compresora portátil de 600 p^3/mín.	$ 111.86
Perforadora de piso tipo mediano	$ 21.68
Accesorios para perforadora	$ 3.60
Pala mecánica sobre orugas de $1^1/_2$ yd^3	$ 247.04
Tractor con bulldozer, CAT. D-8	$ 225.89
Camión de fuera de carretera EUCLID R-10 de $7^1/_2$ yd^3	$ 97.92

ANALISIS:

I.- AFLOJE DEL MATERIAL MEDIANTE BARRENACION:

I.1.- Datos:

Se utilizan 6 perforadoras por compresor, la barrenación es en el piso.

Espesor o cuele	3.50 m.
Separación de barrenos, en ambos sentidos	1.75 m.
Area por barreno 1.75 m x 1.75 m =	3.06 m^2
Espesor efectivo 3.50m-10% de 1.75m =	3.32 m.
Volumen por barreno 3.06m^2 x 3.32 m =	10.16 m^3
Volumen por metro de cuele 10.16m^3/3.50 m =	2.90 m^3/m.
Coeficiente de barrenación 1 m/2.90 m^3 =	0.34 m/m^3
Cuele por perforadora por hora efectiva (E=0.70)	4.0 m/h

I.2.- Cargo por cuele: (maquinaria)

Producción:

Cuele de 6 perforadoras	4 m. x 6 = 24 m/h	
Volumen	24 m/h/0.34 m/m^3 =	70.0 m^3/h

Maquinaria:

1 compresor	$111.86	=	$ 111.86
6 perforadoras	$ 21.68	=	$ 130.08
6 accesorios	$ 3.60	=	$ 21.60
			$ 263.54

CARGO: $263.54/h/70 m^3/h $ 3.76/m^3

I.3.- Cargo por acero de barrenación y brocas. (herramienta)

- Escala de 7 barrenas de 7/8" con zanco y rosca, más reposiciones. $1,646.04

vida económica de la escala 3,500 m.

Cargo por acero de barrenación $1,646.04/3,500 m = $ 0.47/m

• Broca FCA con inserto de carburo $ 320.76
vida económica de la broca 200 m.

Cargo por brocas $ 320.76/200 m. = $ 1.60/m.

Suma.- $ 2.07/m.

CARGO $2.07/m x 0.34 m/m^3 (Coef. barren.) $ 0.70/m^3

I.4.- Cargo por explosivos. (materiales)

Dinamita Extra al 40%	4.14 kg/barreno	a $8.29/kg. =	$ 34.28/b.
Artificios de voladura	1 pieza	a $3.99/pza.=	$ 3.99/b.
		Suma.-	$ 38.27/b.

Cargo por explosivos $38.27/b/10.16 m^3/b. = $ 3.77/m^3

I.5.- Cargo por pobladores (mano de obra)

Cuadrilla:

1 Poblador	a	$ 72.50/turno	$72.50
2 Cargadores	a	$ 48.00/turno	96.00
1 Ayudante	a	$ 33.60/turno	33.60
			$202.10/turno

• La cuadrilla es suficiente para la producción de las 6 perforadoras, incluida la eficiencia E=0.70 de la misma.
Producción 70 m^3/h x 8 h turno = 560 m^3/turno $ 0.36/m^3

• Cargo $ 202.10/turno/560 m^3/turno

CARGO POR AFLOJE $ 8.59/m^3

II.- REMOCION Y CARGA CON PALA MECANICA: (maquinaria)

II.1.- Cargo por maquinaria.

- Ciclo de pala mecánica de $1^1/2$ yd^3 para angulo de giro de 90° y carrera de excavación de 2.80 m. (carrera óptima 2.13)=28seg.
- Factores de corrección:

  Por carrera de excavación $\frac{2.80}{2.13} \times 100 = 130\%$ y giro de 90° f_c=0.94

  Por abundamiento (observado) C_a=1.40

- Producción $R = \frac{V\ Cc}{C_a} \cdot \frac{3600\ seg.}{tc} \cdot E$

$$R = \frac{1.5\ yd^3 x 0.76 m^3/yd^3 x 0.94}{1.40} \times \frac{3600}{28} \times 0.70 = 69\ m^3/h \qquad (1)$$

- Cargo $ 247.04/h/69 m^3/h = $3.58/$m^3$

CARGO POR REMOCION Y CARGA $ 3.58/m^3

III.- ACARREO LIBRE (20 m) CON CAMIONES EUCLID DE (7.5 yd^3) 5.7 m^3 (Incluye, de acuerdo con inciso 9-06.2: acarreo libre, descarga y deposito del material y los tiempos de los vehículos durante la carga y la descarga.)

III.1.- Tiempos del ciclo:

- Carga; 5 bot. x 28 seg. = 140 seg. = 2.33 mín.
- Maniobras de acomodo en carga, descarga y acarreo libre = 1.50 mín.
- Tiempo de descarga. = 0.50 mín.

Suma t_c 4.33 mín.

III.2.- Verificación de V. 5 bot x 1.5 x 0.76 = 5.7m^3=Capacidad Nom.

III.3.- Producción: $R = \frac{V\ Cc}{C_a} \cdot \frac{60\ min}{t_c} \cdot E$

$$R = \frac{5.7\ m^3 x1}{1.40} \times \frac{60\ min.}{4.33} \times 0.70 = 39.5\ m^3/h.$$

- Para producción pala 69 m^3/h, se requieren $\frac{69\ m^3/h}{39.5 m^3/h}$ =1.75 vehículos 2 vehículos
- Cargo $97.92x2/69 m^3 = $2.84/m^3

CARGO POR ACARREO LIBRE $ 2.84/m^3

IV.- PLANTILLA Y BORDEO. CON TRACTOR EQUIPADO CON BULLDOZER

IV.1.- Producción, incluye tiempos de translado (100 m.prom.) 138 m^3/h

- Cargo $\frac{\$\ 225.89}{138\ m^3}$ = $1.63

CARGO POR PLANTILLA Y BORDEO $ 1.63/m^3

V.- AFINADO DEL CORTE. (MACICE A MANO)

V.1.- Cuadrilla:

• 1 cabo	$70.00/turno	$ 70.00/turno
• 10 peones	$33.60/turno	$336.00/turno
	Suma	$406.00

- Producción, durante medio turno macizan el talud atacado en un turno de máquinas.

70 m^3 x 8 horas = 560 m^3

- Cargo $\frac{\$406.00}{2x560m^3}$ = $ 0.36/m^3

CARGO POR AFINE $ 0.36/m^3

VI.- RESUMEN:

VI.1.- CARGO POR CUELE (maquinaria)	$	3.76/m^3
VI.2.- CARGO POR ACERO BARRENACION (herramienta)	$	0.70/m^3
VI.3.- CARGO POR EXPLOSIVOS (materiales)	$	3.77/m^3
VI.4.- CARGO POR POBLADORES (mano de obra)	$	0.36/m^3
VI.5.- CARGO POR REMOCION Y CARGA (maquinaria)	$	3.58/m^3
VI.6.- CARGO POR ACARREO LIBRE (maquinaria)	$	2.84/m^3
VI.7.- CARGO POR PLANTILLA Y BORDEO (maquinaria)	$	1.63/m^3
VI.8.- CARGO POR AFINE (mano de obra)	$	0.36/m^3
COSTO DIRECTO	$	17.00/m^3
INDIRECTOS 35% (conc.)	$	5.95/m^3
COSTO CON INDIRECTO	$	22.95/m^3
UTILIDAD 10% (Conc.)	$	2.30
COSTO CON UTILIDAD	$	25.25/m^3
CAMPAMENTOS 2%	$	0.51
O. S. B. R. 1%	$	0.25
PRECIO UNITARIO	$	26.01/m^3

= ? 20 U A 38.78
26.01
12.77

M O T O C O N F O R M A D O R A S

VELOCIDADES DE TRANSITO TRABAJANDO		
T I P O D E T R A B A J O	VELOCIDADES EN KM/H	
	MODELOS MEDIANOS	MODELOS PESADOS
LIMPIA DE TERRENOS (Desmonte ligero)	3.0 - 4.0	4.0 - 6.5
EXCAVACION TERRENO SUAVE (Despalme ligero)	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
CONSTRUCCION DE CUNETAS	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
AFINAMIENTO DE TALUDES	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
TRANSPORTE LATERAL DE MATERIAL SUELTO (Acamellonado)	5.5 - 9.0	6.5 -11.5
ESCARIFICADO	3.0 -13.0	4.0 -16.0
EXTENDIDO DE TERRACERIAS EN CAPAS	3.0 - 6.0	4.0 -10.0
CONSERVACION DE CAMINOS (Rastreo)	5.5 - 9.0	6.5 -11.5
MEZCLA DE MATERIALES	9.0 -19.5	10.0 -20.5
ACABADOS O AFINE	4.0 - 5.5	5.5 - 6.5
LIMPIEZA DE NIEVE EN CAMINOS	9.0 -22.0	11.5 -25.0

FACTOR APLICABLE A VELOCIDAD MEDIA (VUELTAS)

CONDICION OBRA	FACTOR "C"
EXCELENTE	0.85
BUENA	0.75
MEDIA	0.60
MALA	0.50

E.T.L.

CAPACIDAD DE DIFERENTES QUEBRADORAS DE QUIJADA, EN TONELADAS DE ROCA POR HORA

CARACTERISTICAS DE LA QUEBRADORA			AJUSTE DE LA ABERTURA DE DESCARGA EN PULGADAS										
TAMAÑO - PULGADAS (1)	r.p.m. Máx.	H. P. Máx.	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	4	5	6	7	8	9
10 x 16	300	15	10.0	14.5	18.1								
10 x 20	300	20	12.7	18.1	22.7	30.8							
15 x 24	275	30	-	24.5	30.8	38.1	45.4						
15 x 30	275	40	-	29.9	39.0	48.1	56.2						
18 x 36	250	60	-	41.7	55.3	69.9	84.4	113.4					
24 x 36	250	75	-	-	69.9	86.2	103.4	136.1	175.0				
30 x 42	200	100	-	-	-	113.4	136.1	181.4	226.8	272.2			
36 x 42	175	115	-	-	-	127.0	145.1	181.4	226.8	272.2	296.0		
36 x 48	160	125	-	-	-	136.1	158.8	204.1	249.5	294.8	340.2		
42 x 48	150	150	-	-	-	149.7	172.4	226.8	272.2	317.5	362.9	408.2	
48 x 60	120	180	-	-	-	-	199.6	254.0	308.4	362.9	408.2	453.6	499.0
56 x 72	95	250	-	-	-	-	-	285.8	344.7	408.2	467.2	526.2	580.6

NOTAS:- (1) El tamaño así expresado, corresponde a la abertura de las quijadas, medida perpendicularmente a la muela y al ancho de las muelas, respectivamente.

Peso volumétrico de la roca 1,600.00 Kg/M^3.

QUEBRADORAS DE CONOS, TIPO SYMONS, CAPACIDADES EN TONELADAS POR HORA (P. V. 1600 KG/M^3)

Tamaño en pies (a)	Velocidad a Plena Carga r. p. m.	Potencia Requerida H. P.	Dimensión de la Abertura de alimentación (")	Ajuste mínimo de la descarga (")	Dimensión de la Abertura de Descarga (")										
					1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
2	575	25 - 30	2 1/2	1/4	13.6	18.1	22.7	27.2	31.8						
			3 1/2	3/8		18.1	22.7	27.2	31.8	36.3	40.8	45.4	54.4		
3	580	50 - 60	3 7/8	3/8		31.8	36.3	49.9	63.5	68.0					
			5 1/8	1/2			36.3	49.9	63.5	68.0	72.6	77.1	81.6	86.2	
4	485	75 -100	5	3/8		54.4	72.6	90.7	108.9	122.5	136.1				
			7 3/8	3/4					108.9	122.5	136.1	154.2	160.6	167.8	
4 1/2	485	125 -150	4 1/2	1/2			90.7	113.4	127.0	136.1					
			7 3/8	5/8				113.4	127.0	136.1	145.1	158.8			
			9 1/2	3/4					127.0	136.1	145.1	158.8	167.8	172.4	
5 1/2	435	150 -200	7 1/8	5/8				145.1	181.4	213.2	249.5				
			8 5/8	7/8						213.2	249.5	272.2	308.4	340.2	408.2
			9 7/8	1							249.5	272.2	308.4	340.2	408.2
7	435	250 -300	10	3/4					299.4	353.8	408.2	508.0	544.3		
			11 1/2	1							408.2	508.0	544.3	725.7	
			13 1/2	1 1/4								508.0	544.3	725.7	216.15

(a).- El tamaño de la máquina está dado por el diámetro del cono interior a la salida del material, en pulgadas. Estas máquinas se usan en trituraciones Secundarias y Terciarias.

CAPACIDADES DE MOLINOS DE RODILLOS LISOS EN TONELADAS METRICAS DE ROCA POR HORA

CARACTERISTICAS DEL MOLINO			ANCHO DE LA ABERTURA ENTRE RODILLOS EN PULGADAS						
MAÑO EN ILGADAS-(1)	VELOCIDAD EN r. p.m.	POTENCIA REQUERIDA H. P.	1/4	1/2	3/4	1	$1^1/2$	2	$2^1/2$
16 x 16	120	15 - 30	13.6	27.2	36.3	49.9	77.1	104.3	127.0
24 x 16	80	20 - 35	13.6	27.2	36.3	49.9	77.1	104.3	127.0
30 x 18	60	50 - 70	13.6	27.2	40.8	59.0	86.2	113.4	140.6
30 x 22	60	60 - 100	18.1	36.3	49.9	68.0	104.3	140.6	172.2
40 x 20	50	60 - 100	18.1	31.8	45.4	63.5	95.3	122.5	158.8
40 x 24	50	60 - 100	18.1	36.3	54.4	77.1	113.4	149.7	190.5
54 x 24	40	125 - 150	21.8	43.5	64.4	86.2	130.6	174.2	217.7

OTA: (1) El primer número corresponde al diámetro de los rodillos y el segundo número corresponde al ancho de los mismos.

Peso volumétrico de la roca 1,600.00 Kg/M^3.

PRODUCCION POR PIE CUADRADO DE MALLA, CRIBA VIBRATORIA EN TONELADAS, E=0.85

TIPO DEL MATERIAL (Peso Vol. Supuesto)	ABERTURA DE MALLA EN PULGADAS												
	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4
TRITURADO (1,600 kg/m³)	0.45	0.82	1.09	1.27	1.45	1.54	1.72	1.91	2.45	2.81	3.08	3.36	3.6[illegible]
NATURAL (GRAVAS) (1,600 kg/m³	0.73	0.91	1.27	1.54	1.72	1.91	2.18	2.27	2.90	3.36	3.63	3.99	4.[illegible]
ESCORIA TRITURADA (2,160 kg/m³)	0.54	1.00	1.36	1.54	1.72	1.91	2.18	2.27	2.90	3.36	3.63	3.99	4.[illegible]

Para aplicar a cribas rotatorias, considerar como ancho efectivo un tercio del diámetro del cilindro.

Para lavar agregados se requieren, en promedio, 50 litros de agua por minuto, por m³ de material producido por hora.

El cálculo de la capacidad de producción por malla es igual a la superficie de la malla en pies cuadrados, multiplicada por la producción unitaria proporcionada por la tabla, y debe corregirse multiplicandola por los factores de corrección a, b, c y d.

Factor "a".- Corrección por la posición de la malla en la criba:

Superior	a	=	1.00
Segunda	a	=	0.90
Tercera	a	=	0.80
Cuarta	a	=	0.60

Factor "b".- Corrección por uso de chiflones de agua sobre las mallas; de acuerdo con abertura:

Abertura	3/16"	b	=	3.50
Abertura	5/16"	b	=	3.00
Abertura	3/8"	b	=	2.50
Abertura	1/2"	b	=	1.75
Abertura	1" o más	b	=	1.25

Factores "c" y "d".- Corrección por porcentajes de tamaños: menor que la mitad de la abertura de la malla y mayor que la abertura de la malla.

Porcentaje de agregado Menor	Factor "c"	Porcentaje de agregado Mayor	Factor "d"
10	0.5	10	1.05
20	0.7	20	1.00
30	0.8	30	1.00
40	1.0	40	0.95
50	1.2	50	0.90
60	1.4	60	0.85
70	1.8	70	0.80
más de 70	1.8	80	0.70
		90	0.60
		92	0.50
		94	0.44
		96	0.35
		98	0.20

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

ANALISIS DE COSTOS

3.- INTEGRACION DEL COSTO DE LA HORA MAQUINA

Ing. Enrique Toscano Latz.

INTEGRACION DEL COSTO DE LA HORA MAQUINA

I.- GENERALIDADES.

Las obras que tiene encomendadas la Secretaría de Obras Públicas para su realización durante 1973, estan distribuidas en once programas, tal como se muestra en el cuadro (Anexo 1), las inversiones que aparecen en el mismo, corresponden a lo autorizado por la Secretaría de la Presidencia hasta el día 31 de agosto de 1973. En este cuadro se puede apreciar que de los once programas, siete corresponden a obras cuya característica, tratandose de sus sistemas constructivos, es la de ser obras de construcción pesada, entendiendose por construcción pesada aquella en la cual, la maquinaria para construcción tiene una influencia notable en el costo directo de la ejecución de la obra.

De acuerdo con el cuadro del Anexo 1 y con lo anterior, más del 70% del presupuesto de la Secretaría está dedicado a obras de construcción pesada, y si se toma en cuenta que en este tipo de obras el porcentaje que del costo de las mismas, consume la utilización de las máquinas de construcción, resulta que más del 30% del presupuesto se está destinando al pago de la utilización -

#2...

de maquinaria. De ahí la importancia tan grande que -- cobra el conocimiento de la forma de integrar el costo- de la hora máquina.

II.- INTEGRACION DEL COSTO.

Para determinar el costo horario de una máquina se de-- ben conocer todos los factores que intervienen en el -- mismo.

Los factores que afectan el costo horario son el valor- de adquisición, las condiciones del trabajo, el número- de horas que se utiliza por año, el número de años de - uso, el cuidado de mantenimiento y reparación y la de-- manda de equipo usado que exista cuando se venda puesto que afectará el valor de rescate.

Durante algún tiempo prácticamente se había tomado como base para el cálculo de costos horarios el libro amari- llo de la Asociación General de Contratistas de los Es- tados Unidos de América para establecer el costo medio- de depreciación y mantenimiento así como otros gastos - fijos.

Algunas Dependencias Gubernamentales como esta Secreta- ría y la de Recursos Hidráulicos calcularon sus costos-

horarios de acuerdo con su propia experiencia y con observaciones hechas en el campo, o información de registros detallados de Contratistas. Sin embargo una vez publicadas, en el Diario Oficial del 26 de enero de 1970, las Bases y Lineamientos Generales para la integración de precios unitarios, para la contratación de obra públicas, los cálculos de costos horarios que se efectúan deben estar basados en dichas normas.

El costo directo de la hora máquina se compone de cargos fijos, cargos por consumos, cargos por operación y, en su caso, cargos por transporte.

II.1.- Los cargos fijos son los correspondientes a la depreciación, inversión, seguro, almacenaje y mantenimiento mayor y menor.

II.1.1.- Cargo por Depreciación.- Es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica. Se considerará una depreciación lineal, es decir, que la maquinaria se deprecia una misma cantidad por unidad de tiempo.

Este cargo está dado por: $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$

En esta ecuación:

Va representa el valor inicial de la máquina, considerándose como tal el precio comercial de adquisición de la máquina nueva en el mercado nacional, descontando el valor de las llantas, en su caso.

Vr representa el valor de rescate de la máquina, es decir, el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica.

Ve representa la vida económica de la máquina, expresada en horas de trabajo, o sea el tiempo que puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma económica, siempre y cuando se le proporcione el mantenimiento adecuado.

II.2.2.- Cargo por inversión.- Es el cargo equivalente a los intereses del capital invertido en maquinaria. Está dado por:

$$I = \frac{(Va + Vr)\, i}{2\, Ha}$$

En esta ecuación:

Va y Vr representan los mismos valores enunciados en el punto anterior.

Ha representa el número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

i representa la tasa de interés anual en vigor, expresada como fracción.

II.2.3.- Cargos por Seguros.- Es el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica, por accidentes que sufra. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegura por una Compañía de Seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (auto-aseguramiento).

Este cargo está dado por:

$$S = \frac{(Va + Vr)\ s}{2\ Ha}$$

En esta ecuación:

Va, Vr y Ha representan los mismos valores enunciados en el concepto anterior.

s representa la prima anual promedio, valuada como porciento del valor de la máquina y expresada como fracción.

II.2.4.- Cargo por almacenaje. Es el derivado de las --

erogaciones para cubrir la guarda y la vigilancia de la maquinaria durante sus períodos de inactividad, dentro de su vida económica. Incluye todos los gastos que se realizan por este motivo como son: la renta o amortización y mantenimiento de las bodegas o patios de guarda y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

Este cargo está representado por:

$A = Ka \times D$

En la presente ecuación:

Ka es un coeficiente que será función de los costos de los locales necesarios para guardar la maquinaria, de los salarios del personal de vigilancia y del tiempo de guarda considerado.

D representa la depreciación de la máquina calculada de acuerdo con lo expuesto en el primer concepto.

II.2.5.- <u>Cargo por Mantenimiento mayor y menor</u>.- Es el originado por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica.

Dentro del mantenimiento mayor se consideran todas las-

erogaciones correspondientes a las reparaciones de la maquinaria en talleres especializados, o aquellos que puedan realizarse en el campo, empleando personal especialista y que requieran retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable.

Incluye la mano de obra y renovaciones de partes de la maquinaria así como otros materiales necesarios. Dentro del mantenimiento menor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectuarán en las propias obras; así como los cambios de líquido hidráulico, aceite de transmisión, filtros, grasas y estopas. Incluye el personal y equipo auxiliar que realiza estas operaciones de mantenimiento, los repuestos y otros materiales que sean necesarios.

Este cargo está representado por:

$$T = QD$$

En la presente ecuación:

"Q" es un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor. Se calculará con base en experiencia estadística; varía según el tipo de máquina y

las características del trabajo.

"D" representa la depreciación de la máquina.

II.3.- Cargos por Consumos.- Son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de combustibles u otras fuentes de energía, lubricantes y llantas en su caso.

II.3.1.- Cargo por Combustible.- Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo.

Este cargo está representado por:

$$E = c \quad Pc$$

En la presente ecuación:

"c" representa la cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo, para alimentar los motores de las máquinas, a fin de que desarrollen su trabajo dentro de las condiciones medias de operación de las mismas. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia, que variará de acuerdo con el combustible que se utilice.

"Pc" representa el precio del combustible puesto en la máquina.

II.3.2.- Cargo por otras Fuentes de Energía.- Cuando se utilicen otras fuentes de energía diferentes de los combustibles señalados en el punto anterior, la determinación del cargo por la energía que se consuma requerirá un estudio especial en cada caso.

II.3.3.- Cargo por lubricantes.- Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos puestos en la máquina.

Este cargo está representado por:

$$L = a\,Pl$$

En la presente ecuación:

"a" representa la cantidad de aceites necesaria por hora efectiva de trabajo de acuerdo con las condiciones medias de operación. Está determinada por la capacidad de los recipientes, los tiempos entre cambios sucesivos de aceites, la potencia del motor, el factor de la operación de la máquina y un coeficiente determinado por la experiencia.

Pl representa el precio de los aceites puestos en las máquinas.

II.3.4.- Cargo por Llantas.- Se considerará este cargo sólo para aquella maquinaria en la cual, al calcular su depreciación, se haya deducido el valor de las llantas del valor inicial de la misma.

Este cargo está representado por:

$$Ll = \frac{Vll}{Hv}$$

En la presente ecuación:

"Vll" representa el valor de adquisición de llantas, considerando el precio promedio en el mercado nacional para llantas nuevas de las características indicadas por el fabricante de la máquina.

"Hv" representa las horas de vida económica de las llantas, tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determinará de acuerdo con la experiencia, considerando los factores siguientes: velocidades máximas de trabajo; condiciones relativas al camino en que transiten, tales como pendientes, curvaturas, superficies de rodamiento, posición en la máquina; cargas que soporten y climas en que se operen.

II.4.- Cargo por operación.- Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de los salarios del personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma.

Este cargo estará representado por:

$$O = \frac{So}{H}$$

En la presente ecuación:

"So" representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por Seguro Social, puesto sobre remuneraciones pagadas, días festivos y vacaciones.

Los salarios base serán los señalados en el tabulador respectivo.

"H" representa las horas efectivas de trabajo que se consideran para la máquina, dentro del turno.

II.5.- Cargo por transportes.- En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando sea conveniente a juicio de la dependencia, podrá tomarse en cuenta dentro de los car-

gos directos, o como un concepto de trabajo específico.

En resumen, el cargo por equipo se integra sumando los-cargos fijos, cargos por consumos y cargos por opera---ción, más el cargo por transportes en su caso.

TABLA No. 1

COSTO DE LAS REPARACIONES DE DIFERENTES TIPOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO, EXPRESADOS EN PORCIENTO DE LOS COSTOS DE DEPRECIACION LINEAL DE LOS MISMOS.

100% Aplanadoras, arados, bombas de alta presión de pistón o de sumidero, botes para concreto, calderas, equipo marino, escarificadores, escrepas, grúas de patas fijas, maquinaria para trabajar madera, moldes de acero, motoconformadoras pequeñas, motores de combustión interna y eléctricos, palas mecánicas, retroexcavadoras, rodillos, sierras para madera, soldadores de acetileno, tolvas para concreto, tractores con y sin cuchilla, transportadores portátiles.

80% Agitadores para concreto, automóviles, bombas para concreto con motor de gasolina, bombas centrífugas, botes de almeja, camiones de volteo, compresores, dosificadoras, dragas de arrastre, equipo bituminoso (exceptuando estufas), gatos hidráulicos, malacates eléctricos y de vapor, martinetes para clavar pilotes, mezcladoras de concreto de 1.5 m^3 o mayores, mezcladoras montadas en camión, mezcladoras de mortero de 400 litros, motoconformadoras, pavimentadoras, plantas trituradoras y clasificadoras pequeñas, repartidoras de piedra triturada, soldadoras con motor de gasolina, tolvas para agregados, transportadores estacionarios, vagonetas a volteo, vibradores de concreto, zanjadoras.

60% Aguzadoras, camiones (exceptuando los de volteo), cañones neumáticos para concreto, cargadoras de canjilones, elevadores de canjilones, grúas móviles, malacates de gasolina, mezcladoras de concreto tamaño mediano, mezcladoras pequeñas para mortero, perforadoras neumáticas, plantas de concreto, quebradoras, remolques, rodillos, excepto los "pata de cabra".

40% Herramienta eléctrica de mano, herramienta neumática, mezcladoras pequeñas para concreto, tubería.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: TRACTOR CAT. D-8 CON ANGLEDOZER

Capacidad _____ Motor _____ Potencia 270 HP a _____ m

Precio actual de la máquina $ 1'033,987.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas 2

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 12,000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'033,987.50 - 206,797.40}{12,000}$		68.93
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{1'033,987.50 + 206,797.40}{2 \times 2000}$	0.12	37.22
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{1'033,987.50 + 206,797.40}{2 \times 2000}$	0.01	3.10
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 68.93		0.69
	Mantenimiento	=Q D	1 x 68.93		68.93
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	40 x 0.39		15.60
	Lubricantes	=a Pl	0.57 x 6.00		3.42
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____		
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{120.00 + 48.00}{6}$		28.00
			TOTAL		225.89

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiento experimental
= Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: TRACTOR D8 CON ANGLEDOZER

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 1'033,987.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 12,000 Horas efectivas por año 1000

Valor de rescate 20 % Años 12

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'033,987.50-206,797.40}{12,000}$		68.93
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{1'033,987.50+206,797.40}{2 \times 1000}$	0.12	74.44
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{1'033,987.50+206,797.40}{2 \times 1000}$	0.01	6.20
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 68.93		0.69
	Mantenimiento	=Q D	1 x 68.93		68.93
CONSUMO	Combustibles	=c Pc	40 x 0.39		15.60
	Lubricantes	=a Pl	0.57 x 6.00		3.42
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$			
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{120.00 + 48.00}{6}$		28.00
			TOTAL		266.21

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: TRACTOR CAT. D-8 CON ANGLEDOZER.

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ R.P.M.

Precio actual de la máquina $1'033,987.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas ____

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes ____

Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 5

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'033,987.50 - 206,797.40}{10,000}$	82.72
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{1'033,987.50 + 206,797.40}{2 \times 2000}\,0.12$	37.22
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{1'033,987.50 + 206,797.40}{2 \times 2000}\,0.01$	3.10
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 82.72	0.83
	Mantenimiento	=Q D	1 x 82.72	82.72
CONSUMOS	Combustibles	=c Po	40 x 0.39	15.60
	Lubricantes	=a Pl	0.57 x 6.00	3.42
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{120.00 + 48.00}{6}$	28.00
			TOTAL	253.61

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: TRACTOR CAT. D-8 CON ANGLEDOZER.

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 1'033,987.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 1000

Valor de rescate 20 % Años 10

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'033,987.50-206,797.40}{10,000}$	82.72
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\ i$	$\frac{1'033,987.50+206,797.40}{2 \times 1000}$ 0.12	74.44
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\ s$	$\frac{1'033,987.50 + 206,797.40}{2 \times 1000}$ 0.01	6.20
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 82.72	0.83
	Mantenimiento	=Q D	1 x 82.72	82.72
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	40 x 0.39	15.60
	Lubricantes	=a Pl	0.57 x 6.00	3.42
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____	
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{120.00 + 48.00}{6}$	28.00
			TOTAL	293.93

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

ISV/ecr.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: MOTOCONFORMADORA CAT. No. 12 PAVIMENTACION.

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ RPM

Precio actual de la máquina $ 516,562.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ 13,617.00 Turnos diarios de 8 horas 2

Diferencia $ 502,945.50 Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 5

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{502,945.50 - 100,589.10}{10,000}$	40.24
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 2000}$ 0.12	18.11
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 2000}$ 0.01	1.51
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 40.24	0.40
	Mantenimiento	=Q D	1 x 40.24	40.24
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	18.87 x 0.39	7.36
	Lubricantes	=a Pl	0.32 x 6.00	1.92
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{13,617.00}{3000}$	4.54
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00}{6}$	21.67
			TOTAL	135.99

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.
ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: MOTOCONFORMADORA CAT. No. 12

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ R.P.M.

Precio actual de la máquina $ 516,562.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ 13,617.00 Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ 502,945.50 Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 1000

Valor de rescate 20 % Años 10

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{502,945.50 - 100,589.10}{10,000}$	40.24
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 1000}$ 0.12	36.22
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 1000}$ 0.01	3.02
	Almacenaje	$=Ka\ D$	0.01 x 40.24	0.40
	Mantenimiento	$=Q\ D$	1 x 40.24	40.24
CONSUMOS	Combustibles	$=c\ Po$	18.87 x 0.39	7.36
	Lubricantes	$=a\ Pl$	0.32 x 6.00	1.92
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{13,617.00}{3000}$	4.54
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00}{6}$	21.67
			TOTAL	155.61

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
i = Prima anual expresado como fracción
s = Coeficiente calculado o experimental
I = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

V/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: MOTOCONFORMADORA CAT. NO. 12

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ R.

Precio actual de la máquina $ 516,562.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ 13,617.00 Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ 502,945.50 Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 8000 Horas efectivas por año 1000

Valor de rescate 20 % Años 8

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{502,945.50 - 100,589.10}{8,000}$	50.29
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 1000}$ 0.12	36.22
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 1000}$ 0.01	3.02
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 50.29	0.50
	Mantenimiento	=Q D	1 x 50.29	50.29
CONSUMOS	Combustibles	=c Po	18.87 x 0.39	7.36
	Lubricantes	=a Pl	0.32 x 6.00	1.92
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{\$\ 13,617.00}{3000}$	4.54
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00}{6}$	21.67
			TOTAL	175.81

Nomenclatura

Vá = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: MOTOCONFORMADORA CAT. No. 12

Capacidad _____ Motor _____ Potencia ____ HP a _____ RPM

Precio actual de la máquina $ 516,562.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ 13,617.00 Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ 502,945.50 Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 8000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 4

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{502,945.50 - 100,589.10}{8000}$	50.29
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 2000}$ 0.12	18.11
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{502,945.50 + 100,589.10}{2 \times 2000}$ 0.01	1.51
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 50.29	0.50
	Mantenimiento	=Q D	1 x 50.29	50.29
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	18.87 x 0.39	7.36
	Lubricantes	=a Pl	0.32 x 6.00	1.92
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{13,617.00}{3000}$	4.54
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00}{6}$	21.67
			TOTAL	156.19

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.
ocg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: MOTOESCREPA CAT. MOD. 621

Capacidad 10.7 m3 Motor Diesel Potencia 300 HP a ____ RPM
Precio actual de la máquina $ 1'139,162.50 Meses en el año ____
Precio de las llantas $ 135,584.00 Turnos diarios de 8 horas ____
Diferencia $ 1'003,578.50 Horas efectivas por mes ____
Horas efectivas de vida 12,000 Horas efectivas por año 2000
Valor de rescate 20 % Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'003,578.50-200,715.70}{12,000}$	66.91
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}$ i	$\frac{1'003,578.50+200,715.70}{2 \times 2000}$ 0.12	36.13
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}$ s	$\frac{1'003,578.50+200,715.70}{2 \times 2000}$ 0.01	3.01
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x $ 66.91	0.67
	Mantenimiento	=Q D	1 x 66.91	66.91
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	51 x 0.39	19.89
	Lubricantes	=a Pl	1.02 x 6.00	6.12
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{135,584.00}{3000}$	45.19
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00}{6}$	21.67
			TOTAL	266.50

Nomenclatura

Vá = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.
ocg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: APLANADORA DE 3 RODILLOS MARCA COMPACTO MOD. LO-12.

Capacidad 10-12 Ton. Motor Diesel Potencia 60 HP a ____ RPM.
Precio actual de la máquina $ 259,750.00 Meses en el año ____
Precio de las llantas $ ____ Turnos diarios de 8 horas 2
Diferencia $ ____ Horas efectivas por mes ____
Horas efectivas de vida 14,000 Horas efectivas por año 2000
Valor de rescate 15 % Años 7

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{259,750.00 - 38,962.50}{14,000}$	15.77
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{259,750.00 + 38,962.50}{2 \times 2000}$ 0.12	8.96
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{259,750.00 + 38,962.50}{2 \times 2000}$ 0.01	0.75
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 15.77	0.16
	Mantenimiento	=Q D	1 x 15.77	15.77
CONSUMOS	Combustibles	=c Po	9.06 x 0.39	3.53
	Lubricantes	=a Pl	0.22 x 6.00	1.32
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	____	
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{82.50}{6}$	13.75
			TOTAL	60.01

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: BOMBA CENTRIFUGA DE 2" MARCA BARNES MOD. 8 M

Capacidad 27 m3/h Motor Gasolina Potencia 4 HP a _____ RPM.
Precio actual de la máquina $ 3,088.00 Meses en el año _____
Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas _____
Diferencia $ 3,088.00 Horas efectivas por mes _____
Horas efectivas de vida 7,200 Horas efectivas por año 1200
Valor de rescate 0 % Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{3,088.00}{7,200}$		0.43
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{3,088.00}{2 \times 1200}$	0.12	0.15
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{3,088.00}{2 \times 1200}$	0.01	0.01
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 0.43		
	Mantenimiento	=Q. D	0.80 x 0.43		0.34
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	0.91 x 0.85		0.77
	Lubricantes	=a Pl	0.04 x 5.50		0.22
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____		
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{33.60}{6}$		5.60
			TOTAL		7.52

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
i = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: CAMION DE VOLTEO FORD F-600

Capacidad 4 m3 Motor Gasolina Potencia ____ HP a ____ RPM.

Precio actual de la máquina $ 95,410.00 Meses en el año ____

Precio de las llantas $ 10,038.00 Turnos diarios de 8 horas 2

Diferencia $ 85,372.00 Horas efectivas por mes ____

Horas efectivas de vida 8,000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 4

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{85,372.00 - 17,074.40}{8000}$	8.54
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{85,372.00 + 17,074.40}{2 \times 2000}$ 0.12	3.07
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{85,372.00 + 17,074.40}{2 \times 2000}$ 0.01	0.26
	Almacenaje	$=Ka\ D$	0.01 x $ 8.54	0.09
	Mantenimiento	$=Q\ D$	1 x $ 8.54	8.54
CONSUMOS	Combustibles	$=c\ Pc$	10 x 0.85	8.50
	Lubricantes	$=a\ Pl$	0.36 x 5.50	1.98
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	$\frac{10,038.00}{2000}$	5.02
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{82.50}{6}$	13.75
			TOTAL	49.75

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: COMPRESORA CHICAGO-INEUMATIC

Capacidad 365 pcm Motor Diesel Potencia 125 HP a _____ R

Precio actual de la máquina $ 282,762.50 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 8,600 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 15 % Años _____

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{282,762.50 - 42,414.37}{8,600}$		27.95
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{282,762.50 + 42,414.37}{2 \times 2000}$	0.12	9.76
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{282,762.50 + 42,414.37}{2 \times 2000}$	0.01	0.81
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 27.95		0.28
	Mantenimiento	=Q D	0.80 x 27.95		22.36
CONSUMO	Combustibles	=c Pc	19 x 0.39		7.41
	Lubricantes	=a Pl	0.63 x 6.00		3.78
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____		
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{67.50}{6}$		11.25
			TOTAL		83.60

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

//ccc.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: PLANTA DE TRITURACION CEDARAPIDS JUNIOR COMMANDER MOD. 432
PRIMARIO 10 x 36 SECUNDARIO 30 x 18

Capacidad _____ Motor Cat. D 333 Potencia 146 HP a 1600 RPM.

Precio actual de la máquina $1'633,976.00 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas 2

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 2000

Valor de rescate 20 % Años 5

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'633,976.00-326,795.20}{10,000}$		130.72
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{1'633,976.00+326,795.20}{2 \times 2000}$	0.12	58.82
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{1'633,976.00+326,795.20}{2 \times 2000}$	0.01	4.90
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 130.72		1.31
	Mantenimiento	=Q D	0.80 x 130.72		104.58
CONSUMOS	Combustibles	=c Po	22.05 x 0.39		8.60
	Lubricantes	=a Pl	0.55 x 6.00		3.30
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	_____		
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{130.00+(2x82.50)+(4x33.60)}{12}$		35.78
			TOTAL		348.01

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: REVOLVEDORA 3 1/2 S

Capacidad _____ Motor Gasolina Potencia 4 HP a _____ R.P.M.

Precio actual de la máquina $ 10,500.00 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas _____

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 5,700 Horas efectivas por año 100

Valor de rescate 0 % Años _____

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{10,500.00}{5700}$		1.84
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{10,500.00}{2 \times 1000}$	0.12	0.63
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{10,500.00}{2 \times 1000}$	0.01	0.05
	Almacenaje	$=Ka\ D$	0.01 x 1.84		0.02
	Mantenimiento	$=Q\ D$	0.60 x 1.84		1.10
CONSUMOS	Combustibles	$=c\ Po$	0.91 x 0.85		0.77
	Lubricantes	$=a\ Pl$	0.08 x 5.50		0.44
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$			
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{37.00}{6}$		6.17
			TOTAL		11.02

Nomenclatura

Vá = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
= Coeficiente experimental
= Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: SOLDADORA ELECTRICA

Capacidad 250 Amp. Motor Gasolina Potencia 32 HP a ____ RPM.
Precio actual de la máquina $ 35,395.00 Meses en el año ____
Precio de las llantas $ ____ Turnos diarios de 8 horas ____
Diferencia $ ____ Horas efectivas por mes ____
Horas efectivas de vida 12,000 Horas efectivas por año 2000
Valor de rescate 15 % Años ____

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{35,395.00 - 5,309.25}{12,000}$		2.51
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{35,395.00 + 5,309.25}{2 \times 2000}$	0.12	1.22
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{35,395.00 + 5,309.25}{2 \times 2000}$	0.01	0.10
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 2.51		0.02
	Mantenimiento	=Q D	0.80 x 2.51		2.01
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	0.10 x 32 x 0.85		2.72
	Lubricantes	=a Pl	0.30 x 6.00		1.80
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	____		
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{65.00}{6}$		10.83
			TOTAL		21.21

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: PLANTA DE ASFALTO BARBER GREENE MOD. BE-25 COMPLETA

Capacidad 2500 Libras Motor Cat. D-353 Potencia 315 HP a _____ R
Precio actual de la máquina $ 2'880,786.00 Meses en el año _____
Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas 1
Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____
Horas efectivas de vida 10,000 Horas efectivas por año 1000
Valor de rescate 20 % Años 10

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{2'880,786.00-576,157.20}{10,000}$		230.46
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{2'880,786.00+576,157.20}{2 \times 1000}$	0.12	207.42
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{2'880,786.00+576,157.20}{2 \times 1000}$	0.01	17.28
	Almacenaje	=Ka D	0.01 x 230.46		2.30
	Mantenimiento	=Q D	0.80 x 230.46		184.37
CONSUMOS	Combustibles	=c Po	603.76 x $ 0.39		235.47
	Lubricantes	=a Pl	1 x 6.00		6.00
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$			
	Operación	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{167+110+48+48+4x33.60}{6}$		84.57
			TOTAL		$ 967.87

Nomenclatura

Vá = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Coeficiente experimental
Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Po = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

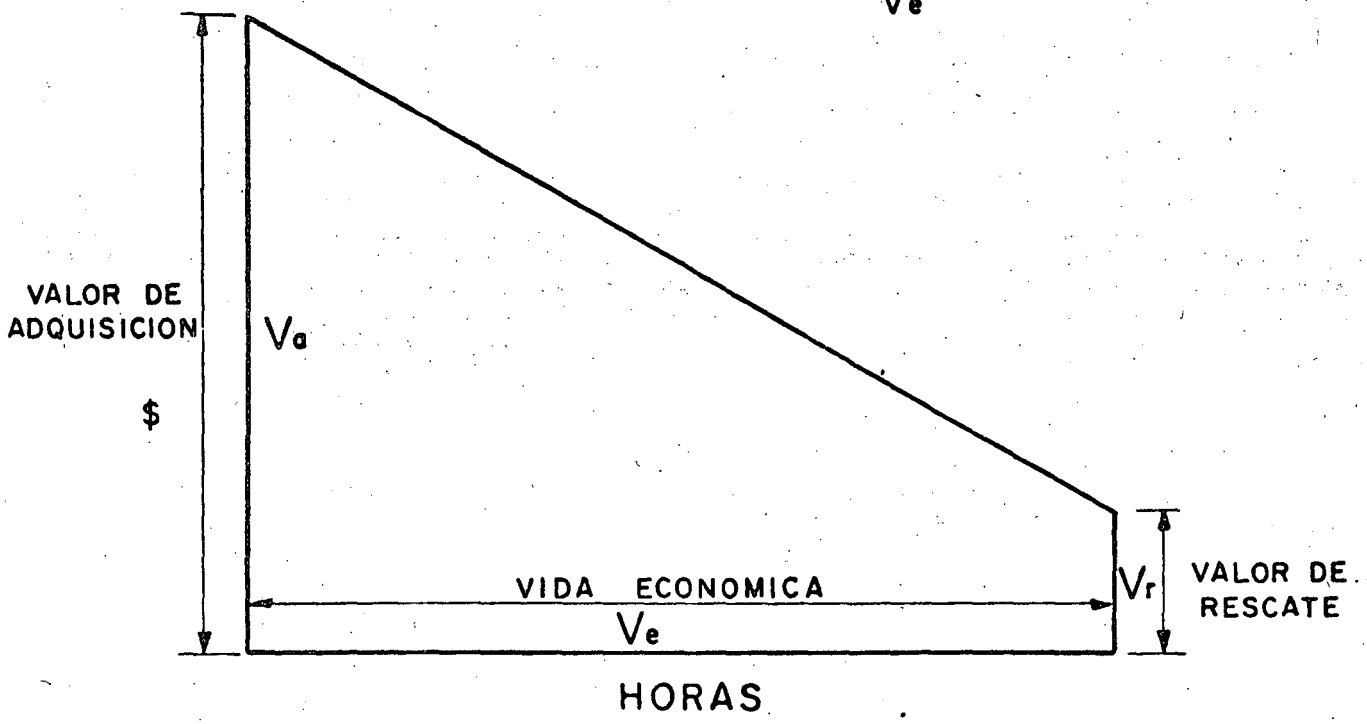
RSV/ecg.

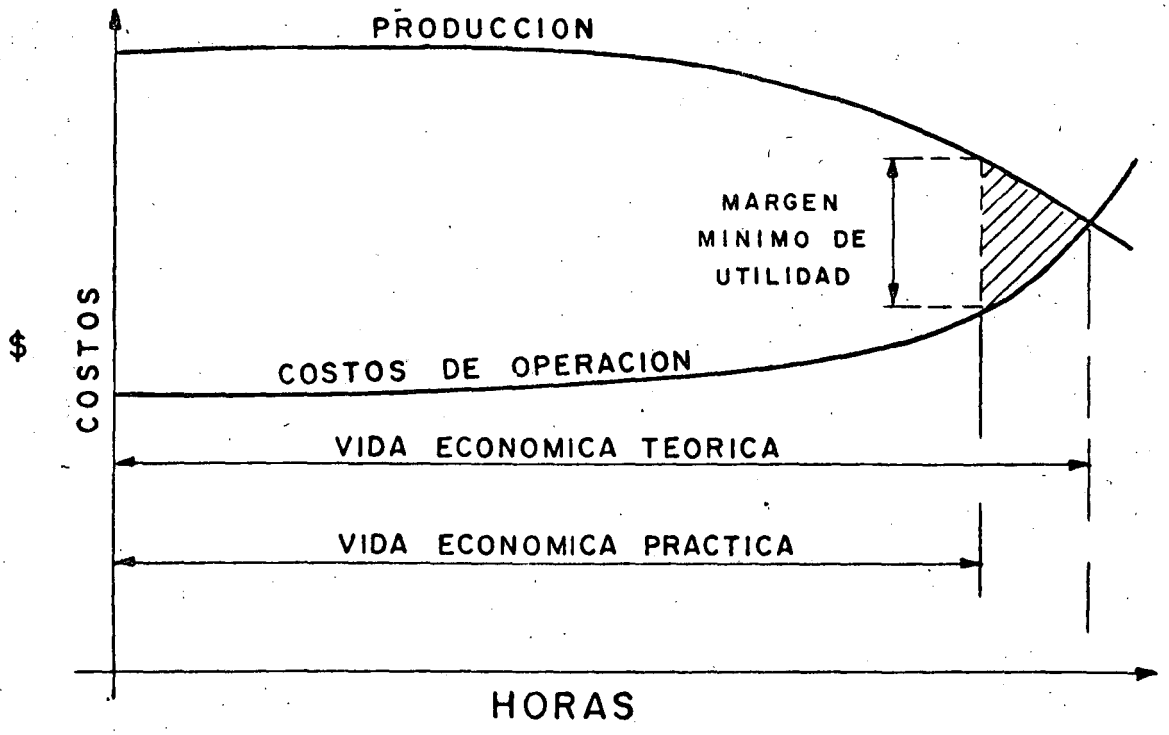
DISTRIBUCION APROXIMADA POR TIPOS DE OBRA, DEL PROGRAMA AUTORIZADO POR LA SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA PARA EL AÑO DE 1973 (AUTORIZADO AL 31 DE MARZO)

CAP.	P R O G R A M A	M O N T O S	TIPOS DE OBRA		
			OBRA A MANO	EDIFICACION	CONSTRUCCION PESADA
I	Desarrollo Rural (M.O.)	1,263'110	1,263'110		
II	Carreteras	3,903'775			3,903'775
III	Carreteras Urbanas	69'800			69'800
IV	Aeropuertos	264'351		52'870	211'481
V	Vías Férreas	60'000			60'000
VI	Conjuntos y Corredores Industriales, Turísticos y Comerciales	150'000		15'000	135'000
VII	Instalaciones Deportivas	200'000		160'000	40'000
VIII	Edificios para el Gobierno Federal	210'825		210'825	
IX	Bibliotecas Públicas	13'475		13'475	
X	Parques Naturales	36'000			36'000
XI	Integración de la Infraestructura para el Transporte del Sistema Político y Administrativo del País				
Estudios, Proyectos y Administración General		103'400			103'400
T O T A L E S .		6,274'736	1,263'110	452'170	4,559'456
%		100%	20.13%	7.21%	72.66%

DEPRECIACION

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

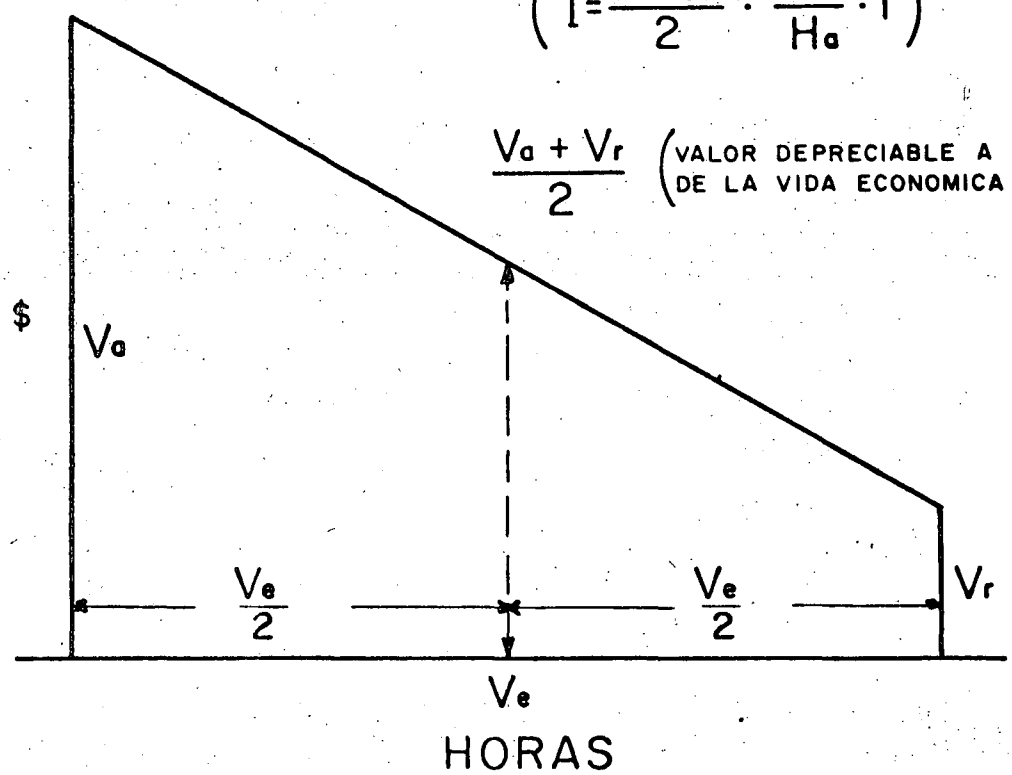




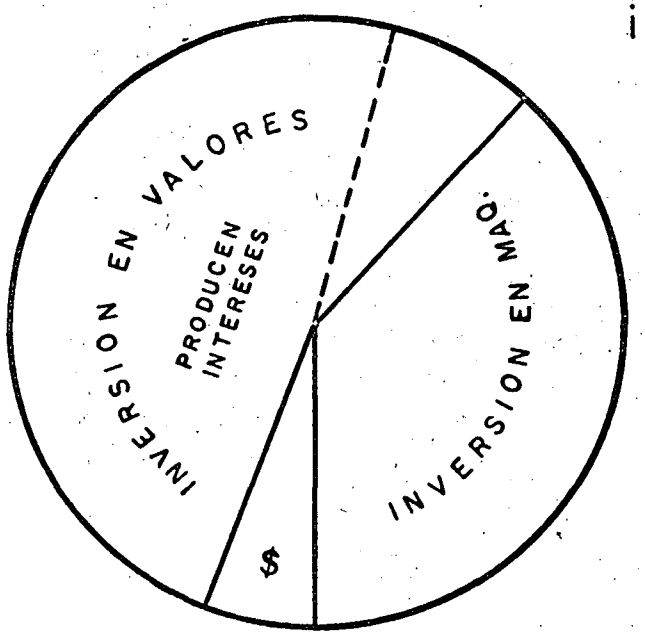
INVERSION

$$I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a}\, i$$

$$\left(I = \frac{V_a + V_r}{2} \cdot \frac{1}{H_a} \cdot i \right)$$



i = TASA ANUAL DE-INTERES (PARA-CAPITALES IVERTIDOS)

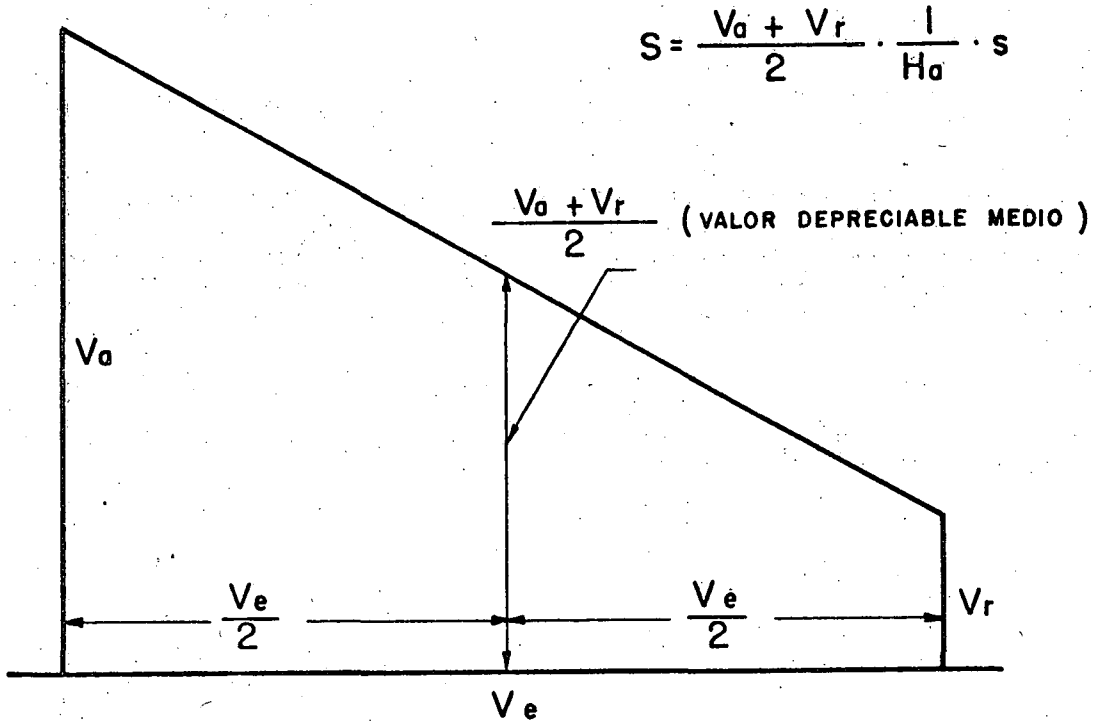


CAPITAL DE LA EMPRESA

SEGUROS

$$S = \frac{V_a + V_r}{2\,H_a}\ s$$

$$S = \frac{V_a + V_r}{2} \cdot \frac{1}{H_a} \cdot s$$



SEGURO NORMAL

s = Prima anual de seguro expresada en %

AUTO - ASEGURAMIENTO

s = Monto anual considerado por la Empresa para cubrir contingencias de la maquina, expresado en %

ALMACENAJE

$$A = Ka\ D$$

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.

Ka = Coeficiente de almacenaje depende de:

1.- TIEMPO DE ALMACENAJE

2.- RENTA O AMORTIZACION DE:

2.1.- TERRENO NECESARIO

2.2.- TECHADOS O COBERTIZOS Y OFICINAS

3.- PERSONAL NECESARIO PARA:

3.1.- VIGILANCIA

3.2.- MOVIMIENTOS

3.3.- MANTENIMIENTO

4.- MATERIALES NECESARIOS PARA:

4.1.- LUBRICACION

4.2.- PINTURA

MANTENIMIENTO

$$T = QD$$

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo.

Q = Coeficiente de Mantenimiento, depende de:

1.- Tipo de Máquina

2.- Condiciones de Trabajo

3.- Edad de la Máquina *

COMPRENDE:

1.- MANTENIMIENTO MAYOR (Reparaciones en talleres especializados o en el campo, con personal especialista. De larga duración)

1.1.- REFACCIONES
1.2.- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES
1.3.- SALARIOS DE MECANICOS
1.4.- AMORTIZACIONES DE TALLERES Y HERRAMIENTAS

2.- MANTENIMIENTO MENOR (Lubricación periódica, cambios de herramientas o equipos de ataque y sus consumos y reparaciones menores, de corta duración en los frentes de trabajo)

2.1.- REFACCIONES
2.2.- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES
2.3.- CONSUMO DE HERRAMIENTAS DE ATAQUE
2.4.- SALARIOS DE MECANICOS Y LUBRICADORES
2.5.- COSTO DE EQUIPOS DE LUBRICACION

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP

"CONTABILIDAD DE COSTOS"

ING. JULIAN NAME M.
Diciembre, 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

CONTABILIDAD DE COSTOS

Antes de entrar en materia sobre "Contabilidad de Costos", creo -- conveniente tratar algunos aspectos de la Contabilidad en General. Todos tenemos un concepto genérico sobre la misma, y la podemos definir. Sin embargo, considero oportuno señalar su concepto tradicional y los aspectos más importantes que encierra su definición.

¿Qué es Contabilidad?.- Es la técnica por medio de la cual se registran las operaciones de una Empresa, utilizando para el efecto determinados libros y registros, sobre la base de la teoría de la partida doble y otros principios técnicos. Comprende dentro de -- sus objetivos el siguiente: Suministrar tanto a los inversionistas como a terceros, incluyendo en estos al "Estado", información oportuna y veraz sobre las operaciones realizadas, así como los efectos en que estas influyen en el patrimonio de la empresa. Para -- cumplir con lo anterior, es preciso registrar cronológicamente y - sistemáticamente todas las operaciones que se efectuen y aún aquellas que de una manera contingente graviten sobre su patrimonio.

La información es necesaria para los Empresarios a fin de que conozcan los resultados obtenidos y la forma en que estos modifican tanto su situación económica como financiera y como punto importante derivado de lo anterior, estén en posibilidades de planear sus actividades futuras, en base precisamente del conocimiento de los hechos.

Estos datos son igualmente importantes,en las relaciones Empresariales, con Instituciones de Crédito, con acreedores, proveedores y público en general.

De la comprensión del objetivo anterior se desprende la necesidad

de implantar sistemas de Contabilidad adecuados para cada Empresa, tanto como el conocimiento por parte del Empresario, que le permita entender la información que los Contadores le proporcionen, y poder sacar de la misma el provecho necesario.

Sí como empresarios, limitamos los alcances de nuestra contabilidad debido a que no la utilizamos como un verdadero elemento de usos múltiples, es debido a que sólo la consideramos como un mal necesario para cumplir por dicho medio con las obligaciones fiscales que el Estado nos impone, y como requisito de las Instituciones Bancarias para proporcionarles los datos que nos requieren al solicitarles un crédito.

Aún cuando la contabilidad, no se ha definido como "Ciencia" la misma se ha desarrollado paralelamente a otras disciplinas y en la actualidad cuenta con todos los recursos necesarios, para ayudar eficazmente en la Administración de las Empresas.

Entendido el concepto de contabilidad en general, podemos hablar de un aspecto de la misma, que concierne tanto al Empresario como al Ingeniero, y por cuyo medio se trata de determinar con oportunidad las condiciones en que se lleva a cabo los trabajos de cualquier índole, y así podemos decir que las reglas que se siguen para definir, obtener, clasificar, ordenar y concentrar los elementos que permitan determinar el costo total de una obra o de un proceso, y el Costo Unitario de las partes que lo forman, es lo que se conoce como "Contabilidad de Costos". Esta, debemos entenderla como una extensión de la Contabilidad General, que aparte de que está encaminada a determinar el Costo, nos proporciona la información que nos permite analizarlo e interpretarlo.

Desgraciadamente, la Contabilidad de Costos, tal vez por que no se

nos exije, no se ha aplicado como debiera, y en muchas ocasiones - se utiliza meramente para proporcionar cifras históricas, sin mayor proyección, o bien porque una "Contabilidad de Costos" bien establecida, al representar una erogación adicional, significa un gasto superfluo, sin pensar en que este se traducirá a la larga, en - el logro de mejores resultados.

¿Qué es Costo?.- La aceptación más generalizada, es el que lo define como suma del importe que representan los consumos de materiales, la mano de obra, los cargos por depreciaciones y amortizaciones de la maquinaria y del equipo, así como aquellas otras partidas que sin corresponder a ninguna de las mencionadas incurren en la elaboración de un producto.

En la Industria, se define normalmente como "Directo" a aquellos - Costos que se identifican claramente con el Producto y cuya asignación es por tanto específica y definida; y como "Indirecto" a aquellos que por intervenir de una manera general en la producción, no pueden aplicarse específicamente a una "Unidad de Trabajo" y por - tanto su afectación se realiza a traves de prorrateos.

Hemos dicho que la Contabilidad debe registrar cronológica y sistemáticamente todas las operaciones que se efectuen en la Empresa, y al hablar de la Contabilidad de Costos, expresamos que está encaminada a determinar el Costo de los artículos que se elaboren mediante la implantación de reglas y procedimientos para definir, obtener, clasificar, ordenar y encontrar los elementos que lo íntegran.

El resultado final de las operaciones de una empresa, en cuanto a resultados, debe ser el mismo si se juzga por la Contabilidad en - General, como si se juzga por la Contabilidad de Costos. La primera puede presentar todos los documentos que se originan, en forma veraz pero desordenada en cuanto a la correcta identificación con

las unidades de trabajo. La segunda debe identificar cada erogación con su unidad de trabajo, y por lo mismo necesitan clasificarse los documentos, previamente definidos para el fin que se persigue, es decir para obtener los datos que pretendemos juzgar.

De lo anterior se desprende, la necesidad de que exista una perfecta coordinación, por lo que respecta a Contabilidad General como a su aspecto Contabilidad de Costos, dandole a los Profesionistas que las llevan y realizan toda su importancia a fin de que entendamos más claramente y aprovechemos eficazmente sus ventajas y conocimientos.

El buen entendimiento de las personas, así como la perfecta coordinación en sus actividades, producen óptimos resultados y las deficiencias que en este sentido se manifiestan, conducen a resultados negativos. Insisto en este entendimiento, ya que desgraciadamente, en muchas empresas, en forma conciente o inconciente se crean barreras sicológicas y separaciones, entre los departamentos de Contabilidad e Ingeniería, entre los de producción y ventas, y misión del constructor es buscar la armonía en las distintas áreas, para coordinar las actividades, encaminadas, al fin que se persigue.

Para que exista una coordinación de dos o más actividades es preciso que se conozcan los objetivos de cada una de ellas y para este conocimiento es preciso que exista una comunicación e información efectiva, ya que si bien la coordinación es producto de un conocimiento de fines, este conocimiento es a su vez producto de la comunicación.

Un elemento valiosísimo en la coordinación de funciones es el documento, entendido éste, en su acepción más genérica, como todo aquello en lo que consta algo escrito. Cuando se producen sin orden,

corremos el riesgo de empapelarnos, y el querer resolver todo a -- traves de papeles, tal vez por el principio de querer dejar constancia de todo, cosa aceptable, se presta al abuso y se tiende a la - burocratización, en el sentido peyorativo de la palabra, de nuestras actividades.

Es preciso establecer de antemano, los documentos que deban comprobar todas y cada una de las actividades de la Empresa fijando los procedimientos para su correcta tramitación e interpretación en -- forma tal que su flujo sea eficaz y permita un registro completo.

Los procedimientos que deban establecerse quedan comprendidos dentro del área general del control interno de una Empresa o Entidad. En la documentación que se produzca es preciso cuidar de los siguientes aspectos:

1.- Definir lo que necesitamos en cada documento.
2.- Formular de la manera más clara su presentación.
3.- Informarnos de que otras personas pueden beneficiarse con la información contenida en el documento para proporcionarles un tanto.
4.- Investigar sí la información que requerimos se puede obtener de documentos ya establecidos.
5.- Dar a conocer a los empleados diagramas del flujo a que están sujetos los documentos desde su origen hasta su última fase o archivo.
6.- Hacer pruebas selectivas periodicamente para ver si los documentos que se tiene establecidos cumplen las necesidades actuales de la Empresa o Entidad.

Por la manera en que normalmente utilizamos nuestros archivos, podemos considerarla como otra fase del flujo de documentos, siendo

importantísima su clasificación, para su aprovechamiento eficaz.

El flujo de documentos nos debe permitir integrar el costo de cada unidad de trabajo,de las fases que se componen de un número determinado de estas unidades, y del proceso que abarca todas las fases. Al mismo tiempo debe ser ordenado y comprobable para evitar errores y coordinado para evitar duplicidades.

Los documentos que se producen deben planearse de acuerdo con las variaciones de los trabajos y para cada tipo de empresa.

Si citamos un ejemplo dentro de la Industria de la Construcción, como la que corresponde a la construcción de caminos en que se pretenda conocer sus costos, podríamos establecer los siguientes procesos o fases:

a) Terracerías
b) Obras de Drenaje
c) Puentes
d) Bases
e) Pavimentación
f) Señalamiento
g) Obras de Administración.

Analizando el proceso de bases podemos subdividirlo en las siguientes Unidades de Trabajo:

1.- Desmonte en Bancos de Materiales
2.- Despalme
3.- Extracción de Materiales
4.- Carga de materiales
5.- Acarreo a plantas de trituraciónY/o cribado

6.- Trituración y/o Cribado

7.- Acarreo a camino y/o almacén

8.- Carga en almacén

9.- Tendido, Revoltura y Afinamiento

10.- Compactación

11.- Extracción, Carga, Acarreo y Aplicación del Agua necesaria.

Cada una de estas unidades de trabajo, tienen y representan un costo que se conoce, dependiendo de la información obtenida, y la suma de todas ellas nos dá el costo directo del m3. del material de base colocado en el camino.

Para lograr lo anterior necesitamos la información de los elementos que intervienen en el costo y para eso se requiere primordialmente de:

Informes de Cabos
Informes de Operadores
Informes de Checadores de Materiales

En estos informes se consignan la mano de obra empleada, el consumo de materiales, las horas tanto efectivas como ociosas del equipo, y al mismo tiempo las unidades producidas, como m3. en despalme, ml. de barrenación, m3. triturados, m3. acarreados, m3. tendidos y compactados, etc. consignandose el lugar de producción y elaboración.

Para la comprobación de los informes anteriores se tiene: Informe de tomador de tiempo, informe de intendente de maquinaria, informe de Almacén. Con estos informes se confirma lo que se ha reportado anteriormente por salarios, consumos, producción y es posible aplicar los cargos por maquinaria que corresponden a cada unidad.

La interpretación correcta y ordenada, sea en listas de raya, en -

acarreos, en consumos, sirve no solo para conocer los costos y registrarlos en las hojas de costos correspondientes, sino también para que la oficina produzca los elementos contabilizadores que requiere la contabilidad, evitando duplicidad y confusión.

Si el resumen de las hojas analíticas de costo se compara con la producción estimada para el mismo período de tiempo el superintendente está en condición de controlar el desarrollo de la obra encomendada a su cargo, corregir defectos donde los haya, prevenir descuidos, etc.

El costo indirecto de la obra lo integran las erogaciones que se hayan efectuado por superintendencia, por oficina, por almacén, por mantenimiento de maquinaria en cuanto a mano de obra se refiere, por laboratorio, por vehículos necesarios para la vigilancia y administración, etc.

La suma del costo directo y del indirecto puede representarse como el "Costo de Obra".

Este Costo, a nivel Empresa, corresponde a su vez al Costo Directo General, integrándose el Indirecto con todos aquellos gastos en que se incurren de una manera general y que se considera benefician a todas las obras y no pueden por lo mismo aplicarse a una de ellas, tales como sueldos y honorarios de Administración General, Gastos de vehículos administrativos, financiamiento y depreciación de la maquinaria que no es utilizada por la Empresa.

Estos Costos, por Empresa y por Obra, bien clasificados y registrados, no sólo son resumenes numéricos sino constituyen los resumenes de nuestras experiencias que mucho nos sirven para trabajos posteriores. Por medio de ellos estamos en condiciones de presentar co

tizaciones con bases más sólidas y con menos riesgos de los que -- ocasiona el determinar nuestros precios unitarios un tanto improvisado y precipitadamente.

Es de desearse que todos introduzcamos las técnicas administrativas modernas que nos permitan conocer de una manera más completa nuestro trabajo para obtener mejores resultados y por ende proporcionar a la sociedad mayores y mejores servicios.

Como algunos ejemplos practicos de aplicación a lo anterior, se veran los siguientes:

A.- Control de costos de un Banco de Prestamo, para la formación de terraplenes en un camino:

La especificación comprende: Extracción, carga, y tiempos de carga y descarga de los vehículos empleados en el transporte:

Equipo utilizado:

1 Tractor Komatzu D-155A-1 equipado con Ripper
1 Tractor Komatzu D-155A-1 equipado con Dozer
1 Cargador Frontal CAT 955 de 2 yds.

Horas tractor, con Ripper, para aflojar el terreno natural	120 h
Horas tractor, con Dozer para acumular cargas	148 h
Horas cargador frontal en carga a camiones	610 h
Camiones cargados con mat. suelto y capacidad de 6 m3.	10342 C
Volumen extraído en Banco	48000 M3.

Con los datos anteriores y conociendo los costos de hora máquina - se obtiene:

Tractor y Ripper	120 h x $ 900.00/hora	= $ 108,000.00
Tractor y Dozer	148 h x $ 800.00/hora	= $ 118,400.00
Cargador Frontal	610 h x $ 600.00/hora	= $ 366,000.00
	Por extracción y carga	$ 592,400.00

La tarifa de acarreos considerada para los camiones corresponde a $ 4.00 el primer kilómetro y $ 2.75 el kilómetro subsecuente por - M3. de material, por lo que se puede considerar que el costo del - tiempo de carga y descarga es la diferencia de $ 4.00 - $ 2.75 = $ 1.25 medido suelto y si se relaciona al material compacto, equivale a $ 1.25 x $\frac{10342 \text{ C.} \times 6 \text{ M3.}}{48000 \text{ M3.}}$ = 1.62.

Por lo que el costo de acuerdo con la especificación correspondiente, medido en banco es:

Por extracción y carga	$\frac{\$\ 592{,}400.00}{48000 \text{ M3.}}$ =	$ 12.34 M3.
Por tiempos de carga y descarga	=	$ 1.62 M3.
S u m a		$ 13.96 M3.

Independiente al costo por M3., de las observaciones anteriores se deducen otras como son:

Por arado del terreno $\frac{48000 \text{ M3}}{120 \text{ h}}$ = 400.0 M3/hora

Por acumulación de cargas $\frac{48000 \text{ M3}}{148 \text{ h}}$ = 324.3 M3/hora

Por carga a camiones:

Material suelto $\frac{10342 \text{ C.} \times 6 \text{M3}}{610 \text{ h}}$ = 101.7 M3/hora

Material en Banco $\frac{48000 \text{ M3}}{610 \text{ h}}$ = 78.7 M3/hora

Por abundamiento obtenido $\frac{62052 \text{ M3}}{48000 \text{ M3}}$ = 1.29

La comparación de las horas efectivas reportadas, con las horas -- disponibles, en el tiempo que permanecieron en el Banco, las máquinas anteriormente citadas, nos dan también el coeficiente de utilización que se tuvo, para cada una:

Por tractor con Ripper $\frac{120 \text{ horas efectivas}}{160 \text{ horas disponibles}} = 75\ \%$

Por tractor con Dozer $\frac{148 \text{ horas efectivas}}{180 \text{ horas disponibles}} = 82\ \%$

Por cargadores frontales $\frac{610 \text{ horas efectivas}}{720 \text{ horas efectivas}} = 85\ \%$

Si la diferencia entre horas disponibles y horas efectivas se controló, se podrán saber las horas perdidas por:

Descompostura de las máquinas
Lluvias
Ocio

Y de acuerdo a lo anterior, aprovechar la experiencia, de los resultados, para otra obra que pueda ser similar, por lo que respecta a las condiciones encontradas en el Banco.

1158

centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam

CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL
DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INTEGRACION DE COSTOS

ING. ENRIQUE TOSCANO

Tacuba 5, primer piso. México 1, D.F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

15-04.3 EXCAVACIONES

A) En cortes y adicionales abajo de la sub-rasante 1) En Material "A".

PROCEDIMIENTO: Ataque, Carga y Acarreo con escrepas jaladas por tractores y ayudadas, en la carga, con empujador. Afinamiento del corte con Motoconformadora.

EQUIPO:

2 Tractores D8 Serie H con doble tambor	198.84		
2 Escrepas de arrastre Cat.463 18-26 yd3	73.97	272.81	545.62
1 Tractor D8 Serie H con bulldozer	225.89		225.89
1 Motoconformadora Cat. 12	132.65		132.65

ANALISIS:

Rendimiento en acarreo libre

Tiempos:

Carga	1.00 minuto.
vueltas	0.50
descarga	0.50
	2.00 minutos.

$$\frac{18 \text{ Yd3} \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.20 \text{ abund.} \times 2'} = 274 \text{ M3} \quad 274 \times 2 = 548 \text{ M3/h.}$$

Rendimiento a 100 m.

Velocidades en 2a.	3.3 Km/h.
Velocidades en 3a.	4.6 Km/h.

Tiempos:

Cargada $\frac{0.100 \text{ Km} \times 60'}{3.3 \text{ Km/h.}} = 1.82'$

Vacia $\frac{0.100 \text{ Km} \times 60'}{4.6 \text{ Km/h}} = 1.30$

3.12 minutos.

$$\frac{18 \text{ Yd3} \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.20 \text{ abund.} \times (2' + 3.12')} = \frac{656.64}{6.14} = 107 \; ; \; 107 \times 2 = 214$$

Resumen.

Extracción y tendido	$ 545.62 / 548 M3	=	$ 1.00
Empujador	$ 225.89 / 214 M3	=	$ 1.06
Afinamiento corte	$ 132.65 / 214 M3	=	$ 0.62
			$ 2.68
	2.68 x 0.34		0.91
Precio Unitario.			$ 3.59/M3

15-04.3 Excavaciones.

A) En cortes y adicionales abajo de la sub-rasante

2) En material B

PROCEDIMIENTO: Afloje del terreno, con arado montado en tractor, carga y acarreo con escrepas jaladas por tractores y ayudadas en la carga por empujador. Afinamiento con motoconformadora.

EQUIPO:

2 Tractores D7	$155.63	
2 Escrepas de arrastre Cat. 435 F 14-18yd^3	61.88	$435.02
1 Tractor D7 con ripper		184.62
1 Tractor D8 con bulldozer		225.89
1 Motoconformadora Cat. 12		132.65

ANALISIS:

Rendimiento en acarreo libre

Tiempos:

carga	1.00	minuto
vuelta	0.50	"
descarga	0.50	"
vuelta	0.50	"
	2.50	minutos

$$\frac{16\ yd^3 \times 0.76 \times 0.80\ \text{Efic.} \times 60'}{1.30\ \text{abund.} \times 2.50'} = \frac{583.68}{3.25} = 179;\ 179 \times 2 - \text{escrepas} = 358$$

Rendimiento a 100 m.

Tiempo:

Cargada en 2a. $\frac{0.100 \times 60'}{3.5\ \text{Km./h.}} = 1.71$ minutos

Vacía en 3a. $\frac{0.100 \times 60'}{5.0\ \text{Km./h.}} = \frac{1.20}{2.91}$ minutos

$$\frac{16\ yd^3 \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.30 \times (2.50' + 2.91')} = \frac{583.68}{7.03} = 83;\ 83 \times 2\ \text{escrepas} = 166$$

R e s u m e n :

Extracción	$\frac{\$\ 435.02}{358}$	=	$ 1.22
Afloje con arado	$\frac{\$\ 184.62}{166}$	=	1.11
Empujador D8	$\frac{\$\ 225.89}{166}$	=	1.36
Afinamiento corte	$\frac{\$\ 132.65}{166}$	=	0.80
			$ 4.49

PRECIO UNITARIO: $4.49 x 1.34 = $ 6.02/m^3.

15-04.3 EXCAVACIONES.

A) En cortes y adicionales abajo de la sub-rasante. ---

3) En Mat. "C"

PROCEDIMIENTO: Afloje del material barrenando con perforadoras de piso y tronando, carga con pala mecánica sobre orugas; transporte con camiones para terracerías, - plantilla y bordeo con Tractor equipado con Bulldozer y afinado con motoconformadora.

EQUIPO:

1 Compresora de 600'	111.86	111.86	
6 Perforadoras de piso	21.68	130.08	
Accesorios de compresora para 6 perforadoras.	21.55	21.55	263.49
1 Pala sobre orugas de 1 1/2 yd3	247.04		
1/2 Tractor D8 con bulldozer	225.89	112.94	
1/4 Motoconformadora Cat. 12	132.65	33.16	
2 Camiones Euclid R-10 de 7 1/2 yd3	97.92	195.84	

ANALISIS:

Barrenación:

Datos:

Espesor o cuele	3.50 m.
Separación	1.75x1.75 m. (barrenación en piso)
Area	3.06 m2
Arranca el espesor o cuele -10% de la separación)	3.32 m.

Volumen por barreno 3.06 m2 x 3.32 m. = 10.16 m3

Volumen por Ml de cuele $\frac{10.16 \text{ m3}}{3.50 \text{ m}}$ = 2.90 m3

Coeficiente de barrenación $\frac{1}{2.90}$ = 0.34

Cuele/perforadora/hora efectiva 4 Ml/h

Número de perforadoras 6

Producción:

Cuele 4 Ml x 6 perforadoras = 24 Ml/h

Volumen $\frac{24}{0.34}$ = 70 m3/h

Costo horario $\frac{\$263.49}{70\ m3}$ = $3.76

Acero y brocas:

Escala de 7 barrenas de 7/8" con zanco y rosca más reposiciones $1,646.04

Vida de la escala 3,500 Ml; $\frac{\$1,646.04}{3,500\ Ml.}$ = $0.47

7 Brocas FCA con inserto de carburo
Costo medio por broca $320.76
Vida de las brocas 200 Ml; $\frac{\$\ 320.76}{200\ Ml}$ = $\frac{\$1.60}{\$2.07/Ml}$

$2.07 x 0.34 coef. de barrenación = $0.70

Explosivos:

Dinamita Extra 40% 4.140 kg x 8.28 = $34.28

Estopin 1 pza.x 3.99 = $ 3.99
$38.27

$\frac{38.27}{10.16\ m3}$ = $3.77

Pobladores:

1 Poblador	72.50	$ 72.50
2 Cargadores	48.00	96.00
1 Ayudante	33.60	33.60
		$202.10

70 m3/h x 8 horas de turno x 0.80 efic. = 448 m3/Turno.

$\frac{\$202.10}{448}$ = $0.45

Afloje $8.68

Excavación y carga

Ciclo de Pala de 1 1/2 yd3 para ángulo de 120° y profundidad de corte de 2.80 m. a- 3.70 m.
0.58 minutos.

Rendimiento:

$$\frac{1.5\ yd3 \times 0.76 \times 0.80\ Efic. \times 60'}{1.50\ abund. \times 0.58'} = 63\ m3/h$$

Costo horario $\frac{\$247.04}{63\ m3}$ = $3.92

Carreo libre:

Camión Euclid de 7.5 yd3

Tiempo fijo:

Acomodada	=	0.50 minutos.
Carga:		
5bot.x0.58'	=	2.90 minutos.
Vuelta:	=	0.50 minutos.
Descarga	=	0.50 minutos.
		4.40 minutos.

Rendimiento:

$$\frac{7.5\ yd3 \times 0.76 \times 0.80\ Efic. \times 60'}{1.50\ abud. \times 4.4'} = 41\ m3/h$$

41 m3 x 2 camiones = 82 m3/h

Costo horario $\frac{\$195.84}{82\ m3}$ = $2.39

Plantilla y bordeo:

1/2 Tractor Cat. D-8

Costo horario $\frac{\$112.94}{63\ m3}$ = $1.79

Afinamiento del corte

1/4 Motoconformadora Cat. 12

Costo horario $\frac{\$33.16}{63\ m3}$ = $0.53

R E S U M E N :

Afloje	=	$ 8.68
Excavación y carga	=	$ 3.92
Acarreo libre	=	$ 2.39
Plantilla y bordeo	=	$ 1.79
Amacice de taludes 10% del afloje	=	$ 0.87
Afinamiento Corte	=	$ 0.53
		$ 18.18
Ind. 34%		6.18
PRECIO UNITARIO		$ 24.36/m3

00009

15-05.3 EXCAVACIONES DE PRESTAMOS
B) De banco (inciso 10-06.3) 1) En Material "A"

PROCEDIMIENTO: Afloje del material con bulldozer, carga - con cargador frontal, transporte en camiones de volteo.

EQUIPO:

Tractor D8 con bulldozer	$ 225.89
Traxcavator 955 H de 1.50 yd3	125.64
Camión de 4 m3	49.75

ANALISIS:

Tractor D8 con bulldozer: (tiempos variables en 20 metros)

Adelante $\frac{0.020 \text{ Km} \times 60'}{2.6 \text{ km/h}} = 0.45$ minutos

Reversa $\frac{0.020 \text{ Km} \times 60'}{3.4 \text{ km/h}} = \frac{0.35}{0.81 \text{ minutos}}$

$\frac{4.1 \text{ m3} \times 0.80 \text{ Efic.} \times 60'}{1.20 \text{ abund} \times 0.81'} = \frac{196.80}{0.97} = 203$ m3/h

Traxcavator 955 H. Ciclo 0.60 minutos

$\frac{1.50 \text{ yd3} \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.20 \text{ abund.} \times 0.60'} = \frac{54.72}{0.72} = 76$ m3/h

Tiempo de carga y descarga: Camión de volteo de 4 m3.

Acomodo	=	0.50 minutos
Carga 3 botes x 0.60	=	1.80 minutos
Vuelta	=	0.50 minutos
Descarga	=	0.50 minutos
		3.30 minutos

$\frac{4 \text{ m3} \times 0.80 \text{ Efic.} \times 60'}{1.20 \text{ abund.} \times 3.30'} = \frac{192}{3.96} = 48$ m3/h

RESUMEN:

Excavación	$ 225.89 / 203 m3	=	$ 1.11
Carga	$ 125.64 / 76 m3	=	$ 1.65
Tiempo de carga y descarga	$ 49.75 / 48 m3	=	$ 1.04
			$ 3.80
	Ind. 34%		$ 1.29
	PRECIO UNITARIO:		$ 5.09/m3

15-05.3 EXCAVACIONES DE PRESTAMOS 00010
B) De banco (inciso 10-06.3). 2) En Material "B"

PROCEDIMIENTO:

Afloje con Ripper de 3 dientes
Tramo de 60 M de longitud
Espesor 0.50 M
Factor por vueltas de 1.10
Eficiencia 80%
Número de pasadas 4
Carga con traxcavator
2 Camiones de 4 m3

EQUIPO:

Tractor D8 con ripper	Costo horario	$	233.82
Tractor D8 con bulldozer			225.89
Traxcavator 955 H			125.64
Camión de 4 m3			49.75

ANALISIS:

1ra. Pasada

2a. Pasada

La 3a. y 4a. pasada es para romper los picos resultantes.

Eficiencia de Area 90%.

Area final $\frac{3.925 + 2.925}{2} \times 0.50 \times 0.90 = 1.54$ m2

Velocidad media 1.95 Km/h.

Tiempo $\frac{0.060 \text{ Km} \times 4 \text{ pasadas} \times 60' \times 1.10 \text{ vueltas}}{1.95 \text{ Km/h}} = 8.12$ minutos

$\frac{1.54 \text{ m2} \times 60 \text{ m} \times 60' \times 0.80 \text{ Efic.}}{8.12'} = 546$ M3/h.

Remoción:

Tractor D 8 con bulldozer.

Adelante $\frac{0.020 \text{ Km} \times 60'}{2.6 \text{ Km/h.}} = 0.46$ minutos

Reversa $\frac{0.020 \text{ Km} \times 60'}{3.4 \text{ Km/h}} = \frac{0.35}{0.81}$ minutos

$\frac{4.1 \text{ m3} \times 0.80 \times 60'}{1.30 \text{ abund.} \times 0.81'} = \frac{196.80}{1.05} = 187$ M3/h.

Carga:

Traxcavator 955 H. Ciclo de carga 0.60 minutos.

$\frac{1.50 \text{ Yd3} \times 0.76 \times 0.80 \text{ Efic.} \times 60'}{1.30 \text{ abund.} \times 0.60'} = \frac{54.72}{0.78} = 70$ M3/h

Tiempo de carga y descarga: Camión de volteo de 4 M3

Acomodada	=	0.50
Carga 3 botes x 0.60	=	1.80
Vuelta	=	0.50
Descarga	=	0.50
		3.30 minutos

$\frac{4 \text{ M3} \times 0.80 \text{ Efic.} \times 60'}{1.30 \text{ abund.} \times 3.30'} = \frac{192}{4.29} = 45$ M3/h.

Resumen:

Afloje	$\frac{\$ 233.82}{546 \text{ M3}}$	=	$ 0.43
Remoción	$\frac{\$ 225.89}{187 \text{ M3}}$	=	$ 1.21
Carga	$\frac{\$ 125.64}{70 \text{ M3}}$	=	$ 1.79
Tiempo de carga y descarga	$\frac{\$ 49.75}{45 \text{ M3}}$	=	$ 1.11
			$ 4.54
	Ind. 34%		1.54
	Precio Unitario		$ 6.08/M3

15-05.3 EXCAVACIONES DE PRESTAMOS
B) De banco (inciso 10-06.3) 3) En Material "C" 00012

PROCEDIMIENTO: Afloje del material mediante barrenación y explosivos; carga mediante pala mecánica a camiones y transporte con los mismos.

EQUIPO:

1 Compresora de 600'	$ 111.86	111.86	
6 Perforadoras de Piso	21.68	130.08	
Accesorios de compresora	21.55	21.55	263.49
½ Tractor D8	225.89	112.94	
1 Pala mecánica de 1½ yd3	247.04		
1 Camión de volteo Euclid RIO de 7.5 yd3	97.92		

Barrenación

Datos

Espesor	2.50 m.
Separación	1.25 x 1.25 m.
Area	1.56 m2
Arranca (-10% de la separación)	2.37 m.
Volumen por barreno	3.70 m3
Volumen por m.l. de cuele	1.48 m3
Coeficiente de barrenación $\frac{1}{1.48}$	0.68
Cuele/perforadora/hora efectiva	6.00 m.l./h.
Número de perforadoras	6

Producción

Cuele 6 m.l. x 6 perforadoras = 36 m.l./h.

Volumen $\frac{36}{0.68}$ = 53 m3/hr.

$\frac{\$\ 263.49}{53\ m3}$ = $ 4.97

Acero integral con inserto.

Escala de 4 barrenas de 7/8 más reposiciones

$ 1458.75 x 1.20 = $ 1750.50

Costo directo de m.l. $\frac{\$\ 17.50.50}{2800}$ = $ 0.63

$ 0.63 x 0.68 coef. de barrenación = $0.43/m3. $ 0.43

Explosivos.

Extra 60%	0.414 Kg x $ 8.60	=	$ 3.56
Mexamón	1.745 Kg x $ 2.33	=	4.07
Estopin	1 Pzax $ 3.74	=	3.74
			11.37

$\frac{\$\ 11.37}{3.70\ M3}$ $ 3.07

15-05.3 B) 3)

53m3/h x 8hr x 0.80 Efic = 339M3/Turno.

1 Poblador	$	72.50
1 Cargador		48.00
1 Ayudante		33.60
	$	154.10

$\frac{\$\ 154.10}{339\ m3}$ = Afloje $\frac{\$\ 0.45}{\$\ 8.92}$

Carga

Pala de 1½ yd3 Ciclo 0.58 minutos

$\frac{1.5 \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.50 \times 0.58} = \frac{54.72}{0.87} = 63$ m3/hr.

Acarreo libre.

Acomodada	=	0.50 minutos
Carga 5 botes x 0.58	=	2.90
Descarga	=	0.50
Vuelta	=	0.50
		4.40 minutos

$\frac{7.5\ yd3 \times 0.76 \times 0.80 \times 60'}{1.50 \times 4.4'} = \frac{273.60}{6.60} = 41$ m3/hr.

Resumen:

Afloje con explosivos		=	$ 8.92
Excavación ½ Tractor D8	$ 112.94 / 63 M3	=	1.79
Carga Pala 1½	$ 247.04 / 63 M3	=	3.92
Acarreo libre Camión Euclid	97.92	=	2.39
Tiempo de carga y descarga.	$ 41 M3		$ 17.02
	Ind. 34%		5.79
			$ 22.81/m3

15-06.7 Agua empleada para compactaciones.

PROCEDIMIENTO:

Extracción con bomba y aplicación con pipas.

EQUIPO:

Bomba de 3" de 57 m3/h.	Costo horario:	$ 9.40
Pipa de 5000 litros.	" "	56.07

Acarreo libre de 20 m.

Acomodada 1.21 minutos

Bombeo $\frac{5\ m3}{57\ m3/h.}$ = 0.087 de hora; 0.087x60' = 5.22 minutos

Tiempo fijo: 6.43 minutos

Por bombeo $\frac{5.22' \times \$\ 9.40}{5\ m3 \times 0.80\ Efic. \times 60'} = \frac{49.07}{240} =$ $ 0.20

Por tiempo fijo $\frac{6.43' \times \$56.07}{5\ m3 \times 0.80\ Efic. \times 60'} = \frac{360.53}{240} =$ $ 1.50

Por espera en el tiro 3 min. $\frac{3' \times \$\ 56.07}{5\ m3 \times 0.80\ Efic. \times 60'} = \frac{168.21}{240} =$ $ 0.70

Por aplicación $\frac{10' \times \$\ 56.07}{5\ m3 \times 0.80\ Efic. \times 60'} = \frac{560.70}{240} =$ $ 2.34

$ 4.74

Indirectos: 34% $ 1.61

PRECIO UNITARIO: $ 6.35/m3.

Mamposterias de tercera clase, a cualquier altura, con piedra obtenida de bancos, con mortero 1:5

El análisis se lleva a cabo considerando en él los 4 elementos de cálculo señalados.

I.- Materiales: Piedra
Arena
Cemento
Agua
Madera

II.- Mano de obra de mamposteo

III.- Equipo, (generalmente no se usa)

IV.- Herramienta

El análisis mas simple se tiene cuando los materiales se adquieren puestos en obra y el mamposteo se hace a destajo:

Piedra: $45.00/m3., medida en el camión; Arena $35.00/m3, -- Agua $8.00/m3; Cemento $380.00/Ton. y madera $2.50/p.T.

Tomando en cuenta que por cada metro cúbico de piedra medida en la mamposteria se requiere 1.3 m3. de piedra medida en camión; de arena 0.3 m3. y de agua 0.2 m3. y cemento según especificaciones 90 kg./m3.

I.- Materiales:

Piedra:	1.3 m3. x	$	45.00/m3.	=	$ 58.50
Arena:	0.3 m3. x	$	35.00/m3.	=	$ 10.50
Cemento:	0.09 Ton.x	$	380.00/m3.	=	$ 34.20
Agua:	0.2 m3. x	$	8.00/m3.	=	$ 1.60
Madera:	2 pt. x	$	2.50/pt.	=	$ 5.00
					$109.80/m3

II.-Mano de Obra

Destajo $ 45.00/m3.

VI.-Herramienta:

Hilos, cucharas, botes, palas etc. 2%. 0.90/m3

Costo Unitario: $ 155.70/m3.

Ahora bien, en la construcción de caminos lo más frecuente es que los materiales se tengan que obtener de los bancos que fija la Secretaría o aprueba para estos fines.

El costo de la piedra debe incluir los costos de: desmonte de la superficie que cubre el banco, el despalme, barrenación, tronado, carga del material aprovechable, eliminación del desperdicio y acarreo a la obra; en lo necesario para el volumen que se extraerá.

1.- Desmonte:

El desmonte requiere:

Mano de obra:

1 cabo	=	$ 45.00/turno
6 peones a $37.00	=	222.00/turno
		$ 267.00/turno

3 turnos:

3 t x $267.00 = $801.00

Se extraerán 800 m3.

Cargo por desmonte: $\frac{\$801.00}{800\ m3}$ = $ 1.00/m3.

2.- Despalme:

Suponiendo que el despalme está compuesto por material clase "A"; cuyo costo encontramos aquí de $9.22/m3 y que el volumen total necesario por retirar es de 100 m3.

100 m3 x $9.22/m3 = $922.00

Por m3 = $\frac{\$922.00}{800\ m3}$ = $ 1.15/m3.

3.- Barrenación:

A) Mano de Obra:

0.1 Cabo barrenación $ 6.00/turno

1	Barretero	$ 45.00/turno
1	Peón	37.00 "
		$ 88.00/turno

Si cada parada produce 6 m. de barreno por - turno y cada metro de barreno produce 2 m3,- tenemos:

Por m3 = $\frac{\$88.00}{12\ m3/t}$ = $ 7.33/m3

B) Materiales:

Acero de barrenación: Existe un desgaste aproximado de 0.1 Kg. de acero por cada metro de barrenación.

Por m3 = $\frac{\$5.00/Kg.x0.1\ Kg/m.}{2\ m3/m.}$ = $ 0.25/m3

Afile de barrenas: Se requiere una- afilada por cada 5 mts., y cuesta - $12.00/afilada

por m3 = $\frac{\$12.00/afilada}{5\ m/afil.\ x\ 2\ m3/m.}$ = $ 1.20/m3

Herramienta: 2% de $7.33/m3 = $ 0.15/m3

Suma de 3) $ 8.93/m3

4.- Voladura:

1 Poblador	$ 60.00/turno
1 Peón	37.00 "
	$ 97.00/turno

Por m3 = $\frac{\$97.00}{10\ parx6m/par\ x\ 2m3/m.}$ = $ 0.81/m3.

5.- Remoción, Selección y estiba del--- material útil y retiro del desperdicio:

Peón con su parte de cabo:

Por m3 = $\frac{\$41.50}{4\ m3}$ = $ 10.37/m3.

Herramienta 2% de 10.37 = 0.21/m3.

6.- Explosivos y artificios.

Dinamita extra 40%:

0.5 Kg/m3 x $10.00/Kg. =	$ 5.00	
Cañuela 1m/m3x$0.65/m. =	0.65	
Fulminantes:		
0.5 pza/m3 x $0.50/pza. =	0.25/m3.	
	Suma:	$ 5.90/m3.

7.- Carga a camión y acarreo-primeros 20 m.

A) Mano de Obra:

Peón con cabo= $\frac{\$41.50}{6.0\ m3}$= $ 6.92/m3

B) Equipo

Camión volteo de 4 m3.

Aproximación a carga, - descarga y regreso:

Activo: 0.15 hr.

Inactivo: 0.75 hr.

Por m3=

$\frac{0.15hrx\$50.00/hr+0.75hr\ x\ \$20.00/hr.}{4\ m3}$ = $ 5.62/m3

Suma 7) = $ 12.54/m3.

R E S U M E N

		Equipo y M.	% E. y M.	% M. de O.
1.- Desmonte	$ 1.00			
2.- Despalme	1.15	0.06		
3.- Barrenación	8.93	0.15		
4.- Voladura	0.81	0.00		
5.- Remoción, etc.	10.37	0.21		

		Equipo y M.	% E. y M.	% M. de O.
6.- Explosivos y Art.	$ 5.90	5.90		
7.- Carga y 20 m.	12.54	5.62		
Sumas:..	$ 40.70	11.94	28.76	69%

Antes de ver el caso de la arena, se verán las variantes cambiando el procedimiento constructivo, de manual a mecanizado.

1.- Desmonte con tractor:

Si la superficie por desmontar (300 m2) requiere de 4 horas de tractor D-7 con-Bulldozer

$\frac{\$160.00/\text{hora} \times 4 \text{ hr.}}{800 \text{ m3}}$ = $ 0.80/m3.

2.- Despalme con el mismo tractor en 1 hora

$\frac{\$160.00/\text{hora} \times 1.0 \text{ hr.}}{800 \text{ m3}}$ = $ 0.20/m3.

3.- Barrenación:

A) Equipo: Compresor de 210 p3; 2 pistolas de piso de 22.2 Kgs. (49 libras) y escala completa por pistola, para barrenar hasta 4m. con el fin de ir dando piso con frente limpio de 3 m.

Producción de las 2 pistolas:80m.l./turno-y 160 m3/turno.

Costos:

Compresor = $\frac{\$40.00/\text{hr.} \times 8 \text{ hr.}}{160 \text{ m3}}$ = $ 2.00/m3.

Pistolas=$\frac{2\times\$13.00/\text{hr.} \times 8 \text{ hr.}}{160 \text{ m3}}$ = 1.30/m3.

Accesorios: $\frac{\$3.00/\text{hr.} \times 8 \text{ hr.}}{160 \text{ m3}}$ 0.15/m3.

Suma Equipo: $ 3.45/m3.

B) Mano de obra:

La de barrenación está considerada dentro del costo horario de las pistolas y la del compresorista, en el costo horario del compresor.

4.- Voladura. Lo anotado en el estudio anterior $ 0.81/m3

Materiales:

A) Acero de barrenación:

Considerando la escala de acero octagonal de 7/8", con inserto y que el material tiene una dureza mediana.

Costo de la escala incluyendo afiladas de los insertos y la reposición de éstos:

Adquisición $3,200.00

Vida de la escala tomando en cuenta que una barra se pierde: 3,500 m.

$$\text{Por m3} = \frac{\$\ 3{,}200.00}{3500\ \text{m} \times 2\ \text{m3/m}} = \$\ 0.46/\text{m3}$$

B) Explosivos y artificios:

Lo anotado en el estudio anterior 5.90/m3

Suma $ 6.36/m3

5.- Carga a camión y retiro del material de desperdicio para ir dejando piso.

Cargador frontal Cat. 955 (1 3/4 yd3)

Esta máquina puede cargar camiones de volteo con un rendimiento de 64 m3/hr. pero por considerar el trabajo de limpieza se toma para fines de análisis 32 m3/hr.

Cargador Frontal

$$\frac{\$120.00/\text{hr.}}{32\ \text{m3/hr.}} = \left(\begin{matrix}\$1.87\ \text{Carga} \\ \$1.87\ \text{Remoc.}\end{matrix}\right) = \$\ 3.75/\text{m3}$$

Camión en carga, descarga, acomodos, esperas:
4 minutos

$\frac{\$50.00/hr. \times 0.067 \text{ hrs.}}{4 \text{ m}^3}$ = $ 0.84/m3

Suma $ 4.59/m3

R E S U M E N :

		M. de O. Aprox.	%
1.- Desmonte	$ 0.80	$ 0.16	
2.- Despalme	0.20	0.04	
3.- Barrenación e Inc.	3.45+0.46	1.00	
4.- Voladura	0.81	0.81	
5.- Remoción	2.72	0.54	
6.- Explosivos y Art.	5.90	0.00	
7.- Carga y 20 m.	1.87	0.37	
Sumas:.....	$ 16.21/m3	$ 2.92/m3 =	18.0%

Diferencia entre el primer estudio y el segundo

$40.70/m3 - $16.21/m3 = $24.49/m3

Naturalmente que entre estas dos consideraciones extremas -- existen muchas variantes, las que resultan de los cambios -- combinados de cada uno de los renglones que intervienen en - el costo total.

Se notará la diferencia en el % de la Mano de Obra, de 69 a- 18 % = 51 %.

ARENA:

Suponiendo un banco que no requiere desmonte pero si despalme de 0.3 m. de espesor en material "A" y que se va a explotar con una altura útil de 2.0 m., que esta arena solamente- requiere un cribado por la malla No. 4 y que existe un des-- perdicio por cribado, del 30% del material medido en el banco.

Primer caso: Todo el trabajo se hace a mano con excepción del acarreo:

1.- Despalme

Si nuestro costo de excavación a mano en seco, en material "A", es de $9.40/m3 y por cada m2 con 0.3 m3/m2 - se tienen 2 m3 de material en greña, tenemos:

Por m3= $\frac{\$9.40/m3 x 0.30 m3}{2\ m3\ x\ 0.7\ aprov.}$ = $ 1.97/m3

2.- Extracción y cribado:

Peón con cabo: $41.50/turno

Por m3= $\frac{\$41.50/turno}{6m3\ x\ 0.7\ aprov.}$ = $9.88/m3

Herramienta 5% de $9.88/m3 = $0.49/m3

Suma $ 10.37/m3

3.- Carga al camión:

Mano de Obra:

Por m3= $\frac{\$41.50/m3}{8\ m3}$ = $5.19/m3

Herramienta 2% de 5.19 = 0.10/m3

Camión:

$\frac{\$50.00/hr. x 0.15 hr. + 0.5 hr. x \$20.00/hr.}{4\ m3}$ 4.37/m3

Suma $ 9.66/m3

Costo Suma: $ 22.00/m3

R E S U M E N

		M. de O.	%
1.- Despalme	$ 1.97/m3	1.93	
2.- Extracc. y Crib.	10.37/m3	9.88	
3.- Carga al camión	9.66/m3	5.19	
Sumas:	$22.00/m3	17.00/m3	= 77%

Segundo caso: Empleando Equipo

1.- Despalme:

Empleando un tractor D-7

por m3= $\frac{\$160.00/hr. \times 0.3\ m3}{90\ m3/hr \times 1.4\ m3\ útiles}$ = $ 0.38/m3

2.- Extracción y cribado:

Tractor D-7 en extracción y acarreo a la tolva de cribado:

$\frac{\$160.00/hr.}{60\ m3/hr \times 0.7}$ = $ 3.81/m3

Cribado: Planta Cedarapids 3'x10'

$\frac{\$135.00/hr.}{20\ m3/hr\ (útil)}$ = $ 6.75/m3

Suma $ 10.56/m3

3.- Carga al camión, directamente de la tolva de la criba; incluyendo descarga del camión, esperas, etc.

Por m3= $\frac{\$50.00/hr. \times 0.05\ hr}{4\ m3}$ = $ 0.62/m3

Suma $ 11.56/m3

R E S U M E N :

		M. de O.	%
1.- Despalme	$ 0.38/m3		
2.- Extracción y Crib.	10.56/m3		
3.- Carga al Camión	0.62/m3		
Sumas	$11.56/m3	$2.31/m3	20%

Diferencia de las 2 arenas $10.44/m3.

Y en Mano de Obra 57%

Cemento puesto en obra:

1.- Materiales:

Cemento, adquisición LAB en fábrica $280.00/Ton.

2.- Equipo:

Camión redilas de 5 ton., acarreo 150 Kmts.

Tiempos: Espera en fábrica y perdidos 2 hrs.

Activo: Vacío $= \frac{150 \text{ Km.}}{50 \text{ Km/hr.}} =$ 3 hrs.

Cargado $= \frac{150 \text{ Km.}}{30} =$ 5 hrs.

Suma 8 hrs.

Por Ton. $= \frac{8\text{hr.} \times \$50.00/\text{hr.} + 2\text{hr.} \times \$20.00/\text{hr.}}{5 \text{ Tons.}} =$ \$ 88.00/Ton.

3.- Mano de obra:

Descarga y estiba: 2 peones arriba del camión y 4 peones recibiendo y acomodando en bodega

$\frac{6 \times \$37.00/\text{turno} \times 0.75/\text{hr.}}{8 \text{ hrs.} \times 5 \text{ Tons.}} =$ \$ 4.16/Ton.

Suma: \$372.16

Agua puesta en obra:

1.- Equipo:

Consideraremos una pipa de 5000 lts. y una bomba de 7.6 cm.- (3") con 60 m3/hr.

Tiempos de la pipa:

Carga:	0.1 hr.
Descarga:	0.2 hr.
Perdidos:	0.2 hr.
Suma:....	0.5 hr.

Por m3 $= \frac{\$55.00/\text{hr.} \times 0.5 \text{ hr.}}{5 \text{ m3}} =$ \$ 5.50/m3

Bomba: $\frac{0.1 \text{ hr.} \times \$10.00/\text{hr.}}{5 \text{ m3}} =$ 0.20/m3

2.- Herramienta:

Tambores de 2000 lts. a \$80.00/pza.

Por m3 $= \frac{\$80.00}{200 \text{ m3}} =$ \$ 0.40/m3

Suma: \$ 6.10/m3

Ahora, con los datos obtenidos calculemos nuestro precio unitario para mampostería simple, siguiendo el mismo orden del primer análisis.

I.- Materiales:

Pongamos a la piedra el valor promedio

Piedra:	1.3 m3	x $ 28.45/m3.	= $36.98/m3	
Arena:	0.3 m.	x $ 22.00/m3.	= 6.60	
Cemento:	0.09 Ton.	x $372.16/Ton.	= 33.49	
Agua:	0.2 m3	x $ 6.10/m3.	= 1.22	
Madera:	2 p. t.	x $ 2.50/p.t.	= 5.00	
			Suma	$ 83.29/m3

II.-Mano de Obra.

0.1 Maestro	$ 8.00/turno
1 Albañil	45.00 "
1 Peón	37.00 "
	$ 90.00/turno

Rendimiento medio para mamposteo incluyendo el acabado en las juntas remetidas, colocación de andamios, etc.: 2.5 m3/turno

$$\text{Por m3} = \frac{\$90.00/\text{turno}}{2.5\ \text{m3/turno}} = \qquad \$\ 36.00/\text{m3}$$

III.-Herramienta:

2% de $36.00/m3. = $ 0.72

Suma Costo: $120.01/m3

Conclusiones:

1o.- Se quiere insistir, con estos ejemplos, en mostrar que en los análisis los elementos que se deben tener en mente son siempre

Materiales
Mano de obra
Equipo
Herramienta

2o.- La Secretaría para sus tabuladores, no considera el caso más económico que sería el de aplicar los costos resultantes de los estudios a base de equipo, ya que en obras de drenaje las extracciones suelen ser de volúmenes relativamente pequeños y los costos obtenidos con el equipo necesariamente deberían incrementarse con lo correspondiente al importe de los translados de la maquinaria de un banco a otro, su instalación y tiempos inactivos, básicamente.

Sin embargo tampoco puede la Secretaría aceptar procedimientos "Egipcios" para la ejecución de las obras ya que no sería económico ni práctico y de que no sucede así en la realidad.

En el estudio de los precios unitarios del tabulador se hace intervenir la estadística, a fin de considerar, hasta donde es posible, las distintas formas de llevar a cabo los trabajos en el campo y sus incidencias, determinándose así un procedimiento medio y los porcentajes de desperdicio en la arena, en la grava, etc.

En la misma forma se hace intervenir en los precios para excavaciones a mano, la carga y acarreo en carretilla y la carga y acarreo del material en camión; se comprende que un tabulador general con precios medios no puede incluir precios con todas las posibilidades, pues resultaría muy voluminoso, además de peligroso para la propia Secretaría. Claro que lo ideal en la forma de pago sería un solo precio por estructura terminada, como es el otro extremo.

En conclusión, los análisis de precios unitarios del tabulador son precios medios que toman en cuenta la repetición de casos y no promedios de procedimientos únicos.

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL SAHOP

DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

PROCEDIMIENTO PARA EL PROYECTO DE INTERSECCIONES

PROYECTO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES

GRAFICAS

ING. PEDRO CHAVELÁS CORTES
NOVIEMBRE 21, 1978

PROCEDIMIENTO PARA EL PROYECTO DE INTERSECCIONES

I N D I C E

Nota: Este trabajo es una traducción del apéndice del libro "A Policy on Geometric Design of Rural Highways". Ed. 1965 AASHO (pag. 603-630), titulado "Intersection Design Procedure".

PROCEDIMIENTO PARA PROYECTO DE INTERSECCIONES

El mejor proyecto geométrico de una intersección es logrado siguiendo ciertos procedimientos y análisis para asegurar lo adecuado y factible del proyecto. El procedimiento de proyecto no es una parte fundamental de las normas de proyecto pero es un complemento muy provechoso. Mientras que no es posible abarcar el campo completo de procedimiento de proyecto, este apéndice presenta aquellos aspectos que tienen un efecto significativo en la geometría y solución final de una intersección para ilustrar un procedimiento deseable en problemas semejantes. Una intersección apropiada, particularmente un entronque raramente es creado y proyectado directamente al primer intento. Todos los factores deben ser analizados y evaluados conjuntamente. El proyecto debe estar en armonía con los volúmenes, velocidades, características del tránsito, la topografía del lugar, el área de influencia, el derecho de vía, los recursos aprovechables y la clase de intersección. Todas las probables soluciones deben ser probadas y examinadas antes de que las conclusiones sean dibujadas.

El siguiente procedimiento asegura abarcar completamente todos los aspectos de un problema de proyecto de intersecciones y evita refinamientos innecesarios en las etapas preliminares del estudio. El proyecto de cualquier intersección comprende los siguientes pasos:

1. - Obtención y análisis de datos de tránsito, para determinar el Volumen Horario de Proyecto para todos los movimientos directos y direccionales, incluyendo el incremento futuro.

2. - Obtención de datos físicos del lugar incluyendo mapas que muestren la topografía, cultivos, edificios ó construcciones, existentes o probables en el futuro.

3. - Determinación de la situación, tipo y trazos sobresalientes del proyecto general de todas las carreteras y su desarrollo, ambos existentes y proyectados en el área que puede tener relación con el proyecto.

4. - Preparación de varios esquemas de cruce que con probabilidad satisfagan las necesidades del tránsito y son prácticas para el lugar.

5. - Análisis de esquemas alternos y selección de los dos mejores para estudios adicionales y para preparación de proyectos preliminares y perfiles.

6. - Preparación de proyectos y perfiles previos para las alternativas seleccionadas en el punto 5.

7. - Evaluación de cada alternativa, en proyecto preliminar, con respecto a características de proyecto; relación de capacidad y volumen; características de operación; adaptabilidad total; operación del tránsito durante la construcción y adaptabilidad a las etapas de construcción.

8. - Cálculo de costos preliminares estimados para cada alternativa, incluyendo adquisición de terrenos, limpieza del lugar, construcción, conser-

vación, operación del tránsito durante la construcción, etc.

9. - Cálculo de las relaciones Beneficio-Costo para cada alternativa del proyecto preliminar.

10. - Síntesis de los análisis de los valores de los pasos 7, 8 y 9 para buscar conclusiones respecto al plan preferido.

11. - Proyecto Final incluyendo preparación de proyectos de construcción, especificaciones y estimaciones.

Estos pasos son ampliados en los siguientes párrafos y se presentan problemas ilustrativos del procedimiento de proyecto, excepto. en el paso 11.

El procedimiento general delineado debe regir para entronques importantes y en muchos casos para algunos menos importantes. En general, el procedimiento también debe ser seguido en intersecciones a nivel. Una canalización compleja y un proyecto con control de semáforos comunmente justifica un estudio completo con diferentes alternativas. En intersecciones a nivel, de orden inferior, puede aplicarse, para alguno de los detalles pueden simplificarse u omitirse. Para una intersección simple canalizada el procedimiento puede ser abreviado considerablemente de modo que todavía se tenga un adecuado conocimiento de los costos para otros esquemas considerados como alternativas.

DATOS BASICOS PARA PROYECTO

Paso 1. - Datos de Tránsito

Los datos de tránsito tienen la mayor influencia en el tipo de intersección y sus características geométricas. Los elementos del tránsito, y el Volumen Horario de Proyecto deben obtenerse, presentándolos correctamente en la forma acostumbrada.

La información de tránsito se muestra mejor mediante un esquema diagramático indicando volúmenes y direcciones para todos los movimientos. El diagrama preferiblemente deberá indicar los Volúmenes Horarios de Proyecto para todos los movimientos en un sentido y giros, incluyendo los porcentajes de camiones de camionese en cada uno, los cuales ocurren al mismo tiempo. Para intersecciones de bajo volumen unos datos tan completos, ó un diagrama, pueden no se necesarios.

Un diagrama que muestre volúmenes horarios máximos para todos los movimientos, no nos dá una visión verdadera de la situación del Volumen de Proyecto, porque es un compuesto seleccionado de los volúmenes más altos que ocurren a tiempos diferentes, tales como en una dirección durante la hora máxima de la mañana y el opuesto durante la hora máxima de la tarde. Para las condiciones de volúmenes bajos a moderados, los proyectos basados en los mencionados volúmenes "compuestos" pueden diferir muy poco de aquellos basados en movimientos simultáneos para una hora máxima particular y podrán estar del lado de la seguridad. Pero, para las condiciones de volúmenes máximos

Los proyectos para volúmenes compuestos pueden ser sustancialmente diferentes. Donde los volúmenes de tránsito para uno o más movimientos direccionales son fuertes y sin equilibrio en su dirección, el uso de los datos de tránsito compuesto para proyecto pueden resultar en un sobre-diseño de la intersección.

Los datos de tránsito pueden ser presentados convenientemente por dos diagramas, uno que muestre los volúmenes horarios simultáneos durante una máxima demanda, digamos durante la hora de proyecto para la mañana y el otro en otra máxima demanda, digamos en la hora vespertina de proyecto. Estos datos de tránsito se necesitan para todas las intersecciones mayores, particularmente en los entronques donde grandes volúmenes de camiones deben ser incluídos en cada movimiento horario. Deben proporcionarse las características para obtener de los camiones los datos de los vehículos de proyecto.

Se ilustran los dos métodos de presentación del tránsito. La Fig. 1 ilustra el método compuesto en combinación con una intersección a nivel y la figura 5 muestra los movimientos simultáneos durante las máximas demandas Am y Pm para una intersección.

Paso 2.- Datos del lugar.

Fundamental en cualquier proyecto de intersección es un plano actualizado del lugar, mostrando la topografía, cultivos, derecho de vía, etc., así como la evaluación de propiedades, suelo en general, condiciones de cimentación y cuencas hidráulicas, si las hay.

Paso 3.- Datos de Carreteras y Desarrollo Futuro.

Debe obtenerse información concerniente a carreteras existentes y cualquier mejora planeada en el área que pueda afectar o ser afectada para la intersección que será objeto de mejoramiento. El desarrollo futuro de las tierras adyacentes y otras mejoras deben incluirse. Esto puede tener relación con el tipo y trazo geométrico de la intersección y sus accesos, incluyendo tales características como control de accesos, facilidades de estacionamiento, caminos laterales, etc. Toda esta información debe ser recopilada y colocada en el plano del lugar, el cual se reproducirá a una escala conveniente y que será usado como base para los diagramas y planos preliminares.

PROYECTO PRELIMINAR

Paso 4.- Preparación de Diagramas para Posibles Soluciones Alternas.

Los diagramas o dibujos de trazo de ubicación, a escala, son hechos en forma rápida, en parte a mano, con papel calca sobre el plano base. Tales dibujos pueden ser desarrollados rápida y fácilmente y deben hacerse para todas las probables alternativas que son merecedoras de consideración. En su desarrollo una verificación aproximada es hecha mental y visualmente de ciertos razgos de proyecto, tales como límite de curvatura, perfiles, localización de isletas, etc. a fin de evaluar la conveniencia de cada trazo. En esta etapa solo los aspectos generales del problema son considerados. No solo se gasta tiempo sino que causa confusión al proyectista considerar dimensiones detalladas antes que las características generales de los posibles proyectos hayan sido dibujados y exami

nados. Los cálculos y afinación de detalles pueden reservarse para los pasos finales del proyecto.

Intersecciones a nivel.

Los dibujos de estudio para una intersección a nivel se realizan de manera rápida, a mano, con equipo de dibujo o por ambos métodos, a pequeña pero conveniente escala, mostrando en el proyecto los límites de pavimento y localización de isletas, acotamientos, etc. Un ejemplo está en la figura 2. Todas las soluciones prácticas que puedan satisfacer las necesidades del tránsito y limitaciones de lugar serán dibujadas. Los perfiles generalmente no necesitan hacerse, pero puede hacerse una revisión a fin de asegurar que las pendientes de los accesos a la intersección sean generalmente satisfactorios.

Los esquemas de estudio de una intersección a nivel son dibujados mejor en un plano base a una escala 1:500 ó bien 1:1000. Generalmente, las escalas menores o mayores exigen más tiempo y dificultan su manejo. Pueden utilizarse escalas más pequeñas, como 1:2000, para trazos rápidos.

Entronques a Desnivel-Dibujos de línea sencilla.

Ya que las intersecciones son mayores en área y tienen considerablemente más desarrollo y longitud de los caminos que se cruzan, que en una intersección a nivel, es posible hacer los esquemas de reconocimiento con una sola línea para cada calzada o cada mitad de un pavimento de dos sentidos. Ver ejemplo en la figura 6. La dirección de las flechas en las líneas muestra la circulación propuesta. Los dibujos de línea sencilla para entronques son excelentes para un planteamiento y examen rápido de todos los esquemas probables. Son hechos en forma expedita, a mano, con equipo de dibujo, o por ambos métodos, en papel transparente, sobre el plano base. Estos diagramas, dibujados a escala, son suficientemente aproximados para esta fase de estudio del proyecto. Las anchuras de pavimento se visualizan rápidamente y donde gobiernan el proyecto, dos puntos de acceso y rampas finales pueden ser dibujadas. Las estructuras se muestran por indicación de los parapetos. Deben usarse los valores que fijan las normas en las relaciones de velocidad/curvatura, ubicación de cadenamientos, longitud de las secciones de cruzamientos, limitaciones de estructuras, etc. Los perfiles rara vez necesitan dibujarse, pero pueden revisarse rápidamente de acuerdo con puntos fijos del proyecto. Las pendientes entre esos puntos pueden ser estimadas aproximadamente ó ajustadas utilizando longitudes a escala con la previsión para las curvas verticales. En algunas ocasiones, los perfiles dudosos pueden dibujarse aunque, como un conjunto, no es muy necesario para desarrollar perfiles completos en estos trazos esquemáticos.

Los dibujos de línea sencilla son mejor logrados a escalas de 1:5000 a 1:1000. Se usan escalas menores en estudios de ruta y trazos más completos. Las escalas menores de 1:5000 pueden no ser correctas. La escala 1:1000 puede ser deseable en caso de limitaciones físicas locales u otras condiciones críticas.

Paso 5.- Análisis de esquemas alternos.

Después de que todos los posibles diagramas hayan sido preparados-

en forma de dibujo de estudio, se analizan en forma general comparando sus ventajas y desventajas. La comparación se hace en forma amplia, analizando puntos sobresalientes del proyecto, características de operación, factibilidad para acomodar el tránsito, costo probable, acomodo total en el lugar, tipo de intersección, etc. Algunos de los diagramas se encontrarán que son francamente inferiores a otros u obviamente inapropiados, por lo que son eliminados. Otros mostrarán características atractivas y justificarán más estudios detallados. En la mayoría de problemas de intersecciones cuando menos dos, y en algunos casos varios de tales esquemas, merecen desarrollarse como proyectos preliminares alternos.

Paso 6. - Preparación de Proyectos Preliminares Alternos.

Los proyectos preliminares de los diagramas elegidos son hechos en mayor detalle que los dibujos de estudios pero como escasamente se requieren cálculos se desarrollan rápidamente como soluciones gráficas. No se requiere mucho tiempo y gran calidad en el dibujo.

La fig. 3 es un ejemplo de una interseción a nivel y las 7 y 8 corresponden a un entronque a desnivel.

Las alternativas preliminares proyectadas también se hacen con papel calca sobrepuesto a un plano base, el cual generalmente está a una escala mayor que la utilizada para los dibujos de estudio. Las escalas convenientes para intersecciones a nivel son aquellas en el rango de 1:1000 y 1:500 para entronques a desnivel una escala 1:2000 es ampliamente recomendable. Una escala de 1:1000 puede ser útil para proyectos de entronques pequeños y para condiciones estrechas y una escala de 1:4000 para proyectos extensos y complejos.

El trazo del proyecto preliminar empieza por transformar el dibujo de estudio en un nuevo trazo a mano. Donde las escalas varían, como puede ocurrir, la transformación se hace visualmente por relaciones observadas entre los caminos y otras características en el plano base.

La transformación puede hacerse directamente en una ampliación fotográfica del dibujo de línea simple. Las orillas del pavimento a los centros de línea son suavisados o ajustados como se desee utilizando una plantilla u otros útiles de dibujo. En el trazo se aplican las normas fijadas con el debido criterio en todas las limitaciones locales para cada ruta. Ambos límites del pavimento son dibujados y las isletas y vértices ubicados. Para intersecciones a nivel se dibujan los perfiles de los movimientos directos. Para entronques los perfiles son dibujados para los movimientos directos y para todas las rampas. Los perfiles también se dibujan sin cálculos. Las plantas y los perfiles son dibujados conjuntamente, realizando en ambos los ajustes que se encuentren necesarios.

Las plantas preliminares de los entronques deberán tener todas las vías cadeneadas, a la escala usual, aunque no calculadas, a lo largo de la línea de centro en movimientos directos y a lo largo de uno de los límites del pavimento en las rampas. Es deseable que el cadenamiento en las rampas sea hecho continuado del que va por la vía de tránsito directo.

Este procedimiento reduce el número de operaciones a un mínimo y

facilita el dibujo y presentación de los perfiles yuxtapuestos de los caminos y las rampas. Los vértices de las isletas y los finales de las rampas deben ser localizados en los perfiles. Los vértices de aproximación de las isletas deben ser achaflanados, alejándolos de los límites normales del pavimento. Aunque esto puede parecer un refinamiento para un plan preliminar, asegura que los perfiles para los pavimentos divergentes se encuentran apropiadamente en los vértices citados, En su posición achaflanada un vértice de isleta puede estar ubicado a cierta distancia de la intersección de los bordes del pavimento, por lo que se requiere un ajuste del perfil.

Los perfiles de los caminos y rampas se dibujan a la misma escala horizontal que la planta, con una escala vertical aproximadamente diez veces mayor que la escala horizontal. Con el cadenamiento continuo sugerido los perfiles de la rampa pueden ser superpuestos en los perfiles del camin. Ver fig. 8. Por conveniencia, cada rampa debe ser identificada en planta y perfil por una letra o combinación adecuada de letras .

Los puentes se indican en la planta por las líneas de parapeto ó banqueta. Donde existen varias estructuras deben numerarse para identificación y rápida referencia en los perfiles. Los puentes deben mostrarse tanto en perfil inferior como superior del camino.

Los perfiles están controlados principalmente por la topografía, pendientes máximas, distancia mínima de visibilidad y claros de las estructuras, pero pueden también ser afectados por la sobreelevación requerida.

En una red de caminos la sobreelevación de uno de ellos puede influir signficativamente en el perfil del otro. Esto se toma en consideración al final de la rampa donde la elevación a través del camino y de las rampas son diferentes en cada lado del acceso o de la unión final. Ver fig. 8. Los refinamientos en la aplicación de la sobreelevación en los proyectos preliminares, aunque sean aproximados aseguran perfiles razonables.

DETERMINACION DEL PLAN ELEGIDO

Paso 7. - Evaluación de características geométricas y de operación.

Después que el plano preliminar de los esquemas de alternativas está completo debe ser examinado con respecto a las características geométricas y de operación del tránsito. Las características generalmente consideradas en este examen, pero no necesariamente en este orden, son: adaptabilidad, accesibilidad, características de diseño, capacidad, características de operación, sostenimiento del tránsito y etapas de desarrollo.

Adaptabilidad. - Cada alternativa del plan debe juzgarse con respecto a su adaptabilidad en el lugar, con el tipo de intersección y al tránsito. Algunos arreglos son más apropiados que otros a la topografía y circunstancias del lugar. Los proyectos que requieren grandes terraplenes y cortes profundos o drenaje difícil son menos deseables que aquellos que se apegan más a la conformación del terreno natural y se prestan ellos mismos a pendientes apropiadas y al tratamiento del paisaje.

La estética es importante a tal grado que el arreglo de la intersección puede dar realce o afear la zona considerada. Los tipos de intersección y el servicio que se intenta proporcionar son factores importantes en la selección del esquema. Por ejemplo, en una intersección de dos caminos relativamente menores, una especificación de altas especificaciones puede resultar inapropiada, mientras que un proyecto especial pueda ser necesario en una intersección de dos carreteras de alta velocidad. Las rampas que acomodan vueltas a nivel a la izquierda pueden ser aceptables en una carretera a lo largo de la cual hay otras intersecciones a nivel pero deben de ser evitadas en una carretera dividida, con pocas intersecciones a nivel. Los entronques direccionales normalmente no son aprobados a menos que ambas carreteras interceptadas sean suficientemente importantes y exista un movimiento fuerte de vuelta izquierda. Brevemente, el uso de intersecciones debe estar de acuerdo con el carácter de las carreteras que se cruzan.

La forma en la cual las vueltas se ajutan al tránsito debe ser considerada determinante. Es preferible un diseño que da preferencia al movimiento con mayor volumen de tránsito. El grado y modo de canalización o el tipo y forma de rampas debe reflejar los volúmenes y carácter del tránsito.

Accesibilidad. - Cada proyecto alterno debe ser examinado según su accesibilidad o posibilidad de realizar el proyecto dentro de la construcción actual. Los efectos económicos locales del mejoramiento de una carretera pueden modificar una conclusión ingenieril. Los aspectos ingenieriles del diseño deben ser considerados juntamente con sus defectos sobre la comunidad, no solo donde el desarrollo pueda requerir la remoción de ciertos edificios sino también donde ciertos establecimientos son afectados adversamente por la relocalización del tránsito. Estos efectos à menudo son reflejados en el costo real del camino, como cuando los establecimientos comerciales son adquiridos directamente o cuando el daño directo es de otro modo impuesto, pero un daño a menudo no puede ser calculado o pagado. Los daños pueden ser valudados pero también deben ser considerados intangibles. Otro tipo de limitación intangible es la renuncia, arraigada profundamente, a perjudicar instalaciones religiosas o culturales. Los cementerios, también a menudo, son considerados intocables.

Características de diseño. - Los aspectos geométricos, tales como alineamiento, perfil, distancia de visibilidad, anchura de pavimento, carriles auxiliares, sobre elevación, isletas y vías de acceso, etc., deben ser comparadas en las alternativas, para tenerlas en cuenta en la adaptabilidad del proyecto. De otra manera no se verá fácilmente la diferencia entre el nuevo proyecto geométrico y el que contiene las normas mínimas.

Capacidad. - Un análisis de capacidad debe ser hecho en cada proyecto alterno para determinar que tan fácilmente lo proyectado acomodará el tránsito probable. El Manual de Capacidad de Carreteras proporciona las herramientas necesarias para un análisis de capacidad. Mientras en algunos casos las dimensiones, o el número de carriles, pueden ser determinadas directamente de los datos de volumen y capacidad, en la mayor parte de los casos de proyectos la capacidad es confrontada contra el volumen y el proyecto readaptado, quizá más de una vez.

Es deseable que una comparación de capacidad con el pronóstico de-

volúmenes de tránsito sea indicada en el proyecto preliminar; ver fig.7. Esta comparación muestra claramente el tránsito adecuado a cada proyecto alterno. Donde los costos no difieren mucho, son preferidos los proyectos que proporcionan capacidades en exceso de los volúmenes horarios de proyecto. En el primer caso, el diseño puede absorber máximas demandas que probablemente ocurran ocasionalmente y será útil para algún período más allá del año para el cual se diseñó. En el último caso el congestionamiento durante las horas de máxima demanda, ocurriría más pronto y los incrementos de tránsito futuro no pueden ser servidos sin mejoramientos adicionales.

Características operacionales. - Las características operacionales de cada proyecto alterno pueden ser evaluadas con bases en las experiencias y datos disponibles, considerando comportamiento del conductor y funcionamiento del tránsito. Son considerados los efectos de convergencia, divergencia, cruces y movimientos mezclados. Las relaciones de capacidad a volúmenes de tránsito son observados para valuar el tipo de operación, velocidades probables, interferencia y demora, localización, proximidad, etc.

La secuencia de salidas yent radas son examinadas, para determinar sus efectos en la operación como trayectorias claras a seguir, considerando si la intersección puede ser señalizada en forma efectiva. También el aspecto de seguridad debe ser evaluado y deberá recibir serias consideraciones en la selección de los diagramas.

La evaluación de las características de operación para intersecciones mayores se facilita por medio de la preparación de diagramas separados o trazos indicando las vías para las corrientes mayores de tránsito, tal como las que usa un conductor al atravesar la intersección. Un diagrama separado es hecho para cada movimiento principal indicando sucesivamente las salidas y llegadas. Solamente los conceptos principales tales como isletas, vértices y puentes, por los cuales el conductor pasa, son incluídos. Esto sirve para señalar las obras principales del conjunto de la intersección y que sea evidente a primera vista las que determinan las características de operación en cada viaje a uno y otro lado de la intersección.

Sostenimiento del tránsito durante la construcción. -

La manera que en cada proyecto alterno el tránsito será sostenido durante la construcción deberá ser examinada, para definir si será necesario el costo de un desvío o si la no interrupción del tránsito es problemática durante la construcción. Cerca de y en áreas urbanas, un plan altamente deseable desde el ppnto de vista geométrico y de características de operación, podría ser inconveniente debido a que éste no podría servir en forma adecuada conservando el alto volumen de tránsito durante el período de construcción. Generalmente en áreas rurales este aspecto no es serio, pero puede haber ventajas substanciales de una alternativa sobre otra en este requisito, particularmente en terrenos escabrosos.

Etapas de desarrollo.

Durante algún tiempo inicial solamente ciertas partes fundamentales de la intersección necesitan ser construídas. Otras estructuras y rampas serán

construídas cuando se tenga advertencia de un crecimiento del tránsito. Algunas veces por falta de fondos se hace necesario construir solamente parte del plan original; el plan completo se podrá fundamentalmente desarrollar en futuras asignaciones. En tales casos, cada plan de alternativa deberá ser examinado para su adaptabilidad a cada etapa de construcción. Ha demostrado ser muy ventajoso el preparar planos preliminares por separado para cada etapa. Las características de operación para la primera etapa y factibilidad de la siguiente etapa, tomando en consideración el sostenimiento del tránsito, pueden tener valor importante en la selección de diagramas.

Paso 8. - Cálculo de mejoramiento vial y costos de operación.

Los costos preliminares o estimados, aproximados, deberán hacerse para cada plan preliminar alterno. Todos los conceptos mayores deberán ser incluídos; adquisición del derecho de vía, limpia del lugar, terracerías, pavimento, drenaje, estructuras, y el cambio del sostenimiento del tránsito durante la construcción. El costo estimado anual de la conservación y operación del camino, deberán también incluirse, si aparentemente hay una diferencia significativa entre las alternativas.

Los costos estimados en planos preliminares pueden ser hechos rápidamente aplicando costos unitarios representativos a cantidades aproximadas y usando un arreglo de sumas para algunos conceptos, Las cantidades aproximadas del derecho de vía, limpia y de la obra pueden ser obtenidos directamente del plano. Los volúmenes de terracerías pueden ser calculados haciendo esquemas de unas cuantas secciones transversales de importancia para ser usadas adecuadamente. Las longitudes de tubo de drenaje, cunetas, banquetas y muros pueden ser dibujadas a escala. El costo de las estructuras pueden ser aproximados aplicando costos unitarios para estructuras típicas, según la medida del área cubierta y posiblemente añadiendo ciertos arreglos tabulados.

El costo de las otras partidas puede ser calculado en la misma forma, basándose en cantidades estimadas con cierta aproximación. La característica esencial consiste en la inclusión de todas las partes significativas, cada una estimada en la misma manera para todos los proyectos alternos.

Como en las otras fases del desarrollo y de análisis de planos preliminares, los costos estimados deberán ser preparados sólo con la exactitud necesaria para ser consistente con los mismos proyectos. Los métodos más detallados y exactos comunmente usados con planos finales deberán aplicarse para algunas partes, pero para las demás partes deberán usarse métodos rápidos y breves.

Paso 9. - Cálculo de costos de operación. -

Para completar un análisis económico de proyectos alternos de intersección, deben determinarse los costos de operación para los usuarios en cada alternativa. Los costos de los usuarios son los costos de operación de los vehículos que incluyen el valor del tiempo. Son calculados considerando el volumen, la longitud recorrida y el costo unitario por km para cada movimiento separado -

a través o dentro del área entre límites comunes para cada proyecto alterno.

El costo unitario del vehículo por km cubre combustibles, lubricantes llantas, depreciación, reparaciones, etc., y usualmente se consideran también el costo de demoras y detenciones en ruta, el costo de accidentes y valores intangibles tales como falta de comodidad o conveniencia. En muchos casos de planes de intersecciones, el costo de las paradas puede ser significativo y deberá ser considerado por separado.

El total de los costos de operación para cada plan alterno es algunas veces un excelente factor para comparaciones, reflejando la velocidad, distancia de recorrido, condiciones de operación, paradas necesarias, etc., para todos los movimientos. Los planes alternos pueden compararse directamente en estos aspectos con relaciones de beneficios a los usuarios del camino, indicativos de la reducción en costos de operación en relación a desembolsos de capital.

Paso 10. - Análisis de conjunto para determinar el plan preferido.

El paso final para escoger el plan preferido entre dos o más alternativas, es un análisis de conjunto o evaluación de las comparaciones hechas para cada una de las características o partidas discutidas antes. Esencialmente, ésta es una revisión de los diferentes detalles estudiados y una expresión total de la calificación combinada para cada plan alterno. Una guía conveniente es una tabulación dentro de la que cada comparación referente a una partida o característica está expresada para cada plan alterno, por una calificación relativa como A (El mejor con respecto a la partida en comparación), B (El siguiente mejor), C (Menos deseable que B), etc.

Las partidas en comparación no tienen igual valor o peso. Más aún, la diferencia entre un plan alterno y otro para cualquier partida, puede ser menor y sin embargo no estar reflejada en las calificaciones A, B y C. Por esta razón, se requiere criterio de ingeniería para llegar a la evaluación correcta y determinar el orden de preferencia de los planes alternos. El análisis de beneficio de los usuarios con respecto a planes alternos, expresado en términos de la relación de beneficios, da también una indicación positiva del orden de preferencia, particularmente cuando se combina con las calificaciones de características geométricas y operacionales mencionadas antes. En la mayoría de los casos el examen objetivo y la asignación de calificaciones a las características de cada plan alterno, guiarán al proyectista hacia conclusiones imparcialmente positivas.

La conclusión a que se llegó por encima del procedimiento analítico puede no siempre indicar el proyecto que ha sido elegido. Además, el fallo debe ser combinado con el conocimiento de limitaciones de recursos llegando a la conclusión final. Hay además el factor de "factibilidad" y los aspectos intangibles que se mencionaron previamente. El proyecto final seleccionado algunas veces no es el mejor, ingenierilmente, de los proyectos estudiados pero es el más práctico de los proyectos por lo cual puede ser financiada la construcción.

Un método siempre usado en más alternativas, es la preparación de un reporte preliminar de ingeniería presentando y anlizando todos los factores .

Los proyectos alternos son presentados separadamente y las ventajas y desventajas son discutidas en forma narrativa. En un capítulo concluyendo la alternativa que se prefirió se indican las mejores razones por las que se escogió. Esta manera de reporte tiene la ventaja de un registro permanente muy conveniente y es útil donde varias dependencias tienen que estar de acuerdo con la elección.

PROYECTO FINAL

Paso II. - Plantas constructivas, especificaciones y presupuestos.

Una vez que el proyecto general ha sido determinado y un proyecto preliminar está disponible, sólo resta desarrollarlo a la escala y detalles de costumbre de los planos de construcción. Esto es en gran parte una tarea del proyectista.

El proyecto preliminar acompañado de perfiles, en gran parte es la solución gráfica, pero el diseño final es hecho por una serie de cálculos, desarrollo de detalles y preparación de proyectos y perfiles a escala y precisión conveniente para su interpretación. Los alineamientos son calculados y la elevación de los perfiles calculada o resuelta gráficamente. La nivelación, drenaje, estructura y detalles de pavimento debe precisarse. Algunos detalles tales como curvas, juntas de pavimentos, isletas, etc. pueden requerir grandes planos a escala. Las cantidades de construcción son calculadas y las especificaciones de construcción, establecidas. El desarrollo preliminar del proyecto en gran parte es una forma de ensayo de soluciones pero el diseño final es la fijación progresiva de todos los detalles, en el grado requerido de exactitud para el diseño final es la fijación progresiva de todos los detalles, en el grado requerido de exactitud para el diseño general ya establecido.

Con el proyecto seleccionado como base, se ajusta el diseño del alineamiento final a conveniencia del proyecto preliminar. Igual donde un reconocimiento exacto y mapa topográfico está disponible para establecer las líneas finales, el trabajo es expeditado por localización de ejes cerca de su posición final por ampliación del proyecto preliminar seleccionado. Después de que el alineamiento es calculado, los perfiles que lo acompañan son usualmente trazados directamente. Las ampliaciones de los perfiles preliminares como una guía no son necesarios.

El diseño final de una intersección principal con varias islas de canalización o rampas puede ser acelerado por el uso de un sistema de coordenadas. Colocadas las líneas de ejes o las líneas de control de la orilla del pavimento pueden ser unidas en circuitos a la posición requerida y las coordenadas de puntos aislados, tan necesarias para cualquier proyecto, pueden ser computadas desde otros puntos de coordenadas conocidas. Donde las carreteras que se atraviesan no están en un sistema de coordenadas, un sistema local puede ser establecido por un señalamiento arbitrario con una plantilla para una selección de puntos de control y calculando las coordenadas de todos los otros puntos. Un sistema de coordenadas es ventajoso como un control para replantear los datos de construcción.

mucho con la escala, alcance y forma de presentación. Cada dependencia de carreteras tiene métodos establecidos y reglas adecuadas para sus necesidades particulares.

EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL PROYECTO

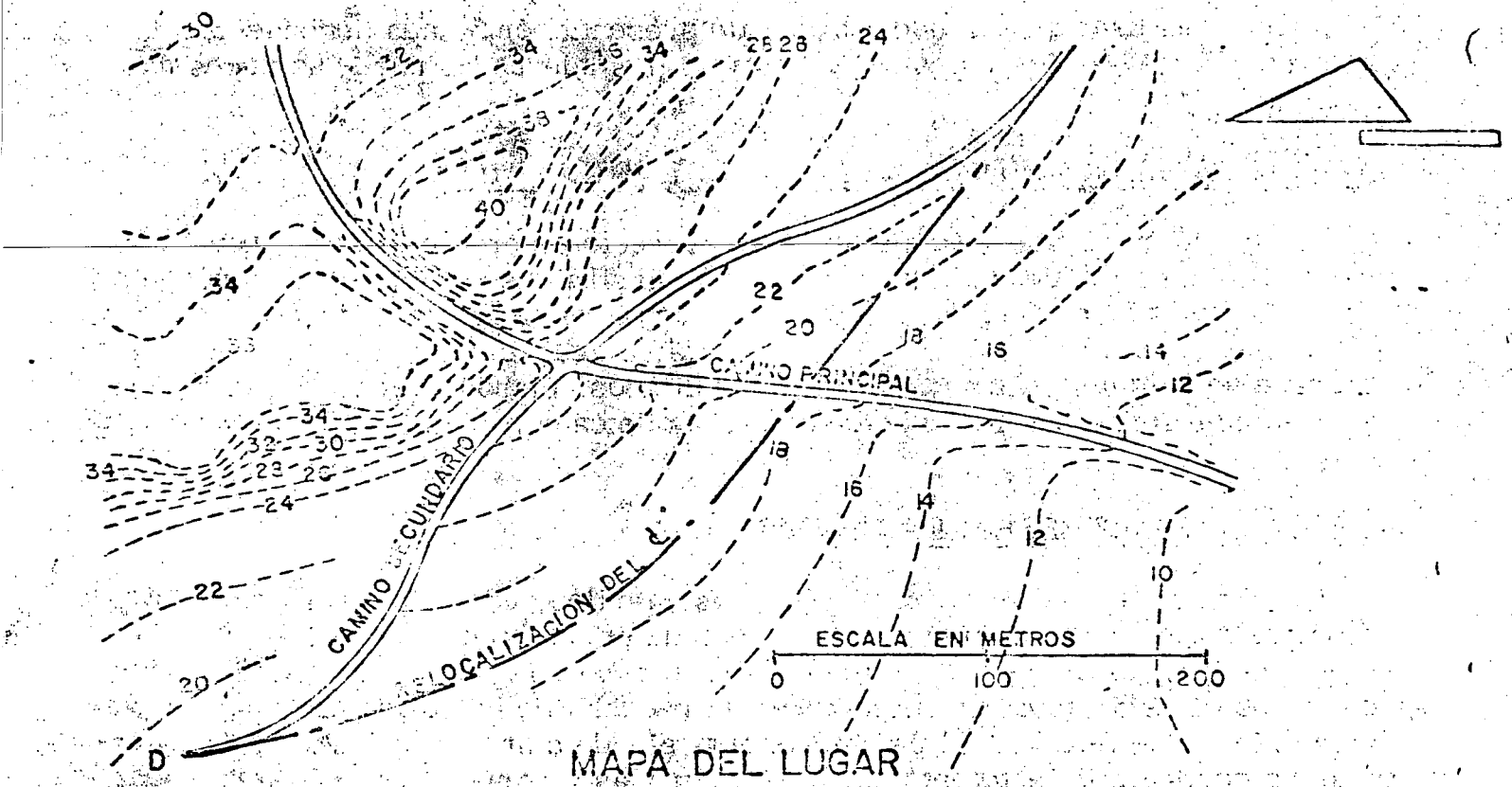
Se presentan dos ejemplos de proyecto en problemas de entronques para ilustrar en detalle los procedimientos arriba descritos. En el primero una intersección típica, a nivel, de cuatro accesos, es proyectada después de considerar varias alternativas. En el otro, mediante esquemas lineales, se ensaya un cruce a desnivel. Aunque no todos los dibujos, planos, perfiles y datos analizados son mostrados. Se incluyen muestras de cada paso significativo del proceso.

EJEMPLO DE INTERSECCION A NIVEL

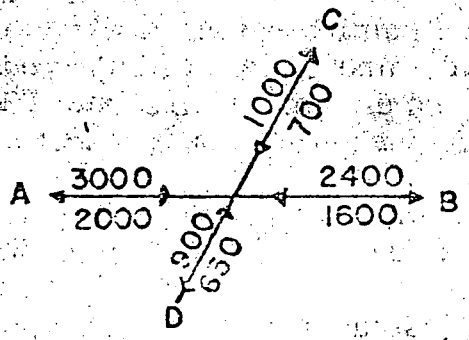
Una ruta estatal troncal, de dos carriles, en zona rural tiene 18 años de pavimentada, y está siendo repavimentada en una distancia de aproximadamente 50 km. Es el camino principal que atraviesa la región; tiene tránsito pesado y los 6 m de pavimento requieren un recubrimiento sólido para para prevenir posterior deterioro. El pavimento está siendo ampliado a 7.20 m; las condiciones de alineamiento están siendo mejoradas y varias intersecciones importantes están siendo reconstruídas. En la figura 1 el camino AB sobre el plano es una parte de esta ruta y la intersección con el camino CD está siendo rediseñada. Las velocidades promedio con que se corre en el camino AB son de 70 km por hora y 15 km por hora menor en el camino CD, fuera de la intersección.

El camino CD es un camino vecinal de dos carriles con 5.40 m de pavimento asfáltico. Sirve como principal conector de enlace con el camino AB. La intersección tiene un índice de accidentes superior al promedio, el cual, en parte, resulta de la combinación de la pendiente y la distancia de visibilidad inadecuada hacia el noroeste. Los taludes del corte del camino limitan la visibilidad entre el tránsito que se aproxima sobre el camino y el que se cruza a partir de una posición de parada. Igualmente, el perfil sobre el camino AB hace difícil la desaceleración de bajada de los vehículos, como lo requiere la seguridad. Dos edificios en la zona, un almacén y una casa-habitación en la intersección, también restringen las distancias de visibilidad. Están demasiado cercanos del camino por lo que requieren ser quitados para mejorar la intersección existente. Por estas varias razones, se hizo un estudio preliminar para desplazar el camino vecinal aproximadamente a 135 m hacia el este y, con terreno favorable, fué encontrado factible abandonar una porción del viejo camino y utilizar el nuevo sitio. La sección desplazada puede ser pavimentada en un ancho de 6.60 m. No hay otros caminos planeados o probables en esta zona general.

Los datos del tránsito que se cruza son mostrados sobre los diagramas anteriores en la fig. 1. Fueron desarrollados de aforos hechos en la intersección existente y una estación de aforo continuo sobre el camino AB. El camino AB tiene pronosticados volúmenes promedios diarios de 2,400 a 3,000 para



MAPA DEL LUGAR



TPD EN EL ENTRONQUE (1980)

LAS CIFRAS MENORES SON DE 1980

NOTA:

K = THP (Dos sentidos) EN % DEL TPD = 15

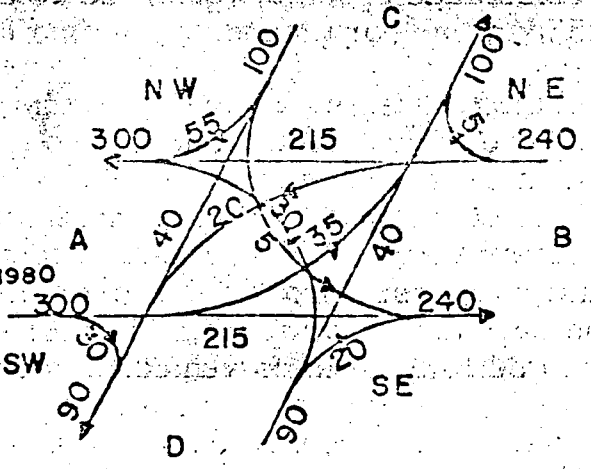
D = % En un sentido en hora max. de demanda = 67

T = % De camiones en hora max. demanda.

CAMINO PRINCIPAL = 14

CAMINO TRANSVERSAL = 7

WB-40 VEHICULO DE PROYECTO



VOLUMENES HORARIOS DE PROYECTO (VHP) 1980

MOVIMIENTOS MAXIMOS COMBINADOS NO SIMULTANEOS

INTERSECCION A NIVEL. MAPA DEL LUGAR Y DATOS DEL TRANSITO

FIGURA 1

el año de 1980 y el camino que cruza 900 a 1,000.

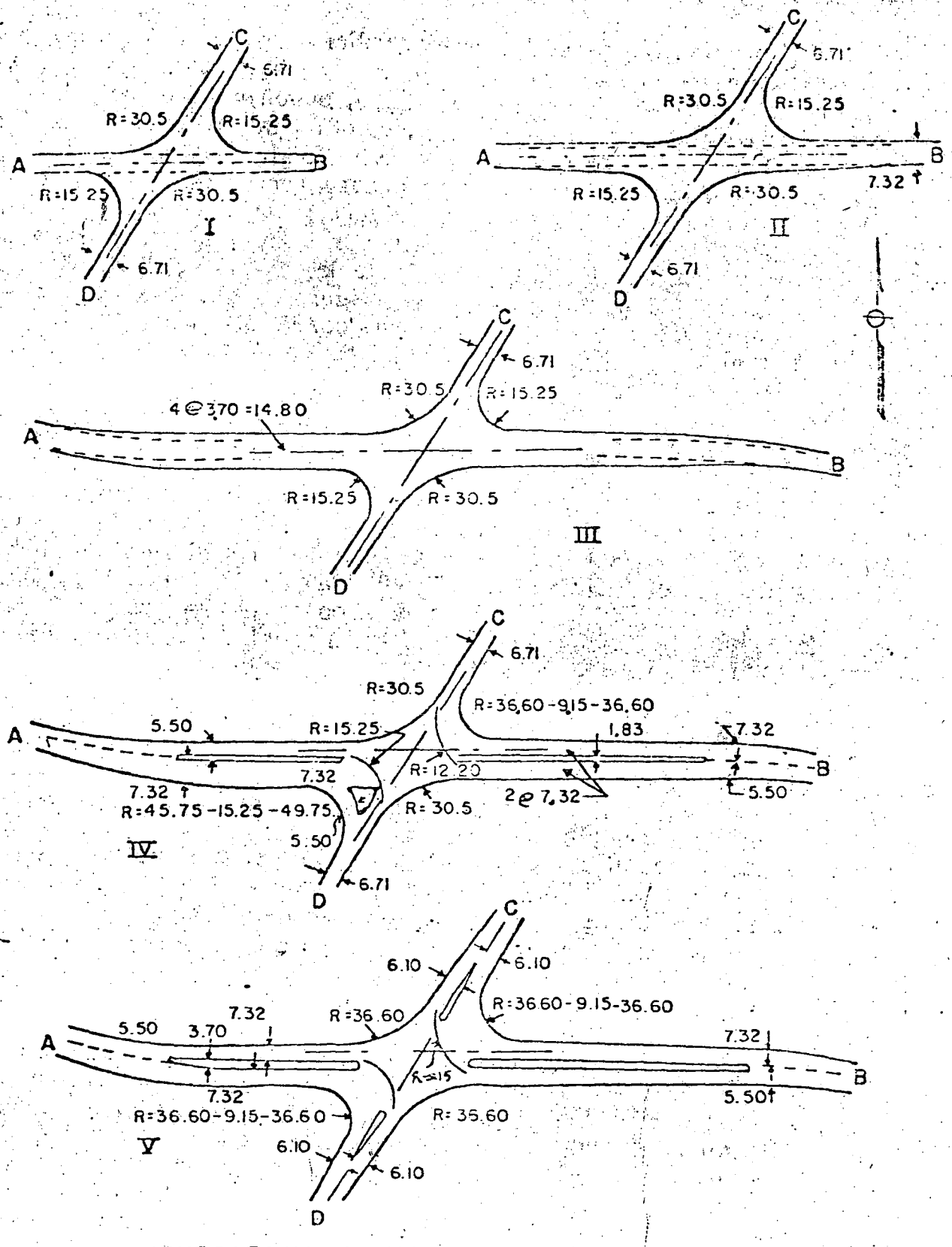
La proporción de camiones es medianamente alta y hay bastantes semi-remolques por lo que se requiere usar el vehículo de proyecto WB-40. Los volúmenes horarios de proyecto, en 1980, enseñan los principales movimientos, de giro derecho de 55 por hora, en el cuadrante Noroeste y el mínimo en el cuadrante Noreste. Los movimientos de giro en los dos cuadrantes en el sur son casi la mitad de los más grandes. Todos los movimientos son para un máximo horario y, por lo tanto, alguna interferencia mayor será difícil que se presente. De las condiciones generales y datos de tránsito, es evidente que: (a) ambos caminos quedarán de dos carriles, (b) una intersección a nivel estaría bien, posiblemente con alguna canalización (c) los semáforos no son apropiados o necesarios en esta condición rural, y (d) el control principal de tránsito será con señales de ALTO en el camino secundario y señales preventivas en ambos caminos.

ESTUDIO DE DIAGRAMAS

En la figura número 2 se muestran varios de los esquemas de estudio hechos como probables trazos para la intersección. Los ejes y orillas del pavimento fueron hechos a escala y dibujados como líneas guía en papel calca sobre el mapa del lugar. Los radios de las curvas y sobreanchos fueron supuestos y los planos trazados fueron completados considerablemente a pulso. Los perfiles, que son esencialmente los mismos en todos los esquemas, fueron visualizados pero no pasados al papel en esta etapa.

El esquema I es un plano sencillo, no canalizado, con 15 m de radio en el ángulo agudo de los cuadrantes y 30 m de radio en los otros dos. El esquema II tiene los mismos radios de giro pero está achaflanado en ambas direcciones a los largo del camino AB. Los chaflanes de las tangentes son de 0.60 m de ancho en la unión con las curvas. El esquema III es similar, con carriles de cambios de velocidad en cada lado del camino AB. Estas vías son de 3.6 m de ancho, de 45 a 60 m de longitud y tienen chaflanes de cerca de 60 m de longitud. Los radios de las esquinas son los mismos que en los esquemas anteriores. El alineamiento de curva invertida a lo largo del camino AB hace posible el uso de secciones achaflanadas con orillas de pavimento curvas, agradables y apropiadas.

El esquema IV tiene una sección de 4 carriles con camellón (7,20m de c/lado) en la vía AB, a través de la intersección. Aprovechando el alineamiento curvo, el acceso de dos carriles es ampliado gradualmente introduciendo isletas divisorias "montables", de 1.8 m. Una anchura de 1.2 m de isletas fué considerado pero la anchura de 1.8 m fué seleccionado porque permite chaflanes en los vértices, ofrece mejor protección para las señales necesarias y puede ser hecha una sección de pasto la cual ofrece mejor contraste con el pavimento en el día y la noche. Un radio de 12 m para acomodar automóviles es usado para el final de camellón y aloja vueltas de orden menor CB, y permitiendo a un vehículo WB-40 en raras ocasiones hacer vueltas mínimas si se "abre" convenientemente. Un radio de 15 m, con menor restricción para el vehículo WB-40 es usado para las vueltas DA. La vuelta izquierda AC puede ser hecha en un radio de más o menos 36 m y el complemento CA es realizado en un radio de 30 m.



INTERSECCION A NIVEL- DIAGRAMAS DE ESTUDIO

FIGURA 2.

La segunda vuelta derecha, menos importante, BC es resuelta con una curva de 3 centros, de tamaño mínimo.

El esquema V es similar al IV pero es de tratamiento más extenso. Las isletas divisorias son hechas de 3.6 m de ancho, ofreciendo mejor protección, mejor separación y espacio para chaflanes en las puntas. El camino transversal es ampliado a una sección de 4 carriles con 6.10 m de pavimento a cada lado, con camellón central de 3.05 m de ancho. Un radio de proyecto de 15.24 m fija el extremo medio del camellón y destaca el acabado tipo bala para la apertura. En las esquinas suroeste y noreste se usa una curva compuesta de radios mínimos. Con la ampliación del camino transversal, estos radios dan mayor libertad para la vuelta derecha que en el esquema IV. Más aún, para condiciones rurales, un plan con 2 islas triangulares agregadas a las 4 islas divisionales, estaría sobreproyectado. El uso de curvas mayores que las mínimas en estas esquinas haría deseables esas islas que evitan las grandes áreas de pavimento.

Todos los esquemas son simples y cada uno es capaz de manejar el volumen de tránsito esperado. Las mayores diferencias están en el costo y el grado de facilidad al tránsito. Antes de seleccionar los esquemas de alternativas para el desarrollo de los planes preliminares, todos los esquemas son comparados con respecto a los hechos enumerados previamente.

ADAPTABILIDAD

Las diferencias no tienen mucho significado. Todos los esquemas concuerdan bien con las condiciones del sitio y como se ha expuesto, todas acomodan al vehículo de proyecto. Todos son del mismo diseño general para los movimientos directos y las vueltas. La relocalización de la carrera C-D, la amplitud de los pavimentos y la mejor distancia de visibilidad elimina las condiciones para los accidentes más habituales.

ACCESIBILIDAD

Todos los esquemas son accesibles.

CARACTERISTICAS DE PROYECTOS

Cualquier diferencia de importancia se hará evidente al analizar las condiciones de operación. En la secuencia ya numerada los esquemas se encuentran sobre una escala de mejoría progresiva de características y, en este sentido, los esquemas de numeración más baja son las menos deseables.

CAPACIDAD

Todos son generalmente adaptables. Los esquemas III, IV y V son superiores por los carriles extras para el tránsito directo.

CARACTERISTICAS DE OPERACION

El esquema I., un plan sencillo no canalizado, es considerado inadecuado. En vista de las velocidades, volúmenes y tipo de tránsito continuo, habrá

interferencias debido a vehículos que voltean. El esquema II, con sus transiciones acharlanadas proveerá mases pacio para todas las vueltas, pero está muy confinado el tránsito directo por los vehículos que dan vuelta izquierda. El esquema III incluye carriles adicionales para el cambio de velocidad de los vehículos que voltean a la derecha. La longitud total de los 4 carriles es apenas suficiente para que el tránsito directo rebase a los vehículos que disminuyen velocidad para dar vuelta izquierda al camino AB. Sin embargo, la gran área abierta puede ser de dudosa efectividad para condiciones de un camino de 2 carriles. El esquema III es definitivamente preferible sobre los esquemas I y II.

El esquema IV tiene todas las ventajas del esquema III y las ventajas adicionales del camellón de la carretera AB.

Hay algo de riesgo sobre la punta de las islas divisionales introducidas, pero esto tiende a ser nulificado cuando el alineamiento es tal que permita el tratamiento de un buen acceso.

La curva compuesta mas grande y la separación del tramo de carretera que voltea en la esquina suroeste permite el segundo movimiento direccional AD, dentro de los carriles apropiados. La única isla triangular es suficientemente grande y su inclusión evita una área pavimentada peligrosamente grande.

Los semiremolques que voltean hacia la derecha en DC, posiblemente ocupen el carril opuesto sobre la ruta CD y aquellos que volteen hacia la izquierda DA y CB probablemente invadan ambos carriles del camino AB. En el esquema V el ancho de la isleta sobre el camino AB tiene varias ventajas sobre las del esquema IV. El aumentar anchura del pavimento sobre el camino CD asegura mayor libertad y menos obstáculos para los movimientos direccionales. Con este ancho es pequeña la necesidad para isletas aunque son necesarios los radios mínimos en las esquinas. En resumen de las características de operación los esquemas I y II son eliminados. El proyecto o esquema IV tiene prioridad sobre el proyecto III. El esquema V es un tanto preferible sobre el esquema IV pero las diferencias no son muy grandes.

Conservación del tránsito durante la construcción.- No hay diferencia significativa.

Etapas de Desarrollo.- Es pequeña, si acaso, cualquier diferencia significativa. Los esquemas IV y V tienen mayores posibilidades para construcción en dos etapas, si ello es una ventaja.

Costo de la inversión.- No es necesario considerar en esta etapa de proyecto. Puede ser calculada después de la preparación de los planos preliminares.

Costo de operación a los usuarios.- Los costos de operación del usuario son aproximadamente los mismos para todos los esquemas y el análisis de los beneficios para el usuario en este caso podrá ser de pequeña significación. Los esquemas I y II tienen mayor potencial de accidentes, por vueltas izquierdas, si hubiese disponibles datos para fines comparativos.

Resumen.- En una revisión general con base en los esquemas de estudio, es evidente que hay poca diferencia para la mayoría de los factores, pero hay apreciable diferencia en las características de operación, con las conclusiones para este factor como guía principal, se decide proseguir estudios en los esquemas IV y V por medio de preparación de planos preliminares y estimaciones de costos.

Planos Preliminares.- La fig. 3 ilustra el plano y perfil preliminar de proyecto IV preparado a una escala 1:600. El plano correspondiente al proyecto V no se muestra. Una escala mayor que la del estudio de diagramas es usado para trabajos gráficos como sacar las transiciones en pavimentos anchos, orillas de las curvas del pavimento, la parte exterior de la nariz de la isleta, adelgazamiento gradual del límite del pavimento, etc. El plano es preparado con suficiente cuidado y a una escala exacta para servir después como una base para la preparación del plano final de construcción. En este caso puede ser usado directamente como el plano del contrato final.

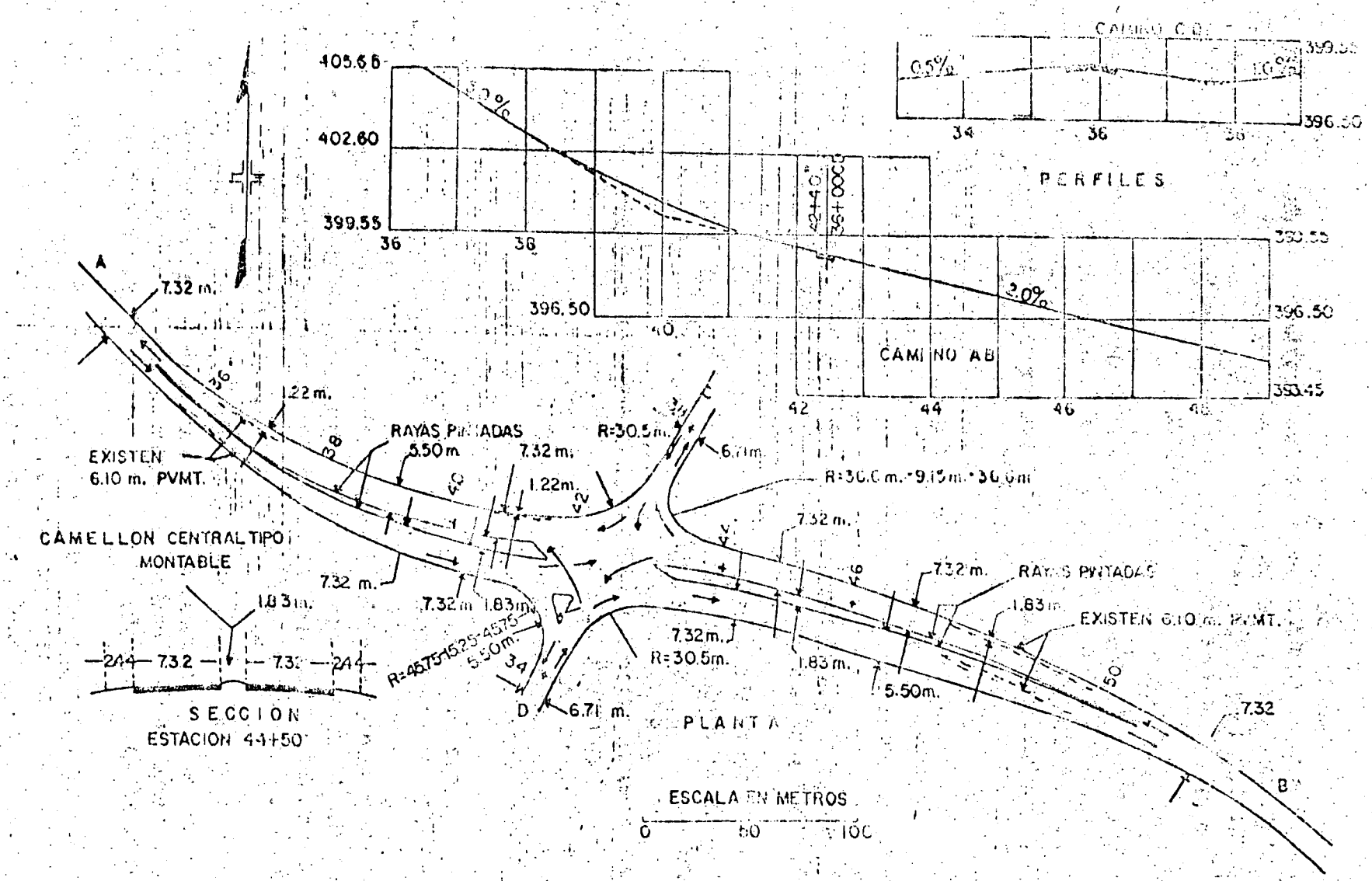
Usando el diagrama de la fig. 2 como una guía de estudio, las orillas extremas del pavimento fueron establecidas gráficamente proporcionando transiciones suaves para la sección de ensanchamiento.-Ver sección transversal de la fig. 3. La orilla norte deberá estar localizada paralela al borde del pavimento de 6 m y a 1.20 m fuera del mismo. La orilla sur conecta al borde de circulación del pavimento a lo largo del ensanchamiento de la sección con una curva 5 grados a la izquierda, una tangente central y una curva de 4 grados a la derecha. Los extremos de isletas divisorias son establecidas donde el ancho final de pavimento mide 13.8 m, distribuído aproximadamente en 7.20 m de pavimento y 1.2 m para la nariz y 5.40 m de salida pavimentada. Los vértices de isletas son achaflanados gradualmente y remetidos. En el camellón divisorio se usa radio de giro de 15 m para la vuelta izquierda DA y 12 m para la vuelta izquierda CB.

Una simple curva de 30 m de radio es usada para el retorno en los cuadrantes NO y SE y una curva compuesta, de 3 centros, en los otros, de ángulos agudos. En la esquina SO se usan radios de 45-15-45 m, con el arco central remetido 2.1 m de la tangente de los bordes producidos. La isleta triangular en esta parte es establecida por un ancho de pavimento que varía de 7.20 a 5.40 m de un lado y para un desplazamiento de 0.61 m, desde la intersección de los bordes del pavimento producido en los otros dos lados.

Los perfiles fueron desarrollados gráficamente para una escala horizontal 1:600 y 1:60 en la vertical, como se muestra en la parte superior de la figura 3. Proporcionan una comprobación de la elevación y sirve para tener una base en el desarrollo detallado de los perfiles de la orilla del pavimento en los planos finales.

Mejoramiento de Carreteras y Costos de Operación.- Ya que los planos preliminares difieren en alcance, es necesario valuar los costos aproximados del derecho de vía y construcción entre puntos comunes en ambos planos. Usando costos unitarios comparables, el costo del esquema IV es $495,000.00 y el del esquema V es de $603,500.00.

Resumen.- Sobre el estudio de todos los factores, particularmente características operacionales de los dos planos, se concluyó que las ventajas del esquema V no --



PERFILES Y PLANTA PRELIMINAR EN UNA INT... ...A NIVEL
FIGURA 31

son bastantes para garantizar los $108,500.00 de costo extra sobre el del esquema IV. Una parte considerable del costo adicional es causado por la ampliación de las dos zonas de tránsito en el cruce, lo cual es dudoso para esta condición rural. El esquema IV es el seleccionado para la preparación de los planos de construcción, especificaciones y valoración, la pormenorización de los cuales no es discutida aquí.

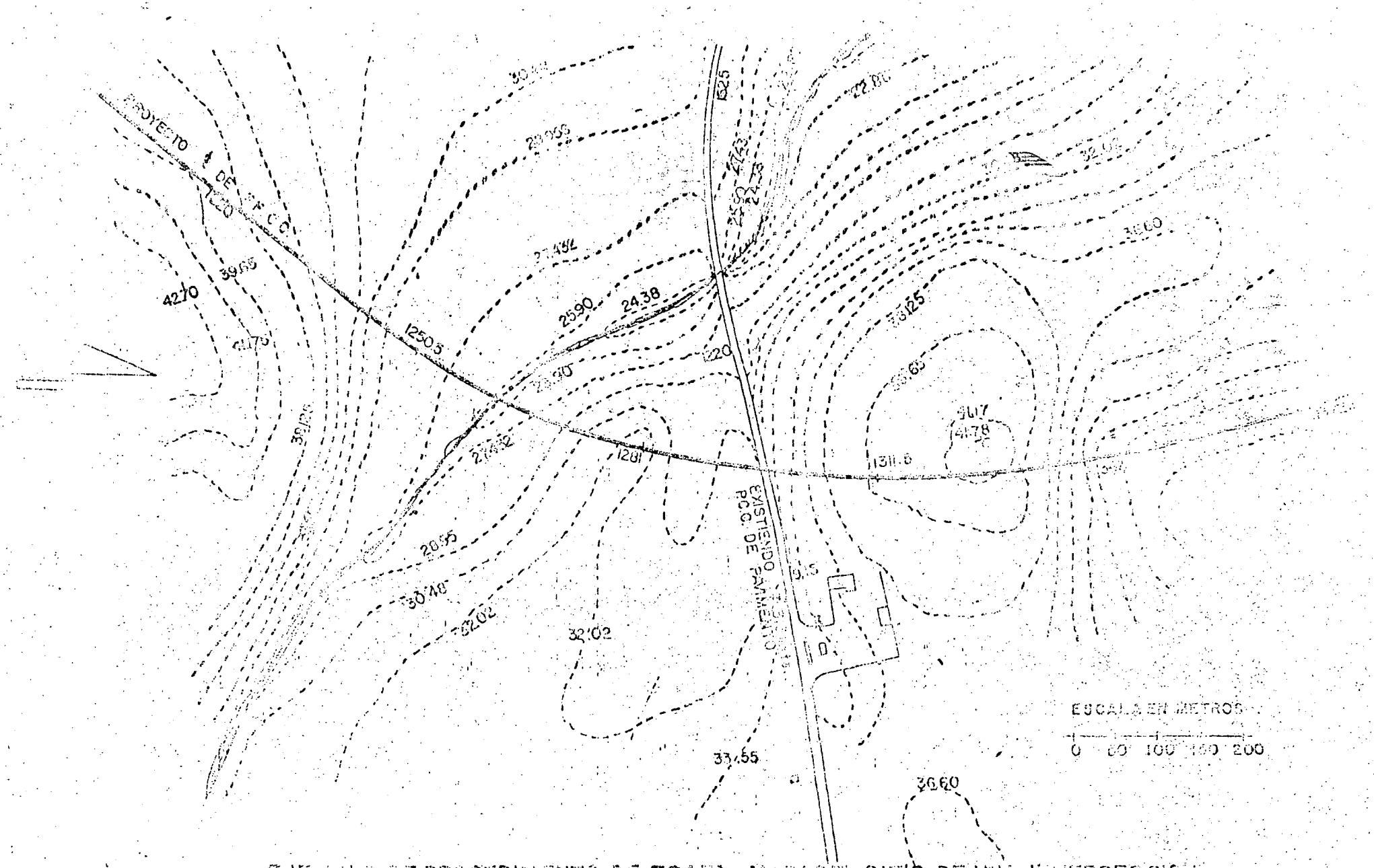
EJEMPLO DE ENTRONQUES A DESNIVEL

Se proyecta un paso a desnivel donde una autopista propuesta cruza una carretera importante existente en una zona rural. La situación es mostrada en la topografía del mapa del lugar, fig. 4 y el diagrama de tránsito en la fig. 5. La autopista tendrá una velocidad de proyecto de 112 km/h, y en su mayor parte un ancho medio de 24.40 m. La línea proyectada es mostrada en el mapa del lugar, pero el punto exacto de cruzamiento no es señalado. Si bien la línea puede ser cambiada varias decenas de metros hacia el norte o hacia el sur, la posición mostrada se considera la más favorable desde el punto de vista del alineamiento y ubicación.

La carretera existente, de dos carriles es una ruta estatal importante. Construída durante la última década, tiene razonablemente buenas especificaciones: 80 km/h de velocidad de proyecto; corona de 13.40 m; 7.32 m de pavimento de concreto en condición excelente y pendientes generalmente menores de 4% y no mas de 5%. Excepto por una intersección a nivel con una carretera situada cerca de 800 metros hacia el norte (no mostrada) y la cual descongestiona la autopista, únicamente algunas intersecciones a nivel ocurren a lo largo de este camino en varias millas al norte y sur.

Ninguna otra carretera dentro de la zona de influencia del entronque propuesto se ha planeado. El desarrollo de empresas locales debe progresar a lo largo del camino existente y hacia el sur del entronque y se requiere más derecho de vía en cerca de 3 km para desarrollo futuro del camino. Las condiciones del suelo son generalmente buenas, con excelente material de cimentación a lo largo del camino existente. La marca más alta de inundación registrada está en la cota 25. La sección de la alcantarilla existentes es de 11.8 metros cuadrados, lo que se considera adecuado. La tierra y construcciones en el terreno contiguo al norte y sur del camino, están valorados en $2'122,000.00

La autopista será la mayor vía de este a oeste a través del Estado y un enlace en el sistema interestatal de carreteras. La carretera existente de este a oeste, casi un kilómetro hacia el norte debe ser conservada en parte para servicio local. La mayoría del tránsito que ahora lo usa será desviado a la autopista. Basándose en los estudios de tránsito efectuados en la intersección existente, fué factible establecer los volúmenes prevalecientes para los diferentes movimientos en la nueva intersección. Incluyendo el crecimiento normal del tránsito, el tránsito generado y el tránsito desarrollado, los volúmenes promedio diarios anuales de tránsito (VPDA) para 1985 se determinaron como sigue:



EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE TRAZO. MAPA DEL SITIO DE UNA INTERSECCION
FIGURA 4

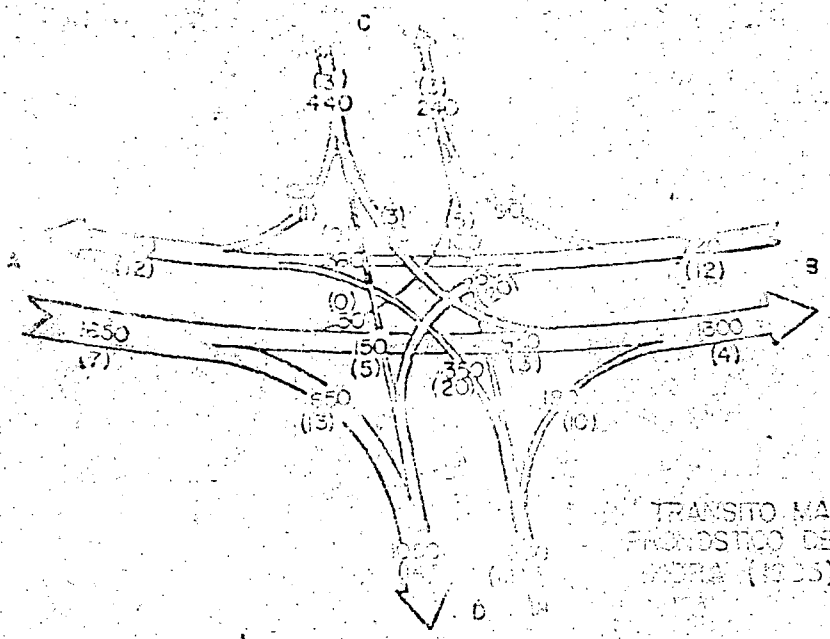
Movimiento (*)			TDP En un solo sentido	Tránsito de camiones (Porcentaje con base en el VPDA)
De	A	1963	1985	
	B	2450	4650	12
A	C	350	600	6
	D	1590	3500	25
	A	2450	4650	12
B	C	500	900	8
	D	780	1370	17
	A	350	600	6
C	B	500	900	8
	D	610	970	9
	A	1590	3500	25
D	B	780	1370	17
	C	610	970	9

(*) Para identificar los movimientos, ver la figura 5

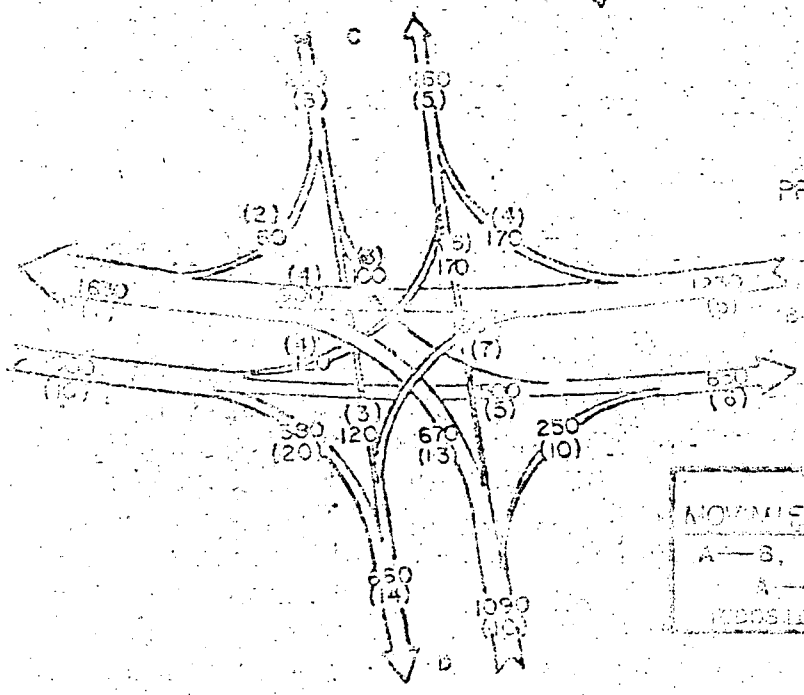
Usando como guía las relaciones conocidas de movimientos de tránsito en la intersección existente, los datos anteriores se convirtieron en volúmenes horarios de proyecto y los porcentajes horarios de camiones, tanto para los máximos de la mañana como para los de la tarde, como se muestra en la figura 5. Puesto que los movimientos de camiones entre A y B entre B y D, incluyen una alta proporción de semi-remolques de tamaño intermedio, se elige un vehículo WB-40 de diseño para estos movimientos. Un vehículo de diseño WB-50 se selecciona para los movimientos relativamente grandes entre A y D, porque hay una alta proporción de semi-remolques de tamaño intermedio y algunas combinaciones de tamaño próximo al máximo. Todos los otros movimientos de camiones son constituídos por vehículos unitarios primordialmente y se ha especificado el vehículo SU para su diseño. En todos los casos, las rampas para vueltas y los puntos de intersección se revisarán y ajustarán lo necesario para que todas las vueltas sean posibles para los vehículos de máximo tamaño legal que puedan usar la intersección, de tal modo que nos ahorre costos y permita mantener el tránsito fácilmente durante la construcción.

El examen de los volúmenes horarios de proyecto en las ramas de la intersección y la evaluación de las capacidades de circulación ininterrumpidas, revelan que son necesarios 4 carriles inicialmente en la autopista (vía libre).

Se requieren 4 carriles en la ruta existente al sur de la intersección. Dos carriles son adecuadas en el presente para la carretera al norte de la intersección. Sin embargo, es necesario adquirir derecho de vía adicional para con-



TRANSITO MAXIMO HORARIO A.M.
PRONOSTICO DE VOLUMENES POR
HORA (1985).



TRANSITO MAXIMO HORARIO P.M.
PRONOSTICO DE VOLUMENES POR
HORA (1985).

MOVIMIENTOS	VEHICULOS DE PROYECTO
A — B, B — D	WB — 40
A — D	WB — 50
TODOS LOS DEMAS	CAMION SIMPLE

NOTA: Las cifras anotadas dentro de los paréntesis indican el porcentaje de camiones.

DATOS DEL TRANSITO EN ENTRONQUES
FIGURA 5

tinuar la sección dividida en el futuro. Para satisfacer estas conclusiones, la ruta existente al sur y a través del área de la intersección, va a ser convertida en un camino de cuatro carriles dividido, agregándole 7.20 m de pavimento, paralelos al pavimento existente.

ESQUEMAS DE ESTUDIO

Con los datos básicos preparados en la forma usual, varios proyectos dignos de considerarse fueron desarrollados como esquemas lineales. Algunos de estos se muestran en la figura 6. El esquema I es una intersección en diamante con terminales canalizadas a nivel en el camino estatal. El esquema II mantiene un patrón en diamante, excepto por una rampa para acomodar el movimiento predominante de vuelta izquierda DA. El esquema III es un trébol parcial con rampas en los cuadrantes noroeste y suroeste. El esquema IV es un trébol completo. Los esquemas V y VI utilizan rampas semidireccionales para el movimiento predominante de vuelta izquierda. Estos esquemas fueron rápidamente desarrollados, trazando en un papel sobrepuesto a una copia del original a escala.

Los perfiles de los caminos de paso fueron dibujados aproximadamente y se usaron como guía para determinar los perfiles de las rampas. Las pendientes aproximadas de las rampas y las curvas horizontales fueron estimadas para cada esquema, sin anotarlas.

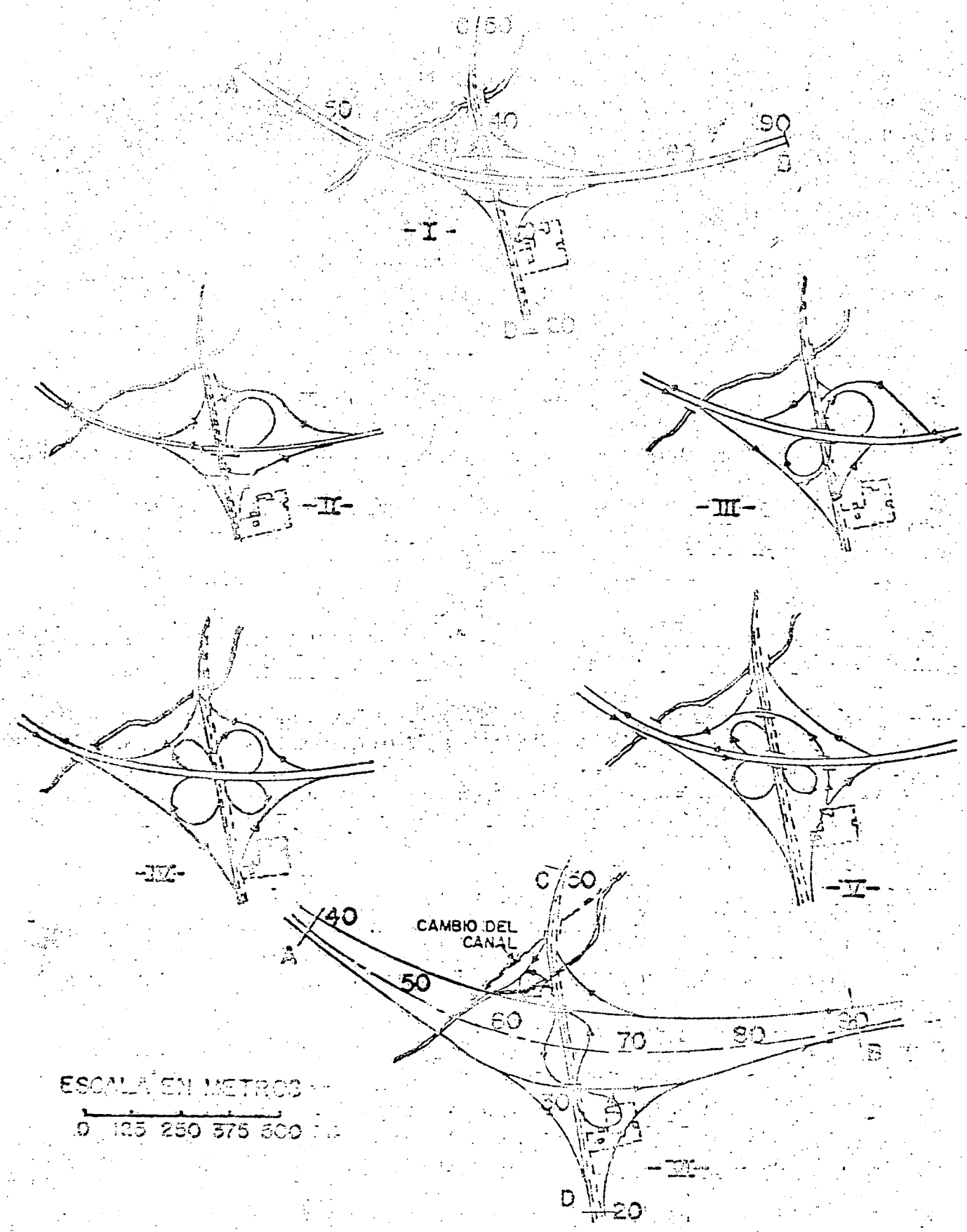
Adaptabilidad. - Todos los esquemas son adaptables a las condiciones del lugar. El esquema VI requiere un cambio del canal y es el que ocupa más área. Los esquemas V y VI requieren la eliminación o el ajuste del área comercial en el cuadrante sureste. Todos los esquemas satisfacen las trayectorias del tránsito, pero como se indica después, hay marcadas diferencias en las características de operación en los movimientos de vuelta.

Posibilidad de realización. - Los esquemas del I al IV son igualmente realizables. Los esquemas V y VI afectan el desarrollo de los negocios existentes, lo cual puede causar oposición. También el evidente mayor costo para estos dos proyectos, puede ser suficiente razón para hacer a uno o ambos no realizables con el presupuesto disponible.

Elementos de proyecto. - Todos los esquemas son desarrollados con las mismas normas generales para el tránsito de paso, pero en la secuencia enumerada, los esquemas son progresivamente más deseables en cuanto a velocidades y control de movimientos de vueltas. Estas diferencias son esencialmente las mismas, como aquellas enumeradas bajo la discusión de características de operación.

Capacidad. - Todos los esquemas pueden acomodar el volumen horario de proyecto dentro de los límites de capacidad del proyecto. En el orden numerado, los esquemas son progresivamente mejores con respecto a la posibilidad de interferencia entre el tránsito de paso y el que da vuelta, con el resultado de mayores velocidades de operación o mayor capacidad para todos los movimientos.

Características de operación. - El esquema I tiene todos los movimientos de vuelta a nivel en el camino estatal, por lo cual se requerirán semáforos. La rampa única del esquema II elimina el movimiento a nivel de vuelta izquierda, pero el



DIAGRAMAS LINEALES DE SOLUCIONES ALTERNAS

FIGURA 3

conflicto a nivel hacia el Sur de la estructura prevalece. Las dos rampas del esquema III dan como resultado el cruce a nivel de los conflictos menores, únicamente entre movimientos de vueltas izquierdas y el directo. El esquema IV es superior al esquema III ya que en él son eliminadas todas las vueltas a nivel pero existen conflictos de cruce entre las rampas adyacentes. La conexión directa en el esquema V da una mejor facilidad para el movimiento predominante con vuelta izquierda y elimina todos los cruces en los caminos hacia el Norte y hacia el Oeste. Con el esquema IV todos los conflictos de cruce son eliminados en la autopista, pero no en el camino estatal. Aunque la rampa en forma de lazo ocasionará velocidades de operación un poco menor para los movimientos mayores hacia la izquierda, no introduce tanta distancia extra a viajar como en el esquema V.

Mantenimiento del flujo de tránsito durante la construcción. - No hay diferencia significativa entre los esquemas del I al IV. Los esquemas V y VI son un poco menos deseables ya que el tránsito existente deberá de pasar a través o alrededor de 2 estructuras durante su construcción.

Etapas de desarrollo. - Ya que hay compromisos para la construcción de la autopista y la ampliación a 4 carriles del camino existente, las etapas de desarrollo son aplicables únicamente a las rampas, por lo cual, los esquemas del I al IV y el VI son más adaptables que el esquema V.

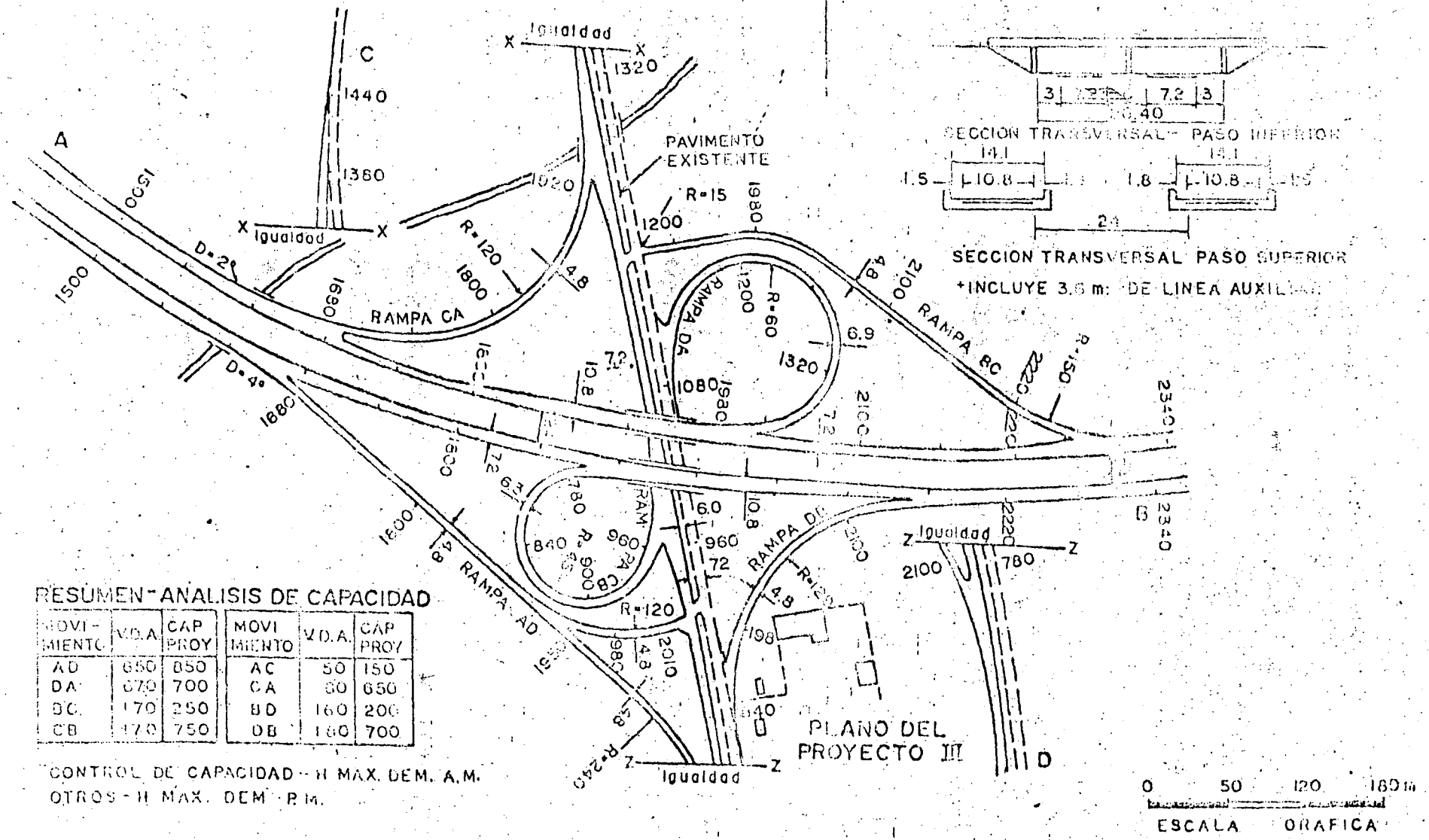
Inversión en el camino y costos de operación. - De una estimación aproximada, es evidente que la adquisición de la propiedad costosa en el cuadrante sureste, las estructuras adicionales, el cambio del canal, y el derecho de vía tan grande, hacen el esquema VI demasiado costoso. Las ventajas de operación del esquema V garantizan un estudio más detallado para determinar si es conveniente pagar el costo extra comparado con los planos de estructuras simples.

Costos de operación del usuario. - El análisis se pospone hasta que se desarrollan planos a escalas mayores sobre los cuales las distancias de recorrido puedan medirse. Es obvio que los esquemas I y II tendrán los costos más altos, debido a las paradas.

Resumen. - En consideración a las diferencias anteriores, se concluye que los esquemas I y II no son adecuados, y que el esquema VI es demasiado costoso. - De la misma manera, los esquemas III, IV y V son seleccionados para futuros estudios y desarrollos de planos preliminares.

PLANOS PRELIMINARES

Los planos preliminares de los esquemas III, IV y V se hacen posteriormente, sobreponiendo el papel de dibujo a un mapa base a una escala 1:2000. Unicamente uno de los planos, el correspondiente al esquema III, se muestra en la fig.7. El camellón central existente, de 24.40 m, se continúa a través del área de la intersección, y se proveen estructuras separadas para cada camino. - El pavimento existente del camino inferior se conserva para el tránsito hacia el norte y un pavimento adicional de 7.30 m se provee para el tránsito hacia el sur, ensanchándolo al oeste para incluir un camellón central de 6.10 m. El ancho de 6.10 m



RESUMEN - ANALISIS DE CAPACIDAD

MOVIMIENTO	V.D.A.	CAP PROY	MOVIMIENTO	V.D.A.	CAP PROY
AD	650	850	AC	50	150
DA	670	700	CA	50	650
BC	170	250	BD	160	200
CB	170	750	DB	160	700

CONTROL DE CAPACIDAD - H MAX. DEM. A.M.
OTROS - H MAX. DEM. P.M.

INTERSECCION - PLANO PRELIMINAR
FIGURA 7

es aproximadamente el mínimo para la pila central de la estructura y para permitir protección para los vehículos volteando a la izquierda.

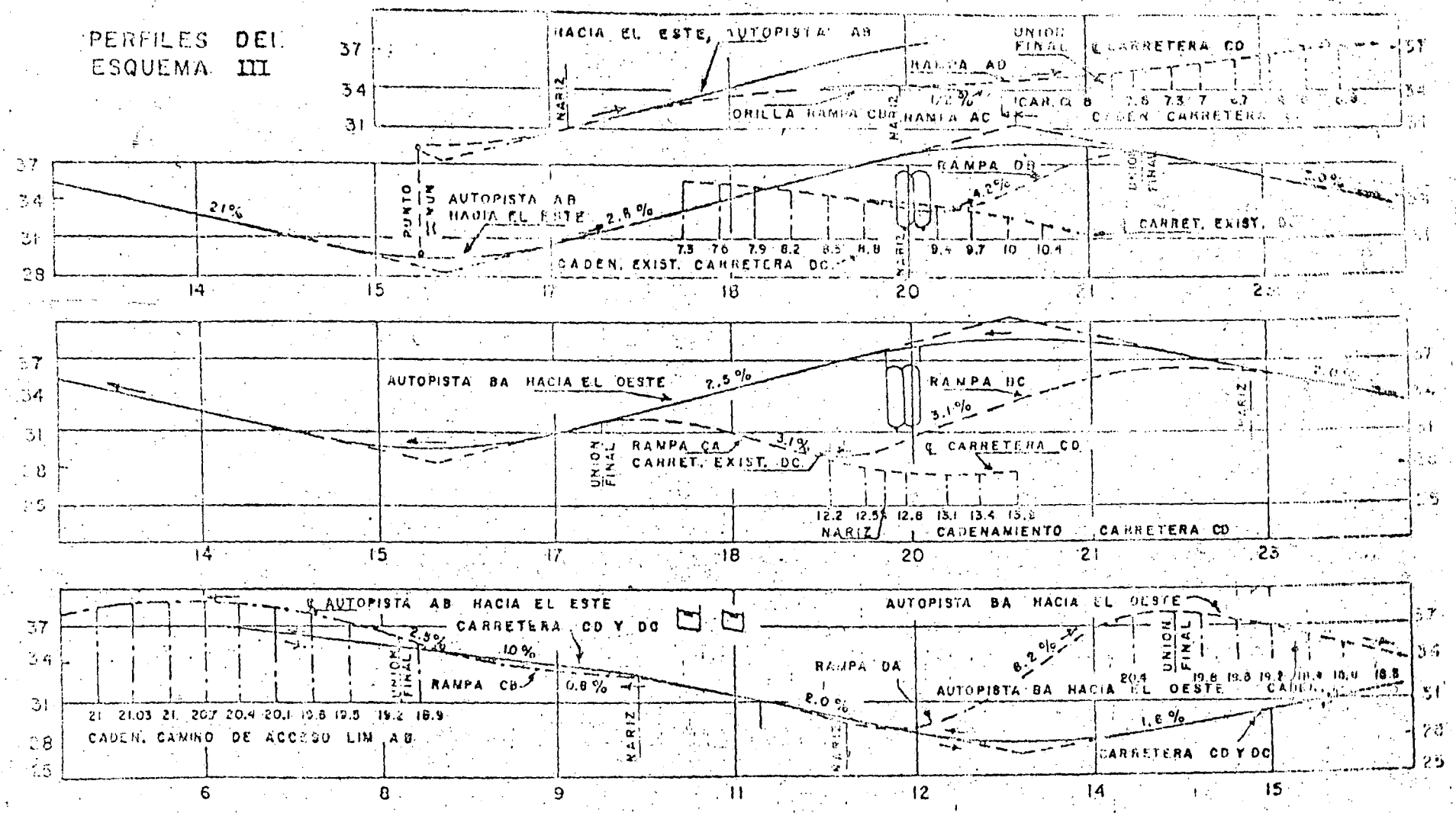
Las relaciones de la velocidad de proyecto de la rampa a la velocidad del proyecto del camino en su mayor parte son inherentes para el caso de rampas para vuelta derecha, pero la velocidad de proyecto en las rampas de trébol se reducen para satisfacer los controles físicos. En la rampa DA se utiliza un radio de aproximadamente 61 m. Es esta rampa la que transporta el movimiento predominante de vuelta. En la otra rampa del trébol, CB, carga un volumen relativamente bajo y tiene un radio de 46 m. (velocidad de proyecto de 40 a 50 km/h), para facilitar la conección exterior AB, la cual acomoda un alto volumen. La curva mínima para cada rampa se le da el tratamiento de transición en cada extremo. En el plano se indican únicamente los radios de control. Los carriles para cambio de velocidad en la autopista son tan largos como se requiere.

Un análisis de capacidad, cuya relación se muestra en la fig.7, muestra que los anchos para operación de un carril sencillo son adecuados en todas las rampas. Los volúmenes de tránsito y las longitudes de las rampas son suficientes para justificar un ancho de pavimento (ó pavimento más acotamiento estabilizado), el cual permita rebasar a un vehículo detenido. Para los vehículos de proyecto indicados, se requiere un ancho mínimo de pavimento para rampas de 6.40 m. Cuando se provee un acotamiento estabilizado el ancho del pavimento puede reducirse el ancho del acotamiento. Se puede usar una sección transversal mínima en las rampas con un pavimento de 4.90 m de ancho y un acotamiento estabilizado de 1.80 de ancho hacia el lado derecho. Esto es un poco por encima del ancho mínimo y es adecuado para todas las rampas excepto lazos en donde, debido a la curva pronunciada contínua y la necesidad de controlar el drenaje, se usa una guarnición en el lado derecho o lado bajo, requeriéndose un ancho de pavimento de 6.90 m en la rampa DA y 6.30 m en la rampa CB. Las guarniciones son previstas únicamente en la nariz de la aproximación de los camellones centrales en el camino inferior.

Las secciones de la estructura separadora de niveles se muestra en el lado derecho superior de la fig. 7. Las dimensiones para ella se establecieron a partir de los valores guía. Las dos aberturas inferiores son de 13.40 m de ancho y el paso inferior, de parapeto a parapeto, para cada estructura en la parte media de la estructura es aproximadamente de 14.30 m.

Los perfiles se desarrollaron para los 3 planos seleccionados en una escala horizontal de 1:2000 y vertical de 1:200. Los correspondientes al Esquema III se muestran en la Fig.8. Los perfiles se desarrollaron simultáneamente con la planta.

En el perfil de la línea central se dibujó para el camino inferior y para cada camino de la autopista superior dividida, tomando la sobre-elevación = O M en curvas de 2 grados y e = 0.02 en curvas de 1 grado, para evitar una gran discrepancia debido a la diferencia de elevación entre los pavimentos divididos. El perfil de las rampas fué dibujado para el lado cadeneado en la planta. La sobreelevación fué tomada en cuenta de una manera aproximada como es evidente, por la diferencia de elevaciones en el vértice de la entrada y los extremos de las isletas de salida indicados en los perfiles.



ENTRONQUE - PLANO PRELIMINAR DE PERFILES
FIGURA 8.

Los perfiles de los caminos y las rampas se dibujan en yuxtaposición para visualizar mejor su relación. Normalmente varias rampas pueden dibujarse en el perfil de un camino pero para mayor claridad de la Fig. 8 el perfil del camino se repite en aquellas ocasiones para separar el perfil de las diferentes rampas y parte de las líneas de la cuadrícula y de las de nivel en la omitida. La estructura separadora de niveles se muestra tanto en los perfiles, superior e inferior, para asegurar los espacios libres adecuados.

Una vez terminados los proyectos preliminares, los costos estimados de operación y de inversión del camino fueron preparados y el costo de operación para el usuario del camino calculado, usando el método AASHO y los valores de costos unitarios. Bajo este método, los costos son comparados con los correspondientes a un plan básico, frecuentemente el camino existente; en la ausencia de un camino existente, uno de los planes alternos o hasta un plan teórico puede usarse como base. En este caso la autopista va a ser construída en un nuevo derecho de vía y se decidió usar el esquema I como plan básico. Unicamente se requieren estimaciones gruesas del costo para este plan, ya que la comparación final de las 3 alternativas consideradas se hace en la base de las diferencias entre cada alternativa y el mismo plan básico, y cualquier inexactitud sería la misma para todas las alternativas.

Usando el Esquema I como condición básica los siguientes costos para inversión de cada una de las alternativas se determinaron:

Esquema I	$ 665,000.00	(dólares)
Esquema III	715,000.00	"
Esquema IV	742,000.00	"
Esquema V	1' 120,000.00	"

Estos valores se convierten a costos anuales para el período hasta 1985 determinando el factor de recuperación del capital para los varios componentes del costo. Se añade el costo estimado anual de conservación y el costo de operación, para obtener el costo total anual del camino, mostrado en la 2a. columna de la siguiente tabla. Por medio de longitudes del camino a escala, volúmenes representativos estimados y costo aprobado por vehículo-kilómetro nos conduce a la suma del costo de operación del usuario, que se muestra en la 3a. columna de la misma Tabla.

Análisis de Beneficio al Usuario

DIAGRAMA	COSTO ANUAL (DLS).		DIFERENCIA DE COSTO		RELACION DE BENEFICIO
	Camino	Usuario	Camino	Usuario	
Condición Básica					
I	33,500	760,000	----	----	-----
III	35,300	740,000	1,800	20,000	11.1
IV	36,800	738,000	3,300	22,000	6.7
V	52,300	686,000	18,000	74,000	3.9

La relación de beneficio es el cociente de la diferencia del costo anual de operación del usuario y la diferencia del costo del camino.

Los 3 planes de los esquemas III, IV y V son comparados posteriormente en el orden relativo para las diferentes consideraciones, con calificación A para la máxima y calificación C para la mínima, tal como se muestran en la tabla del resumen siguiente. Las consideraciones no son de igual valor, pero para cualquiera de ellas el grado de diferencia entre los diferentes planes alternos no es evidente. De la tabulación, particularmente sin dar el peso adecuado a cada uno de los elementos considerados, no puede ser usada exclusivamente para seleccionar el plan y ser construído, pero es útil para establecer relaciones correctas entre alternativas; por ejemplo, la tabulación muestra que el Esquema V es superior en elementos de diseño, mientras que entre los Esquemas III y IV existe poca diferencia en este aspecto.

Comparación de Proyectos Alternos

CONCEPTO	Diagrama III	Diagrama IV	Diagrama V
Adaptabilidad al lugar	A	B	C
Adaptabilidad al tipo de caminos y patrón del tránsito	B C	B C	A
Características de Proyecto (Alineamiento, perfil, movimientos directos, etc.)	B C	B C	A
Factibilidad	A B	A B	C
Capacidad	C	B	A
Características operacionales (seguridad, velocidad de operación, simplicidad, etc.	B C	B C	A
Costos de mejoramiento y operacionales	A	B	C
Relación Beneficio-Costo	A	B	C
Conservación del tránsito durante la obra	No hay diferencia notable		
Desarrollo por etapas	B	A	C

En la selección del plan final son también significativas las consideraciones económicas y la política de proyecto de cada Estado, el efecto en el valor de las propiedades y uso de la tierra y los fondos disponibles. El análisis de los 3 planes, considerando todos estos aspectos, conduce a la conclusión de adptar el plan III, figuras 7 y 8 y preparar los planes de construcción detallados, las especificaciones y estimaciones de obra.

PROYECTO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES

Para llevar a cabo el proyecto geométrico de una intersección carretera ya sea a nivel o a desnivel, es indispensable contar con el resultado de un estudio previo o anteproyecto, en el que se haya determinado la forma y dimensiones de la intersección.

El proyecto geométrico consiste en la elaboración de los planos requeridos para la construcción de la obra.

Estos planos deben mostrar en detalle el alineamiento horizontal y el vertical, el proyecto de las secciones de construcción, el movimiento de terracerías, los límites del derecho de vía y el señalamiento definitivo. Para este fin es recomendable elaborar 6 planos, a saber:

1.- Planta General.
2.- Planta Constructiva Complementaria.
3.- Perfiles.
4.- Secciones de Construcción
5.- Planta de Derecho de Vía.
6.- Planta de Señalamiento.

1.- PLANTA GENERAL.

La planta general del proyecto de una intersección, es el plano principal en el que se representan, a una escala apropiada, (generalmente 1:500), los datos necesarios para poder trazar en el campo los ejes calculados de las diferentes ramas y vías de enlace que componen la intersección.

a).- Cálculo geométrico de los ejes.

Con base en el anteproyecto aprobado se sitúan los ejes de cada rama, éstos ejes comprenden el camino principal, el secundario y las vías de enlace, viendo la conveniencia de colocarlos en el centro o en las orillas de cada rama. Cuando existan datos originales de alguno de los caminos que forman la intersección, se respetará la posición del eje y su sistema de coordenadas.

#....

Se procede al cálculo del eje principal obteniendo los cadenamientos y coordenadas de los puntos donde intersecan los ejes del camino secundario y los enlaces.

Se calculan las curvas horizontales definiendo sus puntos principales, tomando como base los radios o grados de curvatura especificados en el anteproyecto. En el caso de las curvas compuestas el proceso de cálculo se hará de acuerdo con las fórmulas descritas en el folleto,"Cálculo y trazo de curvas compuestas" editado por la Comisión de Ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Obras Públicas. Es recomendable denominar a cada eje con letras en orden alfabético indicando el principio y el final de cada eje con la misma letra y para distinguir el sentido del cadenamiento, poner en el extremo final la letra con un apóstrofe, ejemplo: eje principal A-A; eje secundario B-B',vías de enlace C-C', D-D', etc. El origen y el final de cada eje (excepto el principal y el extremo libre del secundario) deben referirse al cadenamiento del eje al que son comunes, para diferenciar los cadenamientos de los diferentes ejes se agrega al número, la letra en minúscula que define cada rama, ejemplo: PC=0+000 (c) a 3.65m derecha de estación 18+758.25 (a); lo que indica que el punto inicial del enlace C-C' que es al mismo tiempo principio de curva horizontal ésta situado a 3.65m a la derecha (en el sentido del cadenamiento) de la estación 18+758.25 del eje A-A'o sea del camino principal.

#...

b).- Dibujo de los ejes y cadenamientos.

Una vez calculados los ejes que en conjunto forman la intersección y a los cuales se referirá todo el proyecto, se procede a dibujar estos en un papel de buena calidad, a escala 1:500 de preferencia. entintándolos con color rojo, marcando con rayas pequeñas transversales cada estación e indicando con Leroy los cadenamientos a cada cien metros. Asimismo se indican los cadenamientos de los puntos principales de los elementos de cada vía de enlace. Se complementa la planta indicando con la misma tinta roja los rumbos y los datos para el trazo de las curvas (PI, Δ, G, ST, LC y R).

c).- Verificación y cálculo de los anchos de carpeta.

El anteproyecto aprobado debe consignar los anchos de carpeta en los puntos importantes del entronque sobre todo en las curvas, estos anchos deben estar basados en la tabla 6 del folleto "Elementos y Procedimientos para el Proyecto de Intersecciones a Nivel", editado por la Comisión de Ingeniería de Tránsito de la S.O.P. en la que se tienen tres diferentes casos de operación y en cada uno, tres diferentes condiciones de tránsito, los anchos en esta tabla dependen directamente del radio de la curva, incluyendose también el ancho en tangente. Una vez verificados los anchos en los puntos claves se procede al cálculo de las transiciones para cambiar de un ancho a otro, el proceso consiste en calcular en cada estación el aumento en el ancho de carpeta siguiendo una variación lineal entre dos puntos de cadenamiento prefijado.

#....

d).- Dibujo de los anchos e isletas.

En la planta con los ejes entintados en rojo se dibujan con tinta negra los anchos de carpeta y acotamiento correspondientes a cada rama (para hacer una distinción de estos anchos y dar una mejor apariencia al dibujo, se indican con raya gruesa las orillas de carpeta y con raya delgada las del acotamiento). Se forman las isletas en las zonas de los enlaces trazando con el compás los límites de las trayectorias, modificando los anchos de acuerdo con el tratamiento de la orilla de carpeta y los desplazamientos en las puntas indicados en el folleto antes mencionado, verificando a la vez que las dimenciones de estas isletas no estén fuera de las especificaciones.

e).- Topografía.

Sobre la planta se indica con tinta china color sepia las curvas de nivel y la planimetría del levantamiento de campo. La equidistancia de las curvas debe ser de 0.50m para planta a escala 1:500 indicando con leroy la cota cada cinco curvas. Se complementa la planta indicando el Norte, la escala, los destinos de las ramas y el nombre de la obra.

2.- PLANTA CONSTRUCTIVA COMPLEMENTARIA.

En esta planta se indican todos los datos que complementan el proyecto horizontal de la intersección, como son los anchos y los cadenamientos en los puntos de variación y de liga.

a).- División por enlaces.

Esta planta sirve de guía al proyecto de las secciones de construcción, puesto que es en ésta etapa en la se separan en la forma más adecuada los límites entre las diferentes ramas para permitir el estudio de las sobreelevaciones.

#....

Relaciones de la sobreelevación para curvas en intersecciones.
Rango en valores de proyectos.

Radio (m)	Grado de Curvatura	Rango de la relación de sobreelevación (de Metro por Metro) Para curvas en intersecciones con velocidad de proyecto en Km/h.					
		25	30	40	50	55	65
15.25	——	0.02-0.12	——	——	——	——	——
27.45	41.7°	0.02-0.07	0.02-0.12	——	——	——	——
45.75	25.0°	0.02-0.05	0.02-0.08	0.04-0.12	——	——	——
70.15	16.3°	0.02-0.04	0.02-0.06	0.03-0.08	0.06-0.12	——	——
94.55	12.1°	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.06	0.05-0.09	0.08-0.12	——
131.15	8.7°	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.05	0.04-0.07	0.06-0.09	0.09-0.12
183.00	6.3°	0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.05	0.05-0.07	0.07-0.09
305.00	3.7°	0.02	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05	0.05-0.06
457.50	2.5°	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05
610.00	1.9°	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04
915.00	1.2°	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03

NOTA: De preferencia se usa una relación de sobreelevación superior a la mitad, o a la tercera parte del rango indicado, en lugares donde existe frecuentemente hielo o nieve se usa una relación de la sobreelevación de 0.06 o 0.08

Razón de proyecto para el cambio de pendiente transversal de curvas en intersecciones.

Velocidad de Proyecto Km/h	25 y 30	40	50	55 o más
Variación de la relación de la sobreelevación (de metro por metro)				
Por Estación de 20.00m	0.052	0.046	0.039	0.032
Por 5.00m. de longitud.	0.013	0.011	0.010	0.008

Se recomienda que los límites de los enlaces se -- definan con líneas rectas para evitar el dibujo de secciones de construcción que puedan causar confusión al constructor.

b).- Determinación de cadenamientos comunes a un punto.

En los extremos de los enlaces existen puntos que son comunes a dos o más ejes; estos puntos deberán tener la misma elevación y serán los que rijan el el proyecto de las sobreelevaciones. La identificación de estos para cada vía de enlace se hará con sus cadenamientos respectivos.

En la mayoría de los casos estos cadenamientos son fáciles de calcular trigonométricamente, sin embargo cuando su cálculo resulte muy complicado se podrán leer gráficamente de la planta.

c).- Indicación de los anchos en los puntos de quiebre.

La finalidad principal de la planta constructiva - complementaria es la de indicar al constructor la forma en que van variando los anchos de corona por lo que deberán indicarse con leroy estos anchos y los cadenamientos donde empieza o termina alguna - variación. Deben indicarse asimismo los anchos de acotamiento, las dimensiones de las isletas, los - anchos de los carriles en las curvas y en las zo-- nas de cambio de velocidad, los radios pequeños para redondear las esquinas de las isletas y sus desplazamientos.

d).- Estudio previo de sobreelevaciones.

La sobreelevación correspondiente a las curvas en intersecciones se determina con la tabla (anexa) - correspondiente a lo indicado en las especificaciones del libro azul de la AASHO. Sin embargo en las zonas de cruce a nivel es necesario efectuar ciertas modificaciones a estos valores para garantizar

#....

un drenaje superficial adecuado y evitar la formación de lomos que hagan molesta la circulación de los vehículos. Este estudio debe hacerse en conjunto con los perfiles.

3.- PERFILES.

La forma de presentación de los perfiles comprende el perfil longitudinal del terreno en cada eje, los datos de las rasantes calculadas y la gráfica de curva masa y sus transportes.

a).- Cálculo de la rasante del camino principal.

En toda intersección debe existir una rasante que sirva como base a todo el conjunto, generalmente el camino principal es el que se usa para tal fin sobretodo cuando ya esta construido. El cálculo de ésta rasante, comprende la determinación de la elevación en cada estación con base a la pendiente y las curvas verticales. Son de especial interés las elevaciones de los puntos comunes a los otros ejes.

b).- Cálculo de las cotas obligadas para las vías de enlace.

Antes de llevar a cabo el cálculo de estos puntos es necesario afinar el estudio previo de sobreelevaciones, puesto que las cotas obligadas dependen de la sobreelevación. La rasante de una vía de enlace común al eje principal, tiene que respetar las elevaciones de éste en la zona de liga y verse obligado a pasar por la cota que resulte de sumar algebráicamente a su elevación el valor obtenido al multiplicar su distancia al eje principal por el valor de la sobreelevación.

c).- Cálculo de la rasante de las vías de enlace.

Una vez determinadas las cotas obligadas en todas las zonas de liga, se procede al cálculo de las rasantes de los ejes de las vías de enlace respetando los tramos obligados, procurando que las pendientes sean lo más suave posible y proporcionando a

#.....,

todo su largo la distancia de visibilidad de parada adecuada.

La longitud mínima de curva vertical se determina con la siguiente fórmula:

$$LCV = K(Ps - Pe)$$

Donde:

LCV = Longitud mínima de curva vertical.

K = Constante (Ver tabla).[1]

Ps = Pendiente de salida.

Pe = Pendiente de entrada.

TABLA[1]

VALORES DE K

VEL.	CRESTA	COLUMPIO
35	4.00	5.40
40	5.60	6.90
45	7.20	8.40
50	9.69	10.18
60	15.44	14.07
70	22.52	18.11
80	32.67	23.06
90	45.38	28.38
100	62.57	34.59
110	84.38	41.44

La longitud obtenida por la fórmula puede incrementarse, para facilitar su cálculo y dibujo, a la -- estación cerrada más próxima.

Ejemplo:

Curva en cresta; Velocidad de proyecto: 50 Kph;

Ps = -2% ; Pe = +2%.

LCV = 9.69x4 = 38.76

LCV = 40 m

d).- Funcionamiento del drenaje.

Al proyectar el alineamiento vertical es de vital importancia tener en cuenta la forma en que funcionará el drenaje en la zona de la intersección. Hay que preveer el tamaño de las obras para el drenaje transversal de manera que las rasantes permitan su ubicación en el terreno. En las zonas de liga o en los cruces es necesario verificar que las sobreelevaciones proyectadas permitan el drenaje superficial

#.....

y que éste no se vea interrumpido por las guarniciones o se formen charcos.

e).- Cálculo de Terracerías.-

Para el cálculo de terracerías, se usa un registro especial que debe mostrar los datos de la -- elevación del terreno en el eje formando el perfil longitudinal, ya sea levantado en el campo o deducido de la planta topográfica, la cota de subrasante en cada estación incluyendo el cálculo de las curvas verticales y hasta esta etapa los espesores de corte o terraplén.

4.- SECCIONES DE CONSTRUCCION.-

a).- Dibujo del terreno.

La presentación de las secciones de construcción se hace en papel milimétrico, indicando con tinta negra el perfil transversal del terreno en cada sección en las cuales se indica con leroy el cadenamiento y el- espesor de corte o terraplén, marcando el eje de la sección con un pequeño círculo. Es recomendable que las secciones sean levantadas en el campo y para esto es necesario trazar los ejes de la obra.

Las secciones se complementan con el proyecto del cuerpo del camino que se entinta en rojo.

b).- Proyecto de las secciones.

El proyecto de las secciones en terraplén consiste - en el cálculo del ancho en subrasante, el cual se obtiene aumentando al ancho normal el sobreancho necesario para que al colocar el revestimiento (base y - sub-base) se tenga el ancho normal, este sobreancho depende del espesor del revestimiento, del bombeo o sobreelevación y del talud del terraplén.

La fórmula del sobreancho es:

$$SA = \frac{ER}{\frac{1}{T} + S} \quad \text{donde}$$

##..

SA = Sobreancho (en metros).

ER = Espesor Revestimiento (en metros).

T = Talud del terraplén ($\underline{1.5}$ x 1, $\underline{2}$ x 1 ó $\underline{3}$ x 1).

S = Sobreelevación (en centésimos).

Ejemplo: ER = 0.30 T = 2 x 1 S = -2.0 %

$$SA = \frac{0.30}{\frac{1}{2} - 0.02} = \frac{0.30}{0.50 - 0.02} = \frac{0.30}{0.48} = 0.62$$

En el caso de la sección en corte se calcula el ancho de la cuenta en subrasante:

$$q = C - \frac{ER \times T}{1 + \frac{T}{3}} \qquad \text{donde:}$$

q = Ancho de cuneta en subrasante en metros.

C = Ancho de cuneta en rasante (generalmente = 1.00 m)

ER = Espesor del revestimiento, en metros.

T = Talud del corte. ($\frac{1}{4}$ x 1, $\frac{1}{2}$ x 1, $\frac{3}{4}$ x 1 ó $\underline{1}$ x 1)

NOTA: La fórmula considera que el talud de la cuneta es $\underline{3}$ x 1

En la tabla que se muestra se indican los valores más comunes de q:

R	TALUD			
	1 x 1	3/4 x 1	1/2 x 1	1/4 x 1
15	89	91	94	97
20	85	88	91	95
30	77	82	87	93
35	74	79	85	92

Con el auxilio de un registro especial para el proyecto de secciones se facilita el cálculo de los datos necesarios. Como son: El cadenamiento de la estación, ...

la sobreelevación o bombeo en cada sección, el -- talud de corte o terraplén, el sobre ancho y el - ancho de cuneta. Estos datos se llenan tanto para el lado derecho como para el izquierdo y en la -- forma se anexan varias columnas para ir indicando las variaciones tanto en ancho como en sobreelevación. Con base a los datos de estas formas se dibuja la sección en papel milimétrico indicando en cada estación de variación los datos requeridos - con leroy.

c).- Estratos de compactación.

En la mayoría de los casos es recomendable indi-- car en las secciones de construcción, los estratos o capas de compactación, como son la capa subra-- sante de 0.30 m de espesor compactada al 100%, la la capa inferior a ésta de 0.50 m de espesor compactada al 95% y el resto del terraplén al 90%, - en los casos de ampliación a caminos existentes - se deberá indicar el procedimiento de liga de las terracerías nuevas con las existentes.

d).- Areado.

El procedimiento más común para la obtención de - las áreas de las secciones es el del planímetro. Se deben obtener las áreas de terraplén en sus diferentes capas y los cortes en terracerías existentes y en terreno natural.

En los entronques existen estaciones en los puntos de liga de los enlaces en las que para fines de - cubicación la sección tiene dos tamaños diferentes que se denominan A_1 y A_2 indicando la parte del - área que debe de considerarse atrás de la estación y después de ésta.

e).- Cálculo de volúmenes.

En esta etapa volvemos al registro usado para los perfiles en el cual se indicaron los espesores, se se vacía en esta forma las áreas medidas y se procede a calcular los volúmenes de cada estrato de-

#.....

terraplén y de los cortes, sumando las áreas consecutivas y multiplicándolas por la semidistancia entre estaciones. Estos volúmenes se afectan por los coeficientes de reducción o abundamiento y se registran en la forma.

f).- Cálculo y dibujo de la ordenada de curva masa.

Al calcular la ordenada de curva masa se tendrá en consideración la compensación transversal, como es el caso de las ampliaciones a caminos existentes en los que se tiene que cortar parte del terraplén actual para efectuar una buena liga de terracerías. En la gran mayoría de las intersecciones la curva masa indica prestamos de material para formar los nuevos terraplénes por lo que es recomendable sobre todo en los casos en que proporciona una capa subrasante el calcular una ordenada de curva masa para el material fino solamente. El dibujo de la ordenada de curva masa se hace en el mismo plano del perfil usando las escalas más convenientes para hacer clara la representación en el espacio de papel disponible.

g).- Compensación de volúmenes.

Aún cuando para cada vía de enlace exista un diagrama de curva masa, la compensación debe de hacerse tomando toda la intersección como unidad, analizando las posibilidades de rellenar terraplenes en una rama con el material de corte de otra o viceversa. Es muy frecuente, debido a que los entronques en su mayoría se localizan en zonas planas, que el resultado del estudio de curva masa indique la necesidad de préstamos laterales o de banco, en éstos casos es necesario indicar la ubicación de éstos y las distancias de acarreo.

Los sobreacarreos se indican en las siguientes unidades:

de 20 a 120m.	m3-Est.
de 20 a 520m.	m3.Hm.
de 20 a más de 520m.	m3-Km.

5.- PLANTA DE DERECHO DE VIA.

En esta planta se indicarán los límites del derecho de vía ya adquirido por los caminos que se intersecan y el derecho de vía adicional que hay que adquirir para la construcción de la obra, cuidando que el nuevo límite evite la probabilidad de que alguna construcción limite la visibilidad en las vueltas. Se cuantifica el derecho de vía por adquirir obteniendo el área en el plano directamente.

6.- PLANTA DE SEÑALAMIENTO.

Esta planta debe indicar el tipo, tamaño, leyenda y posición de las señales y marcas en el pavimento necesarias para indicar a los usuarios el funcionamiento correcto de la obra. Las especificaciones que rigen el señalamiento son las indicadas en el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito" editado por la Secretaría de Obras Públicas. En la planta se dibujarán fuera de escala las señales preventivas, restrictivas e informativas necesarias, indicando con un símbolo su posición ya sea por detalle o acotando la distancia a un punto notable del entronque o a otra señal ya referenciada.

El tamaño de las señales informativas depende del número de letras de la leyenda y las medidas comerciales de la lámina (ver página 32 del Manual).

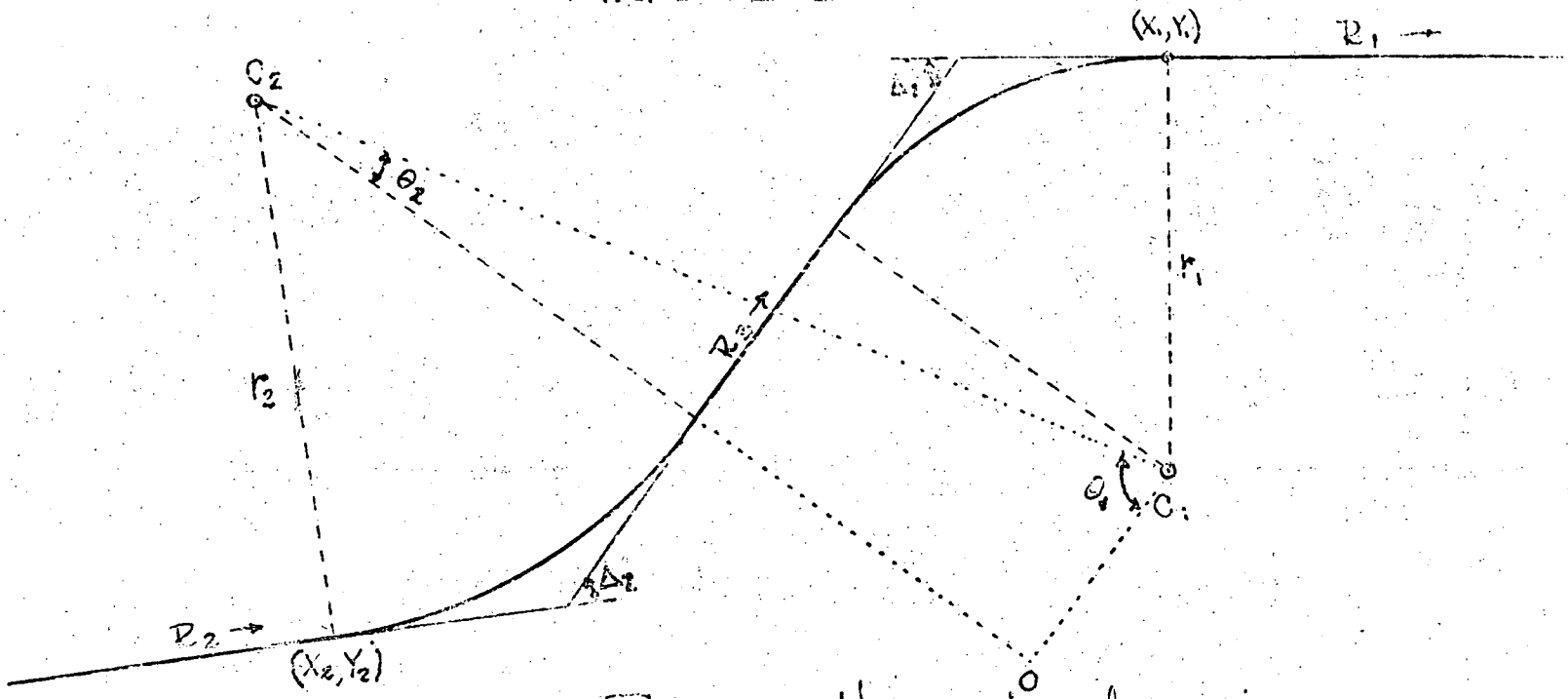
El tamaño de las señales preventivas y restrictivas depende del tipo del camino (páginas 10 y 20 del Manual).

Junto con la señal debe de indicarse el escudo y el número de ruta.

Las letras SP indican señal preventiva, SR restrictiva y SI informativas, es conveniente anexar a la planta un cuadro indicando en número de señales con su clave y dimensiones.

Las rayas blancas, flechas y letreros sobre el pavimento deben indicarse, así como los lugares donde deba construirse, guarnición o colocarse defensa.

APENDICE I



Cálculo Trigonométrico de los ejes

Ejemplo.

Datos: Rumbos R_1 y R_2; Coordenadas $(X_1 Y_1)$ y $(X_2 Y_2)$; Radios r_1 y r_2.

Con las coordenadas conocidas X_1, Y_1 y la normal al rumbo R_1 se obtienen las coordenadas (X_{c_1}, Y_{c_1}) del centro (C_1) de la curva de radio conocido r_1.

La misma operación se hace con la curva de radio r_2 y se obtienen las coordenadas (X_{c_2}, Y_{c_2}).

Se calcula la distancia entre los centros de las curvas

$$\overline{C_1C_2} = \sqrt{\overline{X_{c_2}-X_{c_1}}^2 + \overline{Y_{c_2}-Y_{c_1}}^2}$$

y el rumbo de la línea que une los centros, $R_{C_1-C_2}$

$$R_{C_1-C_2} = \arctan \frac{X_{c_2}-X_{c_1}}{Y_{c_2}-Y_{c_1}}$$

formando un triángulo rectángulo imaginario C_1C_2O del cual conocemos la hipotenusa C_1C_2 y el cateto mayor C_1O que es la suma de los radios r_1 y r_2, podemos calcular el cateto menor, que corresponderá a la longitud de la tangente libre entre las dos curvas; aplicando el teorema de Pitágoras:

$$\overline{C_2O}^2 = \overline{C_1C_2}^2 - \overline{C_1O}^2$$

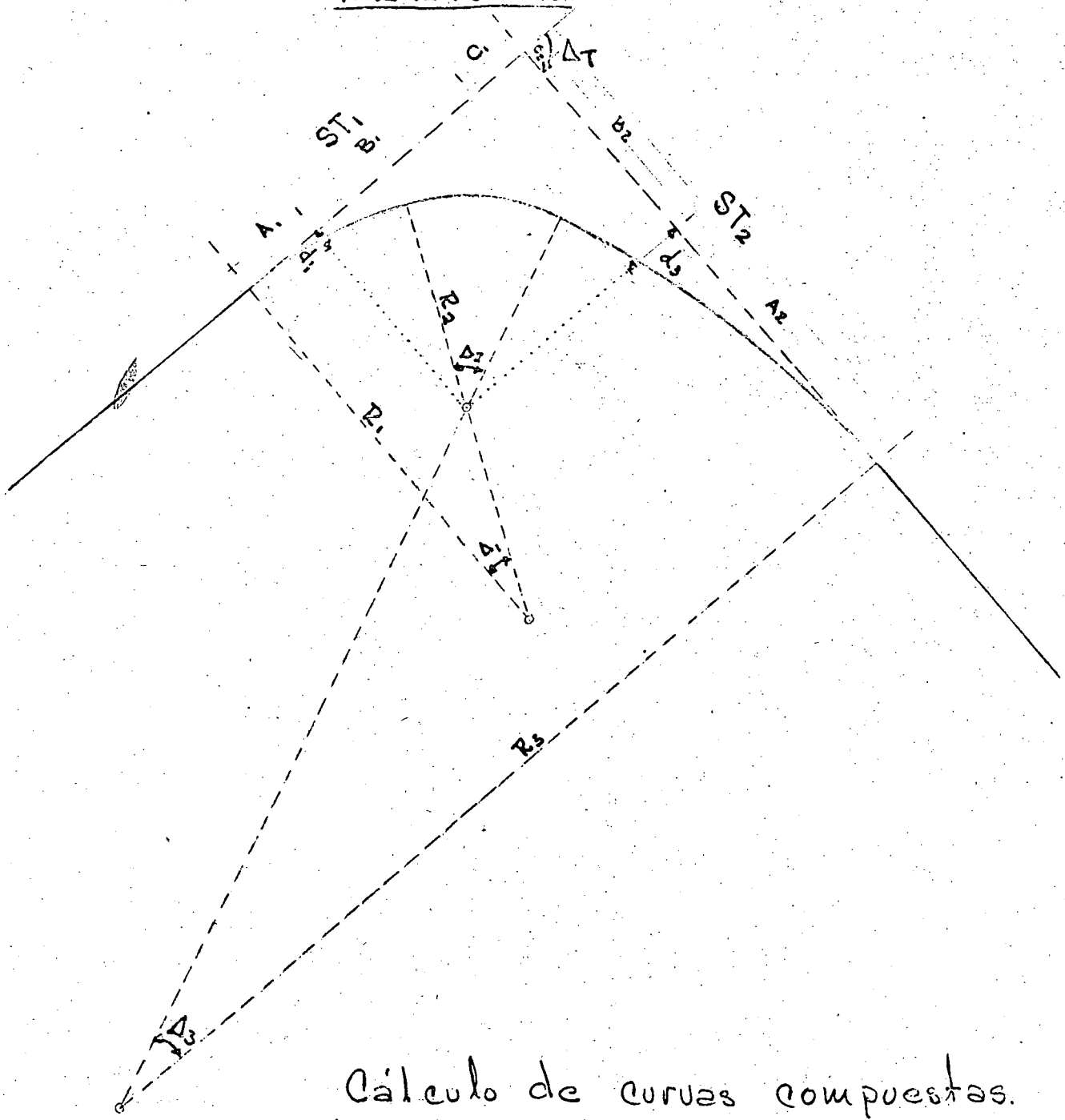
Los ángulos agudos que forman al triángulo se calculan:

$$\theta_1 = \arccos \frac{C_1 O}{C_1 C_2}$$

$$\theta_2 = 90 - \theta_1 \quad ó \quad \theta_2 = \operatorname{arcsen} \frac{C_1 O}{C_1 C_2}$$

Para obtener las deflexiones de las curvas se calcula el rumbo (R_3) de la tangente libre y se obtiene Δ_1 y Δ_2 por diferencia de rumbos con R_1 y R_2.

APENDICE 2.



Cálculo de curvas compuestas.

Ejemplo:

Datos: R_1, R_2 y R_3 ; d_1 y d_3.

$ST_1 = A_1 + B_1 + C_1$; $ST_2 = A_2 + B_2 + C_2$.

$A_1 = \sqrt{(R_1-R_2)^2-(R_1-R_2-d_1)^2}$

$B_1 = R_2 \tan \frac{\Delta_T}{2}$

$C_1 = d_3$ (Cuando el Δ_T sea diferente de 90° se ajustará con $C_1 = \frac{d_3}{\cos(\Delta_T-90)}$).

$A_2 = \sqrt{(R_3-R_2)^2-(R_3-R_2-d_3)^2}$

$B_2 = R_2 \tan \frac{\Delta_T}{2}$

$C_2 = d_1$ (cuando el $\Delta_T \neq 90°$; $C_2 = \frac{d_1}{\cos(\Delta_T-90)}$).

$$\Delta_1 = \arctan \frac{A_1}{R_1 - R_2 - d_1}$$

$$\Delta_3 = \arctan \frac{A_2}{R_3 - R_2 - d_3}$$

$$\Delta_2 = \Delta_T - \Delta_1 - \Delta_3$$

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL DE LA SAHOP

F O T O G R A M E T R I A

ING. BULMARO CABRERA RUIZ
NOVIEMBRE DE 1978

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.

FOTOGRAMETRIA

La Fotogrametría tiene por objeto la determinación de la forma, tamaño y posición de un objeto cualquiera, utilizando fotografías.

La información que proporciona esta ciencia puede ser numérica o gráfica. Los perfiles longitudinales y transversales del terreno para un eje de proyecto o un modelo digital del terreno constituyen información numérica. Ejemplos de información gráfica son las cartas o planos a linea, mosaicos y ortofotos.

La fotogrametría puede ser de una sola imagen y de doble imagen o estereofotogrametría. Así mismo, según que las fotos se tomen desde tierra o desde el aire, la fotogrametría puede ser terrestre o aérea.

La fotogrametría terrestre se emplea actualmente solo en problemas especiales, por ejemplo, en el levantamiento de cañones profundos, laderas acantiladas, levantamiento de fachadas o monumentos, en odontología, optometría, balística, mecánica de fluídos, etc.

La fotogrametría aérea se aplica principalmente en cartografía y en la elaboración de planos topográficos, a escalas grandes para la planeación y proyecto de obras de ingeniería civil.

Las principales ventajas de los levantamientos fotogramétricos son: rapidez, riqueza en detalle y economía. Se requiere un mínimo de contacto con el terreno, solo al ejecutar el control terrestre y al verificar el levantamiento. Las curvas de nivel se trazan con mayor fidelidad siguiendo la forma real del terreno en el modelo, nó por interpolación.

Planeada y ejecutada correctamente la fotogrametría produce resultados precisos y una gran economía tanto en el costo de los levantamientos como en las obras que se construyen apoyadas en ella.

Las limitaciones de la fotogrametría provienen de la falta de visibilidad del terreno por vegetación, agua, nubes o por el tiempo de espera requerido para tener condiciones apropiadas para la toma de las fotografías.

Historia

Con Laussedat, en Francia, en 1870, se inicia la fotogrametría terrestre; en 1881 se obtiene la primera fotografía aérea mediante un globo y en 1896 el Profr. Koppe, en Alemania, hace la primera restitución fotogramétrica a través del objetivo de la cámara. De 1901 a 1930 se desarrollaron los restituidores que hoy, bajo los mismos principios, se siguen mejorando.

En México empezó a aplicarse la fotogrametría en los años 1937-1938 cuando el Ing. Luis Struck estableció la Cía. Mexicana Aerofoto, S.A. y se formó la "Comisión Cartográfica Militar" en la S.D.N., posteriormente se han ido creando organismos y empresas fotogramétricas diversas; asi en 1963 se formó la Oficina de Proyecto Fotogramétrico Electrónico en la antigua SOP y en 1968 fué creada la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, hoy DETENAL, encargada de la elaboración de las cartas topográfica y de recursos del

País, inicialmente a escala 1:50,000.

Fotografía

En un sentido, es el proceso de producir mediante la acción de la luz, imágenes sobre material sensibilizado.

Como producto, es la representación gráfica verdadera del objeto en el momento de la toma fotográfica; así, es el material fundamental en el proceso fotogramétrico.

La fotografía es una proyección central, perspectiva o cónica. En una foto de eje vertical, la imagen del objeto fotografiado aparece directamente proporcional a su altura y a la distancia a la que se encuentre del centro de la imagen e inversamente proporcional a la distancia de la cámara al objeto.

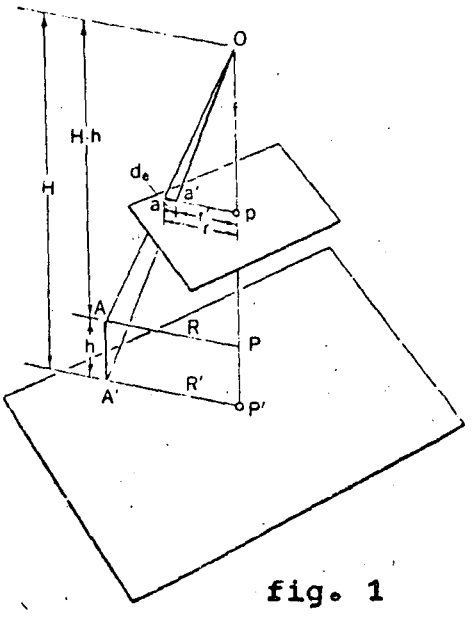
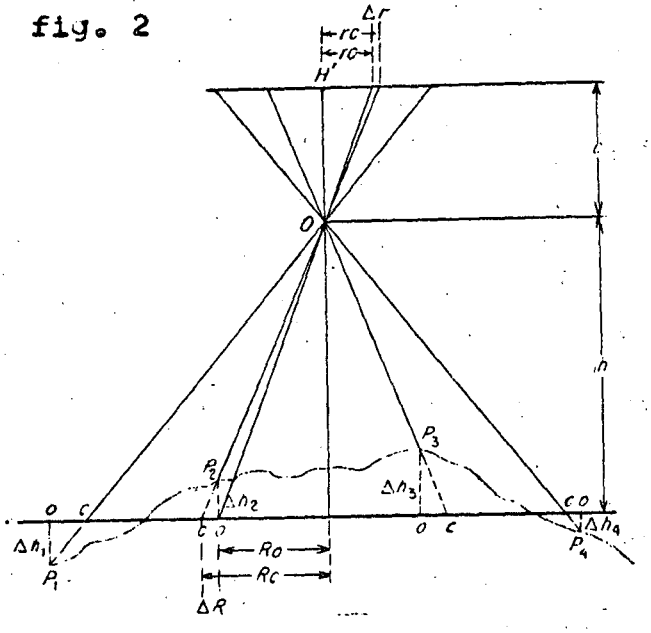


fig. 1

fig. 2



Un plano fotogramétrico resulta de transformar la proyección central en proyección ortogonal.

De acuerdo con la posición del eje principal de la cámara respecto al terreno, durante la exposición, las fotografías aéreas se clasifican en la forma siguiente:

1.- Verticales, cuando la inclinación es inferior a 4°.

2.- Baja oblicua o convergente, cuando la inclinación es mayor de 4° pero en la foto no aparece horizonte.

3.- Alta oblicua o panorámica, si en la foto aparece el horizonte.

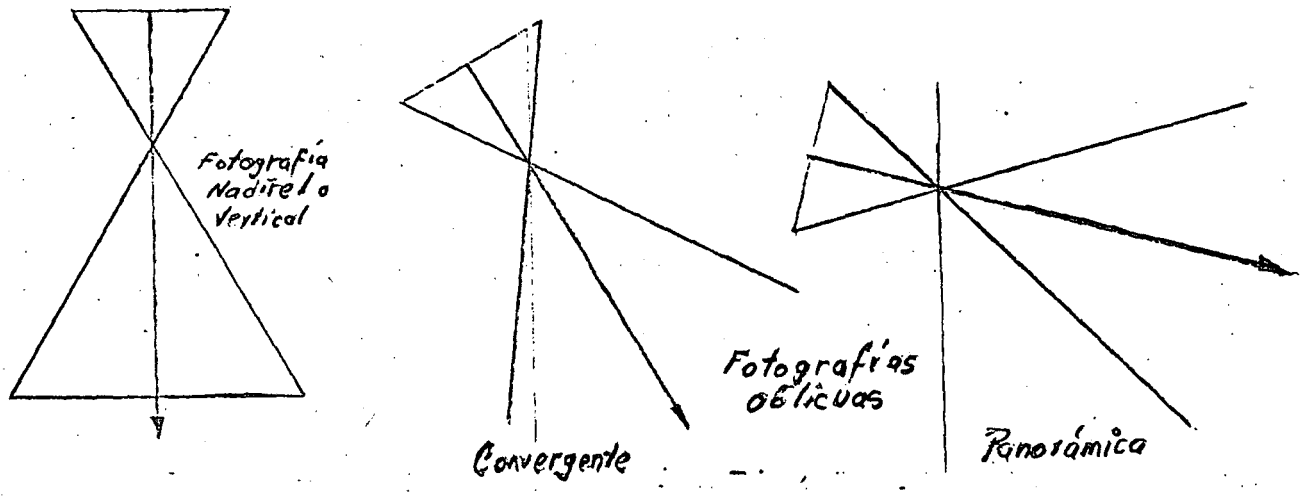


fig. 3

Escala de la fotografía

La escala de una fotografía es la relación entre el tamaño de la imagen y la dimensión real del objeto fotografiado.

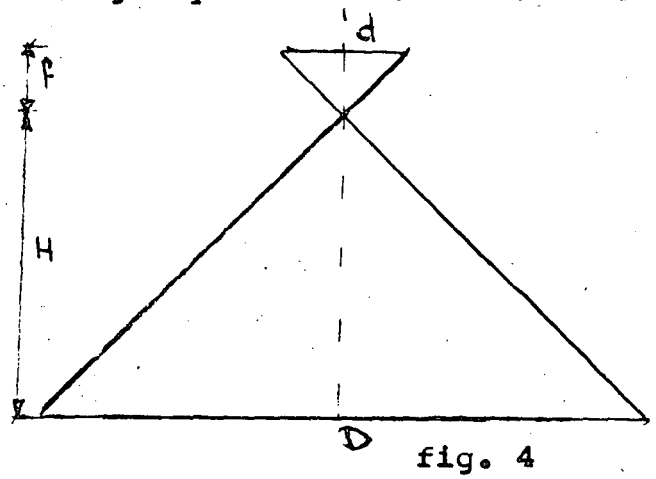


fig. 4

$$\text{ESCALA} = \frac{d}{D} = \frac{f}{H} = E$$

d = tamaño de la imagen

D = dimensión real del objeto

f = distancia focal de la cámara

H = Altura de vuelo

Sí en una cámara gran angular, f = 6" = 1/2' (medio pié)

tenemos que $E = \frac{f}{H} = \frac{1/2 \text{ pié}}{H} = \frac{1 \text{ pié}}{2H}$ $\quad H = \frac{1}{2E}$ pié

$H = \frac{1}{2}\frac{1}{E}$ (pié), es decir, con una cámara gran angular, la altura de vuelo, en piés, es la mitad del denominador de la escala. Por ejemplo, si se desea tomar fotografías a Esc. 1:25,000, habrá que volar a --- 12,500 piés sobre el terreno.

Ya que generalmente el terreno no es plano, la escala de la foto no es uniforme; la escala nominal es, en el mejor de los casos, la escala media; es decir, la relativa al nivel medio del terreno.

Registros de la cámara

Las cámaras aéreas registran en los bordes de las fotos una serie de datos útiles, como son:

1.- Las marcas fiduciales, que son pequeños puntos, cruces, o muescas que sirven para determinar el centro de la foto.

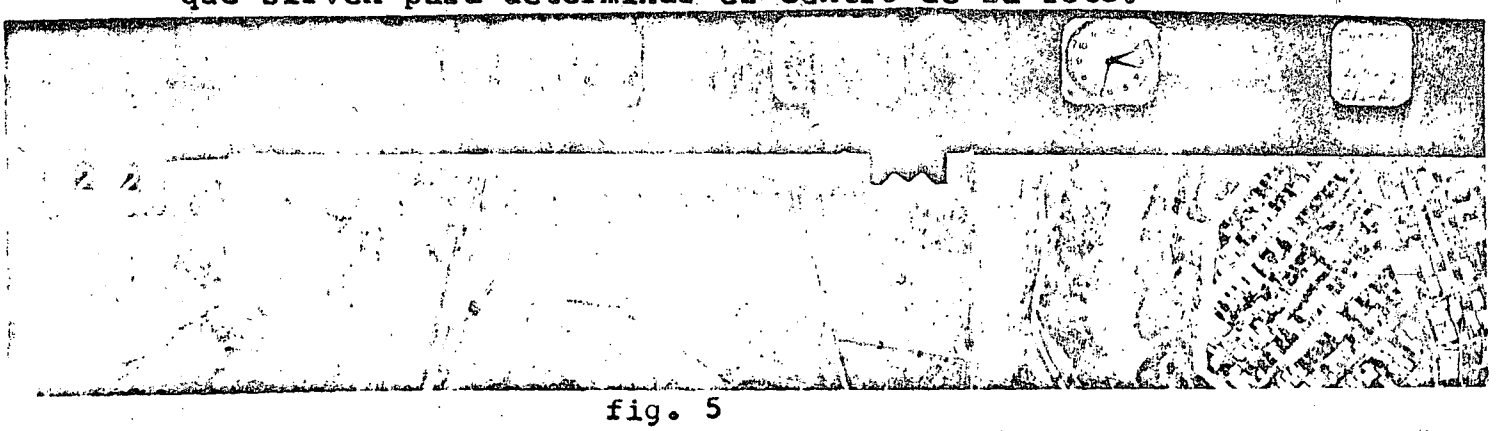


fig. 5

2.- Altímetro, que indica la altitud SNM

3.- Reloj, que marca la hora (con minutos y segundos) de toma.

4.- Nivel esférico, que indica la inclinación de la cámara.

5.- Número del objetivo.

6.- Contador de fotos.

7.- Distancia focal.

8,- Espacio para anotaciones. (obra, fecha, etc.)

Las cámaras aéreas que se utilizan en fotogrametría deben ser calibradas periódicamente, con el objeto de conocer, con la mayor actualidad, las características geométricas de las imágenes que con ellas se obtienen. Las calibraciones se hacen en la fábrica y en instituciones que cuenten con los elementos necesarios. Ver ejemplo de Certificado de Calibración y Campo de Calibración SOP.

Deformación de la imagen fotográfica.

Las principales causas de deformación de las imágenes son las siguientes:

1.- Distancia de la lente

2.- Deformación de la película

3.- Refracción atmosférica

4.- Curvatura terrestre

5.- Desplazamiento por relieve del terreno

Las curvas de distorsión de los objetivos se conocen mediante la calibración. La distorsión se corrige con placas de compensación en las impresoras de diapositivas, en las máquinas de restitución, o numéricamente en el manejo numérico de los modelos.

La película se deforma por diversas causas, los cambios de temperatura durante el proceso, el manejo inadecuado, etc. Se pueden medir las deformaciones, pero resulta difícil controlarlas; lo conveniente es extremar las precauciones durante el proceso y el manejo de los negativos aéreos.

La refracción atmosférica y la curvatura terrestre, combinadas, deforman la imagen radialmente (como la distorsión radial), sus valores dependen de las condiciones atmosféricas, de la altura de vuelo, de la altura del terreno y de las características geométricas (ángulo de campo y distancia focal) de la cámara. Ambos se corrigen en conjunto con placas de compensación para diferentes tipos de lentes y alturas de vuelo en las impresoras de diapositivas o en las máquinas de restitución.

En la figura 2 observamos el efecto del relieve del terreno en la imagen; de esto se infiere que en una fotografía aérea hay tantas escalas diferentes como diferentes sean las elevaciones de los

puntos del terreno que abarca. Por esto, una foto aislada no sirve para determinar la posición real de los puntos del terreno; para lograrlo, necesitamos pares de fotos con sobreposición parcial, que por haber sido tomadas desde puntos diferentes nos permiten observar el terreno en tercera dimensión o estereoscopía.

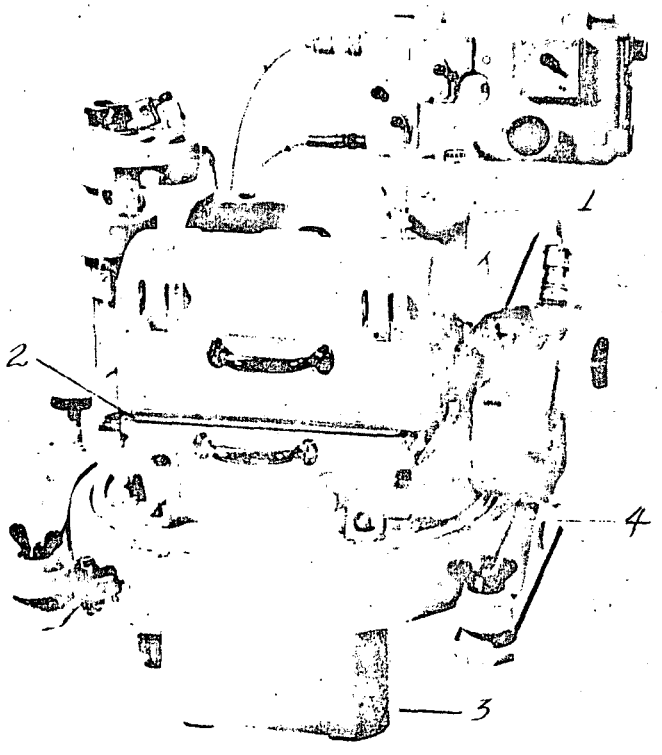
Los principales elementos de una cámara aérea son:

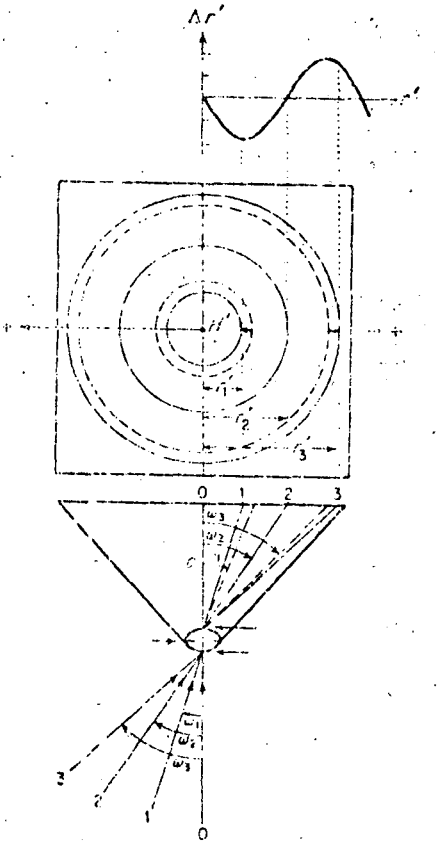
1.- Chasis para película en rollo.

2.- Cuerpo de la cámara.

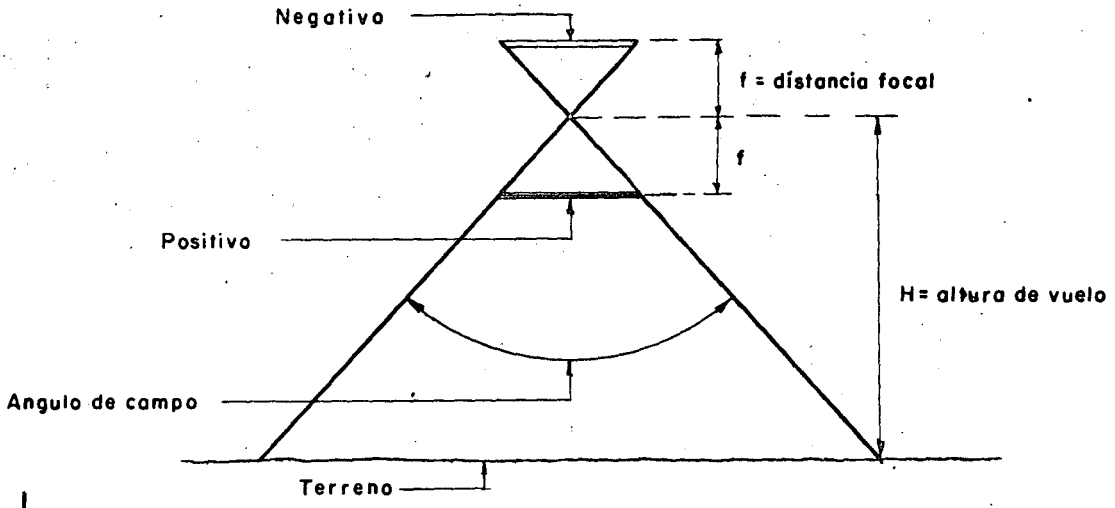
3.- Cono, que contiene al objetivo, al obturador, al diafragma y al filtro.

4.- Unidad de montaje y suspensión.



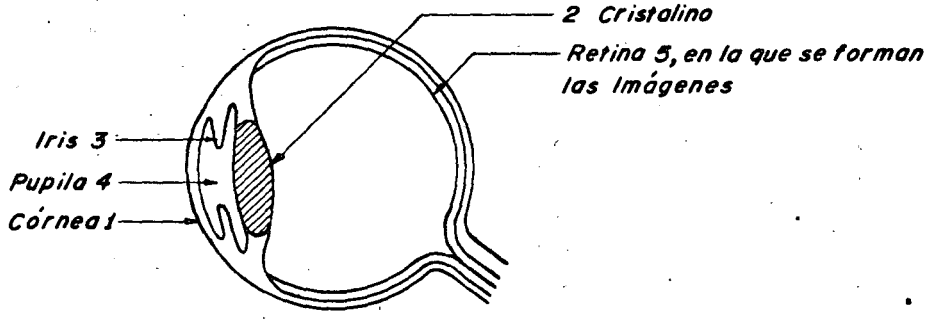


Según sus ángulos de campo, las cámaras aéreas se clasifican en: De ángulo normal, gran angular y super gran angular.



Tipo	Angulo de campo	f = Distancia focal, mm.	Formato
Normal	45°-65° (60°)	300 210 170	230 x 230 180 x 180 140 x 140
G.A.	80°-100° (90°)	150 115 100	230 x 230 180 x 180 140 x 140
S.G.A.	120°-150° (120°)	88 70	230 x 230 180 x 180

Semejanza entre una cámara fotográfica y el ojo humano



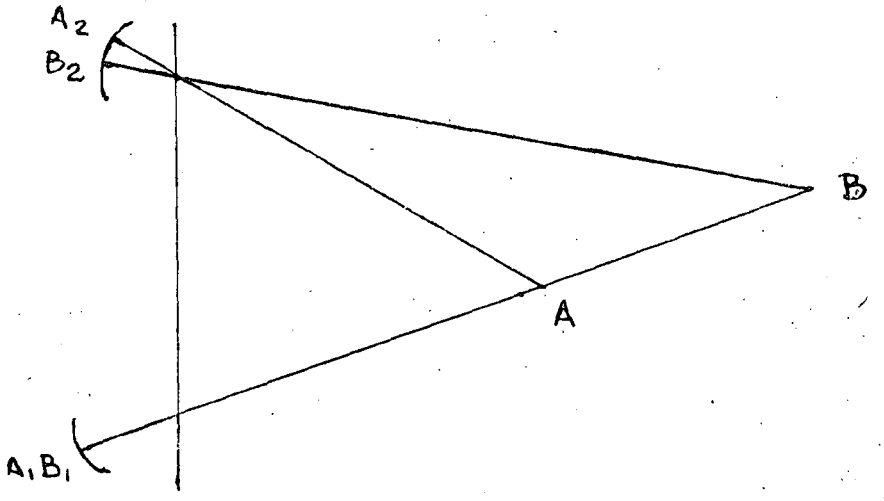
Equivalencia en la cámara

1.- filtro
2.- lente
3.- diafragma
4.- abertura del diafragma
5.- plano focal

Fenómenos de Acomodación y Convergencia

A la acción del ojo de formar imágenes nítidas sobre la retina, lo mismo de objetos cercanos o muy lejanos, se llama acomodación.

Al dirigir la visual de cada ojo hacia un mismo punto acurre una convergencia.



La acomodación y la convergencia pueden lograrse desde una distancia ojo-objeto de unos 25 cm. hasta el infinito. Las cámaras aéreas están afocadas al infinito; la distancia mas corta de enfoque anda en el rango de los 70 m.

Agudeza visual

Equivale al poder de resolución de la cámara, y se refiere a la capacidad de separar pequeños detalles en un área o distancia determinada.

La máxima agudeza visual con la mejor acomodación ocurre a una distancia ojo-objeto de 25 cm., siendo la agudeza visual estereoscópica aproximadamente cinco veces superior a la monoscópica.

Visión estereoscópica

La visión estereoscópica resulta de la fusión, en el cerebro, de dos imágenes distintas del mismo objeto, formadas en las retinas; lo que en estereofotogrametría se logra mostrando a cada ojo una imagen del objeto fotografiado desde dos puntos convenientemente separados.

Para producir la estereoscopía, en fotogrametría se emplean - estereoscopios, anaglifos y alternadores de imágenes.

Los estereoscopios pueden ser: De lentes, de espejos, de fajas o barredores.

Toma de fotografías aéreas

Con fines cartográficos, generalmente se toman las fotos en fajas paralelas con una determinada dirección, mientras que en proyectos lineales como una carretera, se forma una sucesión de lineas rectas relativamente cortas que van cubriendo solo la faja de terreno - en estudio.

Al traslape longitudinal, o sea la sobreposición entre una foto y la anterior es generalmente de 60 % en adelante (70, 80 %) - de manera que a pesar del relieve del terreno, haya continuidad estereoscópica longitudinal.

La sobreposición lateral, cuando se toman fajas paralelas, suele ser de 20 a 30 %.

Para la toma de fotografías aéreas se requiere de un proyecto de lineas, que se presenta en un croquis, carta o mosaico y de una - hoja de especificaciones en la que se indique para cada linea, la altitud de vuelo SNM, el número de fotos, la hora de toma, cámara, - filtro y película que deben emplerse.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS
OFICINA DE FOTOGRAMETRIA

Anexo de Oficio _____

AT'N. C. JEFE DEL SERVICIO AEREO

ESPECIFICACIONES para el trabajo No. _____ de fotografía aérea.

_____

Las líneas de vuelo están indicadas en _____ anexo(a).

LINEA No.	ESCALA MEDIA Ef	ALT. VUELO (pies)		LONG. (Km)	HORA DE TOMA	SOBREP. LONG., %	NUM. FOTOS	CAMARA	FILTRO	PELICULA
		ST	SNM							

Longitud necesaria de película aérea, Lp= m.-Aprox.- (Lp= pies).

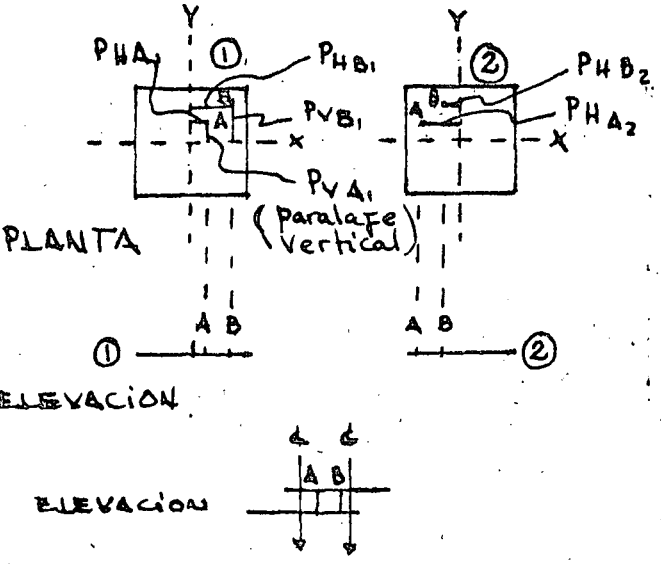
Notas: 1) Las líneas de vuelo deberán ser rectas horizontales.
2) Tolerancias: $\gamma = 4°$, $\varphi = 3°$, $\omega = 3°$.
3)

Atentamente
EL JEFE DEL DEPARTAMENTO

_____

DETERMINACION DEL DESNIVEL CON LA BARRA DE PARALAJES.

DEDUCCION DE LA FORMULA:



La falta de coincidencia al observar en un estereoscópio se debe a la paralaje Vertical.

Para que haya estereoscopia se deben eliminar las paralajes Verticales (Pv).

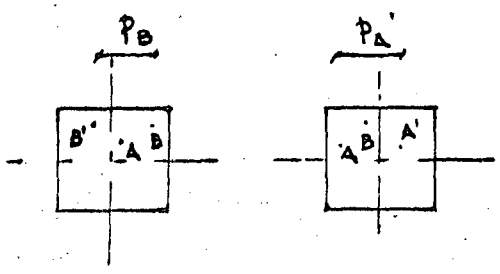
Para determinar desniveles nos valemos de paralajes horizontales (P_H).

paralaje absoluta de A $p_A = p_{H_{A_1}} + p_{H_{A_2}}$

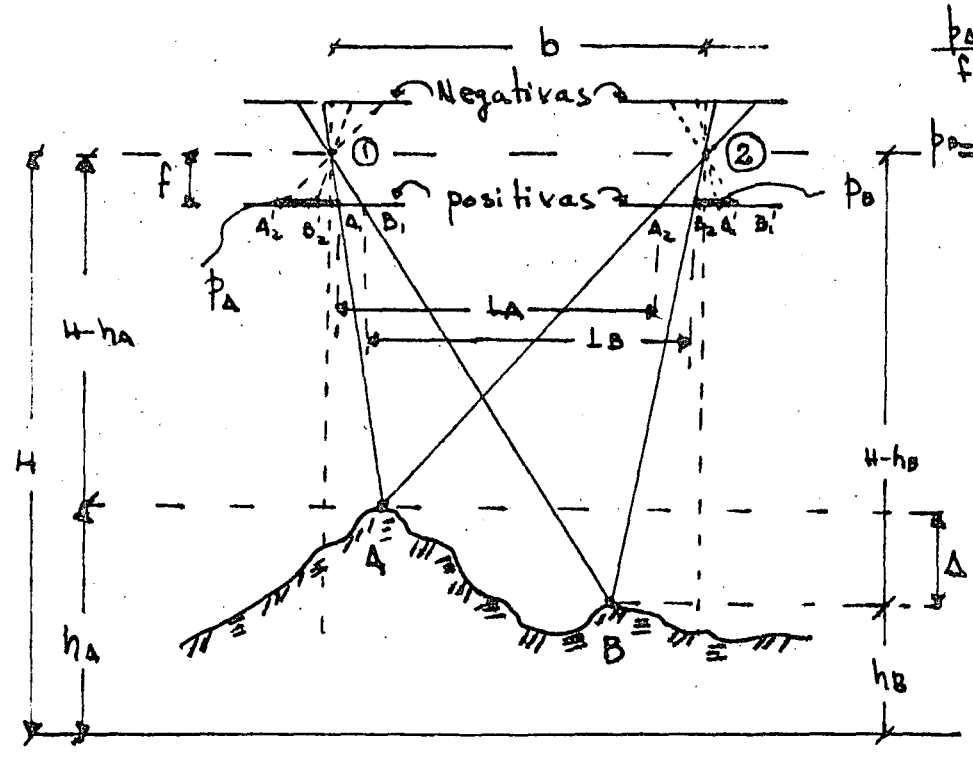
de B $p_B = p_{H_{B_1}} + p_{H_{B_2}}$

sobreposición

Si el terreno es plano $p_A = p_B$ (si no hay distorsión). $p_A - p_B = \Delta P$



$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$



$$\frac{p_A}{f} = \frac{b}{H-h_A} \therefore p_A = \frac{fb}{H-h_A} \; ; \; \frac{p_B}{f} = \frac{b}{H-h_B} \therefore$$

$$p_B = \frac{fb}{H-h_B} \; . \qquad \Delta P = p_A - p_B = fb\left(\frac{1}{H-h_A} - \frac{1}{H-h_B}\right)$$

pero $H - h_A = \dfrac{fb}{p_A}$ y $H - h_B = \dfrac{fb}{p_b}$

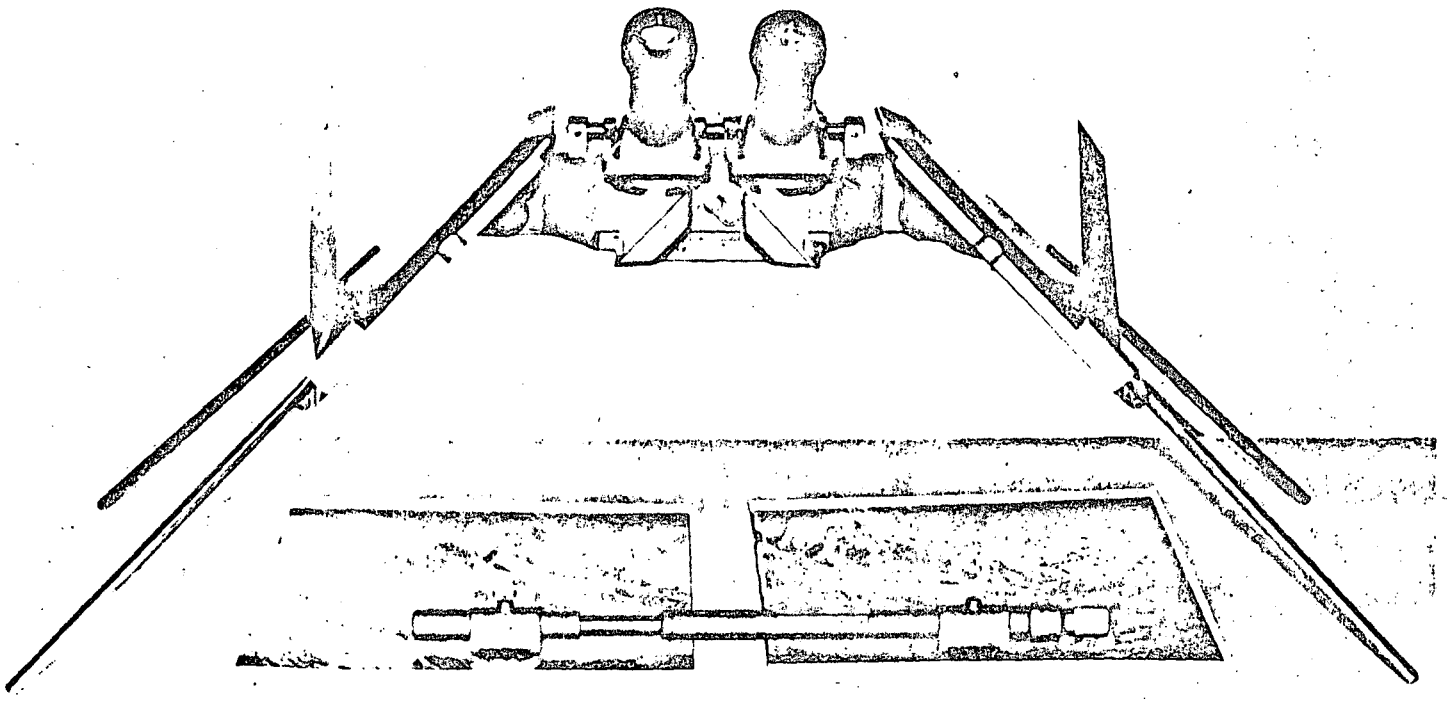
$$\therefore \Delta P = \frac{fb(h_A - h_B)}{(H-h_A)(H-h_B)} = \frac{fb(\Delta H)}{(H-h_A)(H-h_B)}$$

pero como $p_A = \dfrac{fb}{H-h_A}$

$$\therefore \Delta P = \frac{p_A(\Delta H)}{H-h_B} \; ; \text{ despejan}$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P(H-h_B)}{p_A} \; ; \; p_A \rightarrow D$$

y $H - h_B \rightarrow H$ $\therefore$ $\boxed{\Delta H = \dfrac{H\,\Delta P}{D}}$



Procedimiento para la determinación del desnivel

Para obtener el desnivel aproximado entre dos puntos dados, contenidos en un par estereoscópico, se utiliza el estereoscopio con barra de paralaje de la siguiente manera:

Se determina con la mayor aproximación la escala media de las fotografías aéreas y la altura media de vuelo sobre el terreno mediante distancias conocidas entre puntos de control, que pueden ser rasgos tomados de una carta, o bien, mediante la escala nominal de las fotografías.

La intersección de las líneas que unen las marcas fiduciales opuestas de cada foto define el punto principal correspondiente. Así se determinan los puntos N_1 y N_2, los cuales a continuación son transferidos recíprocamente, es decir, el N_1 a la foto 2 en N_1' y el N_2 a la foto 1 en N_2'.

Se miden las distancias b_1 y b_2, y su promedio es la base aérea b.

A continuación es necesario orientar y fijar las fotos en la mesa, bajo el estereoscopio, haciendo que la línea que une los oculares sea paralela a la línea que une los puntos principales reales y conjugados.

Luego, si se quiere determinar el desnivel entre los puntos A y B, observando a través del estereoscopio se coloca la barra de paralaje haciendo coincidir sus índices con los puntos A y A'_2 girando el micrómetro de la barra hasta hacer que el punto flotante "toque" el terreno; en esta posición se toma la lectura del micrómetro. Enseguida se llevan los índices de la barra a los puntos B y B'_2 girando el micrómetro hasta que el punto flotante "toque" el terreno; en esta posición se hará la lectura M del micrómetro. La diferencia de lecturas, M-L es la diferencia de paralajes $_p$. El desnivel entre los puntos A y B se calcula con la siguiente expresión: $h = \frac{H}{b} \Delta p$.

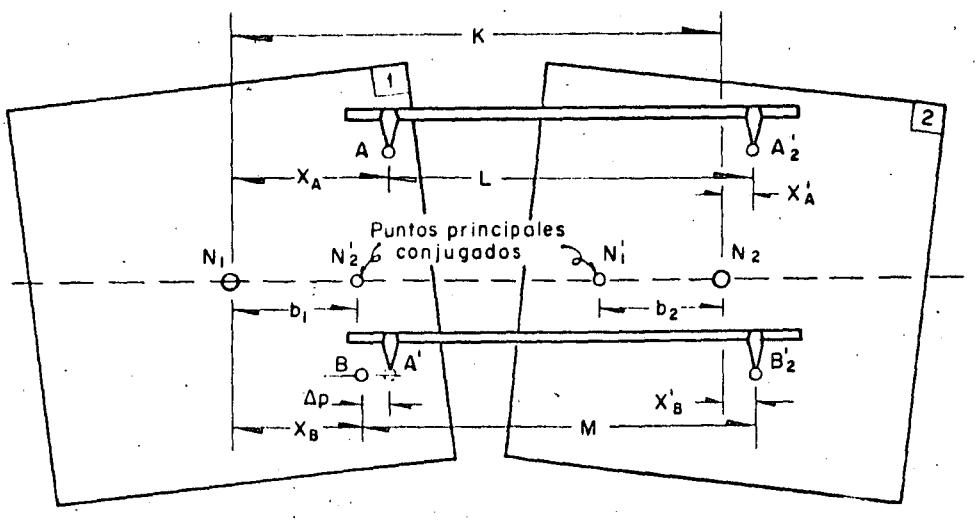


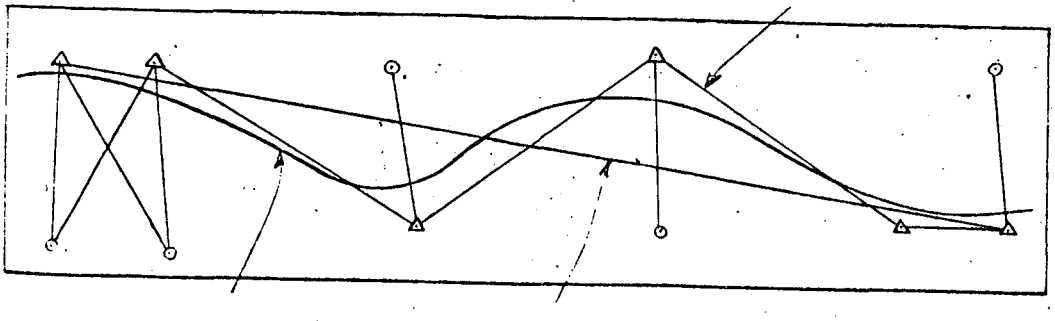
FIGURA 12 DETERMINACION DE DESNIVELES MEDIANTE LA BARRA DE PARALAJE

Control terrestre

Los desniveles del terreno y los movimientos del avión y de la cámara, durante los vuelos fotográficos, causan las diferencias de escala, la deriva, el cabeceo y el ladeo que presentan las fotografías aéreas. Para poder utilizar estas fotos como medio para obtener información topográfica detallada y precisa del área requerida es necesario determinar en ella la posición y la elevación de ciertos puntos que nos permitan relacionar cuantitativamente al terreno con sus imágenes fotográficas. A dichos puntos, que deben tener una distribución conveniente, y ser fácilmente identificables en las fotos, se les llama puntos de control; pueden ser terrestres, si sus posiciones y elevaciones son obtenidas mediante mediciones en el campo, o fotogramétricos, si tales datos provienen de transformaciones de coordenadas a partir de mediciones en las fotografías.

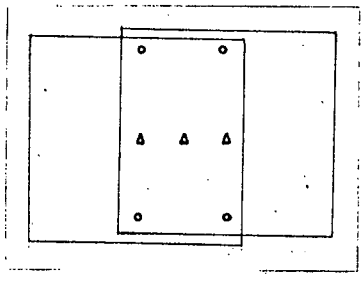
El proyecto del control terrestre presenta muchas variantes; puede tratarse de completar uno ya existente o de establecer uno nuevo, bien sea simplificado para aerotriangulación o completo para cada modelo.

La aerotriangulación es un proceso para propagar control horizontal y vertical mediante las relaciones geométricas, en el espacio, de las fotos con traslape.



CONTROL TERRESTRE PARA AEROTRIANGULACION

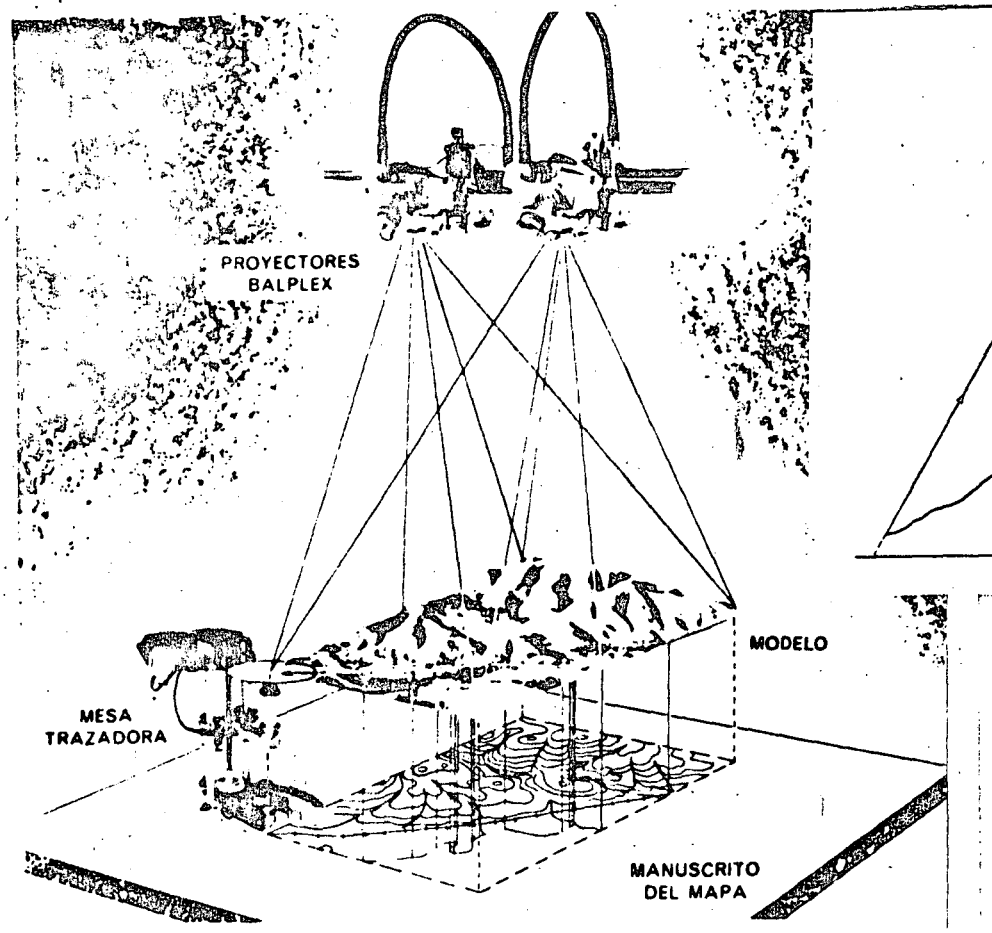
FIG. 15

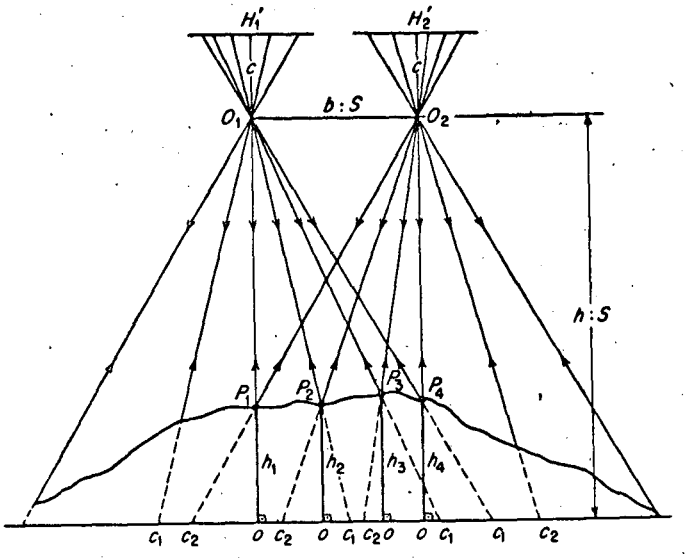


Δ → X,Y,Z o → Z

CONTROL TERRESTRE PARA UN MODELO

FIG. 16





8. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL BALPLEX

Restitución

A la obtención de planos topográficos por medio de fotografías aéreas, control terrestre e instrumentos fotogramétricos, se le llama restitución.

Para la restitución y el registro numérico de coordenadas en modelos fotogramétricos se utilizan instrumentos de diversos tipos y precisiones tales como el Kelsh, el Balplex, el Aviógrafo, el Autógrafo, el Estereosimplex, el Planimat, el Planicart, ...

La restitución se efectúa en un modelo estereoscópico geométricamente semejante al terreno fotografiado. Esto se logra reconstruyendo en el instrumento las condiciones de perspectiva existente entre las imágenes y el terreno en los respectivos instantes de toma de las fotografías, operación que constituye la orientación.

La orientación se divide en interior y exterior.

La orientación interior se refiere a la reconstrucción de la perspectiva interior de cada fotografía, es decir, que el haz de rayo proyectado por el instrumento sea geométricamente semejante al haz de rayo que penetró al objetivo de la cámara en los instantes de exposición; para esto deben cumplirse los siguientes requisitos:

a).- Colocar cada diapositiva de manera que su punto principal coincida con el eje óptico del proyector o cámara del instrumento.

b).- Que en lascámaras o proyectores del instrumento de restitución se ponga la distancia focal de la cámara aérea, o el valor proporcional que corresponda, conforme a la relación entre el formato de toma y el de orientación.

c).- Corregir la distorsión de los lentes y de los materiales que intervienen en el proceso, o conocer su valor final para considerarlo en las mediciones y cálculos.

La orientación exterior se divide en dos partes:

La orientación relativa y la orientación absoluta.

La orientación relativa tiene por objeto la reconstrucción de las posiciones relativas de toma de las fotografías de uno o más modelos estereoscópicos. El proceso de orientación relativa se basa en el hecho de que cada punto en el terreno es el origen de un par de rayos, dirigidos cada uno a su correspondiente estación de toma, los que al proyectarse a través del instrumento deben interceptarse en el punto que les dió el origen.

Para lograr esto, se ajusta la posición de los proyectores o cámaras del instrumento, empleando los elementos de traslación y giros de que están dotados, hasta lograr la coincidencia de las imá

ORIENTACION EXTERIOR

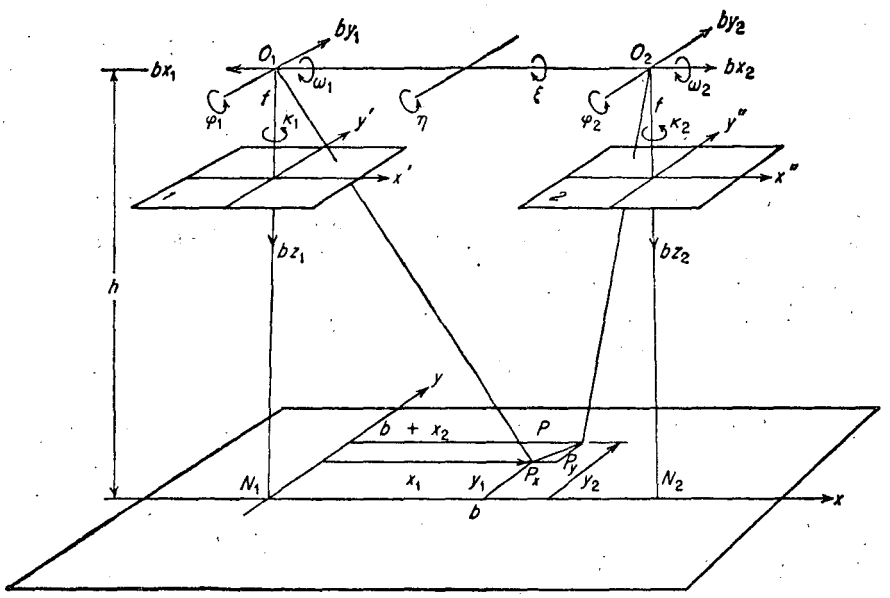
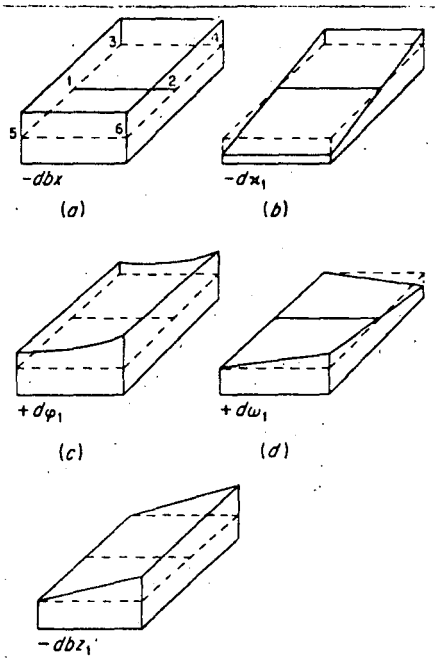


fig. 18 Definición de los elementos de la orientación exterior y paralajes en X y en Y

Fig. 19 A Principales deformaciones del modelo



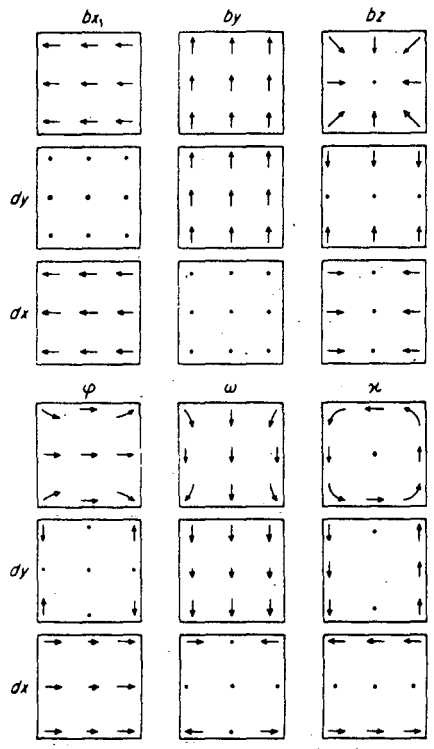
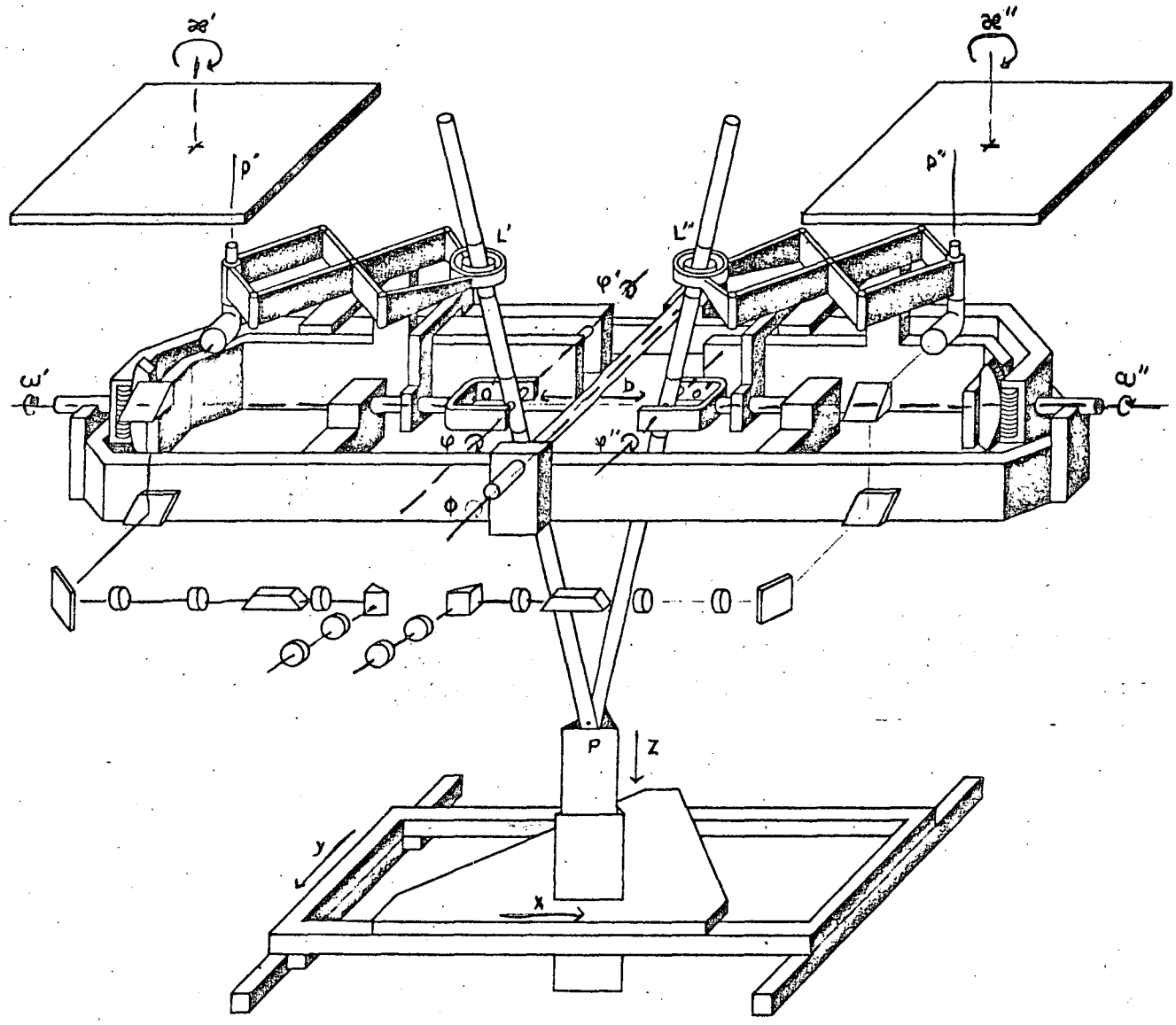


Fig. 19 Movimientos de los puntos en el plano de proyección, por cambios en los elementos de la orientación exterior.

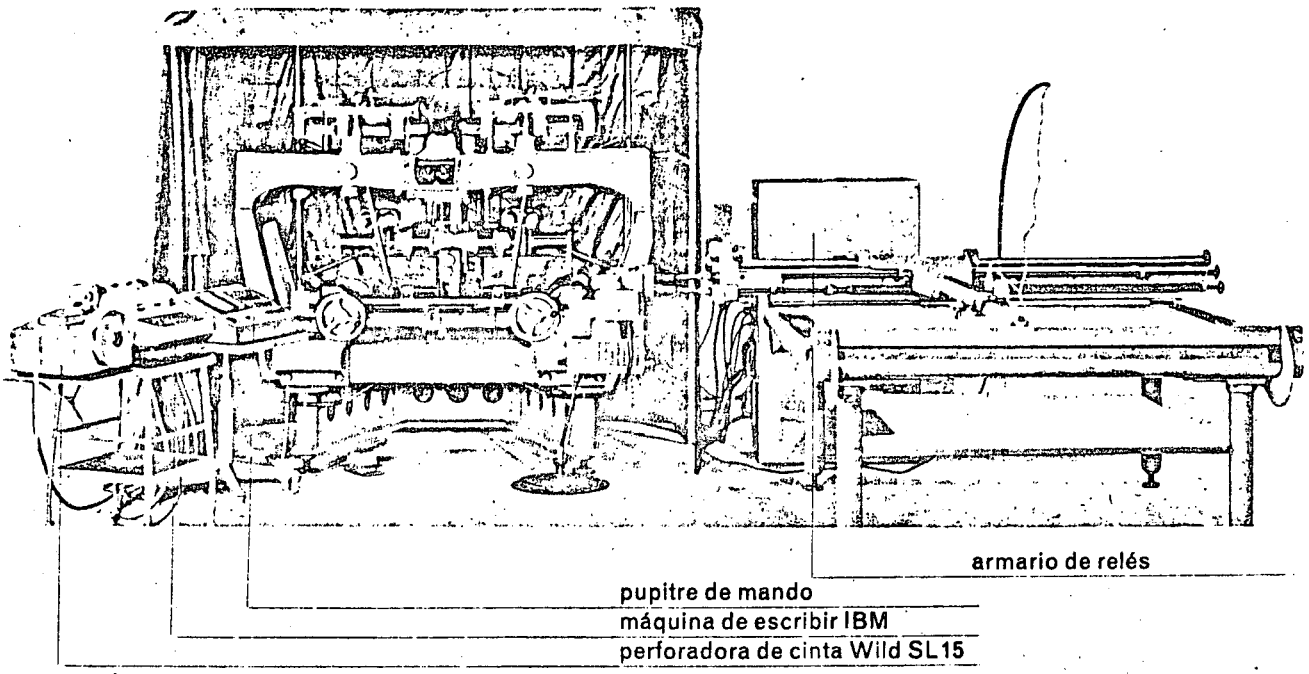
genes en todo el modelo, mediante la eliminación de los paralajes verticales en ciertos puntos claves.

Una vez lograda la orientación relativa, se procede a poner a escala , nivelar y orientar el modelo conforme a los puntos de control terrestre, obteniendo así su orientación absoluta.

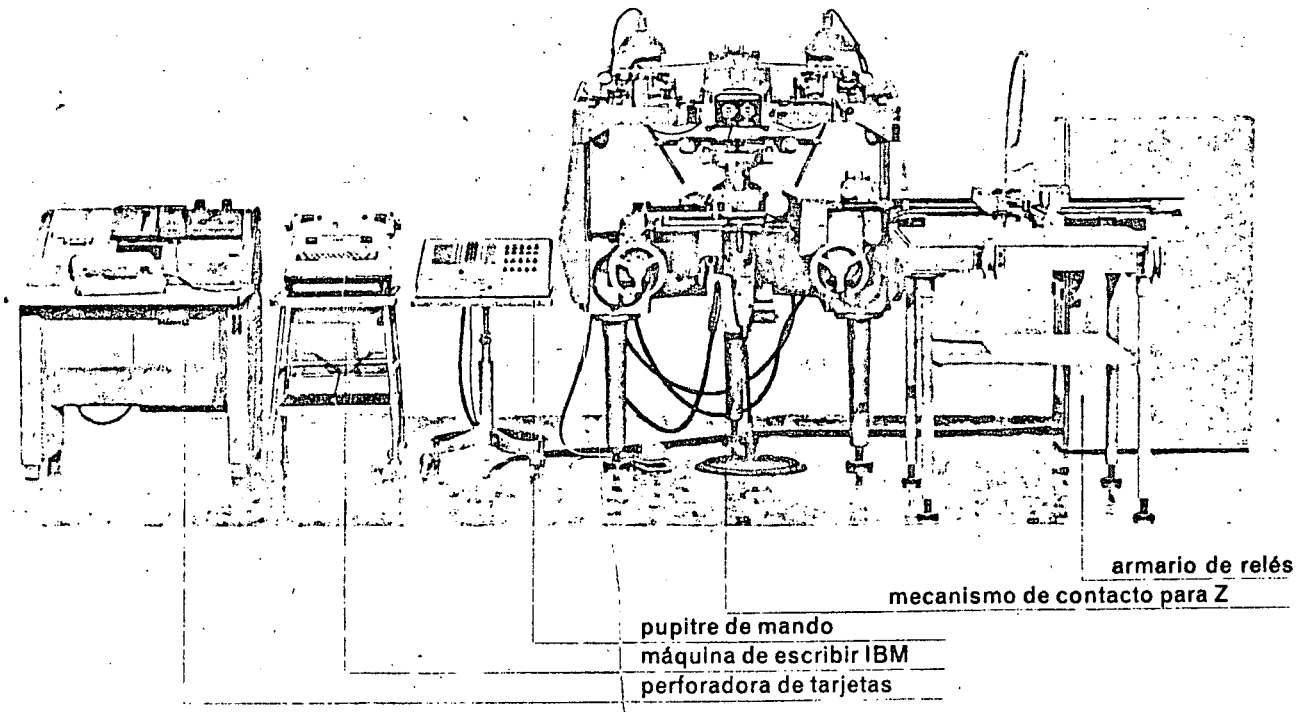
Para poner a escala un modelo, o una serie de ellos, es necesario conocer, como mínimo, la distancia terrestre entre dos puntos; para orientar la hoja de restitución se necesita conocer la dirección de la línea que los une; y para la nivelación se requiere un mínimo de tres puntos de elevación conocida. A los primeros dos puntos se les llama puntos de control horizontal o de posición (X, Y) y a los tres últimos se les denomina puntos de control vertical o de elevación (Z). La orientación en posición se obtiene haciendo coincidir los puntos de control situados en la hoja de restitución, con las proyecciónes ortogonales de sus imágenes estereoscópicas.



Esquema del funcionamiento del autógrafo A-8



Autógrafo Universal Wild A7 con mesa de dibujo 100 cm × 140 cm, registrador eléctrico de coordenadas Wild EK5 y perforadora de cinta Wild SL15



Autógrafo granangular Wild A9 con mesa de dibujo 70 cm × 70 cm, registrador eléctrico de coordenadas Wild EK5 y perforadora de tarjetas

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

XVI CURSO DE ACTUALIZACION PARA PERSONAL PROFESIONAL
DE LA SAHOP

ANALISIS DE COSTOS
PROBLEMAS

ING. ISAAC LOPEZ RUIZ

1 9 7 8

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: Tractor Cat. D8 con bulldozer

Capacidad _____ Motor Diesel Potencia 270 HP a 2600 RPM.

Precio actual de la máquina $ 1'576 965.00 Meses en el año _____

Precio de las llantas $ _____ Turnos diarios de 8 horas 2

Diferencia $ _____ Horas efectivas por mes _____

Horas efectivas de vida 12 000 Horas efectivas por año 2 000

Valor de rescate 20 % $ 315,393.00 Años 6

	CARGO	FORMULA	CALCULO		COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1\,576\,965.00-315\,393.00}{12\,000}$		105.13
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{1\,576\,965.00+315\,393.00}{2\times 2000}$	0.12	56.77
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{1\,576\,965.00+315\,393.00}{2\times 2000}$	0.01	4.73
	Almacenaje	=Ka D	0.01 × 105.13		1.05
	Mantenimiento	=Q D	1 × 105.13		105.13
272.81	72 %				
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	40 × 0.77		30.80
	Lubricantes	=a Pl	0.57 × 11.09		6.32
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$			
37.12	11 %				
38.85	Operación 11%	$=\frac{Sa}{H}$	Operador 167.94 Ayudante 65.15 233.09 ÷ 6		38.85
			TOTAL		348.78

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
= Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

COSTO DE HORA MAQUINA

Valor de Adquisición = 739,505.00
Horas de Vida = 10 000
Valor de rescate 20% = 147 901.00

Descripción Cargador frontal/s
oruga Cat 955 de 1 3/4
Motor diesel de 113.0 H.P.

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$= \frac{Va - Vr}{Vc}$	$\frac{739,505.00 - 147,901.00}{10\ 000}$	59.
	Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2\,Ha}\right) i$	$\frac{739,505.00 + 147,901.00}{2 \times 2000}$ 0.12	26.
	Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2\,Ha}\right) s$	$\frac{739,505.00 + 147,901.00}{2 \times 2000}$ 0.01	2.
	Almacenaje	$= Ka\ D$	0.0125×59.16	0.
147.90	Mantenimiento	$= Q\ D$	1×59.16	59.
CONSUMOS	Combustibles	$= c\ Pc$	17×0.77	13.
	Lubricantes	$= a\ Pl$	0.34×11.09	3.
16.86	Llantas	$= \frac{Vll}{Hv}$		
6.21	Operación	$= \frac{Sa}{H}$	operador 152.13 Ayudante 65.15 $217.28 \div 6$	36.
			TOTAL	200.

Va = Valor de adquisicion de la máquina.
Vr = Valor de rescate de la máquina.
Vc = Vida económica de la máquina en horas.
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
i = Tasa de interés anual en vigor expresada como fracción.
s = Prima anual expresada como fracción.
Ka = Coeficiente calculado o experimental.
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental.
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo.
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina.
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina.
Vll = Valor de adquisición de las llantas.
Hv = Vida económica de las llantas en horas.
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina.
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

Camión de volteo Ford F 600 de 6.113

	Zona 1
10.67	1.60
5.48	5.48
0.46	0.46
0.74	0.74
6.00	0.90
2.22	0.11
14.29	14.29

+ 23.58

COMISION DE PRECIOS UNITARIOS.
OFICINA TECNICA.

MAQUINA: Camión de volteo Ford F-600

Capacidad 6 M3 Motor Gasolina Potencia 200 HP a 4000 RPM

Precio actual de la máquina $ 152 117.00 Meses en el año

Precio de las llantas $ 15 013.44 Turnos diarios de 8 horas

Diferencia $ 137 103.56 Horas efectivas por mes

Horas efectivas de vida 10 000 Horas efectivas por año

Valor de rescate 20 % Años

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$=\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{137\,103.56-30\,423.40}{10\,000}$	10.67
	Inversión	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,i$	$\frac{152\,117.00+30\,423.40}{2\times2000}\,0.12$	5.48
	Seguros	$=\frac{Va+Vr}{2Ha}\,s$	$\frac{152\,117.00+30\,423.40}{2\times2000}\,0.01$	0.46
	Almacenaje	=Ka D	0.069 × 10.67	0.74
	Mantenimiento	=Q D	0.80 × 10.67	8.53
25.89	27 %			
CONSUMOS	Combustibles	=c Pc	0.10 × 200 H.P. × 2.37	47.
	Lubricantes	=a Pl	(5/100 + 0.0075 × 20) 11.00	2.22
	Llantas	$=\frac{Vll}{Hv}$	6 (10.00 × 20) 120 llantas 6 (2 154.00 + 207.00 + 45) 1.04	6.00
55.62	58 %			
14.29	Operación 15 %	$=\frac{Sa}{H}$	$\frac{\$15\,013.44 \div 2500}{6}$ $\frac{\$85.72}{6}$	14.29
			TOTAL	95.80

Nomenclatura

Va = Valor de adquisición de la máquina
Vr = Valor de rescate de la máquina
Ve = Vida económica de la máquina en horas
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
s = Prima anual expresado como fracción
Ka = Coeficiente calculado o experimental
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina
Vll = Valor de adquisición de las llantas
Hr = Vida económica de las llantas en horas
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

HSV/ecg.

Valor de Adquisición = 8372.00
Horas de Vida = 7200
Valor de rescate = ——

Descripción Bomba centrífuga de 3" con capacidad nominal de 57 m³/h Mod 15 A1 Motor de gasolina 7.25 H.P.

	CARGO	FORMULA	CALCULO	COSTO HORARIO
CARGOS FIJOS	Depreciación	$= \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{8372.00}{7200}$	1.16
	Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2\,Ha}\right) i$	$\frac{8372.00}{2 \times 1200}$ 0.12	0.4
	Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2\,Ha}\right) s$	$\frac{8372.00}{2 \times 1200}$ 0.01	0.0
	Almacenaje	= Ka D	0.045 × 1.16	0.0
	Mantenimiento	= Q D	0.80 × 1.16	0.9
4.68	31% Elementos de depreciación		(1571.91 + 2618.20) ÷ 2000	2.0
CONSUMO	Combustibles	= c Pc	0.10 × 7.25 H.P. × 2.37	1.7
	Lubricantes	= a Pl	(1/50 + 0.0075 × 0.725) 11.00	0.2
2.00	Llantas 13%	$= \frac{Vll}{Hv}$		
38	51% Operación	$= \frac{Sa}{H}$	$\frac{50.30}{6}$	8.3
			TOTAL	15.06

Va = Valor de adquisicion de la máquina.
Vr = Valor de rescate de la máquina.
Ve = Vida económica de la máquina en horas.
Ha = Número de horas efectivas de trabajo de la máquina en un año.
i = Tasa de interés anual en vigor expresada como fracción.
s = Prima anual expresada como fracción.
Ka = Coeficiente calculado o experimental.
D = Depreciación por hora efectiva de trabajo
Q = Coeficiente experimental.
c = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo.
Pc = Precio unitario de combustible puesto en la máquina.
a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.
Pl = Precio unitario del aceite puesto en la máquina.
Vll = Valor de adquisición de las llantas.
Hv = Vida económica de las llantas en horas.
Sa = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina.
H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

INSTITUTO DE INGENIERIA

ESCURRIMIENTO EN CUENCAS GRANDES

ROLANDO SPRINGALL

ELABORADO PARA
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

SEPTIEMBRE 1967 146

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

RESUMEN

ABSTRACT

A brief description of the runoff cicle and its interrelationships with the precipitation is done. The principal runoff-precipitation models, in large watersheds, and the criteria to evaluate the discharge or the maximum flood, with the runoff registers, are presented. Finally is also indicated how to find the retorn period in order to selectionate the design flood.

RESUMEN

Se hace una breve descripción del ciclo del escurrimiento y de los factores de que depende su interrelación con la precipitación. Se presentan los principales modelos de relación lluvia-escurrimiento en cuencas grandes y los criterios que hay para valuar el gasto o la avenida máxima ligados a un periodo de retorno, con base en los registros de escurrimiento. Se indica también cómo valuar el periodo de retorno para seleccionar la avenida de diseño.

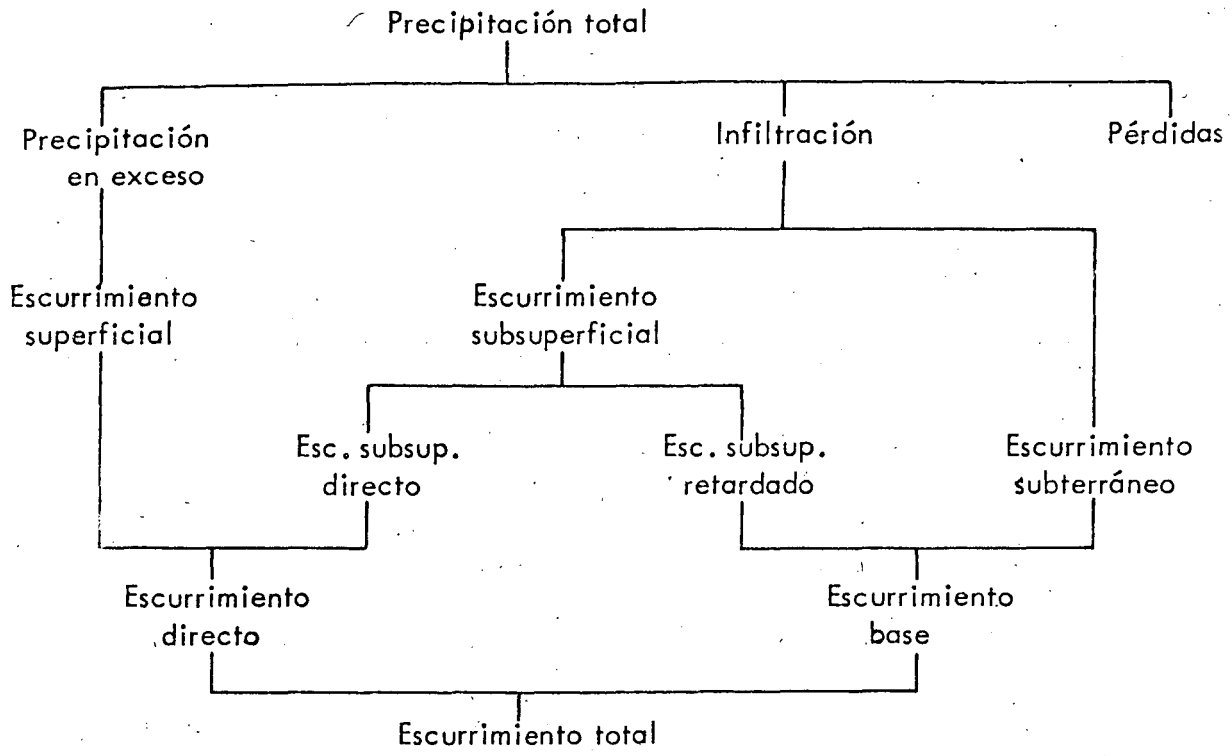
1. INTRODUCCION

Uno de los problemas más importantes que se presentan al diseñar un puente es determinar el hidrograma de la avenida máxima, o su gasto máximo, que con una determinada frecuencia puede presentarse en el sitio del cruce.

El objeto de este trabajo es proporcionar diversos métodos para calcular el gasto máximo, y en algunos casos, la avenida máxima que se puede presentar en cuencas grandes. Cabe aclarar que como los métodos aquí expuestos también son aplicables a cuencas pequeñas, no se hará una clasificación que defina qué se entiende por cuenca grande y pequeña.

2. ASPECTOS GENERALES

El agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera, se llama precipitación; esta origina lo que se conoce como escurrimiento. La relación entre precipitación y escurrimiento se puede esquematizar de la siguiente manera[2].



De este esquema se deduce que el escurrimiento total está compuesto principalmente del superficial o directo y del subterráneo o base. En época de estiaje, solo el escurrimiento base contribuye al escurrimiento del río. El escurrimiento directo aparece siempre que la intensidad de la tormenta sea mayor que la capacidad de infiltración del terreno, y representa el mayor porcentaje de volumen en una avenida.

El escurrimiento total origina, en las corrientes que drenan las cuencas, fluctuaciones de gasto, las cuales pueden registrarse por medio de un hidrograma, o sea la representación gráfica de la variación del gasto respecto al tiempo (fig 1).

2.1. Análisis de hidrogramas

Para relacionar la precipitación con el escurrimiento se necesita separar del hidrograma el escurrimiento directo y el escurrimiento base. El inicio del escurrimiento directo es muy fácil de determinar pues el hidrograma sufre un incremento muy marcado (fig 1). El problema es conocer dónde termina el escurrimiento directo y la frontera con el escurri-

miento base. En una aproximación inicial puede considerarse como frontera una línea recta horizontal partiendo del punto de inflexión que indica el inicio del escurrimiento directo.

Un análisis más detallado requerirá del conocimiento de la curva de vaciado de la cuenca, que es la variación del gasto base respecto al tiempo, y que permitirá conocer el punto aproximado donde termina el escurrimiento directo en una tormenta. La curva de vaciado se puede obtener superponiendo una serie de hidrogramas en épocas de secas; así, se tendrá conocimiento de una variación bastante completa de esta[1].

Cuando se tenga un hidrograma de tormentas consecutivas y se desee separar los escurrimientos, se necesitará también conocer la curva de abatimiento del escurrimiento directo[3].

2.2 Infiltración y pérdidas

El flujo de agua a través de la superficie del suelo se llama infiltración. Esta agua, al reabastecer la deficiencia de humedad del suelo, se mueve hacia abajo convirtiéndose en agua subterránea. La máxima cantidad de agua que un terreno en cualquier condición es capaz de absorber en la unidad de tiempo se llama capacidad de infiltración.

En el proceso del escurrimiento se consideran como pérdidas toda el agua retenida por las depresiones y vegetación de la superficie del terreno, y aquella que aunque se infiltra, sirve para satisfacer las condiciones de humedad del suelo.

Si se analiza el esquema que relaciona la precipitación con el escurrimiento, se ve que conociendo la precipitación ocasionada por una tormenta y su escurrimiento directo, se pueden calcular la infiltración y las pérdidas. Para obtener el volumen de precipitación* se

---

* Generalmente se expresa en altura de lámina de agua, que es el volumen entre el área drenada.

calcula el hietograma de la precipitación media del área drenada de la tormenta en estudio. El hietograma es la representación de la variación de la intensidad de lluvia a intervalos de tiempo constante[1]; su área proporciona la altura de lluvia total durante toda la tormenta. Esta altura se supone distribuida uniformemente en toda el área drenada. Se pueden usar, para construir el hietograma, en lugar de intensidades de lluvia, alturas de lluvia.

Del hidrograma producido por la tormenta, de la cual se conoce la precipitación total, se puede calcular el escurrimiento directo. La diferencia entre la precipitación total y el escurrimiento directo proporciona el valor medio de la infiltración y las pérdidas (ver 5.1).

Este método es aproximado, ya que en realidad la infiltración es función del tiempo, la que será mayor al iniciarse la tormenta e irá disminuyendo exponencialmente con respecto al tiempo.

3. RELACIONES PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO

La relación entre la precipitación y el escurrimiento es de gran importancia pues permite inferir uno a partir del otro; además, se puede conocer la tormenta de diseño optimizando los registros de precipitación y, si se conoce la liga entre la precipitación y el escurrimiento, se podrá calcular la avenida máxima.

3.1 Correlación entre la precipitación y el escurrimiento

Si se trata de hacer una correlación entre la precipitación y el escurrimiento deben tomarse en cuenta parámetros tales como: la condición de humedad del suelo antes de la precipitación, duración de la tormenta, época del año, etc. Cuanto mayor sea el intervalo de relación, menos parámetros se requerirán. La liga entre los volúmenes de precipitación y escurrimiento, tomando en cuenta diversos parámetros, se puede hacer con base en una correlación coaxial gráfica[3].

3.2 Hidrograma unitario

Tomando como base la teoría del hidrograma unitario[2] se puede relacionar la precipitación con el escurrimiento, teniendo en cuenta su distribución respecto al tiempo. El hidrograma unitario de una cuenca se define como el hidrograma del escurrimiento directo resultante de un centímetro de lluvia en exceso*, generada uniformemente sobre la cuenca, con una intensidad también uniforme durante un periodo específico de tiempo o duración en exceso**.

La teoría del hidrograma unitario se basa en las siguientes hipótesis:

a) La lluvia en exceso está distribuida uniformemente en toda su duración y sobre el área de la cuenca.

b) El tiempo base de duración del hidrograma del escurrimiento directo debido a una lluvia en exceso de duración unitaria es constante

c) Las ordenadas de los hidrogramas de escurrimientos directos de un tiempo base común son directamente proporcionales a la cantidad total de escurrimiento directo representado por cada hidrograma

d) Para una cuenca dada, en la forma de su hidrograma unitario se integrarán todas las características físicas de la misma.

Con base en lo anterior, para calcular el hidrograma unitario de una tormenta aislada, se hace lo siguiente (ver 5.2).

1. Se separa del hidrograma de la tormenta el gasto base y se calcula el volumen del escurrimiento directo

---

* La lluvia en exceso es la parte de la precipitación que origina el escurrimiento directo (fig 2).

** La duración en exceso es el tiempo que dura la lluvia en exceso (fig 2).

2. Para obtener las ordenadas del hidrograma unitario se dividen las ordenadas del hidrograma del escurrimiento directo entre su volumen expresado en lámina de agua
3. Para calcular la duración efectiva de la lluvia en exceso que produjo el escurrimiento para el cual se calculó el hidrograma unitario, se deben conocer el hietograma de las precipitaciones medias de esa tormenta y el índice de infiltración.

El hidrograma unitario así deducido solo servirá para tormentas que tengan la misma duración en exceso. Cuando se necesite determinar el hidrograma del escurrimiento directo para una tormenta con duración en exceso, diferente de la que se dedujo el hidrograma unitario disponible, deberá ajustarse el hidrograma unitario mediante el método de la curva S* (fig 5).

La teoría del hidrograma unitario ha originado las técnicas del hidrograma unitario sintético[3] y del hidrograma unitario triangular[4].

3.3 Hidrograma unitario instantáneo

Si la duración de la lluvia tiende a cero, al hidrograma unitario resultante[2] se le llama hidrograma unitario instantáneo. Esto origina que dicho hidrograma sea independiente de la duración de la lluvia en exceso, por lo que se elimina una de las variables en el análisis de hidrogramas.

Usando la hipótesis c del hidrograma unitario, si se tiene una lluvia en exceso de función $I(\tau)$, de duración t_o y el hidrograma unitario instantáneo se expresa como $u(t-\tau)$, la ordenada del hidrograma resultante para un tiempo t, es

---

*. Véase 5.3.

$$Q(t) = \int_0^{t' \leq t_0} u(t-\tau)\, I(\tau)\, d\tau \qquad (1)$$

lo que se llama integral de la convolución, en donde $u(t-\tau)$ es la función de núcleo, $I(\tau)$ la función de entrada y $t' = t$ cuando $t \leq t_0$ y $t' = t_0$ cuando $t \geq t_0$ (fig 3).

La teoría del hidrograma unitario instantáneo ha dado origen a investigaciones teóricas sobre relaciones de lluvias y escurrimientos.

Si se tienen datos de lluvia y escurrimiento, resolviendo la ecuación integral 1 se podrá determinar la función $u(t-\tau)$, o sea, el hidrograma unitario instantáneo. Existen diversos métodos para resolver la ecuación integral[2]; uno de ellos es transformarla a un sistema de ecuaciones lineales considerando incrementos finitos de tiempo. Procedimientos de este tipo han creado técnicas nuevas, tanto para calcular el hidrograma unitario instantáneo, como para obtener a posteriori los registros de escurrimiento con base en los de lluvia, o viceversa[5].

4. DETERMINACION DE LA AVENIDA MAXIMA

4.1 Antecedentes

Para el diseño de puentes es de gran importancia conocer el gasto máximo producto de una avenida y en muchas ocasiones la distribución de esta avenida respecto al tiempo.

La magnitud de la avenida es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez dependerá de la importancia de la obra y de la vida útil de esta. El periodo de retorno de una avenida es el intervalo de recurrencia promedio de que esa avenida sea igua

lada o superada en un determinado lapso de tiempo.

Para escoger el periodo de retorno que se le debe asignar a una tormenta se puede aplicar la fórmula

$$P = 1 - (1 - q)^n \qquad (2)$$

donde

$$q = \frac{1}{T_r} \qquad (3)$$

siendo

- n vida útil de la obra, en años
- P probabilidad de que ocurra esa avenida o una mayor, durante la vida útil de la obra
- q probabilidad de que ocurra la avenida en un año en particular
- T_r periodo de retorno de la avenida, en años

Asignando un valor a T_r y conociendo la vida útil de la obra, se podrá conocer la probabilidad de incidencia de la avenida correspondiente a ese T_r con base en la ec 2, durante la vida útil de la obra.

Para la selección de la avenida de diseño se requiere de un análisis hidrológico y económico del problema. Conforme se incrementa el tamaño de la avenida de diseño, el costo de la obra crece y al mismo tiempo, la probabilidad de riesgo disminuye[6]. Se podrá construir una gráfica de avenidas de diseño contra costo total anual tanto de la obra en sí como de los daños que ocasionaría su falla. Se escogerá la avenida a la que corresponda el costo total anual mínimo.

Una manera práctica de apreciar lo anterior resulta al simplificar la ec 2, que de acuerdo con Gumbel[7] se puede expresar como

$$T_r = \frac{n}{P} \qquad (4)$$

donde P es la probabilidad de que ocurra la avenida con periodo de retorno T_r, durante los n años de vida útil de la obra. Esta ecuación es válida para valores de $1/T_r$ menores de uno.

4.2 Métodos empíricos

Existe una gran variedad de ellos, y aunque en general se puede decir que solo se requiere del conocimiento del área de la cuenca y de su coeficiente de escurrimiento, pueden conducir a errores muy grandes y solo proporcionar el gasto máximo instantáneo. Se recomienda usarlos solo cuando no sea posible utilizar algunos de los métodos que se mencionan después. En general todos los métodos empíricos se derivan de la "formula racional"[2]. Uno de los más conocidos es el desarrollado por Creager, que conduce a la ecuación

$$Q = 1.303\ C\ (0.386\ A)^{\alpha} \qquad (5)$$

donde

$$\alpha = \frac{0.936}{A^{0.048}}$$

A área de la cuenca, en km^2

C coeficiente de escurrimiento

Q gasto máximo, en m^3/seg

La Secretaría de Recursos Hidráulicos ha efectuado un estudio para valuar el coeficiente C en toda la República Mexicana[8].

Debido a su sencillez, los métodos empíricos tienen gran difusión, pero como se hizo la salvedad, pueden involucrar grandes errores, ya que el proceso de escurrimiento es mucho más complejo como para resumirlo que en una fórmula de tipo directo, en la que solo intervienen el área de la

cuenca y un coeficiente de escurrimiento.

4.3 Métodos estadísticos

Para aplicarlos se requiere conocer los gastos máximos anuales. Cuantos más datos se tengan, mayor será la aproximación. Permiten conocer el gasto máximo para un periodo de retorno considerado.

Todos los métodos estadísticos se basan en considerar que el gasto máximo anual es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. En general, se cuenta con pocos años de registro, por lo que la curva de distribución de probabilidades de los gastos máximos se tiene que prolongar en su extremo, si se quiere inferir un gasto mayor a los registrados. El problema se origina en que existen muchos tipos de distribuciones que se apegan a los datos y que sin embargo, difieren en los extremos. Esto ha dado lugar a diversos métodos estadísticos dependiendo del tipo de distribución que se considere. Gumbel[7] y Nash[9] consideran una distribución de valores extremos, con la única diferencia que el criterio de Nash es menos rígido que el de Gumbel, pues permite ajustar la distribución por mínimos cuadrados. Por otra parte, Lebediev considera una distribución del tipo III de Pearson. Moran[10] sugiere escoger varias distribuciones y ver cuál se ajusta mejor; esto requiere que se tengan los datos necesarios para poder aplicar alguna prueba estadística.

4.3.1 Método de Gumbel

Para calcular el gasto máximo para un periodo de retorno determinado se usa la ecuación

$$Q_{máx} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\overline{Y}_N - \log_e T_r) \qquad (6)$$

siendo

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}} \qquad (7)$$

donde

N	número de años de registro
Q_i	gastos máximos anuales registrados, en m^3 seg
$Q_m = \sum_{i=1}^{N} Q_i/N$,	gasto medio, en m^3/seg
$Q_{máx}$	gasto máximo para un periodo de retorno determinado, en m^3/seg
T_r	periodo de retorno (ec 2 ó 4)
$\sigma_N, \bar{Y}_N$	constantes función de N, tabla 1
σ_Q	desviación estándar de los gastos

Para calcular el intervalo de confianza, o sea, aquel dentro del cual puede variar $Q_{máx}$ dependiendo del registro disponible, se hace lo siguiente:

Si $\emptyset = 1 - 1/T_r$ varía entre 0.20 y 0.80, el intervalo de confianza se calcula con la fórmula

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N}\ \alpha\ \sigma_m \frac{\sigma_Q}{\sigma_N \sqrt{N}} \qquad (8a)$$

donde

N	número de años de registro
$\sqrt{N}\alpha\sigma_m$	constante función de $\emptyset$, tabla 2
σ_N	constante función de N, tabla 1
σ_Q	desviación estándar de los gastos, ec 7

Si $\emptyset$ es mayor de 0.90, el intervalo se calcula como

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14\ \sigma_Q}{\sigma_N} \qquad (8b)$$

La zona de ϕ comprendida entre 0.8 y 0.9 se considera de transición, donde ΔQ es proporcional al calculado con las expresiones 8a y b, dependiendo del valor de ϕ.

El gasto máximo de diseño para un cierto periodo de retorno será igual al gasto máximo calculado con la ec 6, más o menos el intervalo de confianza, ec 8a o b.

Una aplicación del método se muestra en 5.4.1

4.3.2 Método de Nash

Considera que el valor del gasto para un determinado periodo de retorno se puede calcular de la ecuación

$$Q_{máx} = a + c \log \log \frac{T_r}{T_r - 1} \qquad (9)$$

donde

a, c	constantes función del registro de gastos máximos anuales
$Q_{máx}$	gasto máximo para un periodo de retorno determinado, en m^3 /seg
T_r	periodo de retorno (ec 2 ó 4)

Las constantes a y c se valúan de los registros en la forma siguiente

$$a = Q_m - c\ X_m \qquad (10)$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i Q_i - N X_m Q_m}{\sum_{i=1}^{N} X_i^2 - N X_m^2} \qquad (11)$$

siendo

$$X_i = \log \log \frac{T_r}{T_r - 1} \qquad (12)$$

donde

N número de años de registro

Q_i gastos máximos anuales registrados, en m^3 /seg

$Q_m = \sum_{i=1}^{N} Q_i/N$, gasto medio, en m^3 /seg

X_i constante para cada gasto Q registrado, función de su periodo de retorno correspondiente

$X_m = \sum_{i=1}^{N} X_i/N$, valor medio de las X

Para calcular los valores de X_i correspondientes a los Q_i, se ordenan estos en forma decreciente, asignándole a cada uno un número de orden m_i; al Q_i máximo le corresponderá el valor uno, al inmediato siguiente dos, etc. Entonces, el valor del periodo de retorno para cada Q_i se calculará como

$$T_r = \frac{N+1}{m_i} \qquad (13)$$

Finalmente, el valor de cada X_i se obtiene sustituyendo el valor de 13 en 12.

El intervalo dentro del cual puede variar el $Q_{máx}$ calculado por la ec 9, se obtiene como

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2 (N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{N-2} \frac{1}{S_{xx}} \left(S_{qq} - \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \right)} \qquad (14)$$

siendo

$$S_{xx} = N\Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2$$

$$S_{qq} = N\Sigma Q_i^2 - (\Sigma Q_i)^2$$

$$S_{xq} = N\Sigma Q_i X_i - (\Sigma Q_i)(\Sigma X_i)$$

De la ec 14 se ve que ΔQ solo varía con X, la cual se calcula de la ec 12 sustituyendo el valor del periodo de retorno para el cual se calculó el $Q_{máx}$. Todos los demás términos que intervienen en la ec 14 se obtienen de los datos.

El gasto máximo de diseño correspondiente a un determinado periodo de retorno será igual al gasto máximo obtenido de la ec 9, más o menos el intervalo de confianza calculado según la ec 14.

Una aplicación del método de Nash se muestra en 5.4.2.

4.3.3 Método de Lebediev

El gasto máximo se obtiene a partir de la fórmula

$$Q_d = Q_{máx} + \Delta Q \qquad (15)$$

donde

$$Q_{máx} = Q_m (KC_v + 1) \qquad (16)$$

$$\Delta Q = \pm \frac{A\,E_r\,Q_{máx}}{\sqrt{N}} \qquad (17)$$

Los términos que aparecen en las ecuaciones anteriores tienen el siguiente significado

A coeficiente que varía de 0.7 a 1.5, dependiendo del número de años de registro. Cuantos más años de registro haya, menor será el valor del coeficiente. Si N es mayor de 40 años, se toma el valor de 0.7

C_s coeficiente de asimetría. Se calcula de

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^3}{NC_v^3} \qquad (18)$$

Por otra parte, Lebediev recomienda tomar los valores siguientes

$C_s = 2\,C_v$ para avenidas producidas por deshielo

$C_s = 3\,C_v$ para avenidas producidas por tormentas

$C_s = 5\,C_v$ para avenidas producidas por tormentas en cuencas ciclónicas

Entre estos valores y el que se obtiene de la ec 18 se escoge el mayor.

C_v coeficiente de variación, que se obtiene de la ecuación

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^2}{N}} \qquad (19)$$

E_r coeficiente que depende de los valores de C_v (ec 19) y de la probabilidad p (ec 3). Se encuentra en forma de gráfica en la fig 7

K coeficiente que depende de la probabilidad p, ec 3, expresada en porcentaje de que se repita el gasto de diseño y del coeficiente de asimetría C_s (tabla 3)

N años de observación

Q intervalo de confianza, en m^3/seg

Q_d gasto total de diseño, en m^3/seg

Q_i gastos máximos anuales observados, en m^3 seg

Q_m gasto medio, en m^3 seg, el cual se obtiene de

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^{N} Q_i}{N} \qquad (20)$$

$Q_{máx}$ gasto máximo probable obtenido para un periodo de retorno determinado, en m^3/seg

En 5.4.3 se encuentra una aplicación del método de Lebediev.

4.4 Método del hidrograma unitario

Es de los métodos que requiere mayor cantidad de datos. Si bien necesita tener registros continuos de escurrimiento y de precipitación de la cuenca en estudio, tiene la ventaja respecto a los métodos anteriores que permite conocer el hidrograma de la avenida así como su gasto máximo.

Para aplicar este método se requiere procesar los datos de lluvia y escurrimiento en la siguiente forma

Cálculo de curvas de intensidad-duración-frecuencia[1] para la cuenca en estudio

Determinación del coeficiente de infiltración para cada avenida registrada (ver 5.1) y trazo de una gráfica de variación de capacidad de infiltración respecto al tiempo en el que se presentó dicha avenida

Obtención de hidrogramas unitarios para diferentes duraciones de lluvia en exceso (ver 5.2 y 5.3).

Una vez procesados los datos de acuerdo con los pasos anteriores, para aplicar el método se hace lo siguiente[1]

a) Se escoge el periodo de retorno de la tormenta de diseño (ec 3)

b) Se supone una duración de tormenta

c) Con el periodo escogido en a y la duración supuesta de b, se calcula la altura de precipitación con base en las curvas de intensidad-duración-frecuencia de la cuenca en estudio

d) Se calcula el hietograma de la tormenta para la altura de precipitación obtenida en c (ver 5.1)

e) Con el hietograma deducido en el paso anterior y escogiendo el valor del coeficiente de infiltración más desfavorable, se calcula la altura de la lluvia en exceso y la duración en exceso de la tormenta

f) Conocida la duración de lluvia en exceso se ve a que hidrograma unitario de los procesados corresponde. Escogido el hidrograma unitario, como se conoce la altura de la lluvia en exceso del paso anterior, se podrá determinar la avenida, multiplicando las ordenadas del hidrograma unitario por la altura de lluvia. La avenida así deducida corresponde a una tormenta cuya duración se supuso en b. Si no se tiene conocimiento de la duración de la tormenta más desfavorable, se puede repetir el proceso a partir de b, suponiendo diversas duraciones de tormenta, hasta obtener la avenida más desfavorable.

5. EJEMPLOS NUMERICOS

5.1 Cálculo del hietograma de una tormenta y su capacidad de infiltración

Datos

Del hidrograma de una tormenta aislada se calculó un volumen de escurrimiento directo igual a 11.5×10^4 m^3.

Area de la cuenca, 500 ha

La distribución de la tormenta, así como su intensidad se encuentran en las primeras dos columnas de la tabla 5.1

Solución

a) Como se conoce el volumen de escurrimiento directo, se puede calcular la altura de lluvia en exceso

$$h_e = \frac{\text{Vol. esc. dir.}}{\text{Area drenada}} = \frac{11.5 \times 10^4}{500 \times 10^4} = 2.3 \text{ cm}$$

b) Cálculo del hietograma de la tormenta

TABLA 5.1

Datos		Precip Acumulada (cm)	Incr. tiempo (min)	Precip. en el Δt (cm)	Intensidad en el Δt (cm/hr)
Duración (min)	Intensidad (cm/hr)				
0					
			30	2.5	5
30	5.0	2.5			
			30	1.5	3
60	4.0	4.0			
			0	0.5	1.0
90	3.0	4.5			
			30	0.3	0.6
120	2.4	4.8			

De la tabla 5.1 se obtiene el hietograma de la tormenta (fig 2), ordenando los valores de la última columna.

c) Cálculo del coeficiente de infiltración

1er. tanteo: $\emptyset = 1.5$ cm/h

$h_e = (5 - 1.5)0.5 + (3 - 1.5)0.5 = 2.50 > 2.3$

2o. tanteo $\emptyset = 1.7$ cm/h

$h_e = (5 - 1.7)0.5 + (3 - 1.7)0.5 = 2.3$ (correcto)

Entonces, $\emptyset = 1.7$ cm/h es el coeficiente de infiltración medio

5.2 Obtención del hidrograma unitario de una tormenta

Datos

Area drenada, 2,894 km^2

Precipitación media, 6.73 cm

Duración lluvia en exceso, 12 h

Hidrograma de la tormenta (tabla 5.2, col 2)

Solución

En la tabla 5.2 se indica el proceso para obtener el hidrograma unitario. En la col 4 se obtiene el escurrimiento directo, restándole al gasto observado (col 2) el gasto base estimado (col 3).

Para calcular el volumen de escurrimiento directo se suman los valores de la col 4, y como los gastos se obtuvieron a un intervalo constante de tiempo(3 h igual a 1.08×10^4 seg), la suma total se multiplica por ese intervalo, es decir:

$$V_e = 9,532.10 \times 1.08 \times 10^4 = 102.95 \times 10^6 \ m^3$$

Como el área drenada es de 2,894 km^2, la altura de lluvia en exceso será

$$h = \frac{V_e}{A} = \frac{102.95 \times 10^6}{2,894 \times 10^6} = 0.0356 \ m = 3.56 \ cm$$

Las ordenadas del H.U. (col 5) se obtienen dividiendo las ordenadas del escurrimiento directo (col 4) entre 3.56. Este H.U. servirá para una duración de lluvia en exceso de 12 h, según datos obtenidos del hietograma de la tormenta.

Todo el proceso se presenta en la fig 4.

5.3 Obtención del hidrograma unitario a partir de la curva S

La tabla 5.3 ilustra la aplicación de la curva S para la obtención de los hidrogramas unitarios para duraciones de lluvia en exceso de 12 h (col 2).

Con base en las ordenadas del hidrograma unitario (H.U.) para una D_e = 12 h (col 2) se construye la curva S (col 4), sumando las ordenadas del H.U. desplazado sucesivamente 12 h, que es el tiempo de lluvia en exceso para el que fue deducido.

Una vez conocida la curva S, para calcular el H.U. para una

D_e=6 h, se desplaza la curva S esa duración (col 5) y se calcula la diferencia de ordenadas (col 6). Como la duración para la cual se calcula el H.U. es de la mitad de la del H.U. para el cual se calculó la curva S, a fin de obtener las ordenadas del nuevo H.U., las diferencias deberán multiplicarse por 2 (col 7).

Para un H.U. de 24 h, se desplaza la curva S 24 h (col 8) y se calcula la diferencia de ordenadas entre la curva S original y la desplazada (col 9). Para obtener las ordenadas del H.U. para D_e=24 h, se multiplica la col 9 por 0.5, ya que la duración del H.U. que sirvió para la curva S es de la mitad del calculado.

Lo anterior se muestra en la fig 6.

5.4 Cálculo del gasto máximo por métodos estadísticos

Como ejemplo de aplicación de los métodos de Gumbel, Nash y Lebediev a continuación se calcula el gasto máximo que con un periodo de retorno de 50 y 100 años se puede presentar en la estación hidrométrica de Salvatierra, Gto., sobre el río Lerma.

Se recomienda formar una tabla de cálculo (tabla 5.4), donde las dos primeras columnas se integran con datos registrados en la estación en estudio, los que a su vez se obtienen de los boletines hidrológicos. Si se aplica el método de Gumbel solo se requieren las columnas uno a tres; para el método de Lebediev se usan todas las columnas, excepto la tres. Para el método de Nash se utiliza la tabla 5.5

5.4.1 Método de Gumbel

a) Cálculo del gasto medio anual registrado

De la tabla 5.4, si se suma la col 2 y se divide entre el número de años de registro, se obtiene

$$Q_m = \frac{2,248.80}{20} = 112.44 \ m^3/seg$$

T A B L A 5.2 Obtención del Hidrograma Unitario

Tiempo, en horas	Gasto observado, en m^3/seg	Gasto base estimado, en m^3/seg	Escurrimiento directo, en m^3/seg	H. U. De = 12 en m^3/seg
1	2	3	4	5
1, 0	42.5	42.5	0	0
3	45.3	41.1	4.2	1.2
6	53.8	39.6	14.2	4.0
9	85.0	39.6	45.4	12.8
12	178.4	39.1	139.3	39.1
15	342.7	38.5	304.2	85.4
18	577.7	37.9	539.8	151.6
21	761.8	33.4	728.4	204.6
24	818.4	33.4	785.0	220.5
2, 27	812.8	39.6	773.2	217.2
30	777.4	41.1	736.3	206.8
33	732.1	41.9	690.2	193.9
36	676.8	43.3	633.5	178.0
39	614.5	44.7	569.8	160.1
42	543.7	46.7	497.0	139.6
45	478.6	48.1	430.5	120.9
48	413.5	49.6	363.9	102.2
3, 51	362.5	51.0	311.5	87.1
54	317.2	52.4	264.8	74.4
57	287.4	53.8	233.6	65.6
60	257.7	55.2	202.5	56.9
63	235.0	55.8	179.2	50.3
66	215.2	56.6	158.6	44.6
69	192.4	57.8	134.6	37.8
72	179.8	58.9	120.9	34.0
4, 75	161.4	61.7	99.7	28.0
78	148.7	63.2	85.5	24.0
81	138.8	64.9	73.9	20.8
84	133.1	66.6	66.5	18.7
87	127.4	68.0	59.4	16.7
90	121.8	69.4	52.4	14.7
93	118.9	70.8	48.1	13.5
96	113.3	72.2	41.1	11.5
5, 99	110.4	73.6	36.8	10.3
102	106.2	75.0	31.2	8.8
105	103.4	76.4	27.0	7.6
108	99.1	77.8	21.3	6.0
111	96.3	79.2	17.1	4.8
114	93.5	80.6	12.9	3.6
117	90.6	82.0	8.6	2.4
Suma			9 542.1	

Tabla 5.3 Relación de Hidrogramas Unitarios a Hidrogramas Curva S

Tiempo, en horas	Cálculo de la Curva S, a partir de un H. U. para D_e = 12 horas			Cálculo del H. U. con D_e = 6 horas			Cálculo del H. U. con D_e = 24 horas		
	H. U. D_e = 12 horas		Curva S	Curva S desplazada 6 h		H. U. D_e = 6 horas	Curva S desplazada 24 horas		H. U. D_e = 24 horas
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0		0		0	0		0	0
6	26		26	0	26	52		26	13
12	96		96	26	70	140		96	48
18	196	26	222	96	126	252		222	111
24	286	+ 96	382	222	160	320	0	382	191
30	347	222	569	382	187	374	26	543	271.5
36	385	+ 382	767	569	198	396	96	671	335.5
42	394	569	963	767	196	392	222	741	370.5
48	374	767	1141	963	178	356	382	759	379.5
54	334	963	1297	1141	156	312	569	728	364
60	292	1141	1433	1297	136	272	767	666	333
66	254	1297	1551	1433	118	236	963	588	294
72	216	1433	1649	1551	98	196	1141	508	254
78	181	1551	1732	1649	83	166	1297	435	217.5
84	148	1649	1797	1732	65	130	1433	364	182
90	117	1732	1849	1797	52	104	1551	298	149
96	91	1797	1888	1849	39	78	1649	239	119.5
102	65	1849	1914	1888	26	52	1732	182	91
108	45	1888	1933	1914	19	38	1797	136	68
114	31	1914	1945	1933	12	24	1849	96	48
120	21	1933	1954	1945	9	18	1888	66	33
126	14	1945	1959	1954	5	10	1914	45	22.5
132	8	1954	1962	1959	3	6	1933	29	14.5
138	4	1959	1963	1962	1	2	1954	18	9
144	1	1963	1963	1963	0	0	1959	9	4.5
150	0	1963	1963				1962	4	2
156			1963				1963	1	0.5
162			1963				1963	0	0

b) Cálculo de la desviación estándar

Tomando en cuenta el valor de Q_m y la suma de la col 3, tabla 5.4 sustituyendo en la ec 7, se obtiene

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{36.59 \times 10^4 - 20\,(112.44)^2}{19}} = 77.20$$

c) Cálculo de los coeficientes $\bar{Y}_n$ y σ_n

De la tabla 1, para N = 20 se obtiene $\bar{Y}_n = 0.52355$ y $\sigma_n = 1.06283$

d) Obtención de la ecuación del gasto máximo

Sustituyendo los valores calculados en los pasos anteriores en la ec 6, se obtiene

$$Q_{máx} = 112.44 - \frac{77.20}{1.06283}\,(0.52355 - \log_e T_r)$$

$$Q_{máx} = 74.44 + 72.7 \log_e T_r$$

e) Gasto máximo para diferentes T_r

Para T_r = 50 años, $Q_{máx}$ = 358 m^3/seg

Para T_r = 100 años, $Q_{máx}$ = 408 m^3/seg

f) Intervalo de confianza

Como $\phi = 1 - \frac{1}{T_r}$ en los dos casos es mayor de 0.90, el intervalo de confianza se calcula aplicando la ec 8b; así

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \times 77.20}{1.06283} = \pm\ 83$$

g) Gasto máximo de diseño

El gasto máximo de diseño es la suma del gasto máximo más el intervalo de confianza, por lo que

Para T_r = 50 años, Q_d = 358 + 83 = 441 m^3/seg

Para T_r = 100 años, Q_d = 408 + 83 = 491 m^3/seg

5.4.2 Método de Nash

a) Cálculos preliminares

Para la aplicación de este método los gastos máximos anuales se ordenan en forma decreciente como se indica en la col 1, tabla 5.5. La col 2 es el número de orden que va de 1 a 20, pues es este el número de datos. La col 3 se calcula empleando la ec 13, que en este caso se transforma en

$$T_r = \frac{20 + 1}{m_i} = \frac{21}{m_i}$$

Las X_i se obtienen sustituyendo en la ec 12 los valores de la col 4.

b) Cálculo de Q_m y X_m

Sumando las cols 1 y 2, y dividiéndolas entre el número de años de registro, se obtiene

$$Q_m = \frac{2,248.8}{20} = 112.44 \ m^3/seg$$

$$Xm = \frac{-11.79}{20} = -0.59$$

c) Cálculo de las constantes a y c

De la ec 11 se obtiene

$$c = \frac{-1,998.60 - 20\ (-0.59)\ (112.44)}{11.18 - 20\ (0.59)^2} = \frac{-671.80}{4.18} = -160.7$$

y de la ec 10

$$a = 112.44 - (-160.7)\ (-0.59) = 17.63$$

d) Gasto máximo

Sustituyendo los valores de las constantes a y c en la ec 9, se obtiene

$$Q_{máx} = 17.63 - 160.70 \log \log \frac{T_r}{T_r - 1}$$

y entonces

Para T_r = 50 años, $Q_{máx}$ = 348 m^3/seg

Para T_r = 100 años, $Q_{máx}$ = 397 m^3/seg

e) Intervalo de confianza

Para calcular este intervalo se emplea la ec 14. Antes de aplicarla conviene calcular

$$S_{xx} = 20 \times 11.20 \ (11.79)^2 = 85$$

$$S_{qq} = 20 \times 36.59 \times 10^4 - (2,248.8)^2 = 224 \times 10^4$$

$$S_{xq} = 20 \ (-1,998.6) - (2,248.8) \ (-11.79) = 13,458$$

Sustituyendo en la ec 14, se obtiene

$$\Delta Q = \pm 2\sqrt{295 + \left[X - (-0.59)\right]^2 71.90}$$

El valor de X se calcula de la ec 12 para cada T_r

Para T_r = 50 años, X = -2.058 y ΔQ = 42

Para T_r = 100 años, X = -2.365 y ΔQ = 46

f) Cálculo del gasto de diseño

Se obtiene sumando al $Q_{máx}$ el valor de ΔQ

Para T_r = 50 años, Q_d = 348 + 42 = 390 m^3/seg

Para T_r = 100 años, Q_d = 397 + 46 = 443 m^3/seg

5.4.3 Método de Lebediev

a) Obtención del gasto medio Q_m

Se logra aplicando la ec 18, que es la suma de la col 2, de la tabla 5.4, dividida entre el número de años de registro, entonces

$$Q_m = \frac{2,248.8}{20} = 112.44 \ m^3/seg$$

b) Obtención del coeficiente de variación C_v

Teniendo en cuenta la tabla 5.4, la ec 19 se reduce a sumar la col 6 y dividirla entre el número de años de registro. Ese valor, al sacarle raíz cuadrada, queda

$$C_v = \sqrt{\frac{8.94}{20}} = 0.67$$

c) Obtención del coeficiente de asimetría C_s

Como el número de años de registros es pequeño no es necesario aplicar la ec 18, ya que es lógico que se obtenga un valor más pequeño que el recomendado por Lebediev. Considerando que la avenida es producida por tormenta, el coeficiente toma el valor

$$C_s = 3\,C_v = 3 \times 0.67 = 2.01$$

d) Obtención del coeficiente K

Para el periodo de retorno de 50 años, de la ec 3 se obtiene p = 2 por ciento. Con p = 2 y C_s = 2.01, de la tabla 3b se obtiene K = 2.91.

Para el periodo de retorno de 100 años, de la ec 3 se obtiene p = 1 por ciento. Con p = 1 y C_s = 2.01, de la tabla 3b se obtiene K = 3.60.

e) Obtención de E_r

De la fig 7, para p = 2 y C_v = 0.67, se obtiene E_r = 0.96. Para p = 1 y C_v = 0.67, se obtiene E_r = 1.00

f) Obtención del gasto máximo

Para el periodo de retorno de 50 años, de la ec 16 se obtiene

$$Q_{máx} = 112.44\ (2.91 \times 0.67 + 1) = 334\ m^3/seg$$

Para el periodo de retorno de 100 años, de la ec 16 se obtiene

$$Q_{máx} = 112.44\ (3.60 \times 0.67 + 1) = 384\ m^3/seg$$

g) Obtención del intervalo de confianza ΔQ

Se escogerá A = 1.0. De la ec 17, se obtiene para T_r = 50 años

$$\Delta Q = \pm \frac{1 \times 0.96 \times 334}{\sqrt{20}} = 72$$

Para T_r = 100 años

$$\Delta Q = \pm \frac{1 \times 1.00 \times 388}{\sqrt{20}} = 87$$

h) Obtención del gasto de diseño

Para T_r = 50 años

$Q_d = 334 + 72 = 406\ m^3/seg$

Para T_r = 100 años

$Q_d = 388 + 87 = 475\ m^3/seg$

TABLA 5.4

1	2	3	4	5	6
Año de observación	Gasto máximo anual (Q_i)	$Q_i^2 \times 10^{-4}$	$\frac{Q_i}{Q_m}$	$\frac{Q_i}{Q_m} - 1$	$\left[\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right]^2$
1943	300	9	2.67	1.67	2.79
44	188	3.53	1.67	0.67	0.45
45	147	2.16	1.31	0.31	0.09
46	105	1.10	0.93	-0.07	0.00
47	165	2.72	1.47	0.47	0.22
48	203	4.12	1.81	0.81	0.65
49	48.8	0.24	0.43	-0.57	0.32
1950	36.2	0.13	0.32	-0.68	0.46
51	56.3	0.32	0.50	-0.50	0.25
52	56.8	0.32	0.51	-0.50	0.25
53	45.2	0.20	0.40	-0.60	0.36
54	47.9	0.23	0.43	-0.57	0.32
55	141	1.99	1.25	0.25	0.06
56	98.2	0.96	0.87	-0.13	0.02
57	53.6	0.29	0.48	-0.52	0.27
58	246	6.05	2.19	1.19	1.41
59	156	2.43	1.39	0.39	0.15
1960	47.9	0.23	0.43	-0.57	0.32
61	54.9	0.30	0.49	-0.51	0.26
62	52.	0.27	0.46	-0.54	0.29
SUMA	2248.8	36.59			8.94

TABLA 5.5

Q_i	m	T_r	$\frac{T_r}{T_r - 1}$	X_i	$Q_i^2 \times 10^{-4}$	$Q_i X_i$	X_i^2
300	1	21	1.050	- 1.67	9.00	- 501	2,79
246	2	10.5	1.105	- 1.36	6.05	- 334.5	1.85
203	3	7	1.166	- 1.18	4.12	- 239.5	1.40
188	4	5.25	1.233	- 1.04	3.53	- 195.5	1.08
165	5	4.20	1.313	- 0.93	2.72	- 153.4	0.87
156	6	3.50	1.400	- 0.84	2.43	- 131	0.71
147	7	3	1.500	- 0.75	2.16	- 110	0.56
141	8	2.63	1.615	- 0.68	1.99	- 96	0.46
105	9	2.33	1.750	- 0.61	1.10	- 64	0.37
98.2	10	2.10	1.910	- 0.55	0.96	- 54	0.30
56.8	11	1.91	2.100	- 0.49	0.32	- 28	0.24
56.3	12	1.75	2.335	- 0.43	0.32	- 24.2	0.19
54.9	13	1.62	2.610	- 0.38	0.30	- 20.8	0.14
53.6	14	1.50	3.000	- 0.32	0.29	- 17.2	0.10
52.0	15	1.40	3.500	- 0.26	0.27	- 13.5	0.07
48.8	16	1.31	4.225	- 0.20	0.24	- 9.8	0.04
47.9	17	1.24	5.170	- 0.15	0.23	- 7.1	0.02
47.9	18	1.17	6.880	- 0.07	0.23	- 3.4	
45.2	19	1.11	10.091	0.00	0.20		
36.2	20	1.05	21.000	0.12	0.13	4.3	0.01
Σ 2248.8				-11.79	36.59	-1998.6	11.18

6. AGRADECIMIENTO

El Ing. José Luis Sánchez Bribiesca hizo la revisión crítica del manuscrito.

7. REFERENCIAS

1. Ch. O. Wister, y E. F. Brater, "Hydrology", John Wiley & Sons, Inc. (1963)
2. Ven te Chow, "Handbook of Applied Hydrology", Mc Graw-Hill, Inc. (1964)
3. R. K. Linsley, M. A. Kohler, y J. L. Paulhus, "Applied Hydrology", Mc Graw-Hill, Inc., International Student Edition
4. "Desing of Small Dams", United States Department of the Interior. Bureau of Reclamation
5. A. Capella y J. L. Sánchez B., "Método Estadístico para determinar la relación precipitación-escurrimiento", Publicación del Instituto de Ingeniería, 145 (sep 1967)
6. L. E. Borgman, "Risk Criteria", Journal of the Water Ways and Harbar Division, A.S.C.E (Ago 1963)
7. E. Gumbel, "Statistics of Extremes", Columbia University Press
8. "Gastos máximos en las corrientes de la República Mexicana", Secretaría de Recursos Hidráulicos (1961)
9. R. B. Thorn, "River Engineering and Water Conservation Works", Butter Worths (1966)
10. P. A. P. Moran, "The Statistical Treatment of Flood Flows", Trans., American Geophysical Union, Vol 38, No 4 (ago 1957)

TABLA 1

N	y_N	σ_N	N	y_N	σ_N
8	.4843	.9043	49	.5481	1.1590
9	.4902	.9288	50	.54854	1.16066
10	.4952	.9497	51	.5489	1.1623
11	.4996	.9676	52	.5493	1.1638
12	.5035	.9833	53	.5497	1.1653
13	.5070	.9972	54	.5501	1.1667
14	.5100	1.0095	55	.5504	1.1681
15	.5128	1.02057	56	.5508	1.1696
16	.5157	1.0316	57	.5511	1.1708
17	.5181	1.0411	58	.5515	1.1721
18	.5202	1.0493	59	.5518	1.1734
19	.5220	1.0566	60	.55208	1.17467
20	.52355	1.06283	62	.5527	1.1770
21	.5252	1.0696	64	.5533	1.1793
22	.5268	1.0754	66	.5538	1.1814
23	.5283	1.0811	68	.5543	1.1834
24	.5296	1.0864	70	.55477	1.18536
25	.53086	1.09145	72	.5552	1.1873
26	.5320	1.0961	74	.5557	1.1890
27	.5332	1.1004	76	.5561	1.1906
28	.5343'	1.1047	78	.5565	1.1923
29	.5353	1.1086	80	.55688	1.19382
30	.53622	1.11238	82	.5572	1.1953
31	.5371	1.1159	84	.5576	1.1967
32	.5380	1.1193	86	.5580	1.1980
33	.5388	1.1226	88	.5583	1.1994
34	.5396	1.1255	90	.55860	1.20073
35	.54034	1.12847	92	.5589	1.2020
36	.5410	1.1313	94	.5592	1.2032
37	.5418	1.1339	96	.5595	1.2044
38	.5424	1.1363	98	.5598	1.2055
39	.5430	1.1388	100	.56002	1.20649
40	.54362	1.14132	150	.56461	1.22534
41	.5442	1.1436	200	.56715	1.23598
42	.5448	1.1458	250	.56878	1.24292
43	.5453	1.1480	300	.56993	1.24786
44	.5458	1.1499	400	.57144	1.25450
45	.54630	1.15185	500	.57240	1.25880
46	.5468	1.1538	750	.57377	1.26506
47	.5473	1.1557	1000	.57450	1.26851
48	.5477	1.1574		.57722	1.28255

TABLA 2

ϕ	$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$
.01	(2.1607)
.02	(1.7894)
.05	(1.4550)
.10	(1.3028)
.15	1.2548
.20	1.2427
.25	1.2494
.30	1.2687
.35	1.2981
.40	1.3366
.45	1.3845
.50	1.4427
.55	1.15130
.60	1.5984
.65	1.7034
.70	1.8355
.75	2.0069
.80	2.2408
.85	2.5849
.90	(3.1639)
.95	(4.4721)
.98	(7.0710)
.99	(10.000)

TABLA 3a

VALORES DE K

C_s	P en %																						C_s
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99.9	
0.0	3.72	3.09	2.58	2.33	2.02	1.88	1.64	1.28	0.84	0.67	0.52	0.25	0.00	−0.25	−0.52	−0.67	−0.84	−1.28	−1.64	−1.88	−2.33	−3.09	0.0
0.05	3.83	3.16	2.62	2.36	2.06	1.90	1.65	1.28	0.84	0.66	0.52	0.24	−0.01	−0.26	−0.52	−0.68	−0.84	−1.28	−1.62	−1.86	−2.28	−3.02	0.05
0.1	3.94	3.23	2.67	2.40	2.11	1.92	1.67	1.29	0.84	0.66	0.51	0.24	−0.02	−0.27	−0.53	−0.68	−0.85	−1.27	−1.61	−1.84	−2.25	−2.95	0.1
0.15	4.05	3.31	2.71	2.44	2.13	1.94	1.68	1.30	0.84	0.66	0.50	0.23	−0.02	−0.28	−0.54	−0.68	−0.85	−1.26	−1.60	−1.82	−2.22	−2.88	0.15
0.2	4.16	3.38	2.76	2.47	2.16	1.96	1.70	1.30	0.83	0.65	0.50	0.22	−0.03	−0.28	−0.55	−0.69	−0.85	−1.26	−1.58	−1.79	−2.18	−2.81	0.2
0.25	4.27	3.45	2.81	2.50	2.18	1.98	1.71	1.30	0.82	0.64	0.49	0.21	−0.04	−0.29	−0.56	−0.70	−0.85	−1.25	−1.56	−1.77	−2.14	−2.69	0.25
0.3	4.38	3.52	2.86	2.54	2.21	2.00	1.72	1.31	0.82	0.64	0.48	0.20	−0.05	−0.30	−0.56	−0.70	−0.85	−1.24	−1.55	−1.75	−2.10	−2.67	0.3
0.35	4.50	3.59	2.90	2.58	2.23	2.02	1.73	1.32	0.82	0.64	0.48	0.20	−0.06	−0.30	−0.56	−0.70	−0.85	−1.24	−1.53	−1.72	−2.06	−2.60	0.35
0.4	4.61	3.66	2.95	2.61	2.26	2.04	1.75	1.32	0.82	0.63	0.47	0.19	−0.07	−0.31	−0.57	−0.71	−0.85	−1.23	−1.52	−1.70	−2.03	−2.54	0.4
0.45	4.72	3.74	2.99	2.64	2.28	2.06	1.76	1.32	0.82	0.62	0.46	0.18	−0.08	−0.32	−0.58	−0.71	−0.85	−1.22	−1.51	−1.68	−2.00	−2.47	0.45
0.5	4.83	3.81	3.04	2.68	2.31	2.08	1.77	1.32	0.81	0.62	0.46	0.17	−0.08	−0.33	−0.58	−0.71	−0.85	−1.22	−1.49	−1.66	−1.96	−2.40	0.5
0.55	4.94	3.88	3.08	2.72	2.33	2.10	1.78	1.32	0.80	0.62	0.45	0.16	−0.09	−0.34	−0.58	−0.72	−0.85	−1.21	−1.47	−1.64	−1.92	−2.32	0.55
0.6	5.05	3.96	3.13	2.75	2.35	2.12	1.80	1.33	0.80	0.61	0.44	0.16	−0.10	−0.34	−0.59	−0.72	−0.85	−1.20	−1.45	−1.61	−1.88	−2.27	0.6
0.65	5.16	4.03	3.17	2.78	2.37	2.14	1.81	1.33	0.79	0.60	0.44	0.15	−0.11	−0.35	−0.60	−0.72	−0.85	−1.19	−1.44	−1.59	−1.84	−2.20	0.65
0.7	5.28	4.10	3.22	2.82	2.40	2.15	1.82	1.33	0.79	0.59	0.43	0.14	−0.12	−0.36	−0.60	−0.72	−0.85	−1.18	−1.42	−1.57	−1.81	−2.14	0.7
0.75	5.39	4.17	3.26	2.86	2.42	2.16	1.83	1.34	0.78	0.58	0.42	0.13	−0.12	−0.36	−0.60	−0.72	−0.86	−1.18	−1.40	−1.54	−1.78	−2.08	0.75
0.8	5.50	4.24	3.31	2.89	2.45	2.18	1.84	1.34	0.78	0.58	0.41	0.12	−0.13	−0.37	−0.60	−0.73	−0.86	−1.17	−1.38	−1.52	−1.74	−2.02	0.8
0.85	5.62	4.31	3.35	2.92	2.47	2.20	1.85	1.34	0.78	0.58	0.40	0.12	−0.14	−0.38	−0.60	−0.73	−0.86	−1.16	−1.36	−1.49	−1.70	−1.96	0.85
0.9	5.73	4.38	3.40	2.96	2.50	2.22	1.86	1.34	0.77	0.57	0.40	0.11	−0.15	−0.38	−0.61	−0.73	−0.85	−1.15	−1.35	−1.47	−1.66	−1.90	0.9
0.95	5.84	4.46	3.44	2.99	2.52	2.24	1.87	1.34	0.76	0.56	0.39	0.10	−0.16	−0.38	−0.62	−0.73	−0.85	−1.14	−1.34	−1.44	−1.62	−1.84	0.95
1.0	5.96	4.53	3.49	3.02	2.54	2.25	1.88	1.34	0.76	0.55	0.38	0.09	−0.16	−0.39	−0.62	−0.73	−0.85	−1.13	−1.32	−1.42	−1.59	−1.79	1.0
1.05	6.07	4.60	3.53	3.06	2.56	2.26	1.88	1.34	0.75	0.54	0.37	0.08	−0.17	−0.40	−0.62	−0.74	−0.85	−1.12	−1.30	−1.40	−1.56	−1.74	1.05
1.1	6.18	4.67	3.58	3.09	2.58	2.28	1.89	1.34	0.74	0.54	0.36	0.07	−0.18	−0.41	−0.62	−0.74	−0.85	−1.10	−1.28	−1.38	−1.52	−1.68	1.1
1.15	6.30	4.74	3.62	3.12	2.60	2.30	1.90	1.34	0.74	0.53	0.36	0.06	−0.18	−0.42	−0.62	−0.74	−0.84	−1.09	−1.26	−1.36	−1.48	−1.63	1.15
1.2	6.41	4.81	3.66	3.15	2.62	2.31	1.92	1.34	0.73	0.52	0.35	0.05	−0.19	−0.42	−0.63	−0.74	−0.84	−1.08	−1.24	−1.33	−1.45	−1.58	1.2
1.25	6.52	4.88	3.70	3.18	2.64	2.32	1.93	1.34	0.72	0.52	0.34	0.04	−0.20	−0.42	−0.63	−0.74	−0.84	−1.07	−1.22	−1.30	−1.42	−1.53	1.25
1.3	6.64	4.95	3.74	3.21	2.67	2.34	1.94	1.34	0.72	0.51	0.33	0.04	−0.21	−0.43	−0.63	−0.74	−0.84	−1.06	−1.20	−1.28	−1.38	−1.48	1.3
1.35	6.74	5.02	3.78	3.24	2.69	2.36	1.94	1.34	0.72	0.50	0.32	0.03	−0.22	−0.44	−0.64	−0.74	−0.84	−1.05	−1.18	−1.26	−1.35	−1.44	1.35
1.4	6.87	5.09	3.83	3.27	2.71	2.37	1.95	1.34	0.71	0.49	0.31	0.02	−0.22	−0.44	−0.64	−0.73	−0.83	−1.04	−1.17	−1.23	−1.32	−1.39	1.4
1.45	6.98	5.19	3.87	3.30	2.72	2.38	1.95	1.33	0.70	0.48	0.30	0.01	−0.23	−0.44	−0.64	−0.73	−0.82	−1.03	−1.15	−1.21	−1.29	−1.35	1.45
1.5	7.09	5.28	3.91	3.33	2.74	2.39	1.96	1.33	0.69	0.47	0.30	0.00	−0.24	−0.45	−0.64	−0.73	−0.82	−1.02	−1.13	−1.19	−1.26	−1.31	1.5
1.55	7.20	5.32	3.95	3.36	2.76	2.40	1.96	1.33	0.68	0.46	0.29	0.01	−0.24	−0.45	−0.64	−0.73	−0.82	−1.00	−1.12	−1.16	−1.23	−1.28	1.55
1.6	7.31	5.37	3.99	3.39	2.78	2.42	1.97	1.33	0.68	0.46	0.28	0.02	−0.25	−0.46	−0.64	−0.73	−0.81	−0.99	−1.10	−1.14	−1.20	−1.24	1.6
1.65	7.42	5.44	4.03	3.42	2.80	2.43	1.97	1.32	0.67	0.45	0.27	0.02	−0.26	−0.46	−0.64	−0.72	−0.81	−0.98	−1.08	−1.12	−1.17	−1.20	1.65
1.7	7.54	5.50	4.07	3.44	2.82	2.44	1.98	1.32	0.66	0.44	0.26	0.03	−0.27	−0.47	−0.64	−0.72	−0.81	−0.97	−1.06	−1.10	−1.14	−1.17	1.7
1.75	7.65	5.57	4.11	3.47	2.83	2.45	1.98	1.32	0.65	0.43	0.25	0.04	−0.28	−0.48	−0.64	−0.72	−0.80	−0.96	−1.04	−1.08	−1.12	−1.14	1.75

TABLA 3b

VALORES DE K

C_s	P en %																						C_s
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99.9	
1.8	7.76	5.64	4.15	3.50	2.85	2.46	1.99	1.32	0.64	0.42	0.24	-0.05	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.94	-1.02	-1.06	-1.09	-1.11	1.8
1.85	7.67	5.70	4.19	3.52	2.86	2.48	1.99	1.32	0.64	0.41	0.23	-0.06	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.93	-1.00	-1.04	-1.06	-1.08	1.85
1.9	7.98	5.77	4.23	3.55	2.88	2.49	2.00	1.31	0.63	0.40	0.22	-0.07	-0.29	-0.48	-0.64	-0.72	-0.79	-0.92	-0.98	-1.01	-1.04	-1.05	1.9
1.95	8.10	5.84	4.26	3.58	2.89	2.50	2.00	1.30	0.62	0.40	0.21	-0.08	-0.30	-0.48	-0.64	-0.72	-0.78	-0.91	-0.96	-0.99	-1.02	-1.02	1.95
2.0	8.21	5.91	4.30	3.60	2.91	2.51	2.00	1.30	0.61	0.39	0.20	-0.08	-0.31	-0.49	-0.64	-0.71	-0.78	-0.90	-0.950	-0.97	-0.990	-1.00	2.0
2.05		5.97	4.34	3.63	2.92	2.52	2.00	1.30	0.60	0.38	0.19	-0.09	-0.32	-0.49	-0.64	-0.71	-0.77	-0.89	-0.932	-0.95	-0.967	-0.976	2.05
2.1		6.04	4.38	3.65	2.94	2.53	2.01	1.29	0.59	0.37	0.18	-0.10	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.866	-0.914	-0.930	-0.945	-0.953	2.1
2.15		6.09	4.42	3.66	2.94	2.53	2.01	1.28	0.58	0.30	0.17	-0.11	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.854	-0.898	-0.913	-0.925	-0.931	2.15
2.2		6.14	4.46	3.68	2.95	2.54	2.02	1.27	0.57	0.35	0.16	-0.12	-0.33	-0.50	-0.64	-0.69	-0.75	-0.842	-0.882	-0.895	-0.905	-0.910	2.2
2.25		6.20	4.49	3.70	2.96	2.54	2.02	1.26	0.56	0.33	0.15	-0.12	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.828	-0.866	-0.878	-0.866	-0.890	2.25
2.3		6.26	4.52	3.73	2.98	2.54	2.01	1.26	0.55	0.32	0.14	-0.13	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.815	-0.850	-0.850	-0.867	-0.870	2.3
2.35		6.31	4.55	3.75	3.00	2.57	2.01	1.25	0.53	0.30	0.13	-0.13	-0.34	-0.50	-0.62	-0.67	-0.73	-0.803	-0.835	-0.843	-0.848	-0.852	2.35
2.4		6.37	4.59	3.78	3.02	2.60	2.00	1.25	0.52	0.29	0.12	-0.14	-0.35	-0.51	-0.62	-0.67	-0.72	-0.792	-0.820	-0.826	-0.830	-0.834	2.4
2.45		6.43	4.62	3.80	3.03	2.61	2.00	1.24	0.51	0.28	0.11	-0.15	-0.36	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.780	-0.805	-0.810	-0.815	-0.817	2.45
2.5		6.50	4.66	3.82	3.05	2.62	2.00	1.23	0.50	0.27	0.10	-0.16	-0.36	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.768	-0.790	-0.795	-0.800	-0.800	2.5
2.55		6.52	4.68	3.84	3.06	2.62	2.00	1.22	0.49	0.26	0.093	-0.16	-0.36	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.757	-0.777	-0.780	-0.785	-0.785	2.55
2.6		6.54	4.71	3.86	3.08	2.63	2.00	1.21	0.48	0.25	0.085	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.746	-0.764	-0.766	-0.770	-0.770	2.6
2.65		6.64	4.75	3.89	3.09	2.63	2.00	1.20	0.47	0.24	0.078	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.65	-0.69	-0.734	-0.750	-0.752	-0.755	-0.755	2.65
2.7		6.75	4.80	3.92	3.10	2.64	2.00	1.19	0.46	0.24	0.070	-0.18	-0.38	-0.51	-0.61	-0.65	-0.68	-0.724	-0.736	-0.739	-0.740	-0.740	2.7
2.75		6.80	4.83	3.94	3.11	2.64	2.00	1.18	0.45	0.23	0.063	-0.19	-0.38	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.713	-0.724	-0.726	-0.727	-0.728	2.75
2.8		6.86	4.86	3.96	3.12	2.65	2.00	1.18	0.44	0.22	0.057	-0.20	-0.39	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.703	-0.711	-0.714	-0.715	-0.715	2.8
2.85		6.93	4.88	3.98	3.12	2.65	2.00	1.16	0.42	0.21	0.049	-0.20	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.66	-0.692	-0.700	-0.702	-0.702	-0.702	2.85
2.9		7.00	4.91	4.01	3.12	2.66	1.99	1.15	0.41	0.20	0.041	-0.21	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.65	-0.681	-0.689	-0.690	-0.698	-0.690	2.9
2.95		7.05	4.93	4.03	3.13	2.66	1.98	1.14	0.40	0.19	0.034	-0.21	-0.39	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.672	-0.677	-0.678	-0.679	-0.678	2.95
3.0		7.10	4.95	4.05	3.14	2.66	1.97	1.13	0.39	0.19	0.027	-0.22	-0.40	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.661	-0.665	-0.666	-0.666	-0.666	3.0
3.05		7.16	4.98	4.07	3.14	2.66	1.97	1.12	0.38	0.18	0.018	-0.22	-0.40	-0.51	-0.58	-0.61	-0.63	-0.651	-0.655	-0.656	-0.656	-0.656	3.05
3.1		7.23	5.01	4.09	3.14	2.66	1.97	1.11	0.37	0.17	0.010	-0.23	-0.40	-0.51	-0.58	-0.60	-0.62	-0.641	-0.645	-0.646	-0.646	-0.646	3.1
3.15		7.29	5.04	4.10	3.14	2.66	1.96	1.10	0.36	0.16	0.002	-0.24	-0.40	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.631	-0.635	-0.636	-0.636	-0.636	3.15
3.2		7.35	5.08	4.11	3.14	2.66	1.96	1.09	0.35	0.15	-0.006	-0.25	-0.41	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.621	-0.625	-0.625	-0.625	-0.625	3.2
3.25		7.39	5.11	4.13	3.14	2.66	1.95	1.08	0.34	0.14	-0.014	-0.25	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.60	-0.613	-0.616	-0.616	-0.616	-0.616	3.25
3.3		7.44	5.14	4.15	3.14	2.66	1.95	1.08	0.33	0.13	-0.022	-0.26	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.59	-0.605	-0.606	-0.606	-0.606	-0.606	3.3
3.35		7.49	5.16	4.16	3.14	2.66	1.94	1.07	0.32	0.12	-0.029	-0.26	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.596	-0.597	-0.597	-0.597	-0.597	3.35
3.4		7.54	5.19	4.18	3.15	2.66	1.94	1.06	0.31	0.11	-0.036	-0.27	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.586	-0.587	-0.589	-0.589	-0.589	3.4
3.45		7.59	5.22	4.19	3.15	2.66	1.93	1.05	0.30	0.09	-0.042	-0.27	-0.41	-0.50	-0.54	-0.56	-0.57	-0.578	-0.579	-0.580	-0.580	-0.580	3.45
3.5		7.64	5.25	4.21	3.16	2.66	1.93	1.04	0.29	0.08	-0.049	-0.28	-0.41	-0.50	-0.54	-0.55	-0.56	-0.570	-0.571	-0.571	-0.571	-0.571	3.5

TABLA 3c

VALORES DE K

C_s	P en %																							C_s
	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9		
3,55		7,68	5,27	4,22	3,16	2,66	1,93	1,03	0,28	0,072	-0,060	-0,28	-0,41	-0,49	-0,54	-0,54	-0,55	-0,562	-0,564	-0,564	-0,564	-0,564	3,55
3,6		7,72	5,30	4,24	3,17	2,66	1,93	1,03	0,28	0,064	-0,072	-0,28	-0,42	-0,49	-0,54	-0,54	-0,55	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556	3,6
3,65		7,79	5,32	4,25	3,17	2,66	1,92	1,02	0,27	0,056	-0,078	-0,28	-0,42	-0,48	-0,53	-0,53	-0,54	-0,548	-0,549	-0,549	-0,549	-0,549	3,65
3,7		7,86	5,35	4,26	3,18	2,66	1,91	1,01	0,26	0,048	-0,084	-0,29	-0,42	-0,48	-0,52	-0,53	-0,54	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	-0,541	3,7
3,75		7,91	5,37	4,27	3,18	2,66	1,90	1,00	0,25	0,040	-0,089	-0,29	-0,42	-0,48	-0,51	-0,52	-0,53	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	-0,533	3,75
3,8		7,97	5,40	4,29	3,18	2,65	1,90	1,00	0,24	0,032	-0,095	-0,30	-0,42	-0,48	-0,51	-0,52	-0,52	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	3,8
3,85		8,02	5,42	4,31	3,19	2,65	1,90	0,99	0,23	0,026	-0,103	-0,30	-0,41	-0,47	-0,50	-0,51	-0,51	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	-0,519	3,85
3,9		8,08	5,45	4,32	3,20	2,65	1,90	0,98	0,23	0,020	-0,11	-0,30	-0,41	-0,47	-0,50	-0,51	-0,51	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	-0,513	3,9
3,95		8,12	5,47	4,33	3,20	2,65	1,90	0,97	0,22	0,015	-0,11	-0,30	-0,41	-0,46	-0,49	-0,50	-0,50	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	-0,506	3,95
4,0		8,17	5,50	4,34	3,20	2,65	1,90	0,96	0,21	0,010	-0,12	-0,31	-0,41	-0,46	-0,49	-0,49	-0,50	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	4,0
4,05		8,23	5,52	4,35	3,21	2,65	1,89	0,95	0,20	0,005	-0,12	-0,31	-0,41	-0,46	-0,48	-0,487	-0,493	-0,493	-0,493	-0,493	-0,493	-0,493	4,05
4,1		8,29	5,55	4,36	3,22	2,65	1,89	0,95	0,20	0,00	-0,13	-0,31	-0,41	-0,46	-0,48	-0,484	-0,486	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	-0,487	4,1
4,15		8,33	5,57	4,37	3,23	2,65	1,88	0,94	0,19	-0,005	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45	-0,47	-0,478	-0,480	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	-0,481	4,15
4,2		8,38	5,60	4,39	3,24	2,64	1,88	0,93	0,19	-0,010	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45	-0,47	-0,473	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476	4,2
4,25		8,43	5,62	4,39	3,24	2,64	1,87	0,92	0,18	-0,015	-0,13	-0,31	-0,40	-0,44	-0,46	-0,467	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	-0,470	4,25
4,3		8,49	5,65	4,40	3,24	2,64	1,87	0,92	0,17	-0,021	-0,14	-0,32	-0,40	-0,44	-0,46	-0,462	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	-0,465	4,3
4,35		8,54	5,67	4,41	3,24	2,64	1,86	0,91	0,16	-0,026	-0,14	-0,32	-0,40	-0,44	-0,455	-0,458	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	-0,460	4,35
4,4		8,60	5,69	4,42	3,25	2,63	1,86	0,91	0,15	-0,032	-0,15	-0,32	-0,40	-0,44	-0,451	-0,454	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	4,4
4,45		8,64	5,71	4,43	3,25	2,63	1,85	0,90	0,14	-0,037	-0,15	-0,32	-0,40	-0,43	-0,446	-0,449	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	-0,450	4,45
4,5		8,69	5,74	4,44	3,26	2,62	1,85	0,89	0,14	-0,042	-0,16	-0,32	-0,40	-0,43	-0,441	-0,444	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445	4,5
4,55		8,74	5,76	4,45	3,26	2,62	1,84	0,88	0,13	-0,047	-0,16	-0,32	-0,40	-0,42	-0,436	-0,439	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	-0,440	4,55
4,6		8,79	5,79	4,46	3,27	2,62	1,84	0,87	0,13	-0,052	-0,17	-0,32	-0,40	-0,42	-0,432	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	4,6
4,65		8,84	5,81	4,47	3,27	2,61	1,83	0,86	0,12	-0,058	-0,17	-0,32	-0,40	-0,42	-0,428	-0,430	-0,430	-0,430	0,430	-0,430	-0,430	-0,430	4,65
4,7		8,89	5,84	4,49	3,28	2,61	1,83	0,85	0,11	-0,064	-0,18	-0,32	-0,40	-0,42	-0,424	-0,425	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	-0,426	4,7
4,75		8,92	5,86	4,49	3,28	2,61	1,82	0,83	0,10	-0,069	-0,18	-0,32	-0,395	-0,415	-0,420	-0,420	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421	4,75
4,8		8,96	5,89	4,50	3,29	2,60	1,81	0,82	0,10	-0,075	-0,19	-0,32	-0,39	-0,41	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	4,8
4,85		9,00	5,89	4,50	3,29	2,60	1,80	0,81	0,092	-0,081	-0,19	-0,32	-0,388	-0,405	-0,411	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	-0,412	4,85
4,9		9,04	5,90	4,51	3,30	2,60	1,80	0,80	0,084	-0,087	-0,19	-0,33	-0,386	-0,401	-0,407	-0,408	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	-0,409	4,9
4,95		9,08	5,92	4,52	3,31	2,60	1,79	0,79	0,076	-0,093	-0,19	-0,33	-0,383	-0,398	-0,403	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	-0,404	4,95
5,0		9,12	5,94	4,54	3,32	2,60	1,78	0,78	0,068	-0,099	-0,20	-0,33	-0,380	-0,395	-0,399	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	5,0
5,05		9,16	5,96	4,55	3,32	2,60	1,77	0,77	0,059	-0,105	-0,20	-0,33	-0,378	-0,391	-0,395	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	5,05
5,1		9,20	5,98	4,57	3,32	2,60	1,76	0,76	0,051	-0,110	-0,21	-0,33	-0,376	-0,388	-0,391	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	-0,392	5,1
5,15		9,23	6,00	4,58	3,32	2,60	1,75	0,74	0,043	-0,115	-0,21	-0,33	-0,373	-0,385	-0,387	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	-0,388	5,15
5,2		9,27	6,02	4,59	3,33	2,60	1,74	0,73	0,035	-0,120	-0,21	-0,33	-0,370	-0,382	-0,384	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	5,2

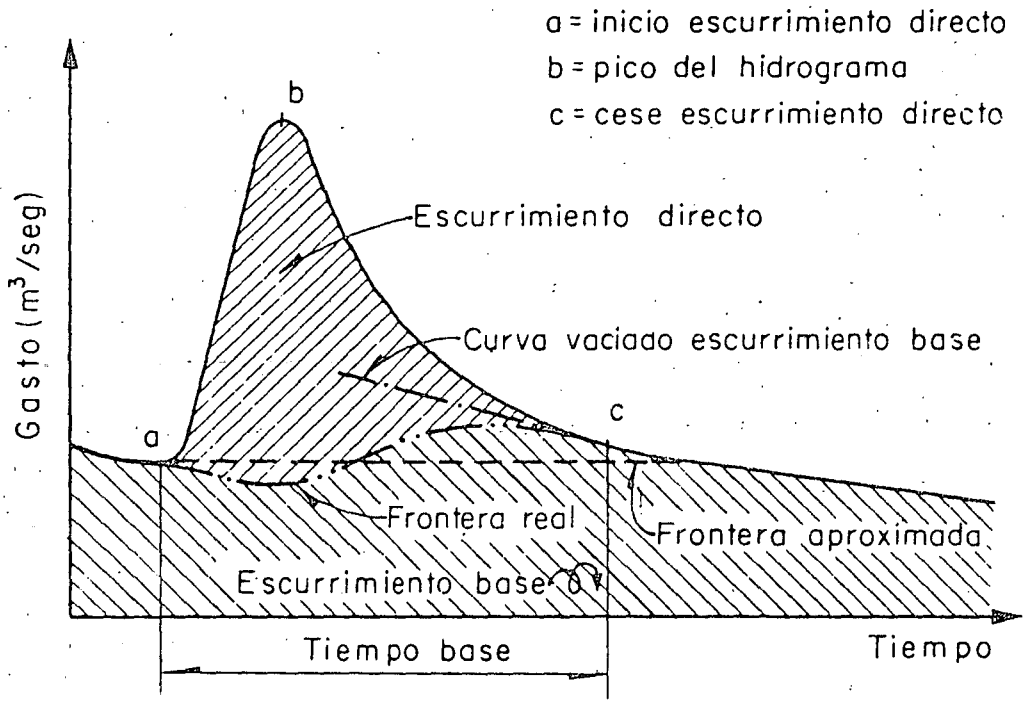


Fig. 1 Hidrograma

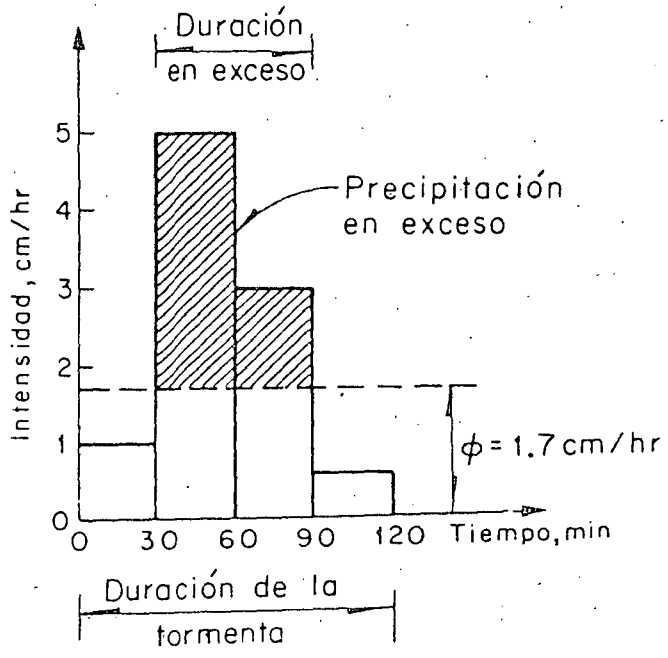


Fig. 2 Hietograma

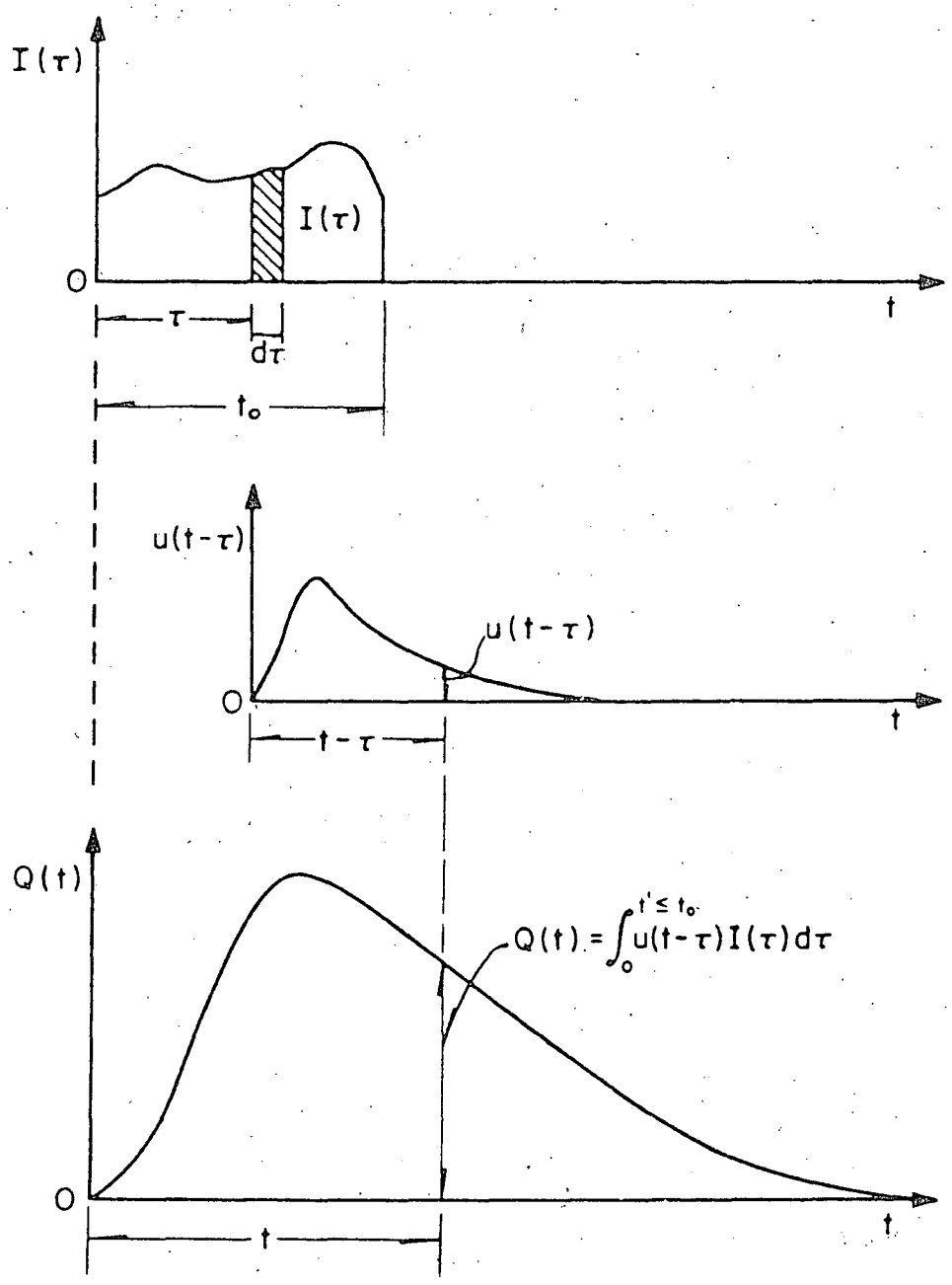


Fig. 3 Relación de $I(\tau)$ y el hidrograma unitario instantáneo

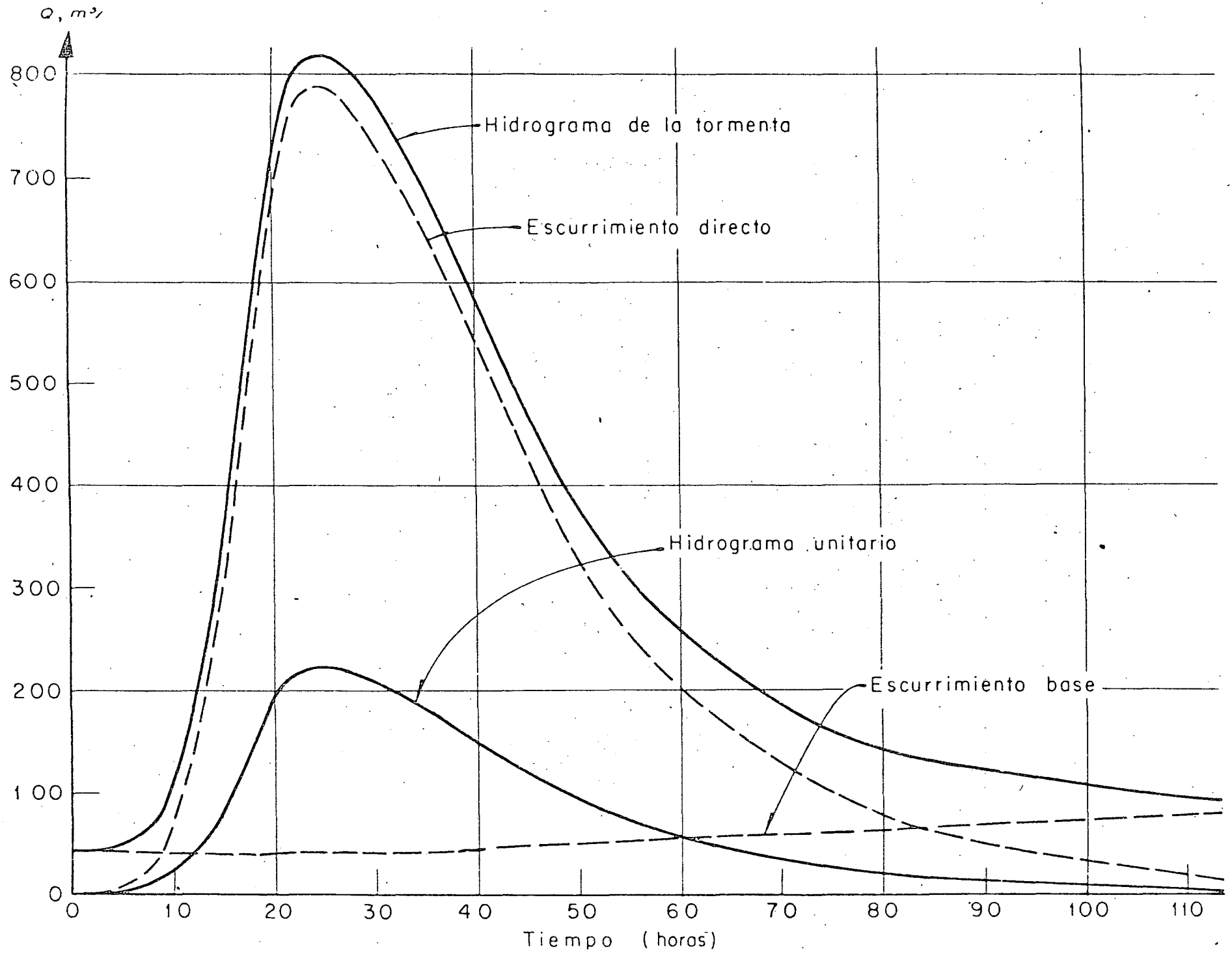

Q, m³/s
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Hidrograma de la tormenta
Escurrimiento directo
Hidrograma unitario
Escurrimiento base
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Tiempo (horas)

Fig. 4

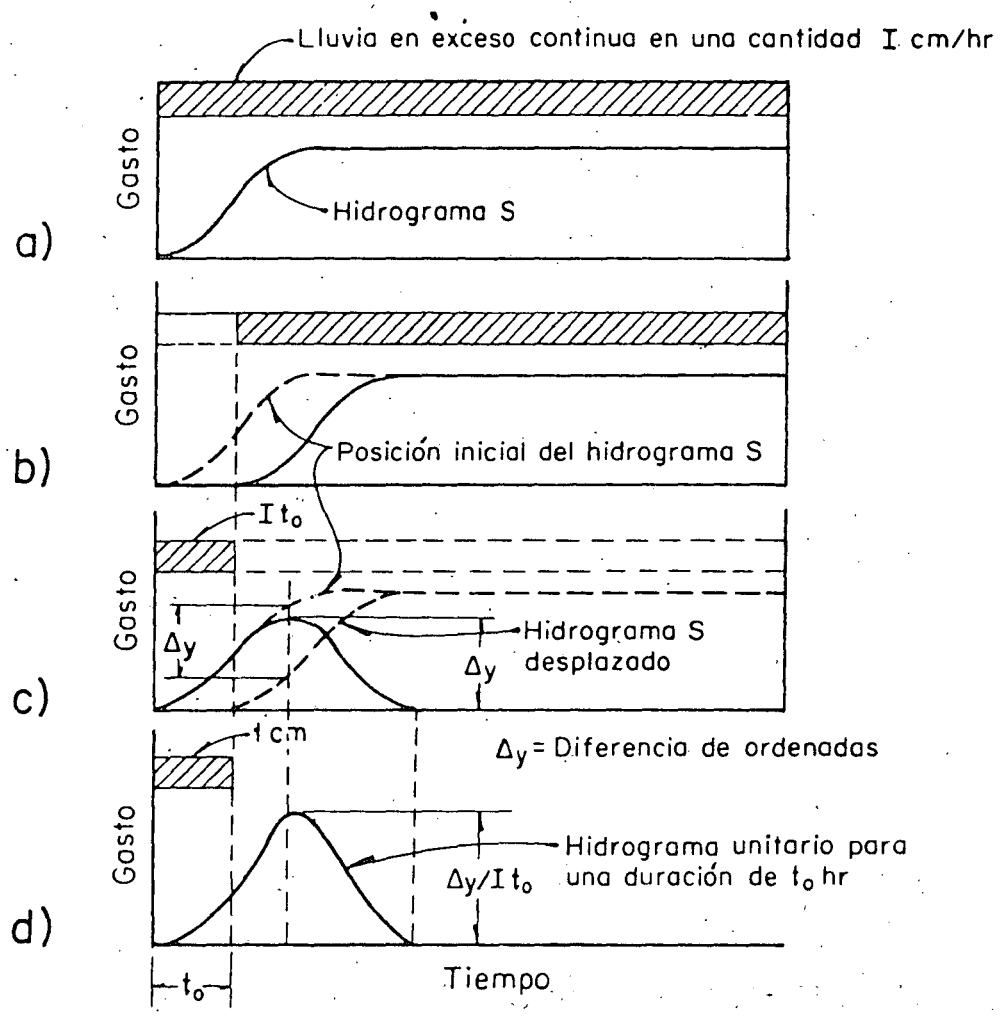


Fig. 5 Deducción de un hidrograma unitario por medio del método del hidrograma S

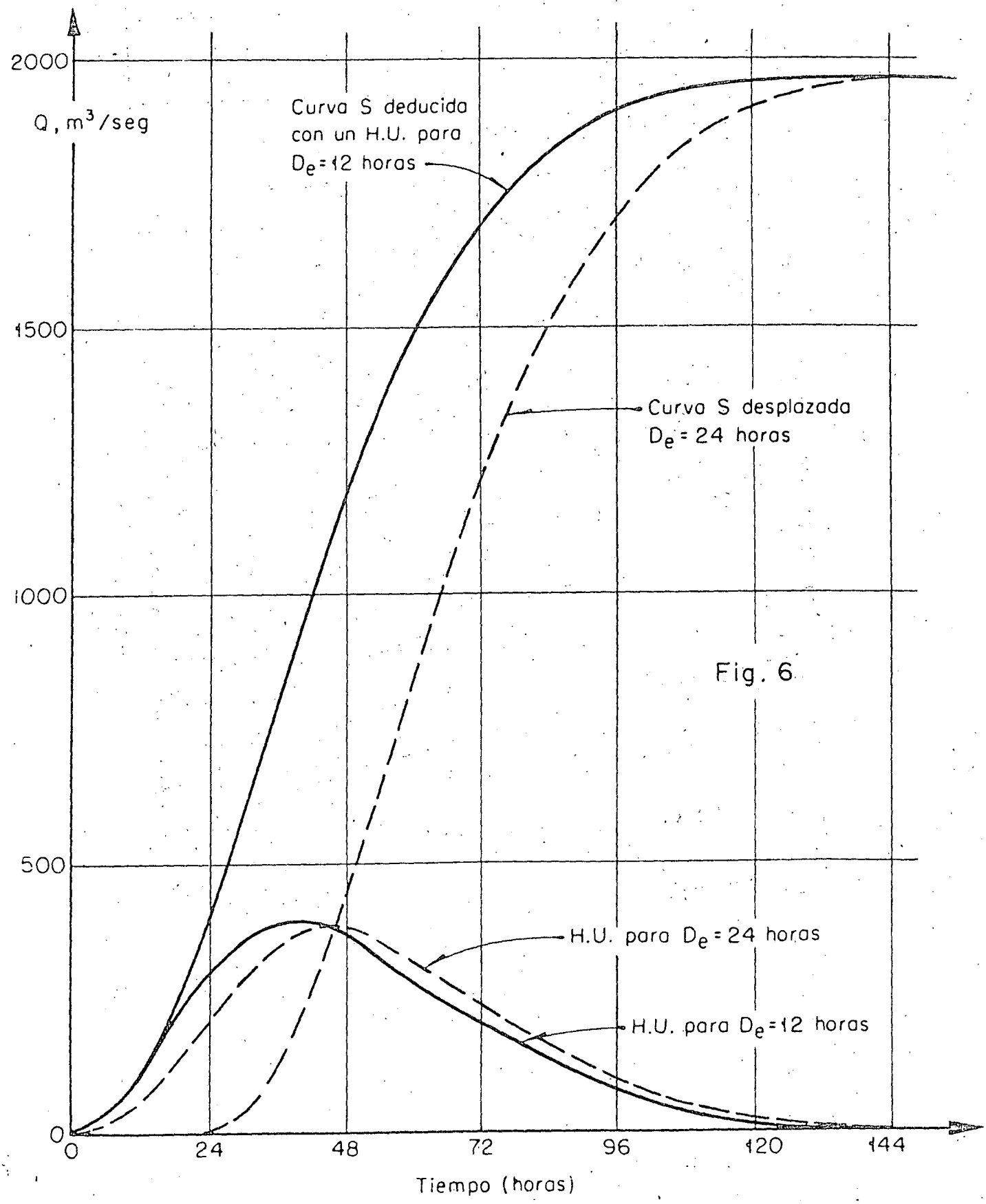

2000
1500
1000
500
0
Q, m³/seg
Curva S deducida
con un H.U. para
De=12 horas
Curva S desplazada
De = 24 horas
H.U. para De = 24 horas
H.U. para De=12 horas
0
24
48
72
96
120
144
Tiempo (horas)

Fig. 6

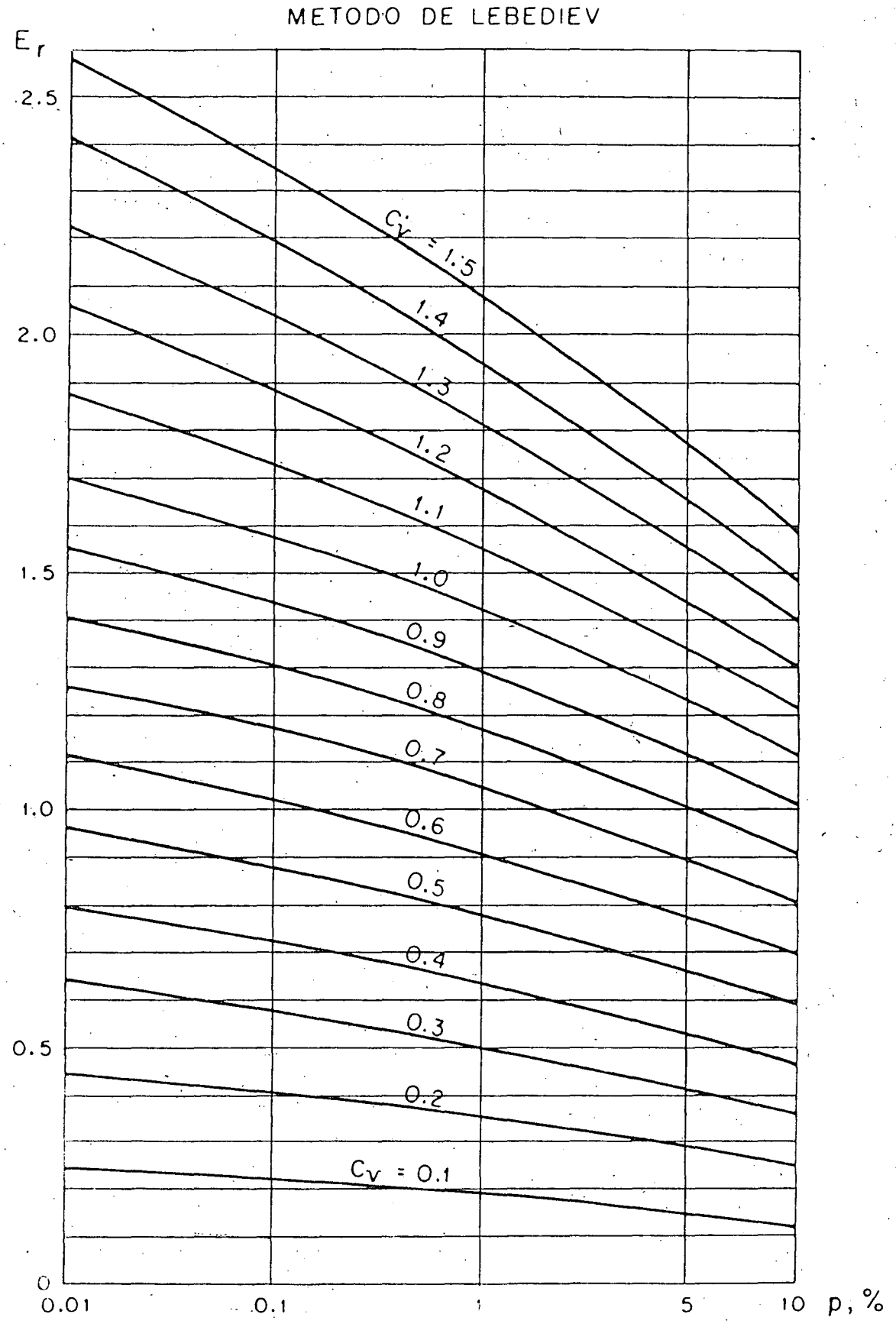


Fig. 7 VALORES DE E_r EN FUNCION DE C_v Y p EN PORCENTAJE