INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Oct. 22	18 a 21 h	INTRODUCCION	Ing. Ignacio González

Descripción del curso
Presentación de los temas

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

Definición de una instalación eléctrica
Diferentes puntos de vista del concepto instalación eléctrica.

Interno
Externo

Punto de vista externo: elementos generales
Punto de vista interno: elementos generales

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UNA INSTALACION ELECTRICA

Conveniencia
Capacidad
Regulación
Accesibilidad
Flexibilidad
Seguridad

REGLAMENTACION COMO INSTRUMENTO DE SEGURIDAD

Reglamentación existente en México

Sobre métodos: R.O.I.E. Antecedentes. Estado Actual
Sobre las personas:capítulo XIX de la Ley de Instalación Eléctrica.
Sobre los materiales: reglamentación D.G.E.
Método de control sobre la reglamentación

Oct. 24	18 a 21 h	LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO	Ing. Héctor Sánchez Ceballos

Relación D.G.E. Usuarios
Diversos trámites
Importancia de la reglamentación

Oct. 26	18 a 21 h	ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA	Ing. Guillermo Aguilar Campuzano

Diagrama general
Diversos elementos que la componen

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

Cargas

Definición
Determinación de una carga
Clasificación de las cargas:normal y emergencia
Carga de alumbrado. Determinación de la cantidad de lámparas en función del uso.
Método de lumens promedio
Método de punto por punto
Carga de aparatos criterio para determinar cargas.
Cargas de fuerza. Parámetros necesarios para su determinación

Oct. 29	18 a 21 h	SISTEMAS DE DISTRIBUCION	Ing. José Antonio Lozano Villafaña

Elementos que integran los sistemas de distribución
Conductores
Medio de soporte
Protección
Conductores. Clasificación según su uso
Circuito derivado
Circuito alimentador
Circuitos derivados: definición y clasificación
Circuito derivado de uso general:capacidad y restricción.
Circuito derivado para aparatos:capacidad y restricción.
Circuito derivado para fuerza:elementos integrantes. Capacidad.

Circuitos alimentadores
Determinación de la carga:factor de demanda
Factor de dive ad

Fecha	Duración	Tema	Profesor
		Caida de voltaje. Centro de carga. Alimentadores para fuerza y cargas mixtas. Sistema de distribución: primaria,secundaria y mixtas. Diferentes sistemas	
Oct. 31	18 a 21 h	CONDUCTORES: CONDICIONES DE DISEÑO Características de un conductor Capacidad permisible Carga de caida de potencia Aislamientos Resistencia mecánica	Ing. Carlos Martínez Calderón
Nov. 5	18 a 21 h	MEDIO DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES Medio de soporte y protección de los conductores Diferentes medios según R.O.I.E. Tubo conduit Ductos metálicos Charolas	Ing. Ignacio González Castillo
Nov. 7	18 a 21 h	MEDIOS DE PROTECCION Medios de protección Sobrecorriente:orígenes Sobrecarga Corto circuito Medio de protección VS sobrecorriente Fusibles Interruptores automáticos	Ing. Carlos Martínez Calderón
Nov. 9	18 a 21 h	SELECCION DE PROTECCION Protección de conductores Protección de cargas Medio de control Dispositivos de control para alumbrado. Circuitos alimentadores. Dispositivos de control para fuerza.Circuitos alimentadores: el arrancador	Ing. Noé Armas Morales

echa	Duración	Tema	Profesor
		CENTROS DE DISTRIBUCION	Ing. Noé Armas Morales
		Tableros primarios Tableros secundarios	
Nov. 12	18 a 21 h	SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS	Ing. Noé Armas Morales
		Subestaciones receptoras Subestaciones derivadas	
Nov. 14	18 a 21 h	SISTEMAS DE GENERACION	Ing. Sergio Ordóñez Lezama
		Usos de emergencia Usos continuos Plantas de emergencia:selección y determinación de la capacidad. Sistemas de corriente directa:reglamentación. Características generales.	
Nov. 16	18 a 21 h	SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S
		Empresa suministradora Sistema de distribución central de la Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S.A. Descripción Tensiones usuales Líneas de servicio En alta tensión: medición en alta. Medición en baja. En baja tensión:monofásica,2 y 3 fases. Local para subestación Contratación Tarifas Régimen de cuotas Provisionales Bajo factor de potencia Doble alimentador	

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Nov. 19	18 a 21 h	INSTALACIONES ESPECIALES Sistemas de centralización y alarmas Sistemas de comunicación: teléfonos Sistemas de sonido.	Ing. Pablo Zapiain Lechuga
Nov. 21	18 a 21 h	SISTEMAS DE PARARRAYOS	Ing. Ignacio González Castillo
Nov. 23	18 a 21 h	REPRESENTACION DE UNA INSTALACION ELECTRICA. PLANOS. CARACTERISTICAS DE LOS MISMOS PARA LA C.F.E. PANEL CON LA DIRECCION DE ELECTRICIDAD. PREGUNTAS Y RESPUESTAS	Ing. Hé ctor Sánchez Ceballos

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS
22 de octubre a 23 de noviembre de 1979

D I R E C T O R I O

1.- ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO (Coordinador del Curso)
Coordinador de la Administración Escolar, UNAM
Torre de Rectoría - Piso Principal
Cd. Universitaria
México 20, D. F. Tel. 548-37-20

2.- ING. NOE ARMAS MORALES
Jefe del Depto. de Promoción Industrial
FOVISSSTE
Balderas 58 - 3er. piso
México 1, D. F. Tel. 512-03-65

3.- ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO
Investigador "E"
Instituto de Investigaciones Eléctricas
Programa Laboratorios
Schakespeare # 6, piso 6
Col. Anzures
México, D. F. Tel. 525-36-14 y 511-46-69

4.- ING. JOSE ANTONIO LOZANO VILLAFAÑA
Gerente General
LOJEN S. A.
Tochtli 320
Col. Atzcapozalco
México 16, D. F. Tel. 561-46-40

5.- ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON
Director Técnico
Raychem de México, S. A.
5 de Mayo 325
México 19, D. F. Tel. 651-33-11

6.- ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA
Gerente General
Proyectos Industriales S. A.
Monterrey 89 - 303
Col. Roma
México 7, D. F. Tel. 514-58-58

7.- ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS
Jefe del Depto. de Plantas, Subestaciones y Líneas
Sria. del Patrimonio y Fomento Industrial
Av. Cuauhtémoc 80 - piso 2
México 7, D. F. Tel. 578-82-04

8.- ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA
Subdirector General
Fideicomiso Lázaro Cárdenas
Cerro de Otate # 18
Col. Romero de Terreros
México 21, D. F. Tel. 554-07-77

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS.

Fecha: del 22 de Octubre a Noviembre 23, 1979.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Introducción (González)				
Características Generales de una Instalación Eléctrica (González)				
Condiciones que debe cumplir una instalación eléctrica (González)				
Reglamentación como Instrumento de..(González)				
La autoridad sobre Reglamentación en México (Sánchez)				
Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica.(Aguilar)				
Aná. de los Elementos Constitutivos (Aguilar)				
Sistemas de Distribución (Lozano)				
Conductores:Condiciones de Diseño (Martínez)				
Medio de soporte y Protección de los Conductores(González)				
ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

- 2 -

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Medios de Protección (Martínez)				
Selección de Protección (Armas)				
Centros de Distribución (Armas)				
Suestaciones usadas en instalaciones para edificios (Armas)				
Sistemas de Generación(Ordóñez)				
Suministro de Energía Eléctrica (Cía. de Luz...)				
Instalaciones Especiales (Zapiain)				
Sistemas de pararrayos (González)				
Representación de una instalación eléctrica. Planos (Sánchez).				
Características de los mismos pra la CFE(Sánchez)				
ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10 'edes.				

EVALUACION DEL CURSO

	CONCEPTO	EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIEN TO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO .	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente del Centro de Educación Continua?

Muy agradable ☐ Agradable ☐ Desagradable ☐

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

Periódico Excélsior ☐ Periódico Novedades ☐ Folleto del Curso ☐

Cartel mensual ☐ Radio Universidad ☐ Comunicación carta, teléfono, verbal, etc. ☐

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

Automóvil particular ☐ Metro ☐ Otro medio ☐

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

_____

_____

_____

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas? Si ☐ No ☐

6. ¿Qué curso le gustaría que ofreciera el Centro de Educación Continua?

_____

_____

_____

7. ¿Qué servicios desearía que tuviese el CEC para los asistentes a cursos?

_____

_____

_____

8. Otras sugestiones:

_____

_____

_____

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO

26 OCTUBRE, 1979.

INTRODUCCION

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

OBJETIVO

PROPORCIONAR LOS CRITERIOS BASICOS NECESARIOS PARA CONOCER, PROYECTAR Y CONSTRUIR LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE UN EDIFICIO.

METODOLOGIA

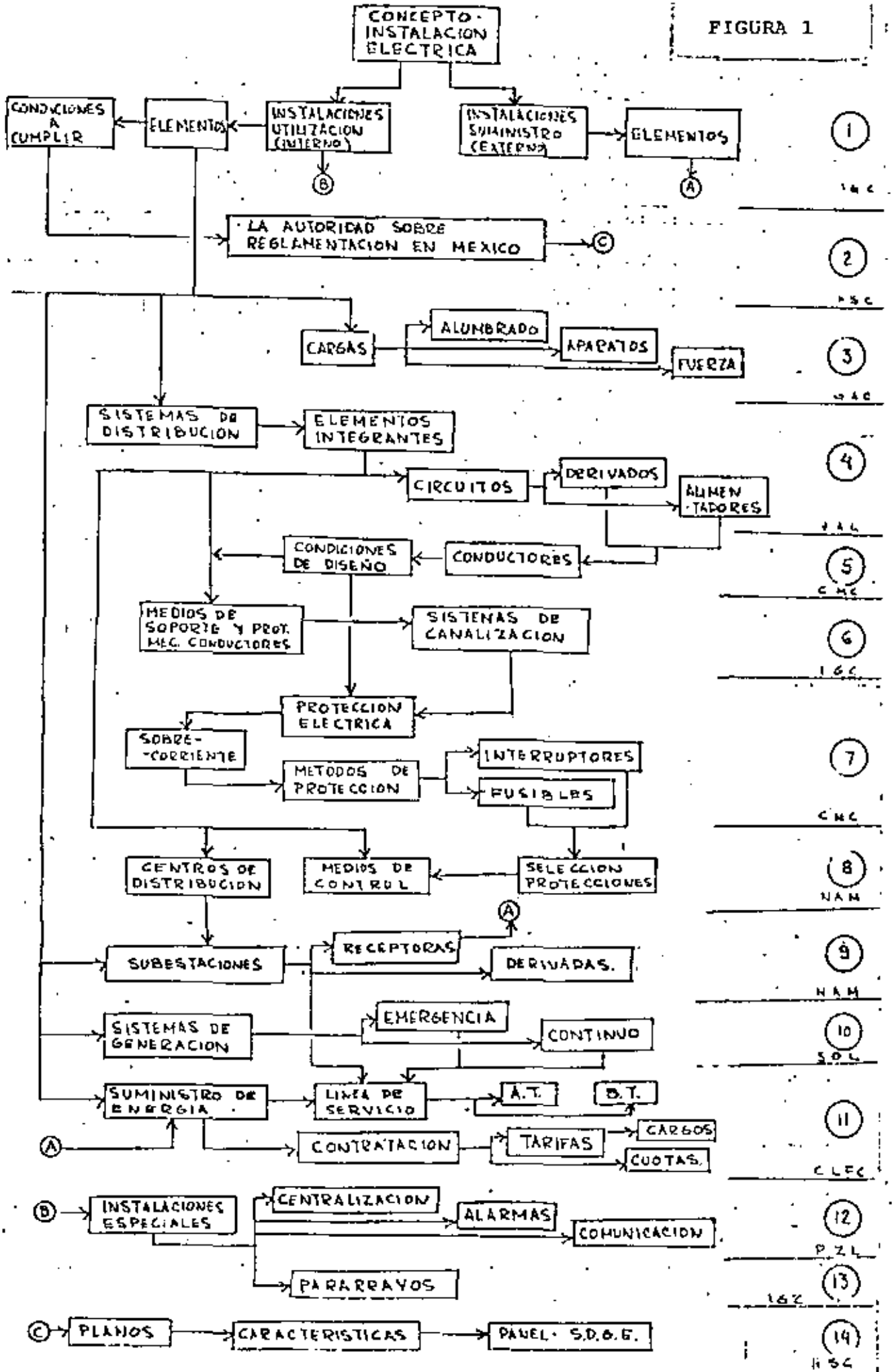
ANALIZAR UN PANORAMA GENERAL DE LOS CONCEPTOS MAS IMPORTANTES QUE INTERVIENEN EN:

- LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA QUE UNA INSTALACION ELECTRICA SEA ADECUADA
- LOS METODOS Y SISTEMAS USADOS EN:
  - EL DISEÑO DE UNA I.E.
  - LA CONSTRUCCCION DE UNA I.E.
- LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN CUMPLIR:
  - MATERIALES
  - EQUIPOS

DESCRIPCION DE CURSO

EN LA FIGURA 1 ANEXA, SE PRESENTA LA DESCRIPCION Y ORGANIZACION DE LAS SESIONES.

FIGURA 1


CONCEPTO INSTALACION ELECTRICA
CONDICIONES A CUMPLIR
ELEMENTOS
INSTALACIONES UTILIZACION (INTERNO)
INSTALACIONES SUMINISTRO (EXTERNO)
ELEMENTOS
LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO
CARGAS
ALUMBRADO
APARATOS
FUERZA
SISTEMAS DE DISTRIBUCION
ELEMENTOS INTEGRANTES
CIRCUITOS
DERIVADOS
ALIMENTADORES
CONDICIONES DE DISEÑO
CONDUCTORES
MEDIOS DE SOPORTE Y PROT. MEC. CONDUCTORES
SISTEMAS DE CANALIZACION
PROTECCION ELECTRICA
SOBRE-CORRIENTE
METODOS DE PROTECCION
INTERRUPTORES
FUSIBLES
CENTROS DE DISTRIBUCION
MEDIOS DE CONTROL
SELECCION PROTECCIONES
SUBESTACIONES
RECEPTORAS
DERIVADAS.
SISTEMAS DE GENERACION
EMERGENCIA
CONTINUO
SUMINISTRO DE ENERGIA
LINEA DE SERVICIO
A.T.
B.T.
CONTRATACION
TARIFAS
CARGOS
CUOTAS.
INSTALACIONES ESPECIALES
CENTRALIZACION
ALARMAS
COMUNICACION
PARARRAYOS
PLANOS
CARACTERISTICAS
PANEL S.D.B.E.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO

EL TERMINO "INSTALACION ELECTRICA" COMPRENDE EL CONJUNTO DE APARATOS, CONDUCTORES Y ACCESORIOS DESTINADOS A LA PRODUCCION, DISTRIBUCION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

ESTE CONJUNTO LO PODEMOS CONSIDERAR DESDE DOS PUNTOS DE VISTA:

EXTERNO E INTERNO

DESDE EL PUNTO DE VISTA EXTERNO, SE DEBEN CONSIDERAR LOS SIGUIENTES ELEMENTOS, GENERALMENTE FORMADOS POR INSTALACIONES DE LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS DEL SERVICIO DE ENERGIA (CIA. DE LUZ, CFE):

FUENTE DE ENERGIA
EQUIPO DE GENERACION
SISTEMA DE TRANSMISION
SISTEMA DE DISTRIBUCION

LOS ELEMENTOS INTEGRANTES DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE ESTE PUNTO DE VISTA, PARA EL CASO DEL SISTEMA CENTRAL DE LA RED DE LA CFE PUEDEN OBSERVARSE EN LAS FIGURAS 1, 2, 3 y 4

DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO, EL CONCEPTO "INSTALACION ELECTRICA", RESTRINGE, DE TODOS LOS ELEMENTOS MENCIONADOS, ES DECIR, CONDUCTORES, APARATOS Y ACCESORIOS NECESARIOS, AQUELLAS INSTALACIONES DE LA CIA. SUMINISTRADORA, Y ABARCA SOLAMENTE LAS INSTALACIONES DEL USUARIO, Y ESTA INTEGRADO POR LOS ELEMENTOS GENERALES QUE SE DETALLAN EN LA FIG. 5.

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO.

A. DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA

LOS DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA ESTAN FORMADOS POR LAS "LINEAS DE SERVICIO", QUE SON LOS CONDUCTORES Y EL EQUIPO QUE SE USAN PARA EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA DESDE LAS LINEAS O EQUIPOS INMEDIATOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTOS HASTA LOS MEDIOS PRINCIPALES DE DESCONEXION Y PROTECCION DE LA INSTALACION SERVIDA. QUEDAN PUES FORMADAS POR LA "ACOMETIDA" Y POR EL "EQUIPO DE MEDICION" DE LA COMPAÑIA DE LUZ.

B Y C. DISPOSITIVOS DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL

EL 2o. Y 3er ELEMENTO NORMALMENTE ESTAN INTEGRADOS EN UN SOLO DISPOSITIVO, DE ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES DE LOS ARTICULOS 7-9 Y 7-16 DEL R. DE O. EIE. TODA ENTRADA DE SERVICIO DEBE TENER UN DISPOSITIVO QUE PERMITA DESCONECTAR A TODOS LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACION SERVIDA, ASI COMO UN MEDIO DE PROTECCION CONTRA SOBRE-CORRIENTE.

D Y E. SISTEMA DE DISTRIBUCION

EL 4o. ELEMENTO, O SEA EL SISTEMA DE DISTRIBUCION SE ACOSTUMBRA DIVIDIR EN PRIMARIO Y SECUNDARIO, DE ACUERDO CON LA CONDICION DE QUE EL VOLTAJE DE SUMINISTRO SE TRANSFORME O NO EN LA INSTALACION SERVIDA O AUN DE ACUERDO CON LOS DIFERENTES PASOS QUE SE PLANEEN EN LA DISTRIBUCION. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION ESTA INTEGRADO POR:

1) LOS CIRCUITOS DERIVADOS
2) LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION
3) LOS ALIMENTADORES

POR ULTIMO TENDREMOS LA UTILIZACION MISMA DE LA ENERGIA EN EL CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA "CARGA".

UNA INSTALACION ELECTRICA PUEDE SER TAN COMPLICADA COMO LA ANTERIOR, O TAN SIMPLE QUE CONSISTA EN UNA SOLA CARGA, PERO ES IMPORTANTE QUE SIEMPRE SEA "ADECUADA" Y QUE FACTORES SON LOS QUE HAY QUE CONSIDERAR PARA QUE UNA INSTALACION ELECTRICA SEA DEACUADA.

DEBEMOS DE CONSIDERAR

CONVENIENCIA
CAPACIDAD
REGULACION
ACCESIBILIDAD
FLEXIBILIDAD
SEGURIDAD

CONVENIENCIA

SUS CARACTERISTICAS DEBEN DE SER CONGRUENTES CON EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE LA CIA. ABASTECEDORA, Y SUS NORMAS O CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO. EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PUEDE SER URBANO O PROPIO, CON LA CONSIDERACION DE QUE SALVO CASOS ESPECIALES, EL SISTEMA PROPIO SOLO ES POSIBLE PARA CASOS DE EMERGENCIA.

ADEMAS, SUS CARACTERISTICAS DEBEN SER CONGRUENTES CON EL EQUIPO STANDARD EN EL MERCADO Y DEBE DE TENDER A LA MAXIMA STANDARIZACION.

CAPACIDAD

DEBEN SER CAPACES TODAS SUS PARTES DE CONDUCIR LAS CORRIENTES DE REGIMEN ESTABLECIDOS POR EL USO Y DEBEN DE PREVEERSE RESERVAS LOGICAS EN TODAS SUS PARTES.

REGULACION

DEBE DE PROVEER LA MAXIMA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE, O SEA PROPORCIONAR LA CANTIDAD DE ENERGIA NECESARIA EN CADA PUNTA AL VOLTAJE REQUERIDO.

DEBEN POR LO TANTO CONSIDERARSE LA LONGITUD DE LOS CONDUCTORES EN RELACION CON LA LOCALIZACION DE LAS CARGAS PARA DEFINIR CAIDAS DE VOLTAJE ACEPTABLES.

DEBEN DE ESTUDIARSE LAS VARIACIONES DE LAS DIFERENTES CARGAS EN FUNCION CON SU CONCENTRACION EN ALIMENTADORES INDIVIDUALES.

ACCESIBILIDAD

DEBE SER ACCESIBLE PARA:

INSTALACION

OPERACION

MANTENIMIENTO

AMPLIACIONES FUTURAS

FLEXIBILIDAD

DEBERA EN LO POSIBLE CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE CAMBIOS EN OPERACION O POR LOCALIZACION.

SEGURIDAD

SE DEBE DE CONSIDERAR LA SEGURIDAD DE:

EQUIPO

PERSONAL EN OPERACION

PERSONAL EN MANTENIMIENTO

FALLAS DE OPERACION

LA CONDICION BASICA MINIMA DE SEGURIDAD, LA ESTABLECE EL CUMPLIMIENTO DE LA REGLAMENTACION. LA REGLAMENTACION EN NUESTRO PAIS LA PODEMOS CONSIDERAR FORMADA POR LOS SIGUIENTES CONCEPTOS:

SOBRE METODOS Y SISTEMAS

MEDIANTE EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS, EL CUAL FUE PUBLICADO EL 31 DE MARZO DE 1950.

SU ANTECEDENTE ES EL REGLAMENTO NACIONAL ELECTRICO (1926), BASADO EN EL NATIONAL ELECTRICAL CODE (NEC) DE LOS ESTADOS UNIDOS.

IGC

EL NATIONAL ELECTRICAL CODE ESTA PATROCINADO POR "NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION" ASOCIACION PRIVADA.
ES NORMA OFICIAL EN LOS EU
EL PRIMER CODIGO (O LA PRIMERA EDICION) FUE PUBLICADO EN 1897 Y HA SUFRIDO MULTIPLES REVISIONES.
SE REVISA DE TIEMPO EN TIEMPO, PERO NO A INTERVALOS FIJOS.
FUNCIONA UN COMITE PERMANENTE PARA SU REVISION
ACTUALMENTE ESTA EN VIGOR EL DE 1978

EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS DE 1950 NO SE HA ACTUALIZADO, POR LO TANTO ES YA OBSOLETO, EXISTE ACTUALMENTE UNA PROPOSICION PARA SU ACTUALIZACION.

ADEMAS DE LA REGLAMENTACION SOBRE INSTALACIONES, EXISTE TAMBIEN SOBRE MATERIALES Y SOBRE PERSONAS DEDICADAS A TRABAJOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

SOBRE LAS PERSONAS

MEDIANTE EL CAPITULO XIX DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE LA INDUSTRIA ELECTRICA

SOBRE MATERIALES

MEDIANTE EL REGISTRO "SEPAFIN", EXPEDIDO POR LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS DE LA SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS USADOS.
(ES EL ANTIGUO REGISTRO "SC-DGE" QUE HASTA FEBRERO DE 1979 EXPEDIA LA SECOM)

TODAS ESTAS DISPOSICIONES, FORMAN PARTE DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, PUBLICADA EN EL "DIARIO OFICIAL" EL 22 DE DICIEMBRE DE 1975.

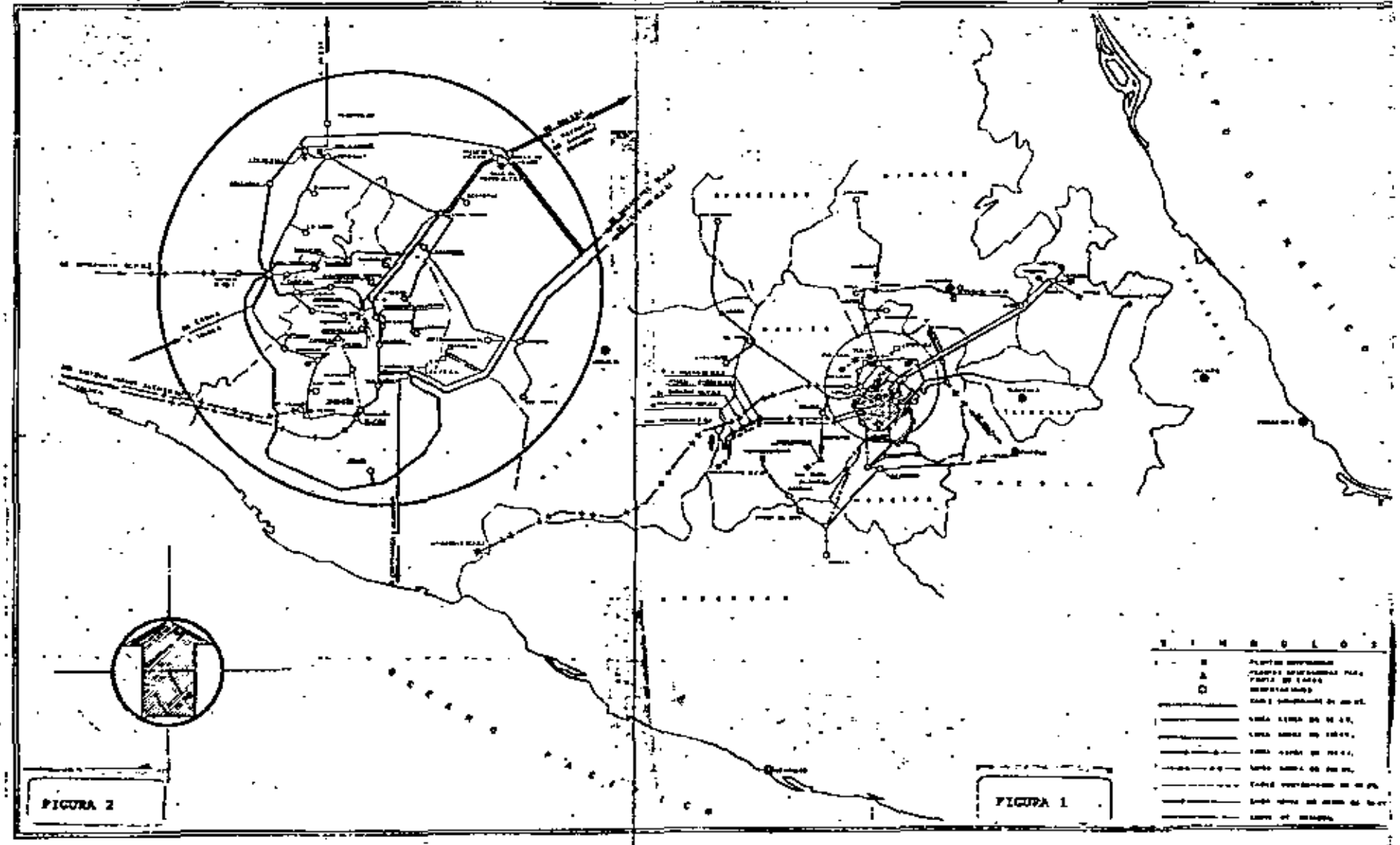
IGC

CONTROL ESTABLECIDO POR LA REGLAMENTACION

LA AUTORIDAD QUE VIGILA EL CONTROL DE LA REGLAMENTACION EN MEXICO, ES LA SECRETARIA DEL PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, A TRAVES DE LA SUBDIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD, DE LA DIRECCION GENERAL DE ENERGIA.

EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PROYECTO, CONSTRUCCION Y TRAMITE EL CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE NUESTRA REGLAMENTACION SE ESTABLECE SEGUN SE OBSERVA EN LAS FIGURAS 6 (ZONA METROPOLITANA) Y (PROVINCIA)

Localización geográfica de Plantas, Subestaciones y Líneas de Transmisión que dan servicio al Sistema Central



IGC

IGC

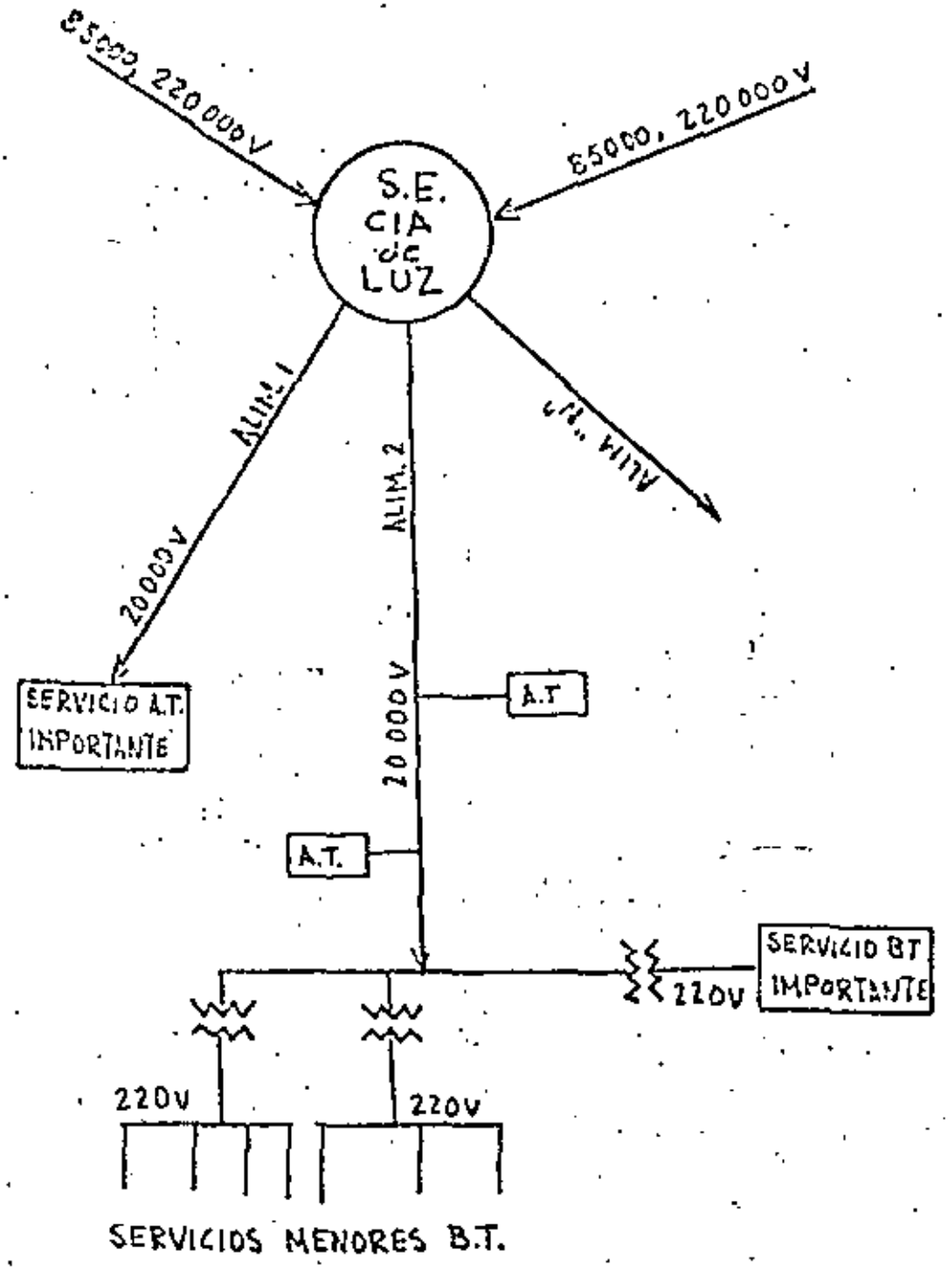
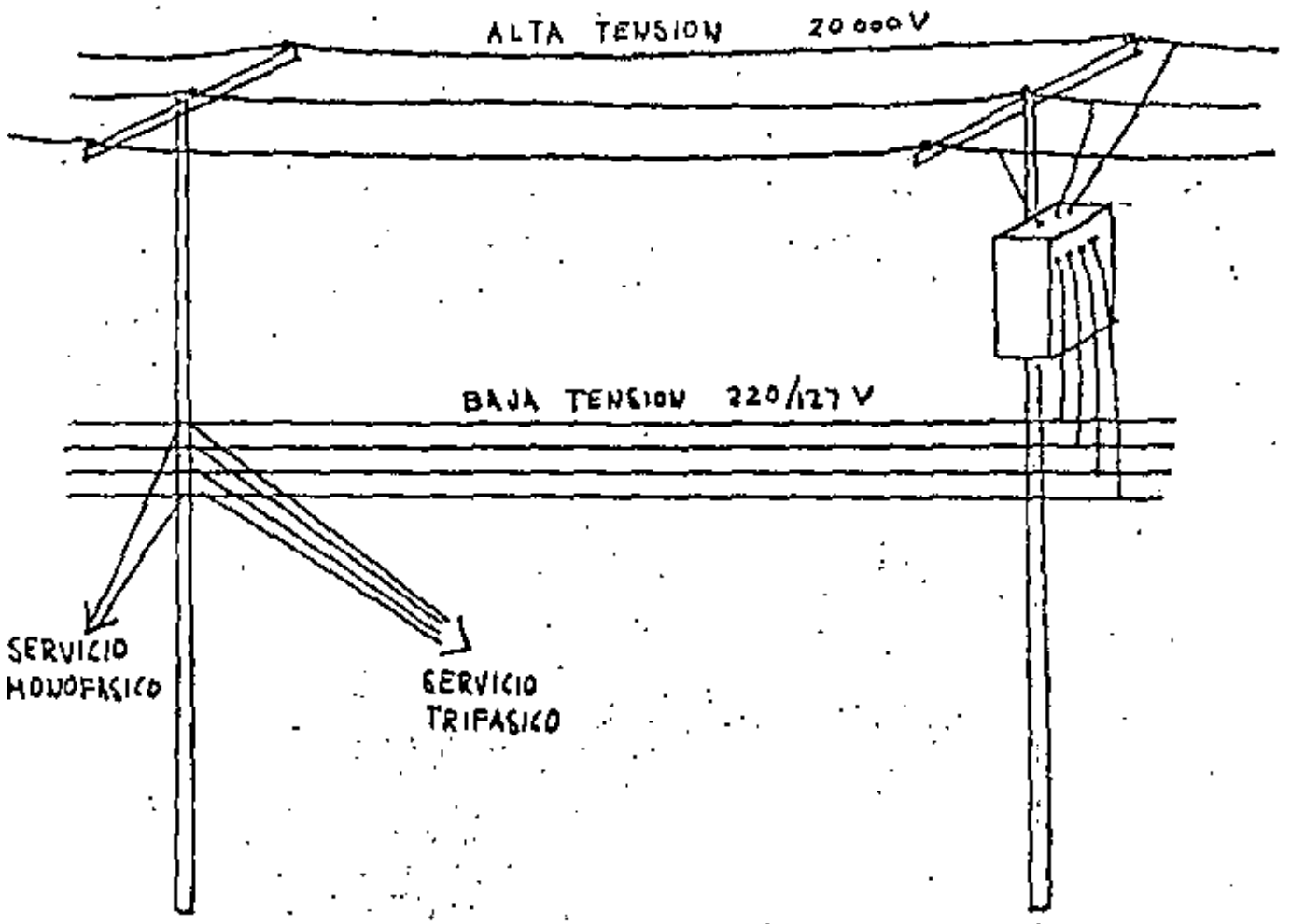

85000, 220 000 V
85000, 220 000 V
S.E.
CIA
DE
LUZ
ALIM. 1
ALIM. 2
ALIM. N°
20000 V
20 000 V
SERVICIO A.T.
IMPORTANTE
A.T.
A.T.
SERVICIO BT
IMPORTANTE
220V
220V
220V
SERVICIOS MENORES B.T.

FIGURA 3

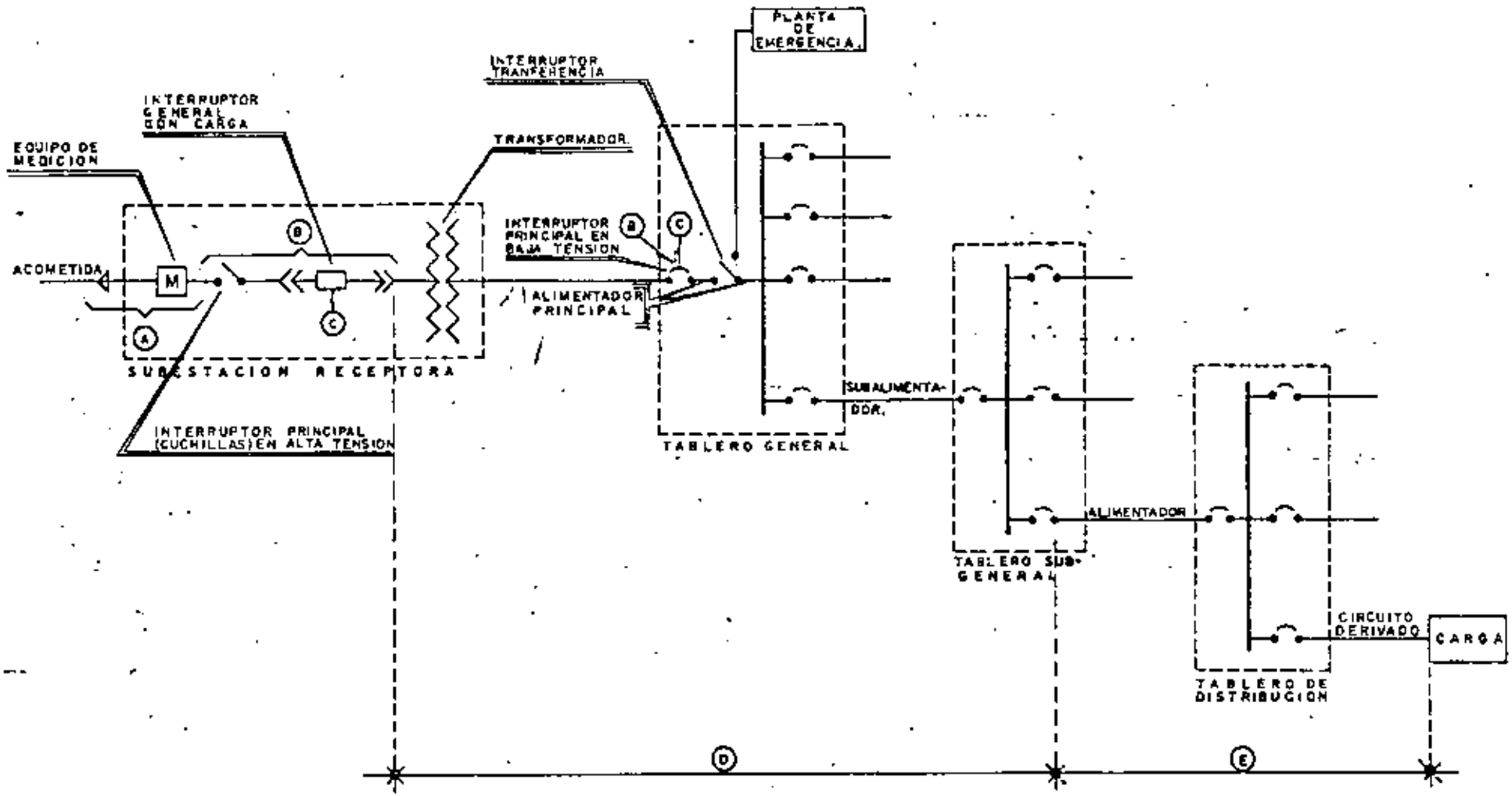
GC


ALTA TENSION 20 000 V
BAJA TENSION 220/127 V
SERVICIO MONOFASICO
SERVICIO TRIFASICO

IGC

FIGURA 4

EJEMPLO:



(A) DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA.

(B) DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE DESCONEXION.

(C) DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE PROTECCION.

(D) SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO.

(E) SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIO.

FIGURA 5

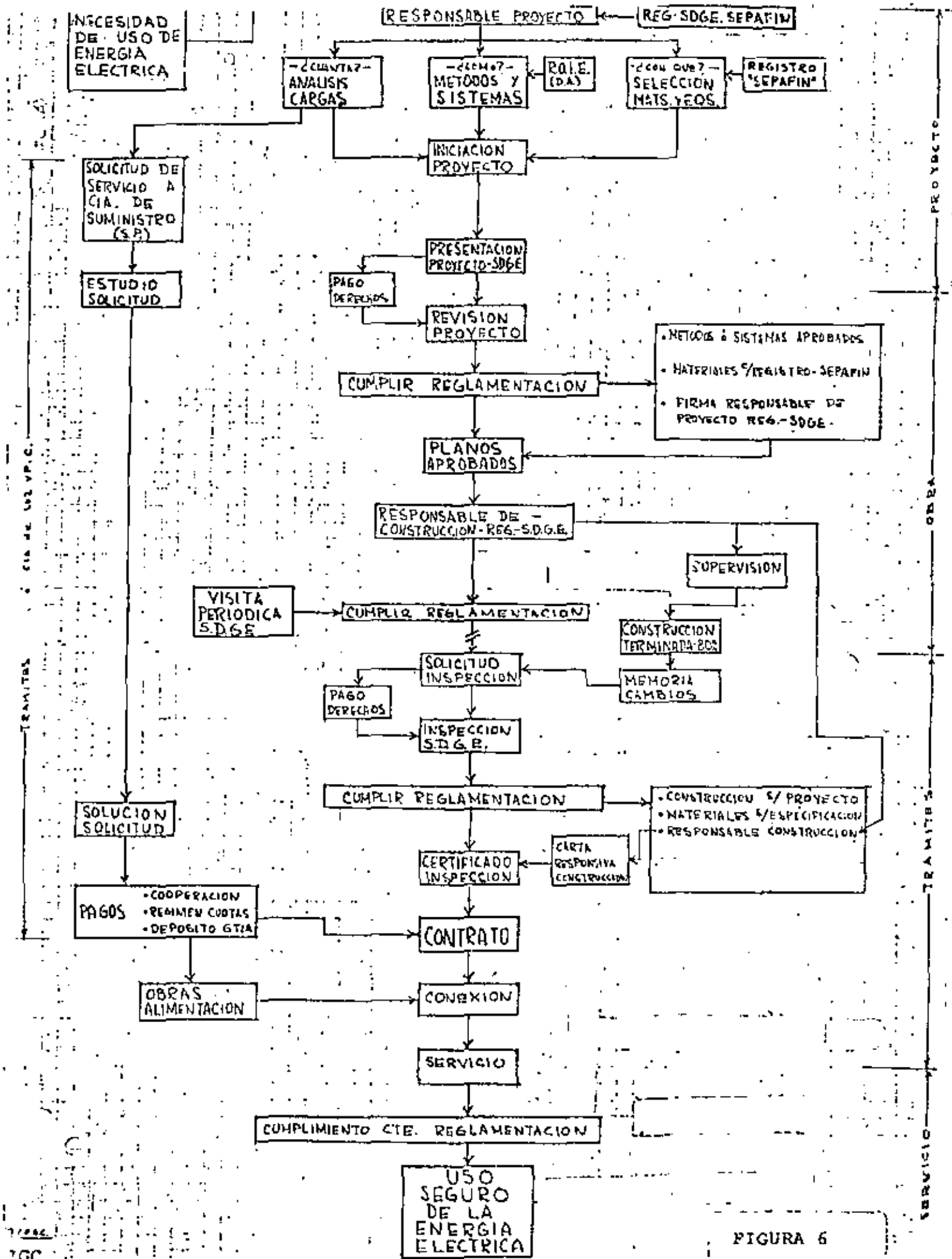

NECESIDAD DE USO DE ENERGIA ELECTRICA
RESPONSABLE PROYECTO
REG. SDGE. SEPAFIN
¿CUANTA?
ANALISIS CARGAS
¿COMO?
METODOS Y SISTEMAS
R.O.I.E. (D.A.)
¿CON QUE?
SELECCION MATS. Y EQS.
REGISTRO "SEPAFIN"
INICIACION PROYECTO
SOLICITUD DE SERVICIO A CIA. DE SUMINISTRO (S.P.)
ESTUDIO SOLICITUD
PRESENTACION PROYECTO-SDGE
PAGO DERECHOS
REVISION PROYECTO
CUMPLIR REGLAMENTACION
• METODOS Y SISTEMAS APROBADOS
• MATERIALES S/REGISTRO-SEPAFIN
• FIRMA RESPONSABLE DE PROYECTO REG.-SDGE.
PLANOS APROBADOS
RESPONSABLE DE CONSTRUCCION-REG.-S.D.G.E.
SUPERVISION
VISITA PERIODICA S.D.G.E.
CUMPLIR REGLAMENTACION
CONSTRUCCION TERMINADA-BOS
SOLICITUD INSPECCION
MEMORIA CAMBIOS
PAGO DERECHOS
INSPECCION S.D.G.E.
CUMPLIR REGLAMENTACION
• CONSTRUCCION S/ PROYECTO
• MATERIALES S/ESPECIFICACION
• RESPONSABLE CONSTRUCCION
SOLUCION SOLICITUD
CERTIFICADO INSPECCION
CARTA RESPONSIVA CONSTRUCCION
PAGOS
• COOPERACION
• REMIMEN CUOTAS
• DEPOSITO GTIA.
CONTRATO
OBRAS ALIMENTACION
CONEXION
SERVICIO
CUMPLIMIENTO CTE. REGLAMENTACION
USO SEGURO DE LA ENERGIA ELECTRICA
TRAMITES
PROYECTO
OBRA
TRAMITES
SERVICIO

FIGURA 6

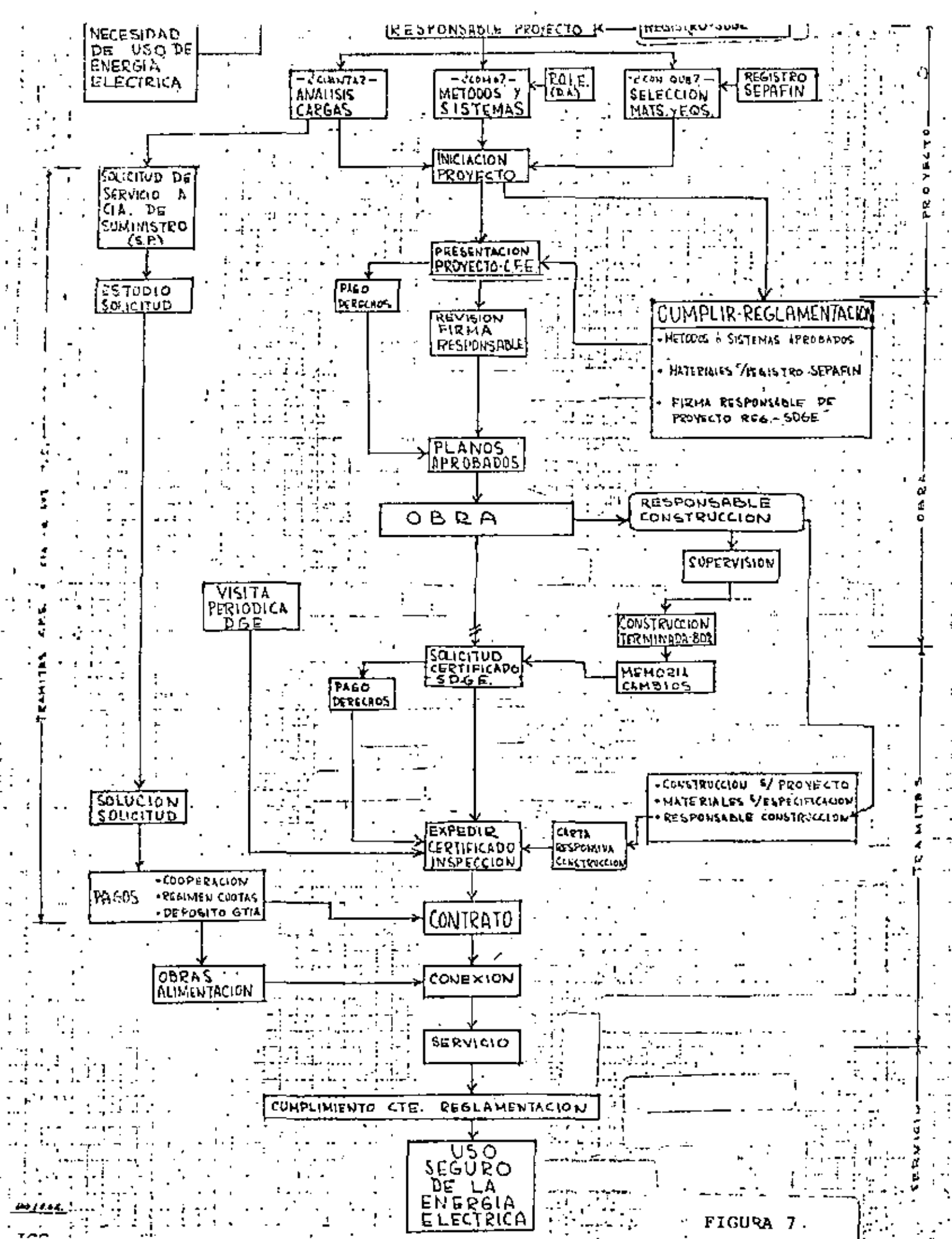

NECESIDAD DE USO DE ENERGIA ELECTRICA
RESPONSABLE PROYECTO
REGISTRO SDGE
¿CUANTA?
ANALISIS CARGAS
¿COMO?
METODOS Y SISTEMAS
R.O.I.E. (D.A.)
¿CON QUE?
SELECCION MATS. Y EQS.
REGISTRO SEPAFIN
INICIACION PROYECTO
SOLICITUD DE SERVICIO A CIA. DE SUMINISTRO (S.P.)
ESTUDIO SOLICITUD
PRESENTACION PROYECTO-CFE
PAGO DERECHOS
REVISION FIRMA RESPONSABLE
CUMPLIR-REGLAMENTACION
• METODOS Y SISTEMAS APROBADOS
• MATERIALES S/REGISTRO SEPAFIN
• FIRMA RESPONSABLE DE PROYECTO RGG.-SDGE
PLANOS APROBADOS
OBRA
RESPONSABLE CONSTRUCCION
SUPERVISION
VISITA PERIODICA DGE
CONSTRUCCION TERMINADA-BDR
SOLICITUD CERTIFICADO SDGE.
MEMORIA CAMBIOS
PAGO DERECHOS
• CONSTRUCCION S/ PROYECTO
• MATERIALES S/ESPECIFICACION
• RESPONSABLE CONSTRUCCION
SOLUCION SOLICITUD
EXPEDIR CERTIFICADO INSPECCION
CARTA RESPONSIVA CONSTRUCCION
PAGOS
• COOPERACION
• REGIMEN CUOTAS
• DEPOSITO GTIA
CONTRATO
OBRAS ALIMENTACION
CONEXION
SERVICIO
CUMPLIMIENTO CTE. REGLAMENTACION
USO SEGURO DE LA ENERGIA ELECTRICA
PROYECTO
OBRA
TRAMITES
SERVICIO

FIGURA 7.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO

OCTUBRE, 1979.

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO.

TERCERA SESION.- Viernes ~~7 de julio~~ 26 de octubre.

V.- Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica.

a).- Diagrama general.- El diagrama general que se muestra en la figura 1, nos indica los principales elementos que constituyen una instalación eléctrica, desde la carga más elemental, pasando por los diversos dispositivos de que se compone hasta la acometida en la que entrará la alimentación por parte de la compañía suministradora.

b).- Diversos elementos que la componen.- Los elementos integrantes de una instalación eléctrica son los siguientes:

1.- Dispositivos de recepción de energía.- Los dispositivos de recepción de la energía están formados por las líneas de servicio, que son los conductores y el equipo que se usan para el suministro de la energía eléctrica desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta los medios principales de medición y protección de la instalación alimentada.

2 y 3.- Dispositivos de desconexión y protección principal.

El 2o. y 3o. elementos están normalmente integrados en un solo dispositivo, ya que de acuerdo con las disposiciones del R.O.I.E., indica que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimen

#

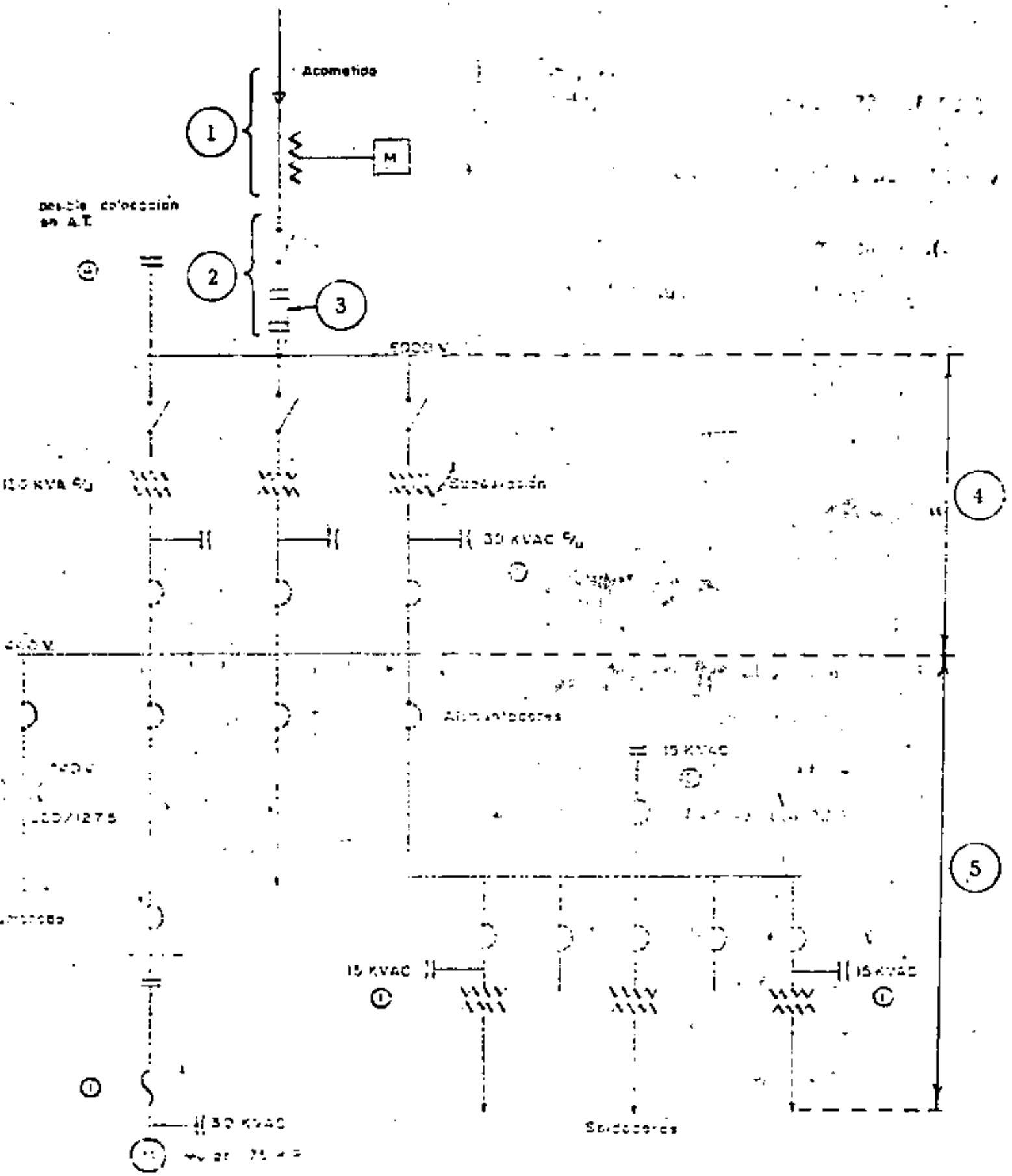

Acometida
1
M
posible conexión en A.T.
2
3
5000 V
4
30 KVAC
15 KVAC
15 KVAC
15 KVAC
30 KVAC
5
Subestaciones

FIG. 2

tada, así como un medio de protección contra sobrecorriente.

4 y 5 - Sistema de distribución.- El siguiente elemento o sea el -- sistema de distribución, se acostumbra dividir en primerio y secundario, de acuerdo con la característica de que la tensión de suministro se transforme o no en la instalación alimentada, o también de acuerdo con las diferentes fases que se planeen en la distribución. Este sistema está integrado por:

- Los circuitos derivados.
- Los tableros de distribución
- Los alimentadores.

6.- Dispositivos de utilización o cargas.- Este será el dispositivo de nuestro sistema que nos representará al conjunto de elementos que usarán la energía eléctrica del sistema.

VI.- Análisis de los elementos constitutivos.

a).- Cargas.- El análisis de la instalación eléctrica la desarrollaremos a partir del último elemento, o sean los dispositivos de utilización o -- cargas.

La carga se define como cualquier dispositivo adecuado para absorver o transformar la energía eléctrica, ya sea en energía luminosa (lámparas), energía mecánica (motores), energía térmica (calefacto--

#

res), o en cualquier otra forma de energía, por lo que estos elementos constituyen los dispositivos de utilización de energía eléctrica.

Las cargas de acuerdo a su fuente de alimentación se clasifican como sigue:

1.- Cargas en el sistema normal.

2.- Cargas en el sistema de emergencia

La primera de ellas nos indica que los dispositivos de utilización o cargas están conectados al sistema de alimentación de la compañía suministradora de energía eléctrica y las segundas son las que estando también conectadas al sistema de alimentación de la compañía suministradora, se consideran básicas para proporcionar los servicios para lo cual han sido instaladas por lo que, en el caso de falla por parte de la compañía suministradora, estas cargas estarán conectadas a un generador de energía eléctrica adicional (planta de emergencia) que le suministrará la energía eléctrica necesaria mientras dure la falla mencionada.

Para analizar las cargas, ya sean de servicio normal o de emergencia, se clasifican de la forma siguiente:

1.- Cargas de alumbrado.

° Utilitaria.

- CARGAS
  - ALUMBRADO
    - UTILITARIA
    - ARQUITECTONICA
  - APARATOS
    - DEFINIDA
    - INDEFINIDA
  - MOTORES

° Arquitectónica.

2.- Cargas de aparatos.

° Definida.

° Indefinida.

3.- Cargas de motores.

1.- Cargas de alumbrado.- Estas cargas se han dividido en utilitarias y arquitectónicas.

Cargas de alumbrado utilitarias.

Estas cargas sirven para proporcionar la energía luminosa necesaria para iluminar una determinada superficie y permite la visión a un máximo de velocidad, presición y facilidad, con un mínimo esfuerzo y fatiga.

La característica principal de este tipo de carga es que se encuentra uniformemente distribuida en función del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación está en función del uso del local y se mide en unidades llamadas luxes. De acuerdo a los diversos usos específicos, existen tablas que indican los niveles de iluminación recomendables, los que se consideran sobre el plano del trabajo, ya sea horizontal, vertical u oblicuo.

#

En el caso donde el área del trabajo no esté definida, la iluminación se considera sobre un plano horizontal de 75 cm. por encima del suelo.

Los valores dados por estas tablas son considerados como el nivel luminoso mínimo recomendado para cualquier punto sobre el sitio de trabajo y en cualquier momento. Esto significa que una instalación debe ser proyectada de tal manera, que ni la suciedad de las luminarias, lámparas, paredes y techos, ni la distribución normal en la emisión luminosa de las lámparas en sí, hagan disminuir la iluminación en algún momento por debajo del nivel recomendado.

Se anexan las tablas que representan los niveles recomendados por la I. E. S. (Illumination Engineering Society), y por la (Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación).

Para diseñar las instalaciones de alumbrado existen dos métodos que son los siguientes:

° Método de los lúmenes.

° Método de punto por punto.

El método de los lúmenes proporciona el nivel medio de luxes mediante la utilización de expresiones realmente sencillas. Cada

#

Niveles mínimos de iluminación recomendados para el alumbrado general de interiores

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Auditoriums.	
Reunión o asamblea	150
Exposición y exhibiciones	300
Bancos.	
Vestíbulos:	
General	500
Áreas de trabajo	700
Correspondencia, claves, etc.	1500
Bomberos (ver Servicios del Municipio).	
Correos (Oficinas de).	
Mesas del vestíbulo	300
Clasificación, fichero, etc.	1000
Escuelas.	
Lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Lectura de textos en papel de copias:	
Buenas	300
Malas	1000
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1000
Pizarras	1500
Salón de costura	1500
Estaciones, cocheras y terminales.	
Salas de espera y salas para fumadores	300
Despacho de billetes: general, ventanilla, mostradores	1000
Facturación de equipajes	500
Andenes y almacenes	200
Servicios y lavabos	300
Galerías de arte.	
General	300
Sobre los cuadros (alumbrado suplementario)	300*
Para esculturas y demás objetos de arte	1000**
Hospitales	
Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres:	
Sala de autopsias	1000
Mesa de autopsias	25000
Depósito general	200
Central esterilizadora:	
General	300
Afilado de agujas	1500
Departamento odontológico:	
General	700
Vitrina de instrumental	1500
Sillón dental	10000
Laboratorio, bancos	1000
Sala de recuperación	50
Sala de emergencia:	
General	1000
Local	20000
Sala de reconocimiento y tratamiento:	
General	500
Mesa de reconocimiento	1000
Salidas (nivel luminoso en el suelo)	50
Ojos, nariz, oído y garganta:	
Sala oscura	100

* Los cuadros oscuros con detalles o pormenores delicados deberán tener de 2 a 3 veces este nivel.
** A veces se requiere muchos más.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Sala de reconocimiento de ojos, oído, nariz y garganta	500
Sala de fracturas:	
General	500
Mesa de operaciones	2000
Laboratorios:	
Salas de ensayo	300
Mesas de trabajo	500
Trabajos delicados	1000
Bibliotecas	700
Salas de armarios	200
Vestíbulos y pasillos	300
Archivo de protocolos médicos	1000
Salas de enfermeras:	
General	200
Pupitres y diagramas	500
Despacho de medicinas	1000
Salas de trabajo de enfermeras	300
Casas cunas:	
General	100
Mesa de reconocimiento	700
Pediatría y sala de juegos	300
Obstetricia:	
Salas de esterilización	300
Salas de consulta	200
Sala de partos, general	1000
Mesa de partos	25000
Farmacias:	
General	300
Mesas de trabajo	1000
Almacén de productos	300
Habitaciones y salas*	
General	100
Lectura	300
Locales para pacientes mentales	100
Trabajo con radioisótopos:	
Laboratorio radioquímico	300
Salón de medidas	200
Mesas de trabajo	500
Solariums	200
Almacenes:	
General	150
Oficinas	700
Cirugía:	
Salas de instrumentos y esterilización	300
Salas de limpieza (instrumentos)	1000
Salas de operaciones, general	1000
Mesas de operaciones	25000
Salas de recuperación	300
Radioterapia:	
Física	200
Aplicada	300
Lavabos	100
Otros locales	200
Salas de espera:	
General	150
Lectura	300
Rayos X:	
Radiografías, fluoroscopias y cámara oscura	100
Radioterapia profunda y superficial	100
Examen de pruebas	300
Archivos, películas reveladas	300
Almacén, películas sin revelar	100

* De enfermos o heridos.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Hotelas.	
Bares y cafeterías (ver Restaurantes).	
Salas de baños:	
General	100
En el espejo	300†
Dormitorios:	
General	100
Tocador	300†
Lectura y escritura	300
Comedores (ver Restaurantes).	
Vestíbulo	300
Recepción	500
Servicio de lavado de ropas:	
Lavado	300
Planchado	500
Planchado mecánico	700
Lencería y ropa blanca:	
General	200
Costura	1000
Salas de espera:	
General	100
Zonas de lectura y trabajo	300
Marquesina:	
Alrededores oscuros	300
Alrededores claros	500
Despensas	100
Municipio (Servicios del); Bomberos y Policía.	
Policía:	
F s de identificación	1500
C y cuartos para interrogatorios	300
Bomberos:	
Dormitorio	200
Aparcamiento de coches y sala de recreo	300
Museos (ver Galerías de arte).	
Oficinas.	
Lectura de alto contraste de textos bien impresos; tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada, tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencia, salas de visita, etc	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia	700
Trabajo normal burocrático; lectura de buenas reproducciones; lectura o transcripción de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel, archivos de uso continuo, clasificación de correspondencia, índice de asuntos	1000
Contabilidad, audición, máquinas de escribir, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada	1500
Cartografía, estudios, dibujo detallado	2000
Corredores, escaleras, ascensores y escaleras mecánicas	200 *
Policía (ver Servicios del Municipio).	
Residencias.	
T s visuales concretas:	
de mesa	300
s:	
Pilas de cinc, fregaderos	700
Hornillos y superficies de trabajo	500
Lavadoras, cuestos de ropa, planchas y tablas de planchar	500
Salones de lectura, escritura y estudio:	
Libros, revistas, periódicos	300

* Para exámenes meticulosos 500 lux

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Escritura a mano, reproducciones, copias malas	700
Pupitres de estudio	700
Lectura de partituras musicales:	
Partituras sencillas	300
Partituras completas	700**
Cuartos de costura:	
Trabajos intermitentes, elevados contrastes con tela, telas bastas, puntadas grandes	300
Trabajos intermitentes, telas finas	500
Trabajo continuo, telas ligeras o medias	1000
Telas oscuras, detalles finos, bajo contraste	2000
Tocadores, maquillajes, afeitados (emplazado sobre los espejos y rostros)	500
Taller, bancos de trabajo	700
Alumbrado general:	
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos	100
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juegos	100
Cocina, lavandería, cuartos de baño	300
Restaurantes, cafeterías y bares.	
Comedores:	
De tipo íntimo:	
Con alrededores oscuros	30
Con alrededores claros	100
Para realizar el trabajo de limpieza	200
De tipo general:	
Con alrededores oscuros	150
Con alrededores claros	300
De autoservicio:	
Alrededores normales	500
Alrededores muy iluminados	1000
Cajas	500
Exposición de comida: dos veces el nivel general pero nunca menos de	500
Cocinas:	
Inspección, verificación, precios	700
Otras áreas	300
Tiendas.	
Escaparates:	
Alumbrado de día:	
General	2000
Detalle o pormenor	10000
Alumbrado de noche:	
Distritos poco concurridos o pequeñas ciudades:	
General	1000
Detalle	5000
Distritos principales o de mucha competencia:	
General	2000
Detalle	10000
Interior de las tiendas:	
Zonas de circulación	300
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:	
Con servicio normal	1000
Con autoservicio	2000
Vitrinas y estanterías:	
Con servicio normal	2000
Con autoservicio	5000
Exposición de detalles:	
Con servicio normal	5000
Con autoservicio	10000

* O no menos, de 1/5 del nivel luminoso en las zonas inmediatas.
** Cuando las partituras son de tamaño inferior a las normales y las anotaciones sobre las líneas se necesitan 1500 lux o más.

Niveles Mínimos de Iluminación Recomendados para el Alumbrado de Interiores Industriales

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Acero (ver Hierro y acero).	
Ajuste (Talleres de).	
Trabajo basto de fácil visión	300
Trabajo basto de difícil visión	500
Trabajo medio	1000
Trabajo fino	5000
Trabajo extra fino	10000
Almacenes y bodegas:	
De poco movimiento	50
Activos de mucho movimiento:	
Embalaje tosco	100
Embalaje medio	200
Embalaje fino	500
Arcilla (ver Cementos).	
Automóviles (Fábricas de).	
Ajuste del bastidor	500
Línea de montaje y ajuste de chasis	1000
Montaje final e inspección de línea	2000
Fabricación de la carrocería:	
Piezas	700
Acabado e Inspección	2000
Aviación. Fábricas de aviones.	
Naves:	
De producción	1000
De inspección	2000
Fabricación de piezas:	
Remachar, soldar y taladrar	700
Cabinas de pintura	1000
Preparación planchas de aluminio y trabajo de templado; formación y pulido de las partes pequeñas del fuselaje, secciones de alas y carcasas de motores	1000
Montajes secundarios: Trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de ala, carcasas y otras piezas grandes	1000
Montaje final e inspección	1000
Reparación de herramientas	1000
Aviación. Hangares (solamente servicio de reparaciones	1000
Azúcar (Industrias del).	
Departamento de chocolates:	
Descascarillar, aventar, extracción de grasas, triturar, refinar	500
Limpieza y selección de granos, inmersión, envase, empaquetado, etc	500
Molienda	1000
Elaboración de la crema, mezclado, cocido y moldeado	500
Gelatina y jalea	500
Decoración a mano	1000
Departamento de caramelos:	
Mezclar, cocer, moldear	500
Cortar y seleccionar	1000
Envasar y empaquetar	1000
Azúcar (Refinerías de).	
Dosificación	500
Inspección del color	2000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Bodegas (ver Almacenes y bodegas).	
Carbón (Volquetes automáticos y lavaderos de).	
Triturado y lavaderos	100
Selección	3000
Cartón (Fábricas de cajas de): Area general	500
Caucho (ver Goma).	
Cementos y derivados de la arcilla.	
Molido, prensas de filtro	300
Moldeado, lavado y prensado	300
Color y vidriado trabajo duro; esmaltado	1000
Color y vidriado, trabajo fino	3000
Centrales eléctricas y subestaciones. Interiores.	
Auxiliares, habitaciones de baterías, bombas de alimentación de calderas, tanques, compresores y cuadros de instrumentos	200
Plataforma de calderas, habitación de cables y áreas de circulación o de bombas	100
Plataforma de quemadores	200
Condensadores: áreas de desaereadoras evaporadores y calentadores	100
Habitaciones de control:	
Panel de interruptores (frente vertical):	
Secciones sencillas o dobles frente al operador:	
Tipo A. Habitaciones de control, centralizado, de gran tamaño. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo	500
Tipo B. Habitación de control normal. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo	300
Sección de "duplex" frente al operador	300
Pupitres de trabajo (nivel horizontal)	500
Areas interiores de los paneles de interruptores para "duplex"	100
Parte trasera de los paneles de interruptores (nivel vertical)	100
Alumbrado de emergencia para todas las áreas.	30
Laboratorio de química	500
Casetas de filtros, aparatos de control de fuerza y equipos telefónicos	200
Túneles o galerías, tuberías.	100
Zona de turbinas bajo el pavimento	200
Habitación de turbinas	300
Conservas (Fábricas de).	
Clasificación inicial de materias crudas	500
Tomates	1000
Selección de color (cortado)	2000
Preparación:	
Selección preliminar:	
Albaricoques y melocotones	500
Tomates	1000
Aceitunas	1500
Cortado y selección final	1000
Conservado	
Enlatado continuo en cadena	1000
Empaquetado a mano	500
Aceitunas	1000
Examen de envasados	2000
Corte y confección.	
Inspección de paños	20000
Cortado y prensado	3000
Cosido	5000
Electricidad (ver Centrales eléctricas).	
Electricidad (Fabricación de equipos, eléctricos).	
Impregnación	500
Aislado, pintado de conductores	1000
Ensayos	1000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
E. ...rnación.	
Doblar, montar, encolar, etc	700
Cortar, perforar y coser	700
Repujar e inspección	2000
Forja (Talleres de)	500
Fundiciones.	
Templado, limpiado, batido	300
Moldeo o fabricación de machos, trabajo medio	500
Moldeo o fabricación de machos, trabajo fino	1000
Desbastado y cepillado	1000
Inspección media	1000
Inspección fina	5000
Moldes, grandes; rellenado y vaciado	500
Moldes medianos	1000
Horno de cúpula	200
Galvanizado	300
Garajes: Automóviles y camiones.	
Servicio de garajes:	
Reparaciones	1000
Zonas de tráfico activo	200
Garajes de apacamiento:	
Entrada	500
Pistas y rampas	100
Aparcamiento	50
(Mecanizado de artículos de).	
...ación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y fresado	300
Preparación del tejido, corte y telares	500
Moldeado y selección de productos, calibrado	500
Inspección	2000
Guantes (Fábricas de).	
Prensado y cortado	3000
Máquinas de hacer punto y selección	1000
Cosido e inspección	5000
Harina (Fábricas de).	
Molido, cernido, refinado	500
Empaquetado	300
Control de productos	1000
Cribas, limpiadoras, ascensores, pasillos, recipientes de control	300
Hierro y acero (Industria del).	
Interiores abiertos:	
Piso de carga (Fundición)	200
Vagonetas de colada:	
Pozos de escoria	200
Plataformas de control	300
Zona superior	300
Pasarelas elevadas de inspección	100
Mezcladores	300
Calcinado y sangrado	100
Trenes de laminación:	
...ñotes, pletinas, barras calientes y planchas calien-	300
...nación en frió, barras y Planchas	300
Tubos, barras, varillas redondas, alambres	500
Estampado de hojalata: estañado, galvanizado, laminado de flejes en frio	500

* Los materiales especulares o las superficies de trabajo pueden necesitar consideraciones especiales en la selección y colocación de los equipos de alumbrado o en su orientación respecto al trabajo.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Sala de máquinas y motores	300
Inspección:	
Chapas oscuras, changote, cascajo	1000
Hojalata y otras superficies brillantes	1000
Imprentas.	
Fundición de tipos:	
Máquinas y moldes de mano; fundición de conjuntos, clasificación	500
Fabricación de matrices, rectificado de tipos	1000
Plantas de impresión:	
Inspección de color y valoración	2000
Composición a máquina, salas de composición	1000
Prensas	700
Lectura de pruebas y revisión de planchas	1500
Electrotipia:	
Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido y rectificación	1000
Montura de planchas, estañado, electroplatado, limpiado	500
Fotograbado:	
Grabado al aguafuerte, planchas	500
Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entintado y enmascarado	1000
Inspección (Trabajos de).	
Ordinario	500
Difícil	1000
Bastante difícil	2000
Muy difícil	5000
Lo más difícil	10000
Lavanderías.	
Lavado	300
Planchado, clasificación y marcado	500
Acabado a máquina y con plancha. Clasificación	700
Planchado fino a mano	1000
Madera.	
Trabajos bastos y de banco	300
Medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de banco y máquina encolado barnizado y tonelería	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino acabado	1000
Manipulado de materiales.	
Empaquetado, embalaje y etiqueta	500
Clasificación y distribución	300
Carga y colocación en camiones	200
Interior de camiones y coches de transporte	100
Metal. Trabajo en metales laminados.	
Prensado, cortado, estampado, taladrado, maquinaciones diversas, trabajo medio de banco	500
Inspección de estañado y galvanizado; trazado	2000
Neumáticos y tubos de goma (Fabricación de).	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y fresado	300
Preparación de productos: cortado, construcción de bordes	500
Máquinas de hacer tubo	500
Fabricas de neumáticos:	
Bandajes sólidos	300

\+ La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar más condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Neumáticos y tubos de (continuación)	
Neumáticos	500
Departamento de revisiones: Revisión de tubos, revisión de neumáticos	700
Inspección final: Tubos, neumáticos	2000
Papel (Fábricas de).	
Triturado, molido y prensado	300
Acabado, cortado, aparejado y máquinas de hacer papel	500
Cortado a mano, máquinas de cortar e igualar	700
Bobinas de papel, inspección y laboratorios	1000
Rebobinado	1500
Piel (Fabricación de artículos de).	
Prensado, enrollado y glaseado	2000
Clasificación, cortado, acoplado y cosido	3000
Piel (Industrias de la). Cueros.	
Depósitos de limpieza, curtido y estirado	300
Cortado, descarnado y estopado	500
Acabado y cosido	1000
Piedras. Triturado y cribado.	
Correas transportadoras espacios para canalizaciones, habitaciones de toboganes e interior de receptáculos	100
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo los receptáculos	100
Cribas	200
Pinturas (Fabricación de).	
General	300
Mezclas comparativas y normales	2000
Pintura (Talleres de).	
Por inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y perfilado delicado a mano	500
Trabajos finos de pintura a mano y acabado	1000
Trabajos extrafinos de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos, etc.)	3000
Planchado y limpiado en seco (ver Tintorerías).	
Productos lácteos: Industrias de la leche.	
Habitación de hervido y almacén de botellas	300
Clasificación de botellas	500
Limpiado de botellas	
Lavado de bidones y equipos de frío	300
Rellenado, inspección	1000
Indicadores, aneles y termómetros (parte vista)	500
Laboratorios	1000
Pasteurizadores, clasificadores y refrigeradores	300
Tanques depósitos:	
Interiores claros	200
Interiores oscuros	1000
Pulido y bruñido	1000
Química (Trabajos de).	
Desecadores, alambiques, evaporadores, blanqueadores, filtros	300
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores	300
Servicio (Áreas de).	
Escaleras, pasillos, ascensores	200
Lavabos y Tocadores	300

* La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar unas condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Soldadura (Talleres de) (continuación)	
Iluminación general	500
Soldadura manual de arco. Gran precisión	10000
Sombreros (Fábricas de).	
Tinte, enderezado, acordonado, limpieza y refinado	* 1000
Dar forma, tamaño, perforado, rebordeado, acabado y planchado	2000
Cosido e inspección	5000
Tabaco (Manipulado del).	
Secado, limpieza general	300
Clasificación y apartado	2000
Tahonas.	
Cuarto de mezclas	500
Estanterías (iluminación vertical)	300
Interior del horno (mezcladores verticales)	500
Cuarto de fermentación	300
Locales restantes:	
Pan	300
Dulces y productos de confitería	500
Horno, pruebas y empaquetado	300
Rellenado y otros ingredientes	500
Decorado y azucarado:	
Mecánico	500
A mano	1000
Talleres de forja (ver Forja).	
Talleres mecánicos.	
Trabajos bastos de banco y máquina	500
Trabajos medios de banco y máquina, máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruñido medio	1000
Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruñido fino	5000
Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino	10000
Telas (sus derivados) (ver Corte y confección).	
Telas y tejidos (ver Textiles (Fábricas)).	
Textiles (Fábricas). Algodón.	
Abrir, mezclar y picar	300
Cardar, estirar, torcer, encanillar, hilar, urdir	500
Confección de piezas de tela:	
Artículos grises	500
Mezclilla	1500
Inspección:	
Artículos grises (girado a mano)	1000
Mezclilla (movimiento rápido)	5000
Estirado automático	1500
Hilado a mano	2000
Tejido	1000
Textiles (Fábricas). Lana y estambre.	
Clasificación	1000
Hilado (en bastidor o máquina): blanco	500
Hilado (en bastidor o a máquina): coloreado	1000
Trenzado o urdido: blanco	500
Urdido en peine: blanco	1000
Urdido: color	1000
Urdido en peine: color	3000
Trenzado: blanco	300
Trenzado: color	500
Tejido: blanco	1000
Tejido: color	2000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Tex[illegible] (Fábricas) (continuación).	
Loc[illegible]ara géneros grises:	
Borra	1500
Hilos	3000
Telas	700
Acabado, completado, pegado, tratado y secado	500
Tintes	1000
Acabado en seco:	
Preparado, acondicionado, prensado y tejido	700
Corte	1000
Inspección	20000
Textiles (Fábricas). Seda y rayón.	
Fabricación: empapado coloreado y acondicionamiento o colocación de líneas	300
Devanado, trenzado, rebobinado, encanillado y enderezado:	
Materiales claros	500
Materiales oscuros	2000
Sala de telares (en sus diversas modalidades)	1000
Hilado en peines o sobre alambres en los telares	1000
Tejido	1000
Tintorerías. Planchado y limpiado en seco.	
Reconocimiento y clasificación	500
Limpieza en seco, húmeda y al vapor	500
Inspección y localización de manchas	5000
Planchado a mano y máquina	1500
Reparaciones y modificaciones	2000
Vidrio (Fábricas de).	
Sala de mezclas y horno, hornos de prensado, máquinas de soplar vidrio	300
Molido, cortado del vidrio a medida, esmerilado	500
Molido fino, pulido y biselado	1000
Inspección, grabado y decorado	2000
Zapaterías. Trabajo en goma.	
Lavado, bañado, mezclado y preparación del caucho	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y cortado de suelas.	500
Laminado de suelas, forrado y 287, proceso de fabricación y acabado	1000
Zapaterías. Trabajo en material.	
Mesas de corte, marcado, ojales, raspar, clasificar y control en materiales oscuros	3000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, repujado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estampado	2000

uno de los factores utilizados en estas expresiones debe ser valorado adecuadamente para la obtención de resultados exactos.

El método de punto por punto lleva en si un cálculo separado de la contribución de cada luminaria a la iluminación total. Por lo general este método se utiliza principalmente para alumbrado público y para alumbrado con proyectores.

Método de los lúmenes.

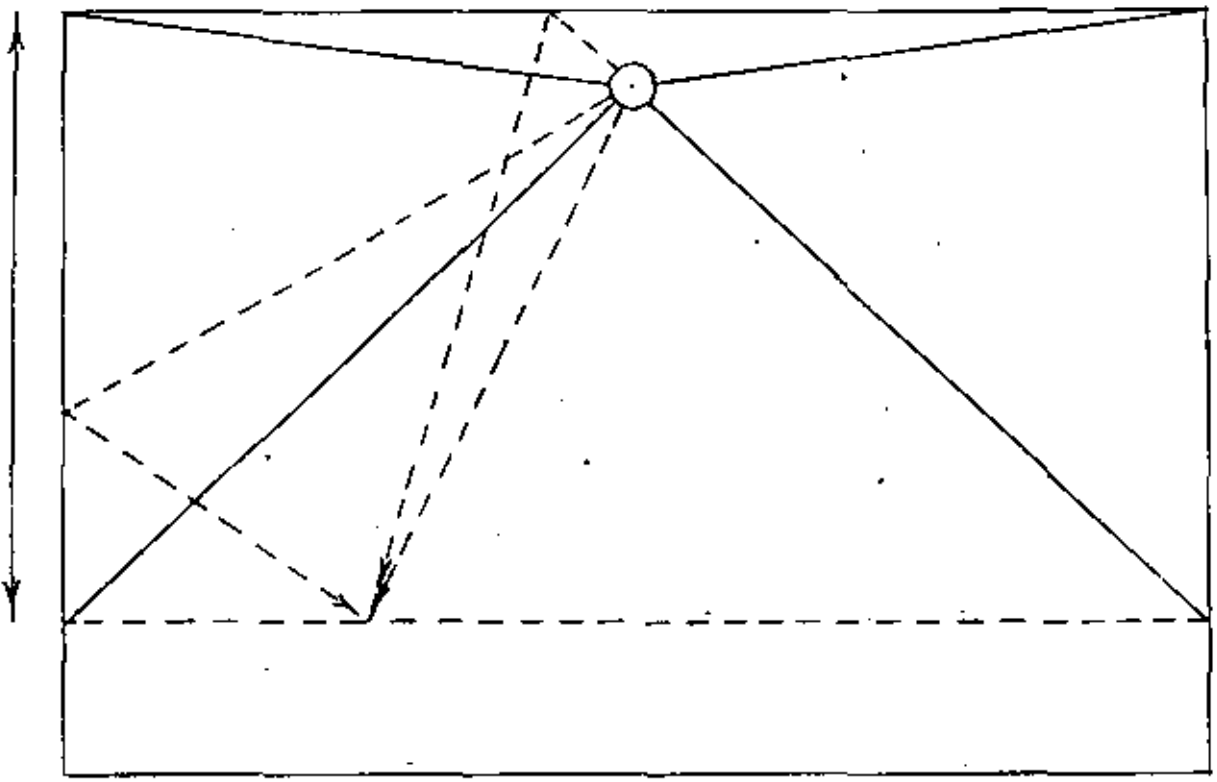
Para utilizar este método en la resolución de un problema de alumbrado deberá seguirse la siguiente secuencia:

i Determinar el nivel requerido de iluminación.- De acuerdo a las tablas existentes, deberá determinarse el nivel de iluminación mínimo para el trabajo específico que se vaya a realizar.

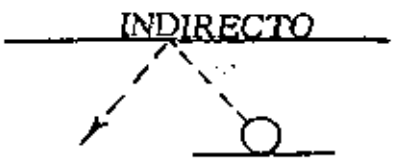
ii Seleccionar el sistema de alumbrado y las luminarias.- Los sistemas de alumbrado se clasifican de la siguiente manera:

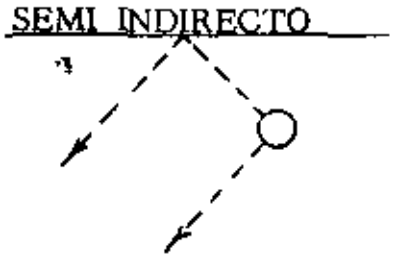
- directo
- semidirecto
- general difuso o directo-indirecto.

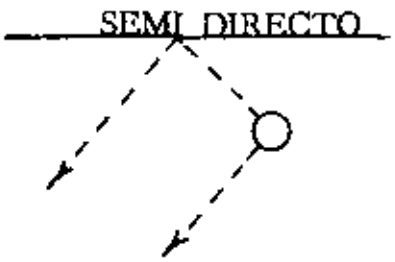
#


Plano de trabajo.


DIRECTO


INDIRECTO


SEMI INDIRECTO


SEMI DIRECTO

° semi-indirecto

° indirecto.

Por lo general, las oficinas quedan mejor iluminadas utilizándose, ya sea un sistema indirecto, un semi-indirecto o un directo-indirecto. En la industria general se utiliza el sistema directo o el semi-directo y las áreas comerciales pueden usar cualquier tipo de alumbrado o combinación de sistemas. La instalación del mejor sistema dependerá de las tareas visuales a realizar y de las características del área por iluminar.

iii Determinar el coeficiente de utilización.- El coeficiente de utilización es la relación del flujo luminoso que llega al plano de trabajo sobre el total del flujo generado por las lámparas. Es un factor que tiene en cuenta la eficiencia y distribución de las luminarias, su altura de montaje, las dimensiones del local y la reflección de las paredes, techos y suelos.

Los locales se clasifican con relación a su forma en diez grupos, cada uno de los cuales es identificado con una letra conocida bajo el nombre de índice del local. Los ín-

dices del local para una amplia gama de dimensiones se proporcionan en las tablas que se anexan.

La clasificación de los índices del local están basados en las relaciones entre las dimensiones de las habitaciones - las que se calculan de la forma siguiente:

Para luminarias directas, semi-directas, directa-indirecta y general difusa:

$$RL = \frac{A \times L}{H \times (A + L)}$$

Para luminarias semi-indirectas e indirectas:

$$RL = \frac{3 \times A \times L}{2 \times H \times (A + L)}$$

donde:

RL.- Relación del local

A.- Ancho del local

L.- Largo del local

H.- Altura del techo sobre el plano de trabajo.

Cada índice del local representa un valor de la relación -

Indice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	Altura de techo en metros. Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto													
		2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.65	19.20
		Altura de montaje sobre el suelo en metros. Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto y General Difuso													
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	I	J	J	J	J								
	3.65	H	I	I	J	J	J	J							
	4.26	G	H	I	J	J	J	J							
	4.87	G	H	I	I	J	J	J							
	5.48	G	H	I	I	J	J	J	J						
	6.10	G	H	I	I	J	J	J	J						
	7.30	G	H	H	I	J	J	J	J	J					
	9.15	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	10.65	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J				
	12.20	F	G	H	I	I	I	J	J	J	J				
	15.25	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J				
3.05	3.05	H	H	I	J	J	J	J							
	3.65	G	H	I	I	J	J	J							
	4.26	G	H	I	I	J	J	J	J						
	4.87	F	H	H	I	I	J	J	J						
	5.48	F	G	H	I	I	J	J	J						
	6.10	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	7.30	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	9.15	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	10.65	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	12.20	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	15.25	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	18.30	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J	J			
	21.35	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J			
3.65	3.65	G	H	H	I	I	J	J	J						
	4.26	F	G	H	I	I	J	J	J						
	4.87	F	G	H	H	I	I	J	J						
	5.48	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	6.10	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	9.15	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J				
	10.65	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J			
	12.20	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J			
	15.25	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	18.30	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	21.35	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	24.40	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
	30.50	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
4.25	4.26	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	4.87	F	G	G	H	I	I	I	J	J					
	5.48	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	9.15	E	F	F	G	H	H	H	I	J	J				
	10.65	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	12.20	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	15.25	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	18.30	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	21.35	D	E	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J		
	24.40	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	30.50	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
4.85	4.87	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	5.48	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	12.20	D	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	15.25	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J
	24.40	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J
	30.50	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J
5.50	5.48	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	6.10	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J		
	12.20	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J	
	24.40	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J	J
	30.50	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J
	36.60	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J

Indice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	Altura de techo en metros — Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto															
		2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.65	19.20	23.75	28.35
		Altura de montaje sobre el suelo en metros — Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto y General Difuso															
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10	16.15	19.20
6.10	6.10	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J					
	7.30	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J					
	9.15	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	G	G	H	I	I	J	J				
	12.20	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J			
	18.30	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	21.35	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	24.40	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J		
	30.50	B	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J		
	36.60	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J	J		
	42.70	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
7.30	7.30	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J				
	9.15	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J				
	12.20	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	15.25	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	18.30	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	21.35	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
	24.40	B	C	C	D	E	E	E	F	G	H	I	I	J	J		
	30.50	B	B	C	C	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	36.60	B	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	42.70	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
9.15	9.15	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	10.65	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	12.20	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	15.25	B	C	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J			
	18.30	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	21.35	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J		
	30.50	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	H	H	I	J	J	
	36.60	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
10.65	10.65	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J			
	12.20	B	C	C	D	E	E	E	F	G	G	H	I	J			
	15.25	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	I	J		
	21.35	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	24.40	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J		
	30.50	A	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	36.60	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	G	H	J	J	
12.20	12.20	B	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	15.25	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	H	J	J		
	18.30	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J	
	21.35	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	24.40	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	30.50	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J
	36.60	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	42.70	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
15.25	15.25	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	18.30	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	21.35	A	A	B	B	C	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	
	24.40	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	36.60	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	F	G	I	J	J
	42.70	A	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	51.80	A	A	A	A	A	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	60.95	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
18.30	18.30	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	21.35	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	24.40	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	F	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	36.60	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	51.80	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	E	F	H	I	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	E	E	F	G	H	I
24.40	24.40	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	E	F	H	H
30.50	30.50	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	45.70	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H
36.60	36.60	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	48.80	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G

del local y las tablas de coeficiente de utilización se pasan en el valor en el punto central de cada una de estas relaciones.

VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL

Indice del local	Relación del local Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	1.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

La tabla de coeficiente de utilización aplicable a una luminaria determinada se seleccionará entre las que se anexan, sobre la base de similitud de distribución de flujo luminoso y de eficiencia. El coeficiente de utilización puede determinarse por el índice del local y por la reflectancia adecuada en las superficies de la habitación.

Las reflexiones recomendadas, en por ciento, se anotan en la siguiente tabla.

#

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia entre lámparas interior e	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización							
Incandescentes	Directa Reflector de cúpula RLM	0 ↑ – ↓ 79	1.3 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.33	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.28	0.26
					I	0.40	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.36	0.33
					H	0.47	0.43	0.39	0.47	0.42	0.39	0.42	0.39
					G	0.54	0.49	0.45	0.53	0.48	0.45	0.48	0.45
					F	0.59	0.54	0.50	0.58	0.53	0.50	0.53	0.50
					E	0.65	0.61	0.57	0.64	0.60	0.57	0.59	0.57
					D	0.69	0.65	0.62	0.68	0.64	0.62	0.63	0.61
					C	0.72	0.68	0.65	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64
					B	0.76	0.73	0.70	0.74	0.72	0.69	0.70	0.69
					A	0.78	0.75	0.73	0.76	0.74	0.72	0.72	0.71
	Directa Intemperie dura Haz medio.	0 ↑ – ↓ 71	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.39	0.38
					I	0.50	0.47	0.45	0.50	0.47	0.45	0.47	0.45
					H	0.55	0.52	0.50	0.54	0.52	0.50	0.51	0.50
					G	0.59	0.56	0.54	0.58	0.55	0.53	0.55	0.53
					F	0.61	0.59	0.57	0.61	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.65	0.62	0.61	0.64	0.62	0.60	0.61	0.60
					D	0.67	0.65	0.63	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					C	0.68	0.66	0.65	0.67	0.66	0.64	0.65	0.64
					B	0.70	0.68	0.67	0.69	0.69	0.66	0.67	0.66
					A	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67
	Directa Intemperie dura Haz estrecho.	0 ↑ – ↓ 70	0.9 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.42	0.40
					I	0.53	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.49	0.48
					H	0.57	0.54	0.52	0.56	0.54	0.52	0.53	0.52
					G	0.61	0.58	0.56	0.60	0.58	0.56	0.57	0.56
					F	0.64	0.61	0.59	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59
					E	0.67	0.64	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					D	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.65	0.65	0.64
					C	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.66	0.67	0.66
					B	0.72	0.70	0.69	0.71	0.69	0.68	0.68	0.67
					A	0.73	0.71	0.70	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68
	Directa Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w	0 ↑ – ↓ 100	1.8 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.50	0.45	0.42	0.49	0.45	0.41	0.45	0.41
					I	0.62	0.57	0.53	0.61	0.57	0.53	0.57	0.53
					H	0.70	0.65	0.62	0.69	0.65	0.62	0.64	0.61
					G	0.77	0.72	0.69	0.76	0.72	0.68	0.71	0.68
					F	0.82	0.77	0.74	0.81	0.77	0.73	0.76	0.73
					E	0.88	0.84	0.81	0.87	0.83	0.80	0.82	0.80
					D	0.92	0.88	0.85	0.90	0.87	0.84	0.85	0.84
					C	0.94	0.91	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.86
					B	0.97	0.94	0.92	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90
					A	0.99	0.97	0.94	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92
	Directa Lámpara reflectora R-57 Haz ancho 500 y 750 w.	0 ↑ – ↓ 100	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.66	0.62	0.60	0.65	0.62	0.59	0.62	0.59
					I	0.75	0.71	0.68	0.74	0.71	0.68	0.70	0.68
					H	0.80	0.76	0.73	0.79	0.76	0.73	0.76	0.73
					G	0.85	0.81	0.80	0.84	0.81	0.78	0.80	0.78
					F	0.88	0.85	0.82	0.88	0.84	0.82	0.84	0.82
					E	0.93	0.90	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.87
					D	0.96	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.91	0.89
					C	0.98	0.96	0.93	0.95	0.94	0.92	0.93	0.91
					B	1.00	0.98	0.96	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94
					A	1.01	1.00	0.98	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz ancho. 400 w H33-1-CD	0 ↑ – ↓ 77	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.38	0.34	0.32	0.38	0.34	0.32	0.34	0.32
					I	0.47	0.43	0.40	0.46	0.43	0.40	0.43	0.40
					H	0.53	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.48	0.46
					G	0.59	0.55	0.57	0.58	0.54	0.52	0.54	0.51
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.68	0.64	0.62	0.67	0.64	0.61	0.63	0.61
					D	0.71	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.68	0.67	0.68	0.66
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.70
					A	0.77	0.75	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71
	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz medio, 400 w H33-1-CD	0 ↑ – ↓ 76	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.46	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.43	0.41
					I	0.54	0.51	0.49	0.53	0.51	0.48	0.50	0.48
					H	0.59	0.56	0.53	0.58	0.55	0.53	0.55	0.53
					G	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57
					F	0.66	0.63	0.60	0.65	0.62	0.60	0.62	0.60
					E	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					D	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.67	0.68	0.66
					C	0.73	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.69	0.68
					B	0.75	0.73	0.71	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70
					A	0.76	0.75	0.73	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecha, 400 w. H33-1-GLAC	0 ↑ – ↓ 77	0.8 x Altura de montaje	Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.51	0.48	0.46	0.51	0.48	0.46	0.48	0.46
					I	0.58	0.55	0.53	0.57	0.55	0.53	0.55	0.53
					H	0.62	0.59	0.57	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57
					G	0.66	0.63	0.61	0.65	0.63	0.61	0.63	0.61
					F	0.69	0.66	0.64	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					E	0.72	0.70	0.68	0.71	0.69	0.68	0.69	0.67
					D	0.74	0.72	0.70	0.73	0.71	0.70	0.70	0.69
					C	0.75	0.74	0.72	0.74	0.73	0.71	0.72	0.71
					B	0.77	0.76	0.74	0.76	0.75	0.73	0.73	0.73
					A	0.78	0.77	0.75	0.77	0.75	0.74	0.74	0.74
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz ancho, 700 ó 1000 w. Vap. merc. color Corr.	0 ↑ – ↓ 77	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.68 Medio 0.63 Malo 0.58	J	0.39	0.36	0.33	0.39	0.36	0.33	0.36	0.33
					I	0.48	0.44	0.41	0.47	0.44	0.41	0.43	0.41
					H	0.53	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.49	0.47
					G	0.58	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.54	0.52
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.67	0.64	0.61	0.66	0.63	0.61	0.63	0.61
					D	0.70	0.67	0.65	0.69	0.66	0.64	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.69	0.66
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.69
					A	0.77	0.76	0.73	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización							
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho. 700 ó 1000 w. Vap. merc. color corr.	0 79	0,9 x Altura de montaje	Bueno 0,68 Medio 0,63 Malo 0,58	J	0,50	0,47	0,45	0,50	0,47	0,45	0,47	0,45
					I	0,57	0,54	0,52	0,57	0,54	0,52	0,54	0,52
					H	0,67	0,59	0,57	0,62	0,59	0,57	0,59	0,57
					G	0,68	0,63	0,61	0,68	0,63	0,61	0,63	0,61
					F	0,69	0,67	0,64	0,69	0,68	0,64	0,66	0,64
					E	0,73	0,71	0,68	0,72	0,70	0,68	0,69	0,68
					D	0,75	0,73	0,71	0,74	0,72	0,70	0,71	0,70
					C	0,77	0,75	0,73	0,76	0,74	0,72	0,73	0,72
					B	0,78	0,77	0,75	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74
					A	0,80	0,78	0,77	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75
	Directa Aluminio grandes alturas con cristal, 700 ó 1000 w. Vapor mercurio, color corregido	0 69	0,9 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	0,40
					I	0,51	0,48	0,47	0,50	0,48	0,46	0,48	0,46
					H	0,55	0,53	0,51	0,55	0,52	0,51	0,52	0,50
					G	0,59	0,56	0,54	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54
					F	0,61	0,59	0,57	0,61	0,58	0,57	0,58	0,57
					E	0,64	0,67	0,60	0,63	0,61	0,60	0,61	0,60
					D	0,66	0,64	0,63	0,65	0,64	0,62	0,63	0,62
					C	0,67	0,65	0,64	0,66	0,65	0,63	0,64	0,63
					B	0,69	0,68	0,66	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65
					A	0,70	0,69	0,67	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66
	Directa Ventilada para bajas alturas 400 w H33-1-GL/C	0 76	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,35	0,32	0,29	0,35	0,31	0,29	0,31	0,29
					I	0,43	0,39	0,37	0,43	0,39	0,37	0,39	0,37
					H	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,47	0,50	0,47
					F	0,59	0,55	0,52	0,58	0,54	0,52	0,54	0,51
					E	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57
					D	0,67	0,64	0,61	0,66	0,63	0,61	0,62	0,60
					C	0,69	0,66	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,63
					B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67
					A	0,74	0,72	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,68
	Directa Ventilada de porcelana Esmaltada para bajas alturas 400 w H33-1 DN/C	0 84	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,30	0,27
					I	0,44	0,39	0,35	0,43	0,39	0,35	0,38	0,35
					H	0,50	0,46	0,42	0,50	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,57	0,52	0,48	0,56	0,52	0,48	0,51	0,48
					F	0,62	0,57	0,54	0,61	0,57	0,53	0,56	0,53
					E	0,69	0,64	0,61	0,67	0,63	0,60	0,63	0,60
					D	0,73	0,69	0,66	0,71	0,68	0,65	0,67	0,65
					C	0,76	0,72	0,69	0,74	0,72	0,68	0,70	0,68
					B	0,79	[illegible]	0,74	0,78	0,75	0,73	0,74	0,72
					A	0,81	0,79	0,76	0,80	0,77	0,76	0,76	0,75
	Directa Intemperie dura. Haz ancho 400 w H33-1-CD	0 64	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,32	0,29	0,27	0,32	0,29	0,27	0,29	0,27
					I	0,40	0,37	0,34	0,39	0,36	0,34	0,36	0,34
					H	0,45	0,42	0,39	0,44	0,42	0,39	0,41	0,39
					G	0,49	0,46	0,44	0,49	0,46	0,44	0,46	0,44
					F	0,52	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,49	0,47
					E	0,56	0,54	0,52	0,55	0,53	0,51	0,53	0,51
					D	0,59	0,57	0,55	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54
					C	0,61	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,57	0,56
					B	0,63	0,61	0,59	0,62	0,60	0,59	0,59	0,55
					A	0,64	0,62	0,61	0,63	0,61	0,60	0,60	0,59
	Directa Intemperie dura Haz estrecho. 400 w H33-1-CD	0 62	0,5 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,47	0,40	0,39	0,47	0,40	0,39	0,40	0,35
					I	0,48	0,45	0,44	0,47	0,45	0,44	0,45	0,44
					H	0,50	0,48	0,47	0,50	0,48	0,47	0,48	0,47
					G	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,50	0,51	0,50
					F	0,56	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,53	0,52
					E	0,58	0,56	0,55	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54
					D	0,60	0,58	0,57	0,59	0,58	0,56	0,57	0,56
					C	0,61	0,59	0,58	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
					B	0,62	0,61	0,60	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58
					A	0,63	0,62	0,61	0,62	0,61	0,60	0,60	[illegible]
	Directa Intemperie dura Haz medio 1000 w H34-12GV, H36-16GV	0 61	0,7 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,67 Malo 0,63	J	0,34	0,31	0,29	0,34	0,31	0,29	0,31	[illegible]
					I	0,40	0,38	0,35	0,40	0,37	0,35	0,37	[illegible]
					H	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	[illegible]
					G	0,49	0,46	0,44	0,48	0,46	0,44	0,45	[illegible]
					F	0,52	0,49	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47
					E	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,50	0,52	0,50
					D	0,57	0,55	0,53	0,56	0,54	0,53	0,54	0,53
					C	0,58	0,57	0,55	0,57	0,56	0,54	0,55	[illegible]
					B	0,60	0,59	0,58	0,59	0,58	0,57	0,57	[illegible]
					A	0,62	0,60	0,59	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
	Directa Lámpara reflectora R-57. Haz ancho. 400 w H33-1-FY	0 96	1,3 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,38	0,33	0,29	0,38	0,33	0,29	0,32	[illegible]
					I	0,48	0,42	0,38	0,47	0,42	0,38	0,41	[illegible]
					H	0,56	0,49	0,45	0,54	0,49	0,44	0,48	[illegible]
					G	0,63	0,57	0,52	0,61	0,56	0,51	0,55	[illegible]
					F	0,69	0,62	0,57	0,67	0,61	0,57	0,60	[illegible]
					E	0,76	0,71	0,66	0,75	0,69	0,65	0,68	[illegible]
					D	0,81	0,76	0,71	0,79	0,74	0,70	0,73	0,69
					C	0,85	0,80	0,76	0,83	0,78	0,75	0,77	0,73
					B	0,90	0,86	0,82	0,87	0,84	0,81	0,82	[illegible]
					A	0,93	0,89	0,85	0,90	0,87	0,84	0,85	[illegible]
	Directa Lámpara reflectora R-67. Haz medio 400 w H33-1 HS	0 92	0,8 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,49	0,44	0,41	0,48	0,44	0,41	0,44	0,41
					I	0,58	0,53	0,50	0,57	0,53	0,49	0,52	0,49
					H	0,65	0,60	0,56	0,64	0,59	0,56	0,58	0,56
					G	0,72	0,66	0,62	0,70	0,65	0,62	0,64	0,61
					F	0,76	0,71	0,67	0,75	0,70	0,66	0,69	0,66
					E	0,82	0,77	0,74	0,80	0,76	0,73	0,74	0,72
					D	0,86	0,82	0,78	0,83	0,80	0,77	0,79	0,75
					C	0,89	0,85	0,83	0,86	0,83	0,80	0,81	0,78
					B	0,92	0,89	0,86	0,89	0,87	0,84	0,84	0,82
					A	0,95	0,92	0,89	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización							
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas T-12	12 ft / 75	1,4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.25	0.21
					I	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.33	0.30
					H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36
					G	0.54	0.48	0.44	0.52	0.47	0.43	0.45	0.42
					F	0.58	0.53	0.49	0.56	0.52	0.48	0.50	0.47
					E	0.65	0.60	0.56	0.62	0.55	0.54	0.56	0.53
					D	0.70	0.65	0.61	0.66	0.63	0.60	0.60	0.58
					C	0.73	0.69	0.65	0.70	0.66	0.63	0.63	0.61
					B	0.77	0.73	0.70	0.73	0.70	0.68	0.67	0.65
					A	0.80	0.77	0.74	0.76	0.74	0.71	0.70	0.09
	Semidirecta 3 lámparas 40 w y "Slimline"	11 ft / 74	1,3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.25	0.22
					I	0.29	0.34	0.31	0.36	0.32	0.29	0.33	0.30
					H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37	0.39	0.36
					G	0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43	0.46	0.42
					F	0.58	0.53	0.49	0.56	0.52	0.48	0.50	0.47
					E	0.65	0.60	0.56	0.62	0.58	0.55	0.56	0.54
					D	0.69	0.64	0.61	0.66	0.62	0.59	0.60	0.58
					C	0.72	0.68	0.65	0.69	0.66	0.63	0.63	0.61
					B	0.76	0.72	0.70	0.72	0.70	0.67	0.67	0.65
					A	0.78	0.76	0.73	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69
	Semidirecta 2 lámparas T-12 con rejilla difusora de 23°	18 ft / 60	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.26	0.22	0.20	0.22	0.19
					I	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.29	0.26
					H	0.41	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32	0.34	0.31
					G	0.47	0.42	0.39	0.45	0.41	0.37	0.39	0.36
					F	0.51	0.46	0.43	0.49	0.45	0.41	0.43	0.40
					E	0.57	0.53	0.49	0.54	0.50	0.47	0.47	0.45
					D	0.60	0.57	0.53	0.57	0.54	0.51	0.51	0.49
					C	0.63	0.60	0.58	0.59	0.56	0.54	0.53	0.51
					B	0.67	0.64	0.61	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55
					A	0.69	0.66	0.64	0.64	0.62	0.60	0.57	0.58
	Semidirecta 2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps.	18 ft / 64	1,3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.25	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.23	0.20
					I	0.36	0.32	0.28	0.35	0.31	0.28	0.30	0.27
					H	0.43	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.36	0.33
					G	0.49	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.41	0.38
					F	0.54	0.49	0.45	0.51	0.47	0.44	0.45	0.42
					E	0.60	0.55	0.51	0.57	0.53	0.50	0.50	0.48
					D	0.64	0.60	0.58	0.60	0.57	0.54	0.54	0.51
					C	0.67	0.63	0.60	0.63	0.60	0.57	0.56	0.54
					B	0.70	0.67	0.64	0.66	0.63	0.61	0.60	0.58
					A	0.73	0.70	0.68	0.68	0.66	0.64	0.62	0.61
	Semidirecta Lámpara Baja Temper. de 100 w. con plástico exterior	10 ft / 62	1,4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.24	0.19	0.15	0.23	0.19	0.15	0.18	0.15
					I	0.31	0.26	0.21	0.29	0.25	0.21	0.23	0.20
					H	0.38	0.31	0.26	0.34	0.29	0.26	0.28	0.25
					G	0.42	0.36	0.32	0.39	0.34	0.30	0.33	0.29
					F	0.46	0.40	0.36	0.43	0.38	0.34	0.36	0.33
					E	0.51	0.46	0.41	0.48	0.43	0.40	0.41	0.38
					D	0.54	0.50	0.46	0.51	0.47	0.44	0.44	0.41
					C	0.57	0.53	0.49	0.53	0.50	0.47	0.47	0.44
					B	0.60	0.57	0.53	0.57	0.54	0.51	0.50	0.48
					A	0.63	0.60	0.57	0.59	0.57	0.54	0.54	0.52

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización							
Incandescente	Directa Empotrada con lente prismática.	9 ft / 63	1,6 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.33	0.29	0.27
					I	0.41	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.37	0.34
					H	0.45	0.41	0.39	0.45	0.41	0.39	0.44	0.41	0.38
					G	0.50	0.46	0.43	0.49	0.46	0.43	0.48	0.45	0.43
					F	0.53	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.51	0.48	0.46
					E	0.56	0.53	0.51	0.56	0.53	0.50	0.54	0.52	0.50
					D	0.59	0.56	0.54	0.58	0.56	0.53	0.57	0.55	0.53
					C	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.55	0.58	0.56	0.55
					B	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.58	0.60	0.58	0.57
					A	0.63	0.62	0.60	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60	0.59
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera	18 ft / 68	1,3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21
					I	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.28	0.36	0.31	0.28
					H	0.45	0.39	0.36	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34
					G	0.52	0.45	0.41	0.50	0.45	0.41	0.48	0.43	0.40
					F	0.57	0.50	0.46	0.55	0.50	0.45	0.52	0.48	0.44
					E	0.64	0.58	0.53	0.62	0.57	0.53	0.58	0.54	0.51
					D	0.68	0.63	0.58	0.66	0.61	0.57	0.62	0.58	0.55
					C	0.71	0.67	0.63	0.69	0.65	0.61	0.65	0.62	0.59
					B	0.76	0.72	0.68	0.73	0.70	0.67	0.69	0.66	0.63
					A	0.78	0.75	0.72	0.76	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera	18 ft / 63	1,3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.29	0.24	0.22	0.29	0.24	0.22	0.28	0.24	0.21
					I	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28
					H	0.44	0.39	0.35	0.43	0.38	0.35	0.41	0.37	0.34
					G	0.50	0.45	0.41	0.48	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39
					F	0.56	0.49	0.45	0.53	0.49	0.45	0.51	0.47	0.43
					E	0.61	0.56	0.52	0.60	0.55	0.51	0.56	0.52	0.49
					D	0.67	0.60	0.57	0.63	0.59	0.56	0.60	0.56	0.53
					C	0.68	0.64	0.60	0.66	0.62	0.59	0.62	0.59	0.56
					B	0.72	0.69	0.65	0.70	0.66	0.64	0.65	0.63	0.61
					A	0.74	0.71	0.68	0.72	0.69	0.67	0.67	0.65	0.63

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficientes de utilización								
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 1.20 o 2.40 m. Montaje de superficie	20 / 73	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.27	0.21	0.17	0.27	0.21	0.17	0.27	0.20	0.17
					I	0.35	0.30	0.24	0.35	0.30	0.24	0.34	0.28	0.24
					H	0.43	0.36	0.30	0.41	0.35	0.31	0.40	0.34	0.30
					G	0.49	0.42	0.37	0.49	0.42	0.36	0.46	0.40	0.36
					F	0.55	0.47	0.42	0.53	0.47	0.41	0.50	0.44	0.40
					E	0.62	0.55	0.50	0.60	0.53	0.49	0.57	0.52	0.47
					D	0.67	0.61	0.56	0.66	0.60	0.55	0.62	0.57	0.52
					C	0.71	0.65	0.60	0.70	0.63	0.59	0.65	0.61	0.56
					B	0.76	0.71	0.66	0.74	0.69	0.65	0.69	0.65	0.62
					A	0.81	0.76	0.71	0.78	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
	Directa 2 lámparas empotradas con difusor plano estriado	0 / 53	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.26	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20
					I	0.32	0.29	0.26	0.32	0.29	0.26	0.31	0.28	0.26
					H	0.36	0.33	0.30	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30
					G	0.40	0.37	0.34	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34
					F	0.43	0.40	0.37	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37
					E	0.46	0.44	0.41	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41
					D	0.49	0.46	0.44	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43
					C	0.50	0.48	0.46	0.49	0.48	0.46	0.48	0.47	0.45
					B	0.52	0.50	0.48	0.51	0.50	0.48	0.50	0.49	0.47
					A	0.53	0.52	0.50	0.52	0.51	0.50	0.51	0.50	0.49
	Directa 2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 45°	0 / 52	1.0 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.18
					I	0.30	0.27	0.24	0.30	0.27	0.24	0.29	0.26	0.24
					H	0.34	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.33	0.30	0.28
					G	0.38	0.35	0.32	0.38	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32
					F	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.34
					E	0.44	0.41	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.38
					D	0.46	0.44	0.42	0.46	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41
					C	0.48	0.46	0.44	0.48	0.45	0.43	0.46	0.44	0.43
					B	0.50	0.48	0.46	0.49	0.48	0.46	0.48	0.47	0.45
					A	0.51	0.50	0.48	0.51	0.49	0.48	0.50	0.48	0.47
	Directa 4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30°	0 / 59	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20
					I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27
					H	0.39	0.35	0.32	0.38	0.34	0.31	0.37	0.34	0.31
					G	0.43	0.39	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.36
					F	0.48	0.42	0.39	0.46	0.42	0.39	0.45	0.42	0.39
					E	0.50	0.47	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.46	0.43
					D	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.47	0.51	0.49	0.47
					C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.51	0.49	0.53	0.50	0.49
					B	0.57	0.54	0.52	0.56	0.54	0.52	0.55	0.53	0.51
					A	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.54	0.56	0.55	0.54
	Directa 8 lámparas empotradas con plástico	1 / 61	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.27	0.22	0.20	0.26	0.22	0.19	0.25	0.22	0.19
					I	0.33	0.29	0.26	0.33	0.29	0.25	0.32	0.28	0.25
					H	0.38	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.37	0.33	0.30
					G	0.43	0.38	0.35	0.42	0.38	0.34	0.41	0.33	0.34
					F	0.48	0.42	0.38	0.46	0.41	0.38	0.44	0.41	0.38
					E	0.50	0.47	0.43	0.50	0.36	0.43	0.48	0.46	0.43
					D	0.53	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.51	0.49	0.46
					C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.52	0.49	0.53	0.51	0.49
					B	0.58	0.55	0.53	0.58	0.55	0.53	0.56	0.54	0.52
					A	0.60	0.57	0.55	0.59	0.57	0.55	0.57	0.56	0.54
	Directa Cielo luminoso 50% de transmisión y 80 % de reflexión en la cavidad	0 / 69		Bueno 0.65 Medio 0.55 Malo 0.45		10% reflectancia del suelo			30% reflectancia del suelo					
					J	0.27	0.18	0.15	0.22	0.18	0.15	[illegible]		
					I	0.30	0.25	0.22	0.31	0.25	0.22	[illegible]		
					H	0.36	0.31	0.27	0.37	0.32	0.28	[illegible]		
					G	0.42	0.37	0.33	0.44	0.38	0.34	[illegible]		
					F	0.46	0.41	0.37	0.50	0.43	0.39	[illegible]		
					E	0.52	0.48	0.44	0.57	0.51	0.46	[illegible]		
					D	0.57	0.53	0.49	0.62	0.57	0.52	[illegible]		
					C	0.60	0.56	0.53	0.66	0.61	0.57	[illegible]		
					B	0.63	0.60	0.57	0.71	0.67	0.63	[illegible]		
					A	0.66	0.63	0.61	0.74	0.71	0.67	[illegible]		
	Directa Techo con rejilla difusora visera de 45°. 60% de reflexión en la cavidad	PLASTICO METAL 0 / 65 — 0 / 55		Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.55		Plástico			Metal					
					J	0.23	0.19	0.16	0.26	0.23	0.21	[illegible]		
					I	0.30	0.26	0.23	0.33	0.30	0.27	[illegible]		
					H	0.36	0.31	0.28	0.37	0.34	0.32	[illegible]		
					G	0.41	0.36	0.33	0.40	0.39	0.36	[illegible]		
					F	0.44	0.40	0.37	0.43	0.41	0.39	[illegible]		
					E	0.49	0.46	0.43	0.46	0.44	0.43	[illegible]		
					D	0.52	0.49	0.47	0.49	0.47	0.45	[illegible]		
					C	0.55	0.52	0.49	0.50	0.48	0.47	[illegible]		
					B	0.58	0.55	0.52	0.51	0.50	0.49	[illegible]		
					A	0.60	0.58	0.56	0.53	0.52	0.51	[illegible]		
	Directa 3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45 Montaje de superficie	1 / 51	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17
					I	0.28	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.27	0.25	0.23
					H	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27
					G	0.36	0.33	0.31	0.36	0.33	0.31	0.35	0.33	0.30
					F	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33
					E	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.39	0.37
					D	0.46	0.43	0.40	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40
					C	0.47	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42
					B	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.45	0.43
					A	0.51	0.49	0.48	0.50	0.49	0.47	0.49	0.48	0.47
	Directa 3 lámparas con plástico. Montaje de superficie	1 / 50	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14
					I	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19
					H	0.29	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23
					G	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27
					F	0.36	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30
					E	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.34
					D	0.42	0.39	0.37	0.42	0.39	0.37	0.41	0.38	0.37
					C	0.44	0.42	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.37
					B	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41
					A	0.49	0.46	0.45	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.44

Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas inferior a	Factor de Mantenimiento	Reflexiones								
					Techo	80%			70%			50%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización							
Fluorescente	Directa 2 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie	7 / 58	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 malo 0.60	J	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23
					I	0.37	0.33	0.30	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29
					H	0.42	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33
					G	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38	0.43	0.40	0.39
					F	0.50	0.45	0.42	0.48	0.44	0.41	0.46	0.43	0.40
					E	0.54	0.50	0.47	0.53	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					D	0.56	0.52	0.50	0.55	0.52	0.49	0.53	0.50	0.48
					C	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
					B	0.61	0.59	0.56	0.59	0.57	0.55	0.57	0.55	0.53
					A	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55
	Directa 4 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie	3 / 82	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.28	0.24	0.22	0.28	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22
					I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.29	0.27
					H	0.39	0.34	0.31	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30
					G	0.41	0.37	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.36	0.34
					F	0.44	0.40	0.38	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37
					E	0.47	0.44	0.42	0.47	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41
					D	0.50	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43
					C	0.51	0.49	0.46	0.50	0.48	0.46	0.48	0.46	0.45
					B	0.53	0.51	0.49	0.52	0.50	0.48	0.50	0.48	0.48
					A	0.55	0.53	0.51	0.53	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49
	Directa 2 lámparas 40 W y "Slimline" con rejilla difusora de 45° y lado de plástico montaje de superficie	5 / 56	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20
					I	0.33	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25
					H	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29	0.35	0.31	0.29
					G	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32
					F	0.44	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35
					E	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.40	0.45	0.42	0.39
					D	0.51	0.47	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.45	0.42
					C	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					B	0.56	0.53	0.50	0.54	0.52	0.49	0.52	0.50	0.48
					A	0.57	0.55	0.52	0.56	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
	General Difusa 2 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 35° x 45° suspendida y con lados de plástico	47 / 39	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.24	0.19	0.16	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15
					I	0.32	0.26	0.22	0.31	0.25	0.22	0.26	0.24	0.20
					H	0.38	0.32	0.28	0.36	0.31	0.26	0.33	0.28	0.25
					G	0.44	0.38	0.33	0.42	0.36	0.32	0.37	0.33	0.29
					F	0.49	0.42	0.38	0.46	0.41	0.36	0.41	0.36	0.33
					E	0.56	0.49	0.45	0.52	0.47	0.43	0.46	0.41	0.38
					D	0.60	0.54	0.51	0.56	0.51	0.47	0.49	0.45	0.42
					C	0.64	0.58	0.54	0.59	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45
					B	0.68	0.64	0.58	0.63	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49
					A	0.71	0.67	0.63	0.66	0.63	0.60	0.56	0.54	0.52
	Semidirecta 4 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 45° suspendida y con lados de plástico	51 / 31	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.24	0.19	0.16	0.23	0.18	0.16	0.21	0.17	0.15
					I	0.30	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19
					H	0.36	0.30	0.26	0.34	0.29	0.25	0.30	0.26	0.23
					G	0.41	0.35	0.31	0.39	0.33	0.30	0.34	0.30	0.27
					F	0.46	0.40	0.35	0.43	0.38	0.33	0.37	0.33	0.30
					E	0.52	0.46	0.42	0.49	0.43	0.39	0.42	0.38	0.34
					D	0.57	0.51	0.47	0.52	0.48	0.44	0.44	0.41	0.38
					C	0.60	0.55	0.50	0.55	0.51	0.47	0.47	0.43	0.41
					B	0.64	0.60	0.56	0.59	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45
					A	0.67	0.63	0.60	0.61	0.58	0.56	0.51	0.49	0.47
	Semindirecta 4 lámparas 40 W "Slimline" suspendida y con lados y fondo de plástico	62 / 14	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.60 malo 0.50	J	0.16	0.11	0.07	0.15	0.10	0.06	0.12	0.08	0.06
					I	0.21	0.15	0.12	0.19	0.15	0.12	0.16	0.12	0.09
					H	0.26	0.20	0.16	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12
					G	0.32	0.25	0.20	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.15
					F	0.36	0.30	0.24	0.33	0.26	0.22	0.25	0.21	0.18
					E	0.42	0.36	0.31	0.38	0.33	0.27	0.29	0.25	0.22
					D	0.46	0.40	0.36	0.41	0.36	0.33	0.32	0.29	0.25
					C	0.50	0.44	0.40	0.44	0.40	0.36	0.34	0.31	0.28
					B	0.54	0.50	0.45	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32
					A	0.57	0.53	0.50	0.51	0.48	0.44	0.39	0.36	0.34
	Indirecta Moldura sin reflector	Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando reflectores las lámparas fluorescentes aumenta el coeficiente de utilización del 5 al 10 por 100.		Bueno 0.60 medio 0.50 malo 0.40	J	0.11	0.09	0.06	0.09	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04
					I	0.16	0.12	0.10	0.13	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06
					H	0.18	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.10	0.08	0.07
					G	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10
					F	0.25	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11
					E	0.29	0.26	0.22	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14
					D	0.33	0.30	0.28	0.28	0.26	0.24	0.20	0.19	0.17
					C	0.35	0.32	0.30	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.19
					B	0.36	0.34	0.32	0.32	0.30	0.28	0.22	0.21	0.20
					A	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.23	0.23
	Directa Con lámpara PAR 38, 150 w. difusora. Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lúmenes	0 / 82	0.7 x Altura de montaje	En todas las condiciones 0.75	J	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49
					I	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53
					H	0.58	0.56	0.55	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.55
					G	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57
					F	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.59	0.61	0.59	0.58
					E	0.63	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.62	0.61	0.60
					D	0.64	0.63	0.61	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.61
					C	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62
					B	0.68	0.65	0.64	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63
					A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64
	Indirecta Watts lúmenes 300 5360 500 9300 750 14600 Aro concentrador con lámpara de arranque plateada	17 / 2	1.5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.70 medio 0.60 malo 0.55	J	0.13	0.07	0.04	0.12	0.07	0.04	0.10	0.06	0.03
					I	0.18	0.11	0.07	0.16	0.10	0.06	0.13	0.08	0.05
					H	0.23	0.15	0.10	0.20	0.14	0.09	0.16	0.11	0.07
					G	0.28	0.20	0.15	0.25	0.18	0.13	0.19	0.14	0.10
					F	0.33	0.25	0.19	0.29	0.22	0.17	0.22	0.16	0.12
					E	0.40	0.32	0.26	0.35	0.28	0.23	0.26	0.20	0.16
					D	0.45	0.38	0.32	0.39	0.33	0.28	0.29	0.24	0.20
					C	0.49	0.42	0.37	0.43	0.37	0.32	0.31	0.26	0.23
					B	0.54	0.50	0.43	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28
					A	0.58	0.53	0.48	0.50	0.46	0.43	0.36	0.33	0.30

REFLEXIONES RECOMENDADAS EN %

Superficie	Oficinas	Plantas Industriales	Escuelas	Residencias	Hospitales
Techo	80-92	80-90	70-90	60-90	80-92
Paredes	40-60	40-60	40-60	35-60	40-60
Piso	21-39	Mínimo 20	30-50	15-35	20-40

iv.- Estimar el factor de conservación.- En el funcionamiento de cualquier sistema de alumbrado hay tres elementos de conservación que son variables y que afectan a la cantidad de luz obtenida del sistema:

- Pérdida en la emisión luminosa de la lámpara. La emisión luminosa media a lo largo de la vida de la lámpara es de 10 a 25% más baja que la inicial. El valor de esta disminución depende del tamaño.

- Pérdida debida a la acumulación de suciedad sobre la superficie reflectora o transmisora de la iluminaria y sobre las propias lámparas.

- Pérdida de luz reflejada debida a la acumulación de suciedad por las paredes y techos.

En las tablas de coeficientes de utilización que se mencionaron con anterioridad, los factores de conservación que

#

se proporcionan para lámparas y luminarias han sido calculadas para tres condiciones definidas, que son las siguientes:

- Factor de mantenimiento bueno.- Cuando las condiciones atmosféricas son buenas, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se reponen por el sistema de sustitución en grupos.
- Factor de mantenimiento medio.- Cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de la luminaria no es frecuente y sólo se sustituyen las lámparas cuando se funden.
- Factor de mantenimiento malo. Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

v.- Calcular el número de lámparas y luminarias requeridas. El número de lámparas y luminarias puede calcularse mediante las expresiones siguientes:

$$N\ La = \frac{E \times S}{I \times CU \times FC}$$

$$N\ Lu = \frac{N\ La}{L\ L}$$

#

donde:

N La.- Número de lámparas

E.- Nivel de iluminación en luxes

S.- Superficie en metros cuadrados

I.- Intesidad luminosa en lúmenes

CU.- Coeficiente de utilización

FC.- Factor de conservación

N Lu.- Número de luminarias

L L.- Lámparas por luminaria.

vi.- Determinar el emplazamiento de las luminarias.- El emplazamiento de las luminarias, depende en general de la arquitectura y dimensiones de la habitación, posición de las salidas existentes, tipo de luminarias, etc.

En las tablas mencionadas de coeficiente de utilización se tiene la columna "distancia entre lámparas inferior a" -- que proporciona las relaciones máximas permitidas entre la distancia entre lámparas y la altura de montaje, sobre el plano de trabajo, para los distintos tipos de lumina--- rias. En la mayor parte de los casos, es necesario colocar las luminarias más próximas unas a otras, de lo - que estas relaciones máximas determinen. Con relación

#

a los equipos fluorecentes es recomendable que sean montados en líneas contínuas.

Ejemplo:

Se tiene una oficina de 18.30 metros de ancho por 30.50 metros de largo y con una altura de su techo de 4.00 metros. La reflección del techo es de 80% y la de las paredes de 50%, con una buena conservación de luz para las luminarias y superficie de la habitación.

De acuerdo con el orden mencionado para efectuar el cálculo de alumbrado analizaremos este ejemplo.

i.- De acuerdo con la tabla de niveles de iluminación recomendados, para una oficina de este tipo nos marca, de acuerdo con el I.E.S. 1000 luxes y con el S.M.I.I. 600 luxes. Trabajaremos con el valor recomendado por I.E.S. de 1000 luxes.

ii.- Se seleccionan luminarias fluorecentes de 4 x 40 W. de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montados a 0.61 metros por debajo del techo.

iii.- De acuerdo con la tabla de índice del local, para este ca

#

Fuentes Luminosas

Características de las Lámparas Incandescentes de Alumbrado General para una Tensión de Operación Normal.

Watts	Bulbo	Acabado	Base	Longitud máxima total (mm)	Filamento	Vida normal media (horas)	Flujo luminoso inicial (lúmenes)	Flujo luminoso medio (lúmenes)
25	A–19	Mat. int.	Media	100	C–9	1000	265	——
40	T–19	Blanco	Media	112	C–9	1350	430	——
60	T–19	Blanco	Media	112	CC–6	1350	785	——
75	T–19	Blanco	Media	112	CC–8	1350	1085	——
100	T–19	Blanco	Media	112	CC–8	1350	1535	——
50	T–21	Blanco	Media de 3 contac.	150	2CC–6	1350	595	——
100							1435	——
150							2030	——
100	PS–25	Blanco	Mogul de 3 contac.	173	2CC–6	1000	1500	——
200							3500	——
300							5000	——
150	T–21	Blanco	Media	160	CC–6	1350	2380	——
200	A–25	Blanco Mat. int. Claro	Media	176	CC–6	750	3800	3500
300	PS–30	Mat. int. o Claro	Media	204	C–8	750	6300	5550
500	PS–40		Mogul	247	C–8	1000	10750	9650
750	PS–52		Mogul	332	2CC–8	1000	16700	15500
1000	PS–52		Mogul	332	2CC–8	1000	23000	21000
1500	PS–52		Mogul	332	C–7 A	1000	33300	27000

31

Características de las Lámparas Incandescentes Reflectoras y Proyectoras

(Lámparas de 2000 horas de Vida)

Watts	Bulbo	Base	Longitud máxima total (mm.)	(1) Apertura aproximada del haz (grados)	(1) Flujo luminoso inicial del haz (lúmenes)	Flujo luminoso incial total (lúmenes)	(2) Máxima intensidad luminosa inicial (candelas)	Distribución
Proyectoras (3)								
75	PAR–38	M. Ens. (5)	135	30	465	750	4800	Intensiva
75	PAR–38	M. Ens. (5)	135	60	600	750	1500	Extensiva
150	PAR–38	M. Ens. (5)	135	30	1100	1730	10500	Intensiva
150	PAR–38	M. Ens. (5)	135	60	1350	1730	3400	Extensiva
200	PAR–46	M. Contac.	102	17x23	1200	2350	33000	Estrecha
200	PAR–46	A. Lat. (6)	102	20x40	1300	2350	12000	Media
300	PAR–56	Mogul con	127	15x20	1800	3720	70000	Estrecha
300	PAR–56	tacto ame.	127	20x35	2000	3720	22000	Media
300	PAR–56	final (7)	127	30x60	2100	3720	10000	Ancha
Reflectoras								
30	R–20	Media	100	90	160	210	245	Extensiva
75	R–30	Media	132	50	410	820	1840	Intensiva
75	R–30	Media	132	130	700	820	430	Extensiva
150	R–40	Media	165	40	860	1890	7000	Intensiva
150	(4) R–40	Media	165	110	1600	1890	1300	Extensiva
300	(4) R–40	Media	165	35	1800	3700	13500	Intensiva
300	(4) R–40	Media	165	115	2800	3700	2500	Extensiva
500	(3) R–40	Mogul	184	35	3100	6500	22000	Intensiva
500	(3) R–40	Mogul	184	115	5400	6500	4800	Extensiva
500	R–57	Mogul	305	70	—	7850	—	Estrecha
500	R–52	Mogul	298	120	—	7850	—	Ancha
750	R–57	Mogul	305	70	—	12700	—	Estrecha
750	R–52	Mogul	298	120	—	12700	—	Ancha
1000	R–57	Mogul	305	70	—	17500	—	Estrecha

(1) En la apertura del haz se incluyen todos los rayos de intensidad luminosa de valor superior al 10 por 100 del valor del rayo de intensidad máxima que parte del foco luminoso.

(2) Valor en el cono central de 10° (apertura total) para todas las lámparas, excepto las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo. Para las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo, el cono central es de 5°.

(3) Bulbo de vidrio resistente al calor.

(4) También pueden adquirirse con bulbo de vidrio resistente al calor.

(5) Media roscada y con ensanchamiento para fijación el bulbo de vidrio de diámetro superior al de la base media.

(6) Media con contactos laterales tipo americano.

(7) Mogul con contactos de enchufe tipo americano.

Designación y Datos Referentes a las Lámparas Fluorescentes.

(1) Tipo de Lámpara	Base	Características de Servicio		Tensión Mínima de Arranque (Volts) (2)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes)(3)		Flujo Luminoso medio (Lúmenes)(4)	
		Intensidad (Amperes)	Tensión (volts)		Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida	Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida
Precalentamiento								
4-W T-5 6"	Miniat. Biclav.	0.135	32	110	115	125	80	90
6-W T-5 9"	Miniat. Biclav.	0.145	47	110	250	260	195	200
8-W T-5 12"	Miniat. Biclav.	0.170	56	110	380	395	285	300
13-W T-5 21"	Miniat. Biclav.	0.160	95	176	740	765	590	610
14-W T-12 15"	Media Biclav.	0.385	39	110	580	600	475	490
15-W T-8 18"	Media Biclav.	0.300	55	110	760	785	640	665
15-W T-12 18"	Media Biclav.	0.330	46	110	680	705	590	615
20-W T-12 24"	Media Biclav.	0.380	56	110	1080	1120	940	990
25-W T-12 33"	Media Biclav.	0.490	57	110	1650	1700	1430	1470
30-W T-8 36"	Media Biclav.	0.355	98	176	1930	2000	1600	1660
90-W T-17 60"(5)	Mogul Biclav.	1.550	63	132	5560	5640	4600	4740
Precal.— Arranque Rápido								
40-W T-12 48"(5) (6)	Media Biclav.	0.430	101	3100	3250	2800	2800	2930
Arranque Rápido								
30-W T-13 36"	Media Biclav.	0.430	75	250	1900	1970	1670	1730
Alta Emisión(7)								
24" T-12 30-W	Retr. D.C.(11)	0.800	41	225	1500	1550	1270	1310
48" T-12 60-W	Retr. D.C.	0.800	75	266	3850	3950	3160	3340
72" T-12 85-W	Retr. D.C.	0.800	113	395	6100	6300	5150	5320
96" T-12 110-W	Retr. D.C.	0.800	150	465	8500	8800	7180	7440
Muy Alta Emisión (Super HI)(7) (8)								
48" T-12 110-W	Retr. D.C.	1.500	86	250	6900	—	5800	—
72" T-12 160-W	Retr. D.C.	1.500	128	350	10900	—	9100	—
96" T-12 215-W	Retr. D.C.	1.500	172	470	15000	—	12600	—
Circular(7)								
22-W T-9 8¼" OD	Cuatro Clav.	0.380	60	185	1020	1060	765	795
32-W T-10 12" OD	Cuatro Clav.	0.430	80	205	1760	1830	1450	1500
40-W T-10 16" OD	Cuatro Clav.	0.415	108	205	2450	2530	2070	2120
Arranque Instantáneo(9)								
40-W T-12 48"	Media Biclav.	0.425	104	385	2700	2750	2400	2450
40-W T-17 60"	Mogul Biclav.	0.425	107	385	2700	2750	2430	2480
"Slimline"(10)								
42" T-6 25-W	Monoclavillo.	0.200	150	405	1625	1675	1370	1410
64" T-6 37-W	Monoclavillo.	0.200	233	540	2600	2700	2180	2240
72" T-8 37.5-W	Monoclavillo.	0.200	218	540	2650	2740	2280	2350
96" T-8 50-W	Monoclavillo.	0.200	290	675	3700	3800	3250	3300
48" T-12 38.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	100	385	2600	2700	2320	2410
72" T-12 56-W	Monoclavillo.	0.425	145	475	4100	4200	3670	3761
96" T-12 73.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	197	565	5800	5950	5200	5320

(1) Potencia nominal en watts, designación del bulbo (T indica lámparas tubulares y el número que le sigue determina el diámetro en octavos de pulgada), longitud total normal (la lámpara con dos portalámparas normales).

(2) Para un arranque asegurado a 10ºC. o más de temperatura ambiente o valores aplicables a las lámparas de precalentamiento, arranque instantáneo y "Slimline" conectadas a reactancias sencillas o dobles del tipo "Lead-Lag"; a las lámparas de arranque rápido, alta emisión y muy alta emisión conectadas a reactancias dobles del tipo serie; y a las lámparas circulares conectadas a reactancias sencillas del tipo "arranque rápido". Para las lámparas de muy alta emisión los valores son aplicables a un factor de pico de la tensión mínimo, de 1.6.

(3) Medido después de cien horas de servicio a 25ºC. y en condiciones de ensayo especificadas. Los valores aproximados para los otros tonos pueden determinarse multiplicando el flujo luminoso de las lámparas "blanca fría" por los siguientes factores: alta eficacia, 1.15; blanca de lujo, 0.73; blanca suave, 0.70; luz día, 0.84; rosa y azúl, 0.45; verde, 1.40; verde frío, 0.92; oro, 0.60; rojo 0.06.

(4) Valor aproximado al 40 por 100 de la vida media.

(5) Solamente en el tono "blanca fría" pueden adquirirse también lámparas de tipo reflector. La emisión luminosa aproximada es el 86 por 100 de la de las lámparas ordinarias.

(6) Valores eléctricos, aplicables únicamente al doble servicio con reactancias de arranque rápido.

(7) Lámparas con funcionamiento basado en el principio del arranque rápido.

(8) El valor de la emisión luminosa (lúmenes) se obtiene los nuevos modelos de reactancias.
Los valores que se consiguen con las reactancias actuales aproximadamente el 93 por 100 de los valores citados.

(9) Los clavillos de la base están cortocircuitados.

(10) Las lámparas "Slimline" T-6 y T-8 pueden trabajar de 100 a 300 mA. y las T-12 de 200 a 600 mA.

(11) Abreviaturas de "Retractil de doble contacto".

Pérdidas Aproximadas en las Reactancias (1)

Tipo de Lámpara	Tipo de Cebador	110 – 125 Volts			240 – 280 Volts		
		Sencillas	Dobles		Sencillas	Dobles	
			Tipo Serie	Tipo Lead-Lag		Tipo Serie	Tipo Lead Lag
Precalentamiento							
48" T-12 40W (2)	FC–4	10	—	16	10	—	16
60" T-17 90W	FC–85	21	—	30	—	—	40
Arranque rapido	Corriente						
48" T-12 40W (2)	430 mA	54 (3)	94 (3)	—	54 (3)	94 (3)	—
"Slimline"							
48" T-12 38,5W	425 mA	20	32	28	20	28	28
72" T-12 56W	425 mA	22	27	32	22	27	31
96" T-12 73,5W	425 mA	27	27	32	25	27	31
Alta Emisión							
48" T-12 60W	800 mA	85 (3)	145 (3)	—	85 (3)	147 (3)	—
72" T-12 85W	800 mA	118 (3)	205 (3)	—	118 (3)	205 (3)	—
96" T-12 110W	800 mA	138 (3)	245 (3)	—	138 (3)	245 (3)	—
Muy Alta Emisión							
48" T-12 110W	1,5 amps.	145 (3)	260 (3)	—	145 (3)	240 (3)	—
72" T-12 160W	1,5 amps.	235 (3)	360 (3)	—	235 (3)	360 (3)	—
96" T-12 215W	1,5 amps.	235 (3)	460 (3)	—	230 (3)	460 (3)	—

(1) Reactancias de alto factor de potencia
(2) Con lámparas de Precalentamiento-Arr ue rápido
(3) Potencia total absorbida r la reactancia, incluido el consumo de las lámparas y el

Lámparas de Vapor de Mercurio

Designación ASA	Antigua Designación Westinghouse	Bulbo	Acabado	Longitud de Arco (mm)	Longitud Máxima (mm)	Distancia Base Foco (mm)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes a las 100 h.)	(1) Flujo Luminoso Medio (Lúmenes)
100 Watts								
H38-4 GS	C-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Intensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 JM	E-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Extensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 HT	L-H4-LG	BT-25	Clara	28	187	127	3650	2960
H38-4 JA/C	M-H4-LG	BT-25	Blanca Normal	28	187	127	3350	2580
H38-4 JA/W	M-H4/SW-LG	BT-25	Blanca de Alta Emisión	28	187	127.	4000	2840
175 Watts								
H39-22 KB	A-H22-LG	BT-28	Clara	51	211	127	7800	6700
H39-22 KC/C	B-H22-LG	BT-28	Blanca Normal	51	211	127	7500	6350
H39-22 KC/W	B-H22/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	51	211	127	8050	6500
250 Watts								
H37-5 KB	C-H5-LG	BT-28	Clara	54	211	127	12000	10300
H37-5 KC/C	D-H5-LG	BT-28	Blanca Normal	54	211	127	11500	9650
H37-5 KC/W	D-H5/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	54	211	127	13000	10300
H37-5 KC/X	D-H5/X-LG	BT-28	Blanca de Lujo	54	211	127	8600	6950
400 Watts (2)								
H33-1 -CD	E-H1-LG	BT-37	Clara	70	292	177	21500	18900
H33-1 -GL/C	J-H1-LG	BT-37	Blanca Normal	70	292	177	2100	18200
H33-1 -GL/ W	J-H1/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	70	292	177	24000	19700
H33-1 -GL/X	J-H1/X-LG	BT-37	Blanca de Lujo	70	292	177	15000	12700
H33-1 -GL/Y	J-H1/Y-LG	BT-37	Amarilla	70	292	177	11500	9550
H33-1 -FY	K-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Ancho.	—	324	—	18500	16400
H33-1 -HC	L-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Medio	—	324	—	17500	15200
H33-1 DN/C	P-H1-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	70	324	217	21000	19000
H33-1 -DN/W	P-H1/SW-LG	R-57	Blanca de Alta EmisiónSemi Reflectora	70	324	217	24000	20100
H33-1 -DN/X	P-H1/X-LG	R-57	Blanca de Lujo Semi Reflect.	70	324	217	15000	13000
H33-1 -LN	———	R-60	Blanca Normal Haz Abierto	—	276	—	17200	15000
H33-1 -FS/C	———	R-60	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	276	—	15000	132[illegible]
H33-1 -FS/X	———	R-60	Blanca de Lujo Alta Emisión	—	276	—	11000	93[illegible]
425 Watts								
H40-17 MA	A-H17-LG	BT-37	Clara	89	292	177	21500	13900
H40-17 GL/C	B-H17-LG	BT-37	Blanca Normal	89	292	177	21000	18200
H40-17 GL/W	B-H17/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	89	292	177	24000	19700
H40-17 DN/C	C-H17-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	89	324	217	21000	19000
H40-17 DN/W	C-H17/SW-LG	R 57	Blanca de Alta EmisiónSemi Reflectora	89	324	217	24000	20100
430 Watts 6,6 Amperes								
H41-24 CD	A-H24-LG	BT-37	Clara	65	292	177	20000	15600
H41-24 GL/C	B-H24-LG	BT-37	Blanca Normal	65	292	177	18500	14100
H41-24 GL/W	B-H24/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	65	292	177	22000	16000
700 Watts								
H35-18 NA	A-H18-LG	BT-46	Clara	127	368	241	37000	31600
H35-18 ND/C	B-H18-LG	BT-46	Blanca Normal	127	368	241	36000	30600
H35-18 ND/W	B-H18/SW-LG	BT-46	Blanca de Alta Emisión	127	368	241	41000	33200
1000 Watts								
H34-12 GV	A-H12-LG	BT-56	Clara	127	390	241	55000	44500
H34-12 GW/C	C-H12-LG	BT-56	Blanca Normal	127	390	241	52000	41200
H34-12 GW/W	C-H12,SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	127	390	241	60000	45000
H34-12 GW/X	C-H12/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	127	390	241	40000	37500
H34-12 KY/C	D-H12-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	127	390	241	53500	42500
H34-12 KY/W	D-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión SemiReflectora	127	390	241	57000	44700
H36-15 GV	A-H15-LG	BT-56	Clara	152	390	241	57000	46000
H36-15 GW/C	B-H15-LG	BT-56	Blanca Normal	152	390	241	54000	43000
H36-15 GW/W	B-H15/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	152	390	241	62000	47100
H36-15 GW/X	B-H15/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	152	390	241	42000	32100
H36-15 KY/C	D-H15-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	152	390	241	55000	43700
H36-15 KY/W	D-H15/SW-LG	BT-56	Blanca Normal Emisión SemiReflectora	152	390	241	59000	46300
H36-15 FB	———	R-80	Blanca Normal Haz Abierto	—	352	—	45500	34100
H36-15 FA/C	———	R-80	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	352	—	40000	300[illegible]
300 Watts								
H9 X-[illegible]	A-H9 [illegible]	T-91/2	Clara (De un sólo bulbo)	1220	1398	—	13200	10800[illegible]

1) Promedio a lo largo de 16.000 horas de operación. La vida económicamente rentable de las lámparas LIFEGUARD es de 12,000 a 16,000 horas, y la de lámparas normales y las de vidrio duro de 7,000 horas.

2) Las lámparas de 400 w. tipo H25 no se fabrican en la actualidad. En los lugares en que las dimensiones físicas lo permitan, cualquiera de los otros tipos de lámparas de 400 w. puede sustituirlas.

so el valor es: "A". El coeficiente de utilización, de -- acuerdo con la tabla correspondiente, para un local de — 80% de reflectancia del techo y de 50% de las paredes es 0.67 metros.

iv.- De la misma tabla de coeficiente de utilización, obtene-- mos un factor de mantenimiento de 0.70 metros.

v.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión co- - rrespondiente para el cálculo del número de luminarias - y de acuerdo con las características de una lámpara fluo rescente de 40 watts, la que tiene 29000 lúmenes, obtene mos:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

vi.- Con relación a las dimensiones de la oficina, una distri- bución de 8 filas de 13 luminarias cada una proporciona una iluminación satisfactoria, con una separación dentro del máximo recomendado.

Método de punto por punto.

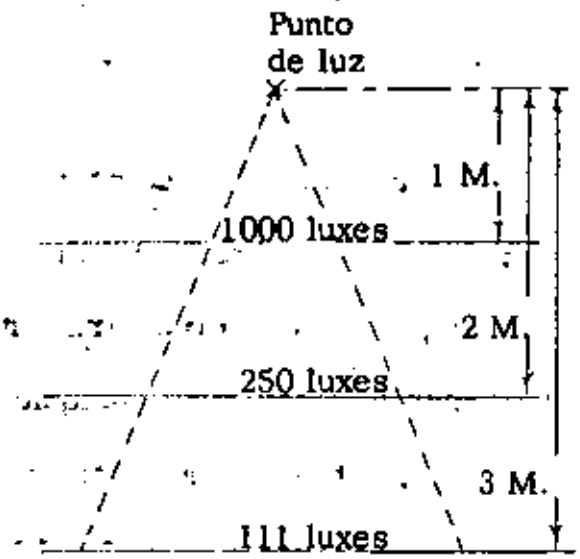
Este método se basa en la cantidad real de luz que se ha producido en cada punto del área iluminada. Esto requiere un conocimiento de la forma según la cual la luz se distribuye desde las diversas fuentes de iluminación que se tienen para tal efecto. Se tienen las siguientes relaciones fundamentales:

i.- Fuentes puntiformes.- La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Una lampara incandecente sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.

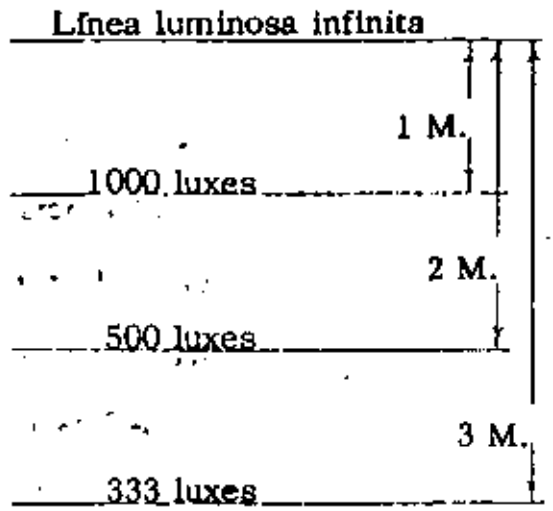
ii.- Fuentes lineales de longitud infinita.- La iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Una fila de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia se aproximan a una fuente lineal.

iii.- Fuente superficial de área infinita.- La iluminación no cambia con la distancia. Un grupo panel luminoso, o un techo iluminado por medios totalmente indirectos se aproxima a esta condición, y dentro de ciertos lími

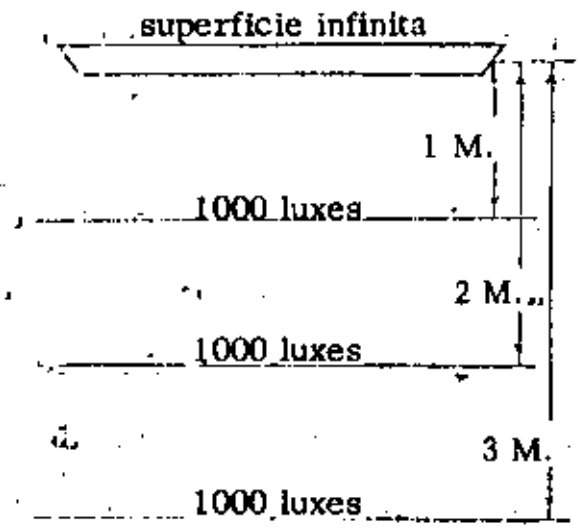
#



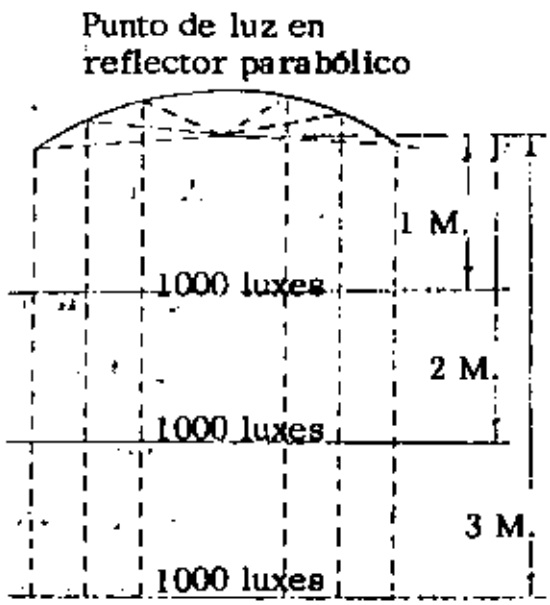
i. - Fuentes puntiformes



ii. - Fuentes lineales de longitud infinita.



iii - Fuente superficial de área infinita.



iv - Haz paralelo de luz.

tes, la iluminación no cambiará mucho con la distancia.

iv.- Haz paralelo de luz.- La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas, nunca se alcanzará un haz paralelo completo.- La ley de la inversa de los cuadrados se puede usar para calcular la iluminación de proyectores, focos concentradores y otras luminarias productoras de haces, más allá de una cierta distancia mínima, determinada por el diámetro y la distancia focal del reflector, y el tamaño de la fuente de luz.

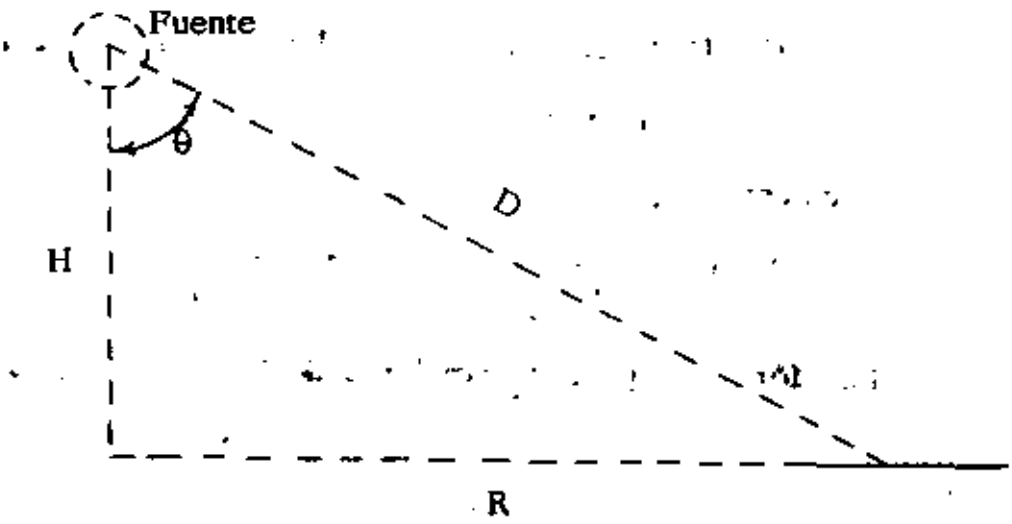
Teóricamente, la ley de la inversa de los cuadrados está basada en una fuente de luz puntiforme que radia uniformemente en todas las direcciones. Así, donde la fuente de luz es grande y extensa, sea una línea de luz o un área de gran superficie, no podrá generalmente usarse el método de punto por punto para calcular la iluminación para distancias normales de trabajo. Se

#

podría usar en todo caso para cualquier fuente de luz, a condición de que la distancia entre la fuente y la superficie iluminada sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente. Con fuentes difusoras de luz, se acepta generalmente como distancia mínima, para poder calcular con exactitud razonable la iluminación, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.

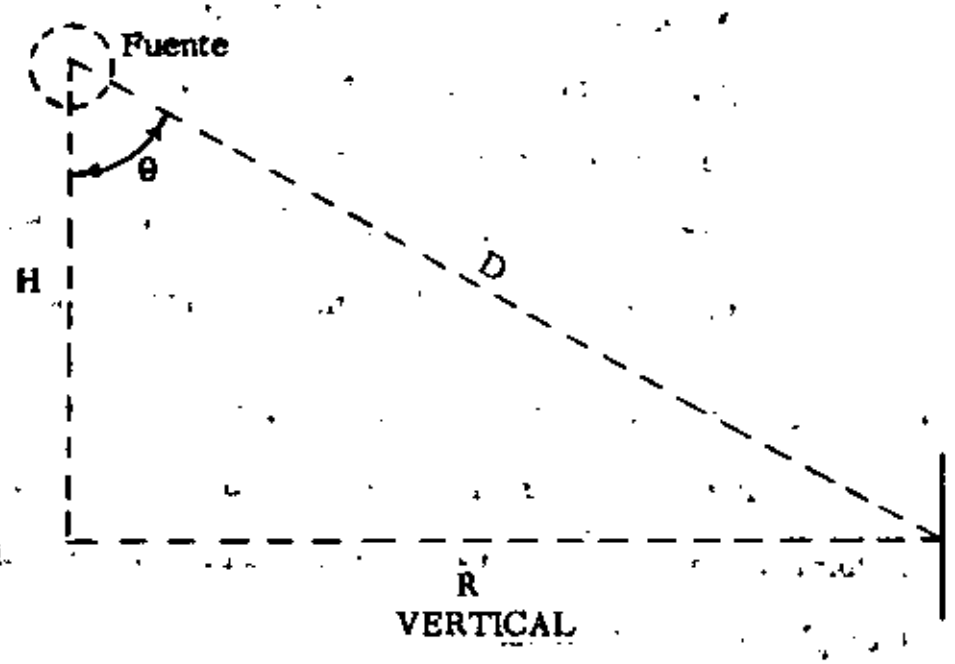
En los casos en que se den estas condiciones, y en los que haya curva de distribución luminosa de la fuente, se puede determinar la iluminación sobre la superficie horizontal o vertical, mediante el empleo de las fórmulas siguientes:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \quad \text{(superficie horizontal)}$$



#

$$E = \frac{I \times \text{sen}\ \theta}{D^2} \qquad \text{(superficie vertical)}$$



donde:

E= Nivel de iluminación en luxes.

I= Intensidad luminosa en candelas

D= Distancia de la fuente luminosa al lugar iluminado, en metros.

Y como:

$$\text{seno}\ \theta = \frac{R}{D} \quad \text{y, coseno}\ \theta = \frac{H}{D}$$

Las fórmulas pueden escribirse de la forma siguiente:

#

En el plano horizontal:

$$E = \frac{I \times H}{D^3} = \frac{I \times \cos^3 \theta}{H^2}$$

En el plano vertical:

$$E = \frac{I \times R}{D^3} = \frac{I \times \cos^2 \theta \times \operatorname{sen} \theta}{H^2}$$

Para facilitar el cálculo de los niveles de iluminación en el plano horizontal, se tienen las tablas que se anexan las que se usarán - siguiendo los tres puntos siguientes:

i.- Determinar el ángulo en grados de la figura anterior - por medio de la tabla.

ii.- De la curva de distribución luminosa de la fuente de - luz, determinar la intensidad luminosa de la fuente, en la dirección correspondiente al punto de que se trata.

iii.- Multiplicar la intensidad luminosa (candelas) hallada -- en el punto 2 por el factor de multiplicación que es la cifra inferior de cada casilla de la tabla, y luego dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 o --- 100000 candelas) sobre el que se base la parte de la

#

TABLA DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO"

Números superiores: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.
Números inferiores: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros	DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m)													
	0	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,45	2,75	3,05	3,35	3,65	3,95
	LUX POR CADA 100 CANDELAS													
0,60	0° 0 240,00	27° 170,50	45° 60,25	54° 22,45	63° 12,98	66 8,02	71° 5,26	74° 3,55	76° 2,55	78° 1,90	79° 1,43	80° 1,13	81° 0,90	81°
0,90	0° 0 101,19	18° 95,00	34° 64,00	45° 39,33	53° 24,00	59° 15,22	63° 10,00	67° 6,80	69° 4,77	72° 3,56	73° 2,64	75° 2,05	76 1,61	77° 1,26
1,20	0° 0 61,50	14° 57,07	27° 44,72	37° 37,00	45° 22,10	51° 15,39	56° 10,66	60° 7,64	63° 5,59	66° 4,19	68° 3,20	70° 2,49	72° 1,98	73° 1,59
1,50	0° 0 40,00	13° 37,21	25° 32,02	33° 25,22	39° 19,06	45° 14,14	50° 10,90	54° 7,85	58° 5,95	61° 4,58	63° 3,58	66° 2,83	67° 2,28	69° 1,81
1,80	0° 0 27,78	9° 26,73	18° 23,22	25° 19,47	34° 16,00	40° 12,60	45° 9,82	49° 7,46	53° 5,60	56° 4,29	59° 3,75	61° 3,05	63° 2,49	66° 2,06
2,10	0° 0 20,41	8° 19,80	16° 18,14	23° 15,85	30° 13,56	36° 10,91	41° 8,93	45° 7,22	49° 5,83	52° 4,73	55° 3,85	58° 3,16	60 2,61	62° 2,16
2,45	0° 0 15,63	7° 15,29	14° 14,27	21° 12,81	27° 11,66	32° 9,53	37° 8,00	41° 6,72	44° 5,52	48° 4,58	51° 3,80	54° 3,18	56 2,67	58 2,25
2,75	0° 0 12,35	6° 12,12	12° 11,40	19° 10,54	24° 9,43	29° 8,25	34° 7,11	38° 6,07	42° 5,15	45° 4,37	48° 3,70	51° 3,18	53° 2,67	55° 2,29
3,05	0° 0 10,00	5° 9,83	11° 9,41	17° 8,79	22° 8,01	27° 7,16	31° 6,31	35 5,50	39° 4,76	42° 4,11	45° 3,54	48° 3,05	50° 2,63	52° 2,29
3,35	0° 0 8,26	5° 8,12	10° 7,67	15° 7,42	20° 6,96	24° 6,23	29° 5,59	32° 4,96	36° 4,33	39° 3,83	42° 3,35	45° 2,97	48 2,55	50° 2,21
3,65	0° 0 6,94	4° 6,82	9 6,49	14° 6,24	18° 5,93	22° 5,46	26° 4,95	30° 4,49	34° 4,00	37° 3,56	40° 3,15	43° 2,78	45° 2,46	47° 2,17
3,95	0° 0 5,95	4° 5,87	8° 5,51	13° 5,42	17° 5,17	21° 4,81	25° 4,47	28° 4,04	32° 3,64	35° 3,29	38° 2,95	40° 2,65	43° 2,35	45° 2,09
4,25	0° 0 5,10	3° 5 5,06	7° 4,95	12° 4,77	16° 4,54	20 4,26	23° 3,96	27° 3,65	30° 3,34	33° 3,09	36° 2,75	38° 2,48	41° 2,23	43° 2,01
4,55	0° 0 4,44	3° 4,40	6 4,34	11° 4,19	15° 4,01	18° 3,80	22° 3,56	25° 3,31	28° 3,05	31° 2,80	34° 2,56	36° 2,33	39° 2,12	41° 1,92
4,90	0° 0 3,91	3° 3,85	7° 3,81	11° 3,78	14° 3,57	17° 3,39	20° 3,21	24° 3,00	27° 2,80	29 2,59	32° 2,38	35° 2,19	37 2,00	39° 1,83
5,20	0° 0 3,46	3° 3,42	6° 3,39	10° 3,31	13° 3,19	16° 3,06	19° 2,90	22° 2,74	25° 2,56	26 2,39	30° 2,22	32° 2,05	35° 1,89	37° 1,74
5,50	0° 0 3,09	3° 3,07	6° 3,03	9° 2,97	12° 2,87	15° 2,76	18° 2,64	21 2,50	24 2,36	27° 2,21	29° 2,06	31° 1,92	34° 1,78	36° 1,65
5,80	0° 0 2,77	2° 2,75	6 2,73	9° 2,67	12° 2,60	15° 2,50	18° 2,40	20 2,29	23° 2,17	25 2,05	28° 1,92	30 1,80	32° 1,67	34 1,56
6,10	0° 0 2,50	2° 2,49	5° 2,46	8° 2,42	11° 2,36	14 2,29	17° 2,19	19° 2,10	22 2,00	24° 1,90	27° 1,79	28° 1,68	31 1,59	33° 1,47
6,40	0° 0 2,27	2° 2,26	5° 2,23	8 2,22	11 2,15	13° 2,08	16° 2,01	18° 1,94	20° 1,85	23° 1,76	25° 1,67	26° 1,59	28° 1,49	32° 1,39
6,70	0° 0 2,07	2° 2,06	5° 2,03	7° 2,03	10 1,96	13° 1,92	15 1,85	18° 1,79	20 1,71	22° 1,64	23° 1,55	25° 1,48	26° 1,40	28° 1,32
7,00	0° 0 1,90	2° 1,89	4° 1,87	7° 1,86	10 1,81	12° 1,76	15° 1,71	17° 1,65	19° 1,59	21° 1,53	24 1,46	26° 1,39	28° 1,32	29° 1,25
7,30	0° 0 1,74	2° 1,73	4° 1,72	7° 1,70	10 1,66	12° 1,63	14 1,59	16° 1,54	18° 1,48	21° 1,43	23° 1,37	25° 1,30	27° 1,24	29° 1,18
7,60	0° 0 1,60	2° 1,59	4° 1,58	7 1,57	9° 1,54	11 1,51	14 1,47	16° 1,44	18° 1,39	20 1,35	22 1,29	24° 1,23	26° 1,17	27° 1,12
8,25	0° 0 1,37	2° 1,37	4° 1,36	6° 1,35	8 1,33	10 1,30	12 1,28	13° 1,24	15° 1,21	17 1,17	19 1,11	22° 1,09	24° 1,03	26° 0,98
9,15	0° 0 1,11	1° 1,11	3° 1,10	5° 1,09	8 1,08	9° 1,05	11 1,03	13° 1,01	15° 1,00	17° 0,96	19 0,93	20° 0,92	22° 0,89	23° 0,86
10,05	0° 0 0,92	1° 0,92	3° 0,91	5° 0,91	7 0,90	9° 0,88	10° 0,87	12 0,85	14 0,83	15 0,82	17 0,80	18° 0,78	20° 0,76	22° 0,74
11,00	0° 0 0,77	1° 0,77	3° 0,77	4° 0,76	6 0,75	8° 0,73	9 0,71	11 0,71	13 0,72	14 0,70	16° 0,69	17° 0,67	18° 0,66	20° 0,64
12,20	0° 0 0,63	1° 0,63	2° 0,62	4° 0,62	5° 0,62	7° 0,61	9 0,60	10 0,60	12° 0,59	13 0,58	14° 0,57	15 0,56	17° 0,55	18° 0,54
13,70	0° 0 0,49	1° 0,49	2° 0,49	3° 0,49	5° 0,49	6° 0,49	8 0,48	9° 0,48	10° 0,47	12° 0,47	13 0,46	14° 0,45	15° 0,45	16° 0,44
15,25	0° 0 0,40	1° 0,40	2° 0,40	3° 0,40	4° 0,40	5° 0,40	7 0,39	8 0,39	9° 0,39	10 0,38	11 0,38	12° 0,37	14 0,37	15 0,36
16,75	0° 0 0,33	1° 0,33	2° 0,33	3° 0,33	4° 0,33	5° 0,33	6 0,32	7° 0,32	8° 0,32	9° 0,32	10° 0,32	11° 0,31	12 0,31	13° 0,31
18,30	0° 0 0,28	1° 0,28	1° 0,28	2° 0,28	3° 0,28	4° 0,28	5° 0,27	6 0,27	7° 0,27	8 0,27	9° 0,27	10° 0,26	11° 0,26	12 0,26
21,35	0° 0 0,20	1° 0,20	1° 0,20	2° 0,20	3° 0,20	4° 0,20	5 0,20	6° 0,20	7 0,20	7° 0,20	8 0,20	9° 0,20	10° 0,20	11° 0,19
	LUX POR CADA 100 000 CANDELAS													
24,40	0° 0 156,10	0° 0,1 156,20	1° 0,2 156,10	2° 0,9 157,90	3° 2,2 155,70	5° 3,5 155,10	6° 4,7 154,90	8° 5,9 154,50	9° 5,4 153,90	9° 6,7 153,50	7° 6,2 152,70	9° 7,9 151,90	9° 8,1 150,50	9° 8,7 150,40
30,50	0° 0 109,00	0° 0,1 99,99	1° 0,1 99,94	1° 0,1 99,87	2° 0,1 99,78	2° 0,2 99,61	3° 0,2 99,46	4° 0,2 99,37	5° 0,2 99,05	5° 0,2 98,80	6° 0,2 98,32	6° 0,2 98,28	7° 0,2 97,81	7° 0,2 97,61
38,10	0° 0 64,00	0° 0,2 63,99	0° 0,5 63,99	1° 0,2 63,95	1° 0,2 63,90	2° 0,2 63,85	2° 0,2 63,78	3° 0,2 63,70	3° 0,2 63,61	4° 0,2 63,51	4° 0,2 63,39	5° 0,2 63,28	5° 0,2 63,13	6° 0,2 62,97
45,70	0° 0 44,44	0° 0,2 44,43	0° 0,2 44,43	1° 0,2 44,42	1° 0,2 44,40	2° 0,2 44,37	2° 0,2 44,34	3° 0,2 44,30	3° 0,2 44,26	3° 0,2 44,20	4° 0,2 44,13	4° 0,2 44,09	5° 0,2 44,02	5° 0,2 43,95
53,35	0° 0 32,63	0° 0,2 32,63	0° 0,2 32,63	0° 0,2 32,64	1° 0,2 32,63	1° 0,2 32,61	1° 0,2 32,60	2° 0,2 32,58	2° 0,2 32,53	2° 0,2 32,52	3° 0,2 32,44	3° 0,2 32,46	3° 0,2 32,42	3° 0,2 32,38
60,95	0° 0 25,00	0° 0,2 25,00	0° 0,2 25,00	0° 0,2 24,99	1° 0,2 24,99	1° 0,2 24,98	1° 0,2 24,97	2° 0,2 24,95	2° 0,2 24,94	2° 0,2 24,92	2° 0,2 24,90	3° 0,2 24,89	3° 0,2 24,87	3° 0,2 24,84

El nivel luminoso sobre las superficies verticales—en puntos fuera del plano vertical que comprende la fuente luminosa—puede ser determinado usando el factor de multiplicación encontrado al utilizar la tabla al revés; la altura de la fuente luminosa se leerá sobre la escala de distancias horizontales, etc.

tabla que se ha utilizado.

El resultado así obtenido es la iluminación en luxes en ese punto.

Estas tablas también pueden utilizarse para calcular niveles de iluminación sobre superficies verticales en puntos de un plano que sea normal al plano vertical que incluye a la fuente de luz y al punto. Cuando el punto está sobre una superficie vertical que no es normal al plano vertical que contiene la fuente y al punto, se debe considerar el ángulo adicional.

Ejemplo:

Un punto se encuentra 10 pies abajo y 20 pies a la derecha de una fuente luminosa cuya potencia uniforme distribuída es de 1000 candelas. Determínese la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

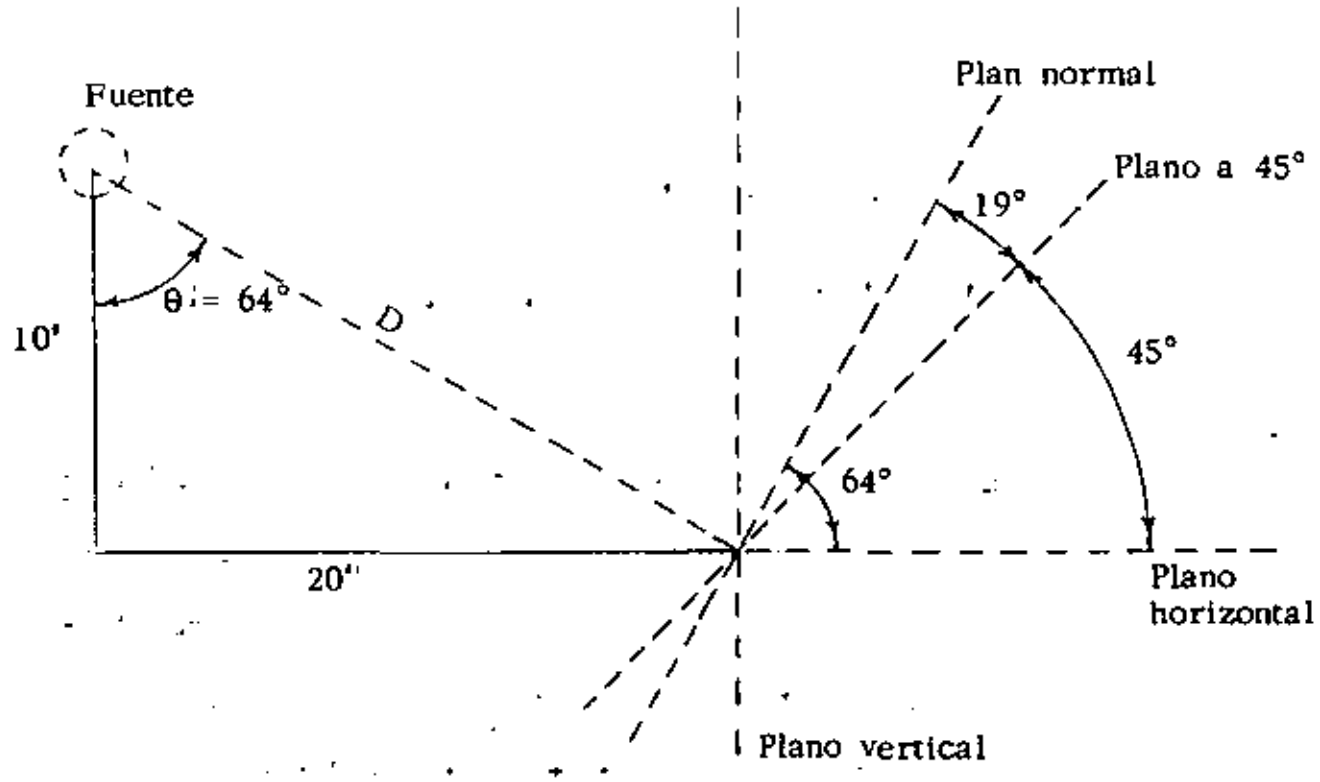
Plano normal;

Plano horizontal;

Plano vertical;

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.

#



Cálculos:

$$\text{Tan } \theta = 20/10 = 2.0$$

$$\theta = 64°$$

$$E_n = I\theta/d^2 = 1000/500^* = 2 \text{ bujías-pie.}$$

$$E_n = E_n \cos \theta = (2)\ (\cos 64°) = (2)\ (.44) = 0.88 \text{ bujías - pie.}$$

$$E_v = E_n \text{ sen } \theta = (2)\ (\text{sen } 64°) = (2)\ (.90) = 1.8 \text{ bujías - pies.}$$

$$E_{45°} = E_n \cos 19° = (2)\ (.95) = 1.9 \text{ bujías - pie.}$$

$$^* d^2 = a^2 + b^2 + (20)^2 = 100 + 400 = 500$$

#

Cargas de alumbrado arquitectónica.

El fin primordial de éstas cargas es proporcionar los efectos de contraste entre luz y sombra para hacer resaltar las características particulares de una construcción, aunque en algunas ocasiones puede tener también fines utilitarios.

Estas cargas podemos clasificarlas en la forma siguiente:

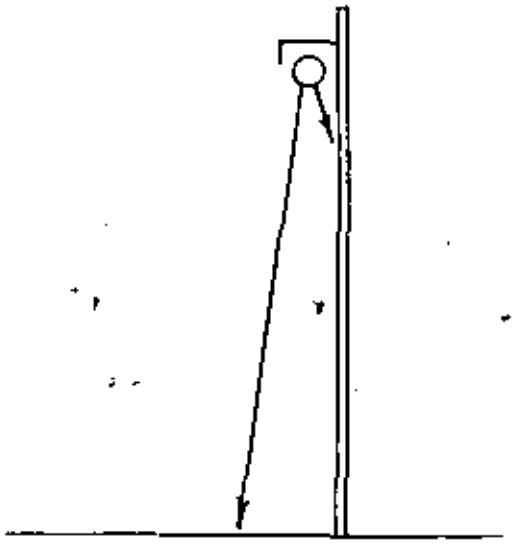
- Con proyectores.
- Rasante.

La carga con proyectores presenta un ángulo de incidencia grande, además de una iluminación uniforme. El problema que se tiene con esta carga es el de su posición con el fin de poderla dejar oculta.

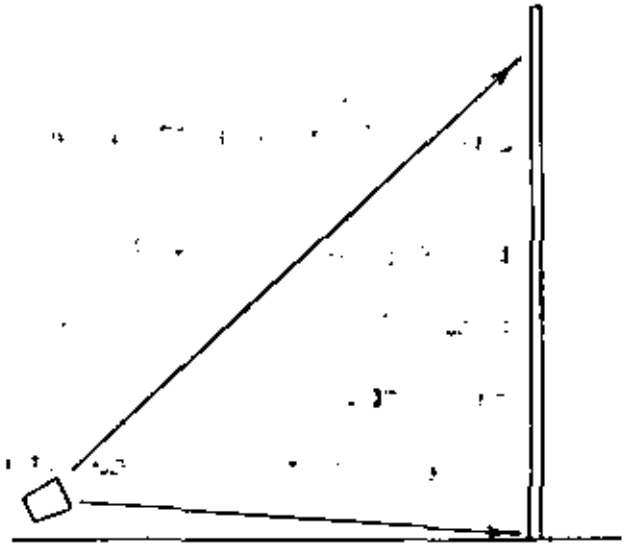
La carga rasante proporciona un ángulo de incidencia pequeño con una iluminación concentrada. Su problema al igual que la anterior es el ocultar la fuente de iluminación.

2.- Cargas de aparatos.- Criterio para determinar cargas.

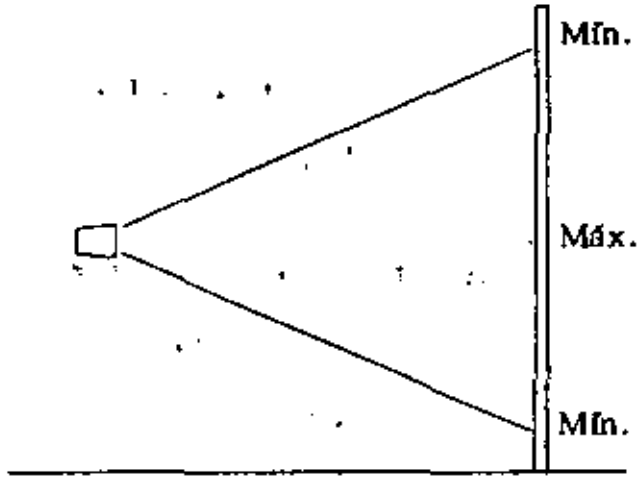
#

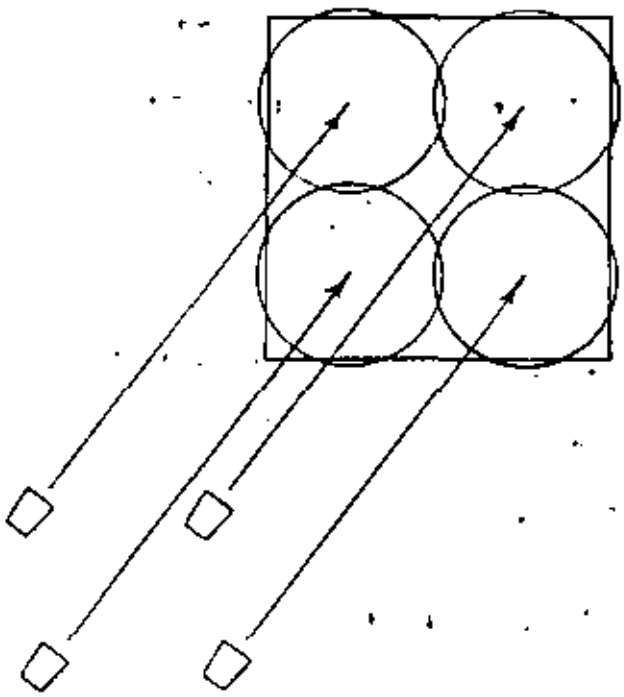


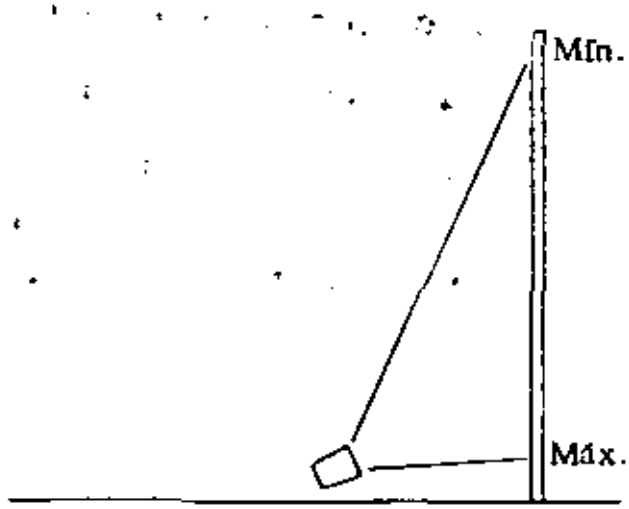
RASANTE



PROYECTOR







Las cargas de aparatos pueden ser:

- Definidas
- Indefinidas

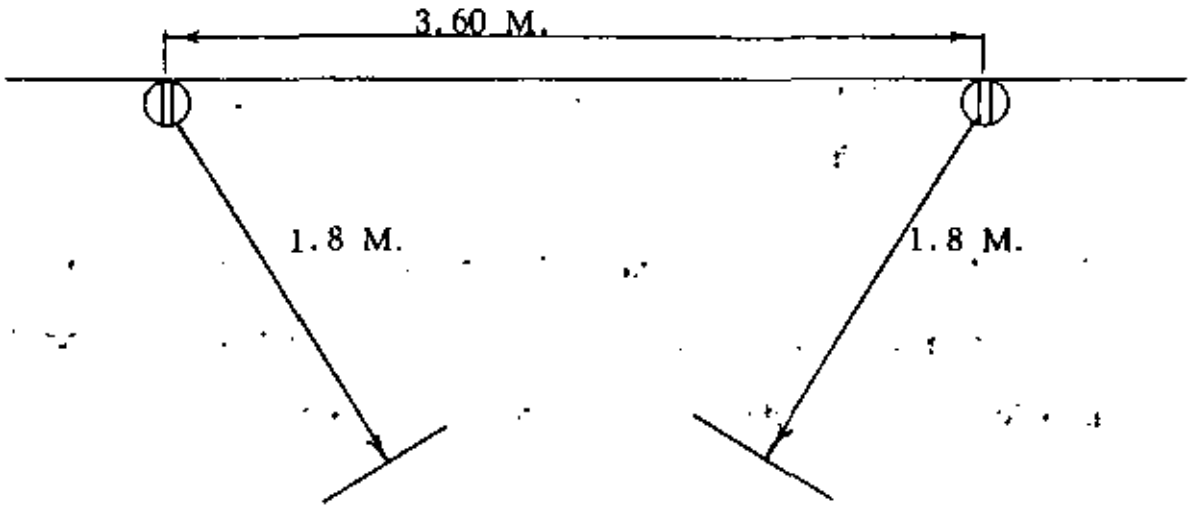
Carga definida.- Las cargas definidas son por ejemplo: calefactores, acondicionadores de aire, aparatos domésticos, equipos telefónicos, equipos de sonido, alarmas, rayos x, etc.

Por lo que corresponde a estas cargas, es importante conocer su capacidad y su localización exacta al desarrollarse el proyecto. - Estas pueden ser fijas o móviles, en el caso de ser fijas se deberá tener un medio de desconexión. Si son móviles deberá instalarse contacto especial para su alimentación.

Las cargas de aparatos domésticos son las siguientes:

	WATTS TIPICOS	VOLTAJE USUAL
PLANCHADORA	1600	127
LAVADORA ROPA	1200	127
SECADORA	5000	127-220
PLANCHA	1000	127

#



$S < 40\ M^2$: 1 contacto / 3 M.

$S > 40\ M^2$: 8 contactos + 3 contactos cada 40 M^2

	WATTS TIPICOS	VOLTAJE USUAL
CALENTADOR DE AGUA	3000	127-220
CALEFACTOR	1000-2500	127-220
TELEVISOR	300	127
ACONDICIONADOR	1200-2400	127-220
ESTUFA	12000	127-220
HORNO	4500	127-220
PARRILLA	3000-6000	127-220
LAVADORA PLATOS	1200	127
TRITURADOR	300	127
ASADOR	1500	127
CAFETERA	1000	127
REFRIGERADOR	300	127
CONGELADOR	400	127

Carga indefinida.- Esta provee el uso de aparatos pequeños o de alumbrado suplementario en una zona determinada. Su uso implica utilizar elementos de conexión, conocidos con el nombre de contactos.

Para su localización no existe una regla fija, pudiéndose situar -- donde sea posible el uso de un aparato. Debe considerarse el al

cance máximo normal de los conductores de los aparatos por conectarse los que por lo general tienen aproximadamente 1.80 metros, por lo tanto el espaciamiento máximo puede ser de 3.60 metros. De acuerdo a donde se vayan a instalar estos contactos se tienen las siguientes recomendaciones:

Residencias.- Los contactos por habitación, deberán tener un espaciamiento máximo de 3.60 metros.

Oficinas.- Para una superficie normal de 40 metros cuadrados un contacto cada 3 metros de muro. Para una superficie mayor, 8 contactos por los primeros 40 metros cuadrados con tres más por cada 40 metros cuadrados adicionales.

Escuelas.- Un contacto por cada muro.

Locales comerciales.- Un contacto por cada 40 metros cuadrados.

3.- Cargas de fuerza.- Parámetros necesarios para su determinación.

Las cargas de fuerza son las que corresponden a los motores eléctricos. Están definidas por las características de placa de este dispositivo.

#

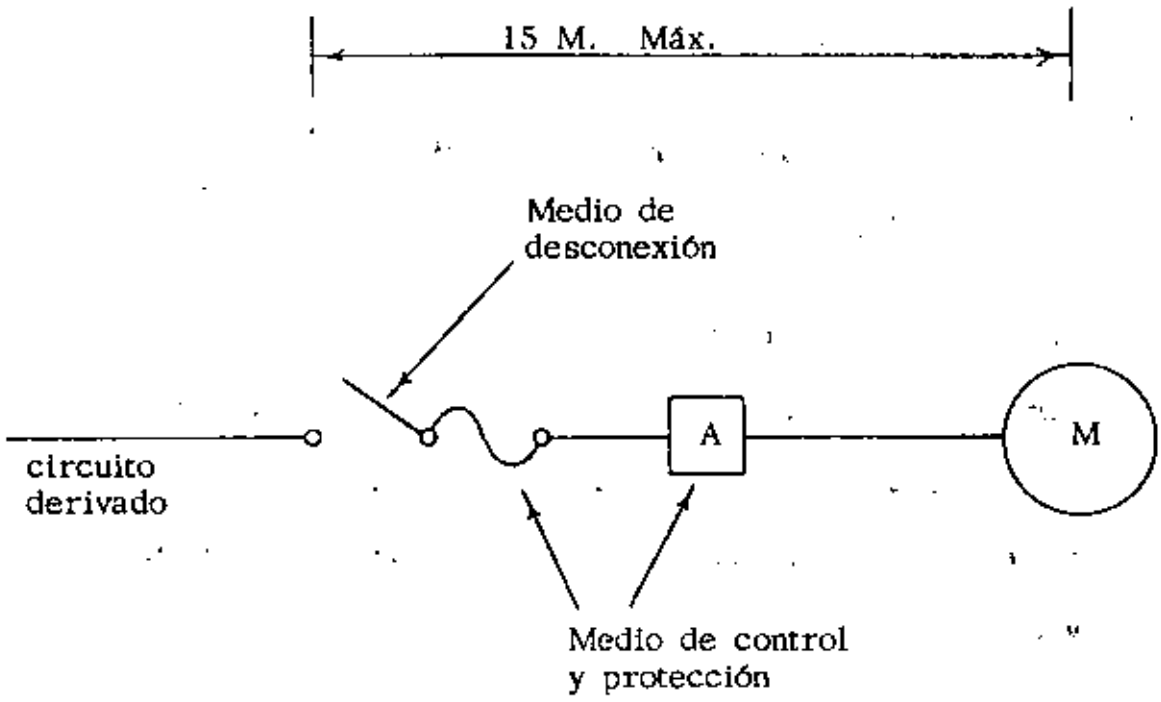
La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación

El circuito básico de las mismas contempla los siguientes elementos indispensables para su operación.

- Medio de control y protección
- Medio de desconexión

Tanto los medios de control y protección como los de desconexión deberán estar visibles desde el motor, con objeto de tener una mayor seguridad. Al considerarse la carga de un motor se deberá tener presente que durante el arranque ésta aumenta de 5 a 7 veces.

Finalmente de acuerdo con la reglamentación existente en México, para motores mayores de 10 C.P. es necesario utilizar arrancadores con voltaje reducido.



CIRCUITO ELEMENTAL DE UN MOTOR.

NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

NIVELES de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. — Illuminating Engineering Society. — Mexico Chapter., como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D. F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.

COMITE:
ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO.
ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL
ING. EDMUNDO MORALES SILVA
ING. ABEL GARCIA OROPEZA
DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA
ING. OCTAVIO SANCHEZ HIDALGO B.

La primera columna lleva por encabezado I.E.S. 99% y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de persepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95%, está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y las otra 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como parámetro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en porciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores los valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

INDICE

1. EDIFICIOS INDUSTRIALES

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.E. 95%
ACERO (Véase Hierro y Acero)		
ACUMULADORES, MANUFACTURA DE		
Moldeado celdas	500	300
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE		
Molienda, prensa filtrado, hornos de secado, vaciado y devastado	300	200
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo)	1000	600
Pintura y vidriado (Trabajo fino)	3000a	1700a
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE		
Ensamblado bastidor	500	300
Ensamblado Chasis	1000	600
Ensambles final e inspección	2000a	1100a
Manufactura carrocería:		
Ensamblado	1000	600
Partes	700	400
Acabado e inspección	2000a	1100a
AVIONES, MANUFACTURA DE		
Partes:		
Producción	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Acabado de piezas:		
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	700	400
CUARTO PINTURA	1000	600
Trazado sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas	1000	600
Soldadura:		
Iluminación general	500	300
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000
Subensamblado.		
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	1000	600
ENSAMBLADO FINAL		
Colocación de motores, hélices, secciones ala y tren de aterrizaje	1000	600
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600
ASERRADEROS		
Clasificación de la madera	2000	1700
AZUCAR, REFINERIAS DE		
Clasificación	500	300
Inspección color	2000	1100
CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE		
Area general de manufactura	500	300
CARBON, VERTEDORES DE		
Quebradores, cernidos y limpiado	100	60
Selección	3000a	1700a
CARPINTERIAS		
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200
Enclado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	500	300
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	1000	600
CERVECERAS, INDUSTRIAS		
Elaboración y lavado de barriles	300	200
Llenado (de botellas, latas, barriles)	500	300
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Generadoras)		
DULCES INDUSTRIAS		
Departamento de Chocolate.		
Desatascado, selección, extracción, de aceite, quebrado y refinación, alimentación	500	300
Limpieza del grano, selección inmersión, empacado y envoltura	500	300
Molienda	1000	600
Elaboración de crema.		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Pastillas de goma y jaleas	500	300
Decoración a mano	1000	600
Caramelos.		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Corte y selección	1000	600
Elaboración de pesas y envoltura	1000	600

	I.E.S. 99%	S.M.I.E. 95%
EMPACADORAS DE CARNE		
Matadero (Rastro)	300	[illegible]
Limpiado, desbastado, cocido, molienda, enlatado y empacado	1000	600
ENCUADERNACION		
Doblado, ensamblado, empaste, cortado, punzonado y cocido	700	400
Grabado en relieve e inspección	2000a	1100a
ENLATADORAS DE CONSERVAS		
Clasificación inicial:		
Jitomates	1000	600
Otras muestras	500	300
Clasificación por color (cuartos de cortado)	2000a	1100a
Preparación:		
Selección preliminar:		
Chayacanes y duraznos	500	300
Jitomates	1000	600
Aceitunas	1500	900
Cortado y pelado	1000	600
Selección final	1000	600
Enlatado:		
Enlatado en bandas, sin fin	1000	600
Enlatado estacionario	1000	600
Empacado a mano	500	300
Aceitunas	1000	600
Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Manejo de envases		
Inspección	2000a	1100a
Etiquetado y empacado	300	200
ENSAMBLADO		
Tosco, fácil de ver	300	200
Tosco, difícil de ver	500	300
Medio	1000	600
Fino	5000	3000
Extrafino	10000	6000
ENSAYOS O PRUEBAS		
General	500	
Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	[illegible]
EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE:		
Impregnado	500	300
Aislado, embobinado	1000	600
Pruebas	1000	600
EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA	500	300
EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	300	200
FORJADO, TALLERES DE	500	300
FUNDICIONES		
Templado (Hornos)	300	200
Limpiado	300	200
Hechura de corazones:		
Finos	1000	600
Medianos	500	300
Inspección:		
Fina	5000a	3000a
Mediana	1000	600
Moldeo:		
Mediano	1000	600
Grande	500	300
Colado	500	300
Selección	500	300
Cubilote	200	100
Desmolde	300	200
GALVANOPLASTIA	300	200
GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES		
Taller de Servicio:		
Reparaciones	1000	600
Areas activas de tráfico	200	100
Garages para estacionamiento:		
Entrada	500	300
Espacio para circulación	100	100
Espacio para estacionamiento	50	50
GRANJAS		
Establo y Gallinero	100	
GRABADO (CERA)	2000a	[illegible]

	I.E.S. 99%	S.M.I.E. 95%
GUANTES, MANUFACTURA DE		
Planchado y cortado	3000a	2000a
Teñido y clasificado	1000	600
Cosido e inspección	5000a	3000a
HANGARES		
Servicio de reparación únicamente	1000	600
HIELO, FABRICAS DE		
Cuarto de compresores y máquinas	200	100
HIERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE		
Hornos de hogar abierto:		
Patio de almacenaje	100	60
Piso de carga	200	100
Revestidores de crisoles:		
Foseo de escoria	200	100
Plataformas de control	300	200
Patio de lingotes	50	30
Colado	300	200
Almacenamiento de moldes	100	60
Recarga de pozuelo	100	60
Reparaciones	300	200
Patio de almacenaje	200	100
Patio de Chatarra	100	60
Edificio de oficina	300	200
Edificio de Calderería	100	60
Sala compresores	100	60
Molinos de laminación de:		
Lingotes, placches, vigueras y láminas en caliente	300	200
Laminación en frío de placas	300	200
Tubo, varilla alambrón	500	300
Fierro estructural y planchas	300	200
Molinos de laminación de hojalata:		
Estañado y galvanizado	500	300
Laminación en frío	500	300
Cuarto de motores y máquinas	300	200
Inspección:		
Tubulares de líneas negra, lingotes y billetes	1000	600
Hojalata y otras superficies brillantes	1000j	600j
HULE, PRODUCTO DE		
Preparación de la materia prima:		
Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Prensado en calandra	500	300
Preparación de la tela:		
Cortado y telas flexibles	500	300
Productos por inyección	500	300
Productos moldeados y vulcanización	500	300
Inspección	2000a	1100a
JABONES, MANUFACTURA DE		
Pisa, corte, secado de jabón y detergentes en polvo	300	200
Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	500	300
LACTEOS, PRODUCTOS		
Industria líquida		
Cuarto refrigerado y almacén botellas	300	200
Botellas	500	300
Lavadores botellas	f	f
Lavadores latas	300	200
Equipo refrigeración	300	200
Llenado, inspección	1000	600
Manómetros y tableros de medidores (sobre carátula)	500	300
Laboratorios	1000	600
Pasteurizadores	300	200
Separadores y cuartos refrigerados	300	200
Tanques, cuartos	500	300
Termómetros (sobre carátula)	500	300
Cuarto para pasar (iluminación gral.)	300	200
Básculas	700	400
LAMINA DE HIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:		
Prensas, guillotinas, troqueladoras trabajo mediano de tamaño	500	300
Punzadoras y rechazado	500	300
Inspección esmaltado y galvanizado	2000j	1100j
Lizado	2000j	1100j

	I.E.S. 99%	S.M.I.E. 95%
LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:		
Checado y selección	500	300
Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Inspección y desmanchado	5000a	3000a
Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Planchado	1500	900
LAVANDERIAS		
Lavado	300	200
Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado	500	300
Planchado a máquina y selección	700	400
Planchado fino a mano	1000	600
LLANTAS DE HULE Y CAMARAS, MANUFACTURA DE		
Preparación materia prima:		
Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Prensado en calandra	500	300
Preparación de la Tela:		
Cortado y construcción de cajas	500	300
Máquinas para las cámaras y recubierto	500	300
Construcción de llantas:		
Llantas sólidas	300	200
Llantas neumáticas	500	300
Departamento de vulcanización:		
Cámaras y llantas	700	400
Inspección final	2000a	1100a
Envoltura	500	300
MOLINOS DE HARINA		
Rodillos, cernidores, purificadores	500	300
Empacado	300	200
Control de producción	1000	600
Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
PAN, INDUSTRIAS DE		
Cuarto de mezclado	500	300
Cuarto de fermentado	300	200
Formado:		
Pan blanco	300	200
Pastelillos y pan dulce	500	300
Cuartos de hornos	300	200
Relleno y otros ingredientes	500	300
Decorado:		
Mecánico	500	300
Manual	1000	600
Básculas y termómetros	500	300
Envoltura	300	200
PAPEL MANUFACTURA DE		
Bastidores, molinos, calandras	300	200
Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el papel	500	300
Cortado a mano, lado húmedo de al máquina de papel	700	400
Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
Enrollado	1500	900
PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)		
Limpiado, curtido y estirado, pelos	300	200
Cortado, descarnado y secado	500	300
Acabado	1000	500
PIEL, TRABAJO SOBRE		
Planchado, trenzado y barnizado	2000	1100
Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700
PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE		
Transportadores de bandas, espacios de descargo del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	100	60
Cuarto de quebradores primarios, quebradores auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Cernidores	200	100
PINTURAS, MANUFACTURA DE		
Iluminación general	300	200
Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000j	1100j
PINTURAS, TALLERES DE		
Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	500	600

	LES 99%	S.M.I.L. 95%
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, r'ciado especial y con plantilla	500	300
' ..ado de pinturas a mano, abajo fino	1000	600
'rabajo extra-fino (carrocerías, pianos)	3000a	1700a
PLANTA, GENERADORES		
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusaje de cenizas	100	60
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	200	100
Plataformas calderas	100	60
Plataformas quemador	200	100
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	100	60
Condensadores, piso de preadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60
Cuartos de control:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador:		
Tipo A—Cuarto de control largo, 178 cms., sobre el piso	500	300
Tipo B—Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso	300	200
Sección de "Duplex" viéndose desde cualquier ángulo	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Áreas dentro de los tableros "Duplex"	100	60
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60
Alumbrado de emergencia en cualquier área	30	20
Tableros despachadores:		
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300
Superficie vertical del tablero (1.25 M. sobre el piso viendo hacia el operador):		
Cuarto despachador sistema de carga	500	300
Cuarto despachador secundario	300	200
Área para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100
Laboratorio químico	500	300
Precipitadores	100	60
Caso de tejillas	200	100
Plataforma, sopladores de hollín o escoria	100	60
Cabezales para vapor y válvulas	100	60
Cuarto de interruptores de potencia	200	100
Cuarto para equipo telefónico	200	100
Túneles o galerías para tubería	100	60
Subsótano (parte inferior turbina)	200	100
Cuarto de turbinas	300	200
Área para trasmisión de agua	200	100
Plataforma para visitantes	200	100
PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA		
Hornos manuales, tanques de hervido, secadores estacionarios, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200
Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadores mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado	300	200
Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradores, celdas electrolíticas	300	200
SOMBREROS, MANUFACTURA DE		
Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado	1000	600
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a
Cosido	5000a	3000a
SOLDADURA		
Iluminación general	500	300
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a

	LES 99%	S.M.I.L. 95%
TABACO, PRODUCTOS DE		
Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	
Clasificación y selección	3000a	1[illegible]
TALLERES MECANICOS		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	1000	600
Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	3000a	3000a
Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	3000a	6000a
TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Abridores, mezcladores, batientes	300	200
Cardas y estiradores	500	300
Peinadores, veloces, trócilas y cañoneras	500	300
Enrolladores y Engomadores:		
Telas crudas	500	300
Mezclillas	1500	900
Inspección:		
Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
Atado automático	1500a	900a
Telares	1000	600
Repaso y atado a mano	3000a	1100a
TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Abridores, mezcladores y batientes	300	200
Clasificación	1000a	600a
Cardado, peinado y repeinado	500	300
Estirado:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Trócilas:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Torzales	500	
Devanado:		
Hilo blanco	300	
Hilo de color	500	
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Hilo de color	1000	600
Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
Tejido:		
Telas blancas	1000	600
Telas de color	2000	1100
Cuarto de telas crudas		
Quitar nudos de la tela	1500a	900a
Cosido	3000a	1700a
Doblado	700	400
Acabado húmedo	500	300
Teñido	1000a	600a
Acabado en seco:		
Desgalvanizado, acondicionamiento y planchado	700	400
Cortado	1000	600
Inspección	3000a	1700a
Doblado	700	400
TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS.		
Manufactura:		
Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos	300	200
Debonado, torcido, redevanado y conerar, torcido de fantasía, engomado:		
Hilo claro	500	300
Hilo obscuro	2000	1100
Urdidores (seda)		
En estizola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora	1000	600
Repaso en lisos y en el peine	3000a	1100a
Tejido	1000	600
TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
TELA, PRODUCTOS DE		
Inspección tela	20000a	10000a
Corrado	3000a	2000a
Costura	500a	3000a
Planchado	3000a	2000a
TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS		
Fundición de tipo:		
Manufactura matrices, acabado de tipos	100	600
Preparación de tipos, selección	500	300
Fundición	500	300
Impresión:		
Inspección de colores	2000a	1100a
Linotipos y cajistas	1000	600
Prensas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electrotipia:		
Moldeado, resinado, acabado, nivelado, moldes y recorrado	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotograbado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Resinado, acabado, pruebas, entintado	1000	600
VIDRIO, FABRICAS DE		
Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas topiadoras y templado	300	200
Esmerilado, cortado, plateado	500	300
Esmerilado fino, biselado, pulido	1000	600
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, corrado parte superior y suelas	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado	1000	600
ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE		
Corrado y costura:		
Tablas de corrado	3000a	1700a
Vaciado, ojeado, adelgazado, selección, remachado y contadores	3000a	1700a
Corrado		
Materiales claros	500	300
Materiales obscuros	3000a	2000a
Hechura y acabado	2000	1100

2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
AUDITORIOS		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
BANCOS		
Vestíbulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900
Gerencia y Correspondencia	1500	900
BIBLIOTECAS		
Sala de lectura	700	400
Anaquel	300	200
Reparación de libros	500	300
Archivar y catalogar	700	400
Mesa chequeo de salidas y entrada de libros	700	400
CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales)		
CLUBES		
Sala de descanso y de lectura	300	200
CORREOS		
Vestíbulo, sobre mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
CORTES DE JUSTICIA (TRIBUNALES)		
Areas de espectros (público)	500	200
Areas de servidores propias de la corte	700	400
EDIFICIOS MUNICIPALES,		
BOMBEROS Y POLICIA		
Policía:		
Archivos de identificación	1500	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
Bomberos:		
Dormitorios	200	100
Sala recreativa	300	200
Garage carros bomba	300	200
ESCUELAS		
Salones de clase	700	400
Salones de dibujo (sobre restirador)	1000a	600a
Lectura de movimientos de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura	1500a	900a
GALERIAS DE ARTE		
Iluminación general	300	200
Sobre pinturas (localizado)	300b	200b
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
IGLESIAS		
Altar, retablos	1000a	600a
Coro (D) y presbiterio	300a	200a
Púlpito (iluminación adicional)	500a	300a
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150a	100a
Ventanales emplomados:		
Color blanco	500	300
Color mediano	1000	600
Color obscuro	5000	3000
Ventanal muy denso	10000	6000
MERCADOS		
Bodegas y Cuartos de Almacenamiento		
Activos	200	130
Inactivos	50	50
Carnicerías, Barbacoa, Pescaderías	500	300
Cocinas (Areas de trabajo)	500	300
Comedores	300	200
Cuartos de máquinas	300	200
Ferreterías y Accesorios eléctricos	500	300
Lavaderas para verduras y varios	500	300
Mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
Mueblerías y artículos para el hogar	500	300
Papelerías, libros y juguetes	500	300
Plataformas de descarga	250	150
Sanitarios y baños	100	100
Verduras, frutas, flores y plantas	500	300
MUSEOS (Véase Galerías de Arte)		
OFICINAS		
Proyectos y diseños	2000	1100
Contabilidad, auditoría, máquinas de contabilidad	1500	900
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo	1000	600
Archivado intermitente o descontinuado	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de receso, archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	1000	600
TEATROS Y CINES		
Sala de espectáculos:		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestíbulo	200	100
Sala de descanso (foyer)	50	30
TERMINALES Y ESTACIONES		
Salas de espera	300	200
Oficina de boletos	1000	600
Oficina de checar equipaje	500	300
Vestíbulo	100	50
Andenes y Plataformas	200	100

3. HOSPITALES

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Sala de preparación y anestesia	300	200
Autopsia y Anfiteatro		
Mesa de autopsia	25000	14000
Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Anfiteatro (iluminación gral.)	200	100
Central de instrumentos esterilizados		
Iluminación general	300	200
Afilado agujas	1500	900
Sala de Cistoscópica		
Iluminación general	1000	600
Mesa Cistoscópica	25000	14000
Sala dental		
Cuarto de espera	300	200
Cirugía, dental (iluminación gral).	700	400
Silla dental	10000	6000
Laboratorio (banco de trabajo)	1000	600
Sala de recuperación	50	30
Sala de electroencefalogramas:		
Oficina	1000	600
Cuarto de trabajo	300	200
Sala de espera	300	200
Sala de emergencia:		
Iluminación general	1000	600
Iluminación localizada	20000	9000
Sala de electrocardiogramas, de metabolismo y de muestras:		
Iluminación general	200	100
Mesa de muestras	500	300
Salas de reconocimiento y tratamiento		
Iluminación general	500	300
Mesas de reconocimiento	1000	600
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta:		
Cuarto obscuro	100	60
Cuarto de reconocimiento y tratamiento	500	300
Sala de Fracturas		
Iluminación general	500	300
Mesa de fracturas	2000	1100
Laboratorio.		
Cuartos de ensayo	300	200
Mesas de trabajo	500	300
Trabajos más precisos	1000	600
Vestíbulo	300	200
Salas de reposo	300	200
Cuartos para archivar historias clínicas	1000	600
Sala de Rayos X		
Radiografía y Fluoroscopia	100	60
Terapia superficial y profunda	100	60
Cuarto obscuro	100	60
Sala para ver placas	300	200
Archivos, revelado	300	200
Closet de blancos	100	60
Guardería infantil:		
Iluminación general	100	60
Mesa de reconocimiento	700	400
Cuarto de juego, pediátrico	300	200
Ginecología.		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	300	200
Sala de preparación	200	100
Sala de partos (iluminación gral)	1000	600
Mesa para partos	25000	14000
Farmacia		
Iluminación general	300	200
Mesa de trabajo	1000	600
Almacén activo	300	200
Cuartos privados y salas comunes.		
Iluminación general	100	60
Iluminación localizada (lectura)	300	200
Area para desequilibrados mentales	100	60
Tratamiento con isótopos radioactivos:		
Laboratorio radioquímico	300	200
Mesa de reconocimiento	500	300
Cirugía:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600
Sala de operaciones, iluminación general	1000	600
Lavado de cirujano	300	200
Mesa de operaciones	25000	14000
Sala de restablecimiento	300	200
Terapia		
Física	200	100
Ocupacional	300	200

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Salas de espera	300	200
Cuarto utilería	200	100
Puesto de enfermeras:		
Iluminación general	200	100
Escritorio	500	300
Mostrador para medicinas	1000	600

4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION (Véase tiendas)		
CASAS (Véase residencias)		
Alumbrado nocturno:		
Zonas comerciales principales:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
Zonas comerciales secundarias		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
COCINAS (Véase restaurantes o residencias)		
ESCAPARATES, (o)		
Alumbrado diurno:		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000
GASOLINERAS:		
Area de servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600
HOTELES		
Recámaras:		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	200	200
Administración	500	300
Vestíbulo:		
Areas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300
JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA DE	5000	3000
RESIDENCIAS		
Tareas visuales específicas (1):		
Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio (sobre escritorio	700	400
Costura	1000	600
Iluminación general:		
Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras	100	60
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego	100	60
Cocina, lavandería, cuarto de baño	200	100
RESTAURANTES Y CAFETERIAS		
Area de comedor:		
Cajera	500	300
Del tipo íntimo:		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario.		
Con ambiente ligero	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rápido		
Cocina:		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
SALONES DE BAILES	50	30
TIENDAS (o)		
Areas de circulación	300	200
Areas de mercancías		
Con servicio de vendedores	1000	600
Autoservicio	2000	1100
Mostradores y vitrinas en muro		
Con servicio de vendedores	2000	1100
Autoservicio	5000	2000

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Atracciones principales:		
Con servicio de vendedoras	5000	3000
Autoservicio	10000	6000

5. AREAS COMUNES

BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO	50	50
Inactivas	50	30
Activas		
Piezas toscas	100	60
Piezas medianas	200	100
Piezas finas	500	300
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES		
Iluminación general	100	60
Espejo	300g	200g

Dado que en el curso de 10 años, los niveles de iluminación recomendados por el I.E.S., para Alumbrado Exterior, Areas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. —Illuminating Engineering Society— México Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.

6. ALUMBRADO EXTERIOR

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
ALUMBRADO DE PROTECCION	
Alrededores de áreas activas de embarque	50
Alrededores de edificios	10
Areas de almacenamiento activas	200
Areas de almacenamiento inactivas	10
Entradas:	
Activas (peatones y/o transportes)	50
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10
Límites de propiedad:	
Deslumbramiento por medio de la técnica de proyección (Reflectores de dentro hacia afuera)	1.5
Técnica de iluminación general	2
Iluminación general áreas inactivas	2
Plataformas de carga y descarga	200
Ubicaciones y estructuras de importancia	50
ASTILLEROS	
Iluminación general	50
Caminos, sendas	100
Area de construcción	300
BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES (Véase Tableros para boletines y Carteles)	
CALLES	q
CAMINOS	q
CANTERAS	50
CARBON, PATIOS PARA (de protección)	2
CARRETERAS	q
DRAGADO	20
EDIFICIOS	
Construcción general	100
Trabajos de excavación	20
ESTACIONAMIENTOS	50
FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS	
Iluminación con proyectores	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	150
Superficies medio claras	200
Superficies medio obscuras	300
Superficies obscuras	500
Alrededores obscuros:	
Superficies claras	50
Superficies medias claras	100
Superficies medio obscuras	150
Superficies obscuras	200

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
FERROCARRIL, PATIOS DE	
De recepción	2
Clasificación	3
GASOLINERAS:	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calzada para coches	50
Areas bombas de gasolina	300
Fachadas, edificios (de vidrio)	300r
Area de servicio	70
Alrededores obscuros:	
Acceso	15
Calzadas para coches	15
Area bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio)	100r
Area de Servicio	30
JARDINES (p)	
Iluminación general	5
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos	20
Flores, jardines entre rocas	50
Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	50
MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE	10
MUELLES	200
PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)	200
PLANTAS GENERADORAS	
Pasarelas	20
Tiradero de ceniza	1
Descarga de carbon:	
Rampa (Zona de carga y descarga)	50
Area almacenamiento chalens	5
Vaciador de carros	5a
Volcador	50
Area de almacenamiento de carbón	1
Transportadores	20
Entradas:	
Edificio de servicio o generación:	
Principal	100
Secundaria	20
Caseta de compuertas:	
Entrada de peatones	100
Entrada transportadores	50
Cerca o alambrada	2
Colectores de entrega del aceite combustible	50
Tanque de almacenamiento aceite	10
Patio descubierto	2
Plataformas-Caldera, cubierta de turbina	50
Caminos:	
Entre o a lo largo de los edificios	10
Que no estén bordeados por edificios	5
Subestación:	
Iluminación general horizontal	20
Iluminación vertical específica (sobre desconectadores)	20
PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA	200
Interior de los furgones	100
PRESIDIO, PATIOS DE	50
TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	500
Superficies obscuras	1000
Alrededores Obscuros:	
Superficies claras	200
Superficies obscuras	500

7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS

ALBERCA	
Iluminación general desde la planta alta	100
Bajo el agua:	
Exterior	1
Interior	1

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES	
ARQUERIA		
Blanco		
Torneo		100r
Recreativo		50r
Linea de tiro		
Torneo		100
Recreativo		50
BADMINTON		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100
BASEBALL	Jardines	Cuadro
Ligas mayores	1000	1500
Ligas AA y AAA	500	750
Ligas A y B	300	500
Ligas C y D	200	300
Ligas semi-profesionales y regionales	150	200
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400
Sobre asientos, durante juego	20	
Sobre asientos antes y después jgo.	50	
BASKETBALL	Jardines	Cuadro
Universitario y profesional		500
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores		300
Sin espectadores		200
Recreativo (exterior)		100
BILLARES (sobre mesa)		
Torneo		500
Recreativo		300
Area general		100
BOLICHES		
Mesas.		
Torneo		200
Recreativo		100
Pinos		
Torneo		500r
Recreativo		300r
BOX O LUCHA (ring)		
Campeonato		5000
Profesional		2000
Amateur		1000
En asientos durante el encuentro		20
En asientos antes y después del encuentro		50
CARRERAS		
De motor (autos enanos o motocicletas)		200
Bicicletas		200
Caballos		200
Perros		300
CROQUET		
Torneo		100
Recreativo		50
FRONTENIS		
Profesional		1000
Aficionados		750
Sobre asientos		50
FRONTON O CESTA		
Profesional		1500
Aficionados		1000
Sobre asientos		100
FRONTON A MANO		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100
FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO		
(Indice: Distancia de la línea de banda a fila más alejada de espectadores)		
Clase I más de 30 Mts		1000
Clase II entre 15 y 30 Mts		500
Clase III entre 9 y 15 Mts		300
Clase IV menos de 9 Mts		200

La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de asientos de las gradas, es el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para mas de 30,000 espectadores. Clase II de 10 000 a 30,000 espectadores. Clase III de 5 000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,00 espectadores.

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES	
GIMNASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)		
Exhibiciones, encuentros		300
Para recreación y ejercicio general		200
Asambleas		100
Bailes		50
Regaderas y vestidores		100
GOLF, CAMPOS DE PRACTICA		
Iluminación general sobre los "Tees"		100
A 1 85 Mts		50r
Práctica en los "greens"		100
HOCKEY SOBRE HIELO		
Universitario o profesional		500
Liga amateur		200
Recreativo		100
PATINAJE		
Pista para patines de ruedas		50
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)		50
Laguna, estanque o área inundada		10
PING PONG		
Torneo		500
Club		300
Recreativo		200
PLAYAS		
En tierra		10
A 50 Mts. de la orilla (en mar)		30r
PLAZA DE TOROS		
En el ruedo		1000
Pasillos, túneles, palcos, gradas		50
SHUFFLE BOARD		
Torneo		100
Recreativo		50
SKIES, RAMPA DE PRACTICA		5
SOFTBALL	Jardines	Cuadro
Profesional y de campeonato	300	500
Semi-profesional	200	300
Ligas Industriales	150	200
Recreativo	75	100
TENIS		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100

8. ALUMBRADO DE TRASPORTES.

AEROPUERTOS	
Plataforma frente hangares	10
Plataforma frente edificio de la terminal	
Area de estacionamiento	5
Area de carga	20
AUTOBUSES	
Urbanos	300
Foráneos	150
AUTOMOVILES	
Sobre placas	5
AVIONES	
Compartimentos pasajeros	
Iluminación general	50
Lectura (en asientos)	200
BARCOS	
Camarotes	500
Literas, sobre plano de lectura	150
Espejo, sobre cara	500
Baños	50
Pasillos y corredores	50
Escaleras	

	I.E.S. LUXES S.M.I.I.
pasajeros	100
tripulación	50
Entrada pasajeros	100v
Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100x
Cuartos de esparcimiento tripulación	200
Sobre mesas	300
Comedor pasajeros	100w
Salón comedor, oficiales y tripulación	100
Sobre mesas	150
Bibliotecas	100
Para lectura	300
Salones fumadores	5x
Cubiertas cerradas	100
Peluquería y salón de belleza	200
Sobre la persona	500
Salones de Cocktail y Cantina	50w
Salón de baile	50w
Piscinas, playas interiores	100y
Tiendas	200u
Teatros:	
Durante el espectáculo	1
Intermedio	50
Gimnasios	200
Hospital:	
Sala de operaciones	500u
Sala dental	300u
Dispensario	300u
Sala de encamados	50u
Oficina doctor	200u
Sala de espera	100x
TIRO AL BLANCO	
Sobre el blanco	500r
Línea de tiro	100
Area intermedia	50
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros	100x
Mostrador para pasajeros oficina sobrecarga	200
tas de navegación:	
tonera (sobre puente de mando)	50
Cuarto de mapas	300
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500
Cuarto del radar	50
Cuarto de giroscopios	50
Cabina de radio	100u
Oficina del barco	200
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
Para teneduría de libros y auditoría	500
Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100
Sobre escritorio	500
Areas de servicio:	
Galera	200u
Lavandería	150u
Despensa	150u
Fregaderos	150u
Preparación comida	200u
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
Carnicería	150u

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
Imprenta	300u
Sastrería	500u
Oficinas postales	200u
Vestidores	30
Central telefónica	100u
Cuarto para almacén	50
Areas de operación:	
Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100u
Cuarto calderas (áreas de trabajo)	100u
Cuarto ventiladores	50
Cuartos grupos Motor-Generador	50
Cuartos de generación y tablero de control	100
Cuarto de montacargas	50
Tableros de control, iluminación vertical:	
Parte alta	300
A 90 cms. desde el piso	100
Cuarto del mecanismo del timón	50
Cuarto de bombas	10
Tablero de medición y control (iluminación vertical):	
Sobre medidores	300
Túnel del eje	30
Bodega seca para cargamento (Unidad de ilu-mina permanente)	10u
Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u
Talleres	200
Sobre trabajo	500
Escotillas de la bodega:	
Area sobre escotilla	50
Area adyacente a la cubierta	30
CARROS DE FF.CC. PARA CORREO	
Bultos de correo y cajas para cartas	300
Almacenaje correo	150
CARROS DE FF.CC. PARA PASAJEROS	
Escritura y lectura:	
General	200
Sobre escritorio	500
Sección de baños:	
General:	150
Espejo	300
Sanitario	50
Carro comedor	150
Cantina	150
Areas sociales	200
Escalones y puertas	100
TRANVIAS Y TROLEBUSES	300
TIRO AL PICHON	
Blanco, a 50 Mts.	300r
Línea de tiro, general	100
VOLLEYBALL	
Torneo	250
Recreativo	150
WATER POLO	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	150

N O T A S

a Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos periodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz,, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.

b Las pinturas o cuadros con colores obscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.

c En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas.

d La iluminación se puede reducir o eminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.

e Si los acabados interiores son obscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar los contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiobscuro que lo rodea. Es esencial un diseño de techos para evitar brillantes desagradable.

f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en de los luxes producidos en un punto considerado.

g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.

h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.

i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un rasador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.

j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.

k. O no menos de 1/5 del nivel de las áreas adyacentes.

l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.

m. La iluminación general de éstas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.

o. (A) Los valores recomendados, con iluminación sobre la mercancía o aparadores. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical. (B) Areas específicas en las cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.

p. Estos valores están basados en un 75% de reflexión, ya que éste es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas obscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático.

q. Iluminación promedio recomendada (luxes)

TRANSITO DE PEATONES — CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA

	Muy escaso (Menos de 150)	Escaso (150 a 500)	Mediano (500 a 1200)	Intenso (mas de 1200)
Intenso	6	8	10	12
Mediano	4	6	8	10
Escaso	2	4	6	8

Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%.

Cuando la reflexión sea pobre (del orden de 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea fuertemente alta (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en servicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escaso y con tránsito de peatones escaso, y no menor de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

r. Vertical.

s. 600 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

t. 1000 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

u. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada.

v. La instalación deberá ser tal, que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 luxes para embarques diurnos.

w. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, cantinas y comedores, los valores de luxes pueden variar s[illegible]mente, dependiendo de la armónica, deseada, los decorados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

Reimpresión de la Revista "INGENIERIA DE ILUMINACION"
de Mayo - Junio de 1967.

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

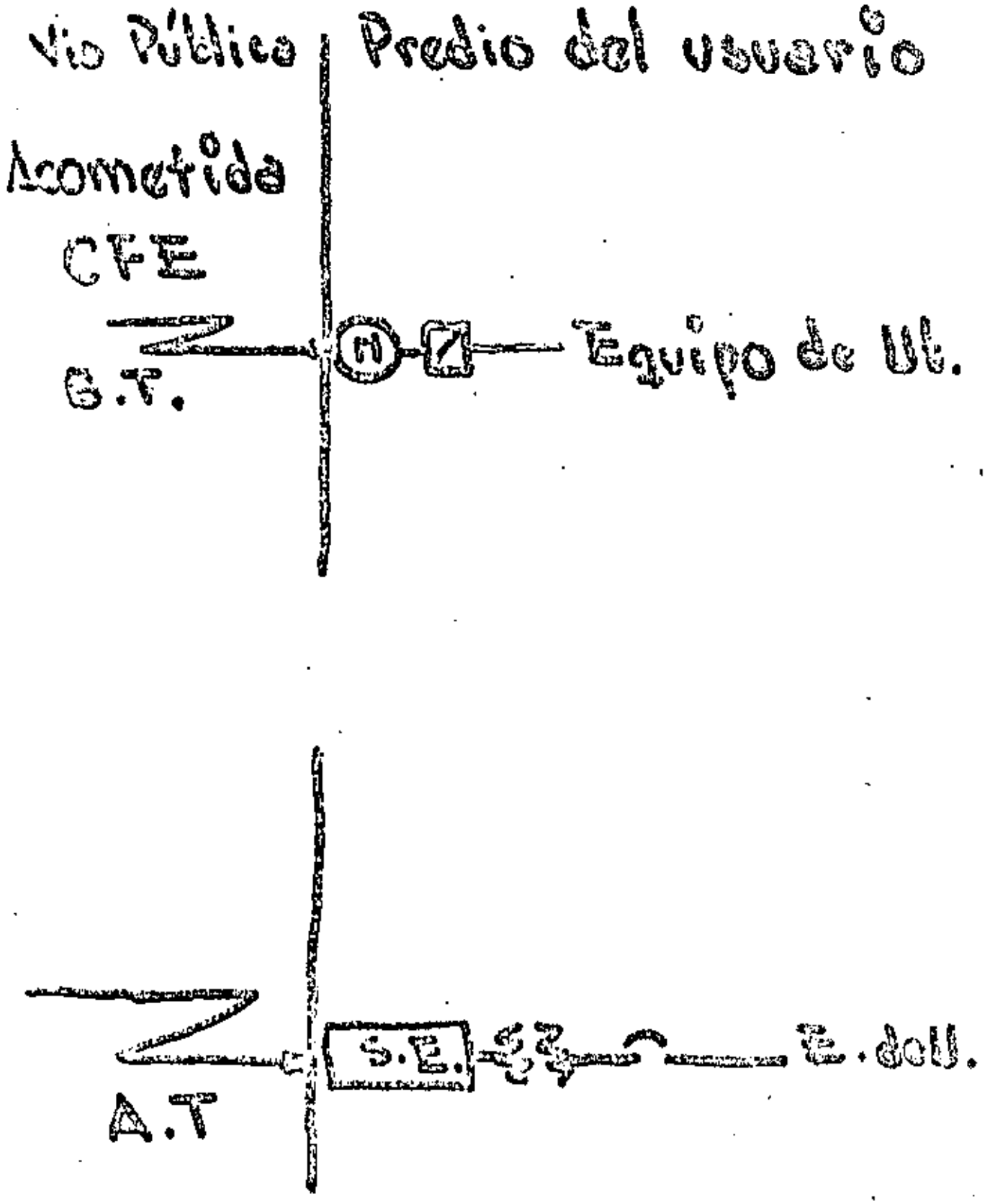
INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO LA D.G.E.

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

OCTUBRE, 1979.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-23


Vio Público
Predio del usuario
Acometida
CFE
B.T.
M
Equipo de Ut.
S.E.
E. dell.
A.T

LEY DEL SERV. PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA.

D.O. – 22 Dic. – 1975

SEPAFIN (CFE)	SECOM (Usuario)

Art. 28.- Los proyectos de I.E. destinados al uso de E. serán aprobados previamente a su ejecución por la S. de C. La CFE no proporcionará el Serv. si no se cumple con este Req. y se

satisfacen los Reglam.

Reglamento de la Ley de la I.E.

D.O. 4-Oct-1945

5º transitorio de la Ley S.P.E.E.

Capítulo XI.- De las Obras e I.E.

Arts. 93 al 97, 101 y 102

Capítulos XVIII y XIX.

Reglamento de Obras e I.E.

D.O. 31-Marzo-1950

Consta de 10 Capítulos y 76 Arts.

I y II - Disp. Grales. y Definiciones.

III al VII.- Sist. de Utilización

VIII al IX.- Líneas Aéreas y Subt.

X.- Plantas Gen. y S.E.

CROIE.

- Objetivo: Actualiz. del Reglam.
- Fuentes: ROIE, NEC, COVENIN y Otros Codigos.

  Asociaciones profesionales, Organismos Federales, Colegios, Camaras, etc.

Se incluyen nuevos temas:

- Albercas
- Tubo Polietileno y PVC.
- Protección Contra Fallo a T.

Se precisan Conceptos:

- Protecciones contra S.C.
- Subestaciones
- Sistemas de tierras.

Importancia de la Reglamentación.

- Regula actividades eléctricas
- Evita anarquía en las I.E.
- Evita un mal diseño que puede provocar:

  Peligro de incendio por sobrecalentamiento y C.C.

  Peligro de Electrocución ó conmoción eléctrica.

  Daños irreparables o fallecimiento de personas.

  Bajo rendimiento de equipos por, exceso de caída de tensión y aumento del costo anual por pérdidas de energía.

  Aumento del costo inicial por recorrido excesivo de conductores y mal aprovechamiento de canalizaciones.

El proyecto Electrico

- Su importancia.
- Propósito del Art. 28 de la L.S.P.
- Discusión de Criterios.
- Análisis y Estudio de Cargas.
- Cálculos
  - Iluminación
  - Alim. y Circ. Deriv.
  - Tableros.
- Planos
- Especificaciones.
- Intervención de Responsables.

Fallos más frecuentes en los proyectos Ele

- No se consideran factores de relleno ni de agrupamiento en tuberías.

Arts. ROIE:

La cap. de Cond. de Corriente se reduce de la tabla II del ROIE. al:

80% — 4 a 7 conductores

Art. 11-1c ROIE

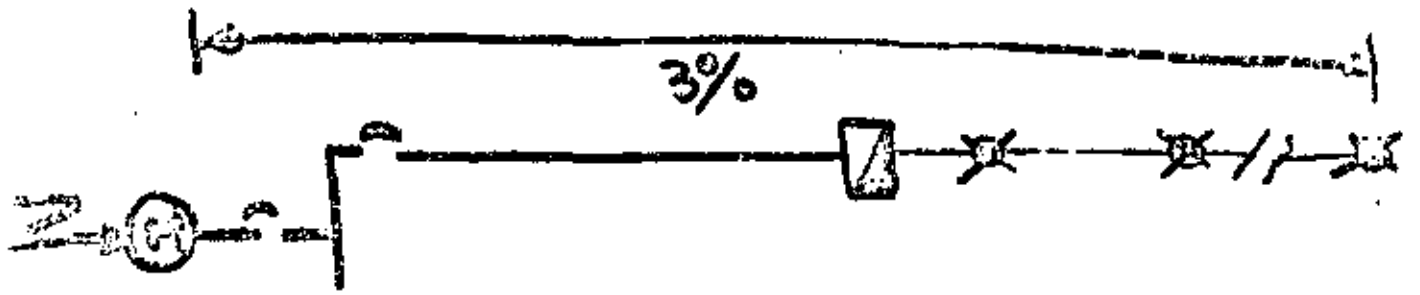
70% — 9 a 12 "

60% — 13 a 25 "

50% — 26 en adelante.

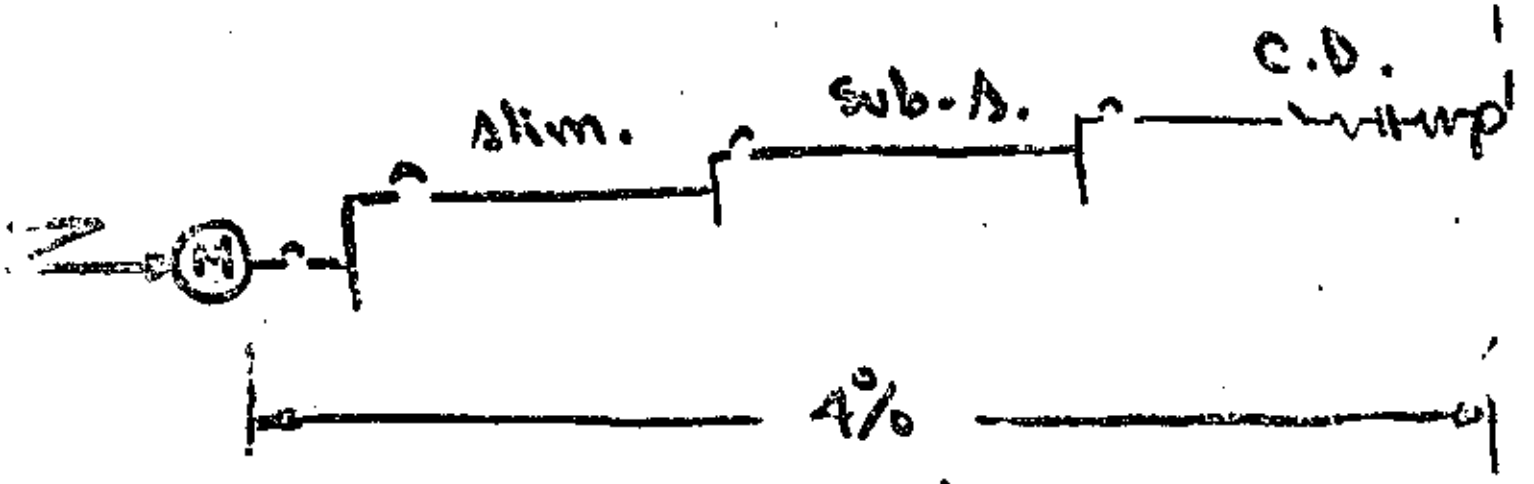
- Caída de Tensión -
Art. 6-2 ROSE

Sistemas de Alumbrado



Sist. 125 volts — e% = 3.75%
" 220 " — = 6.6 V.

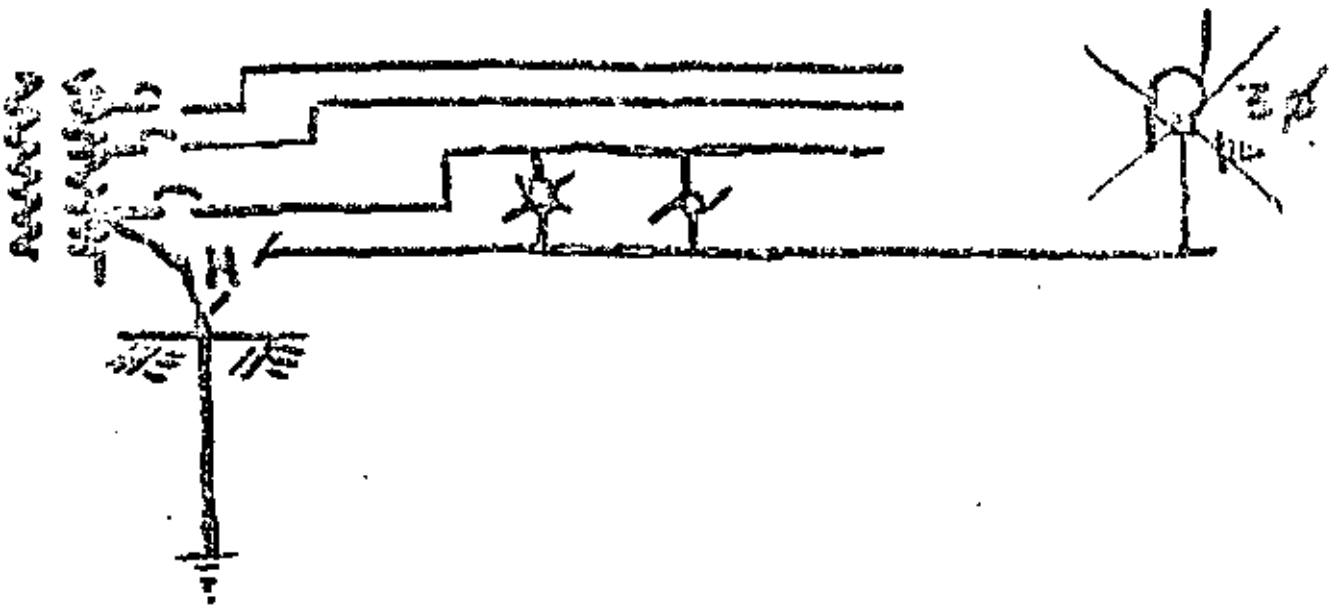
Sistemas de Fuerza

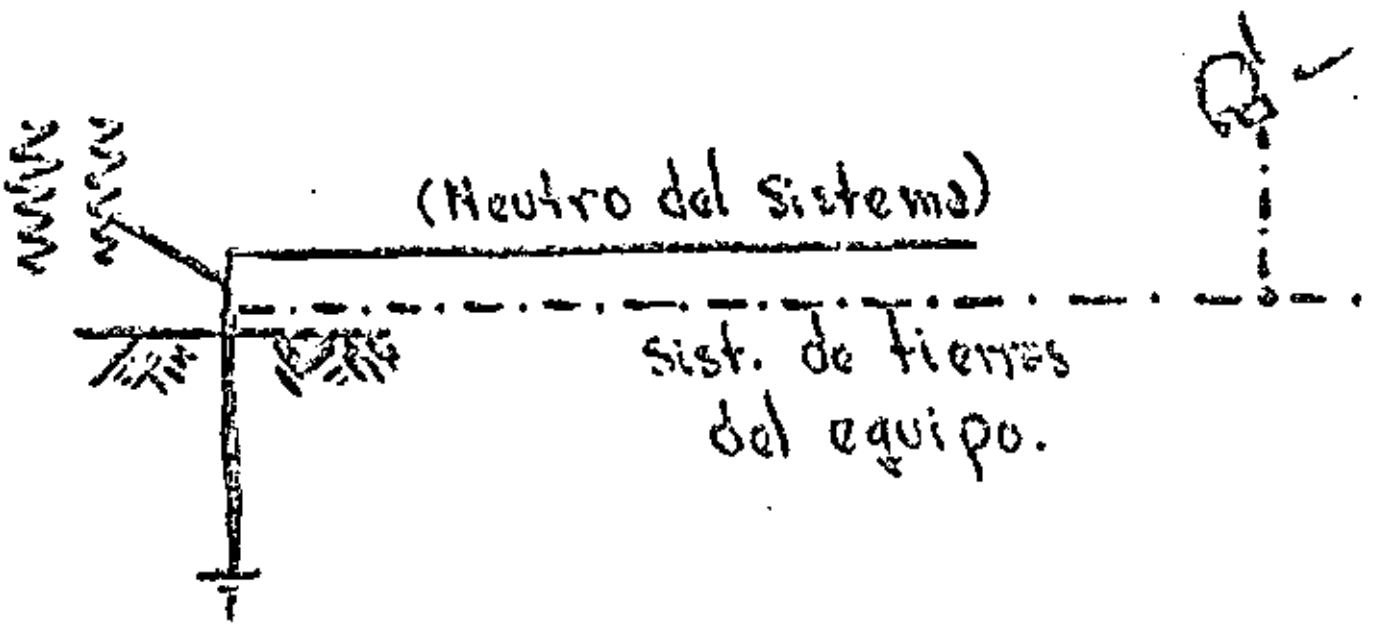


Sist. 440 V. — e = 17.6 V.
" 220 V — = 8.8 V.

Sistemas de Tierras.

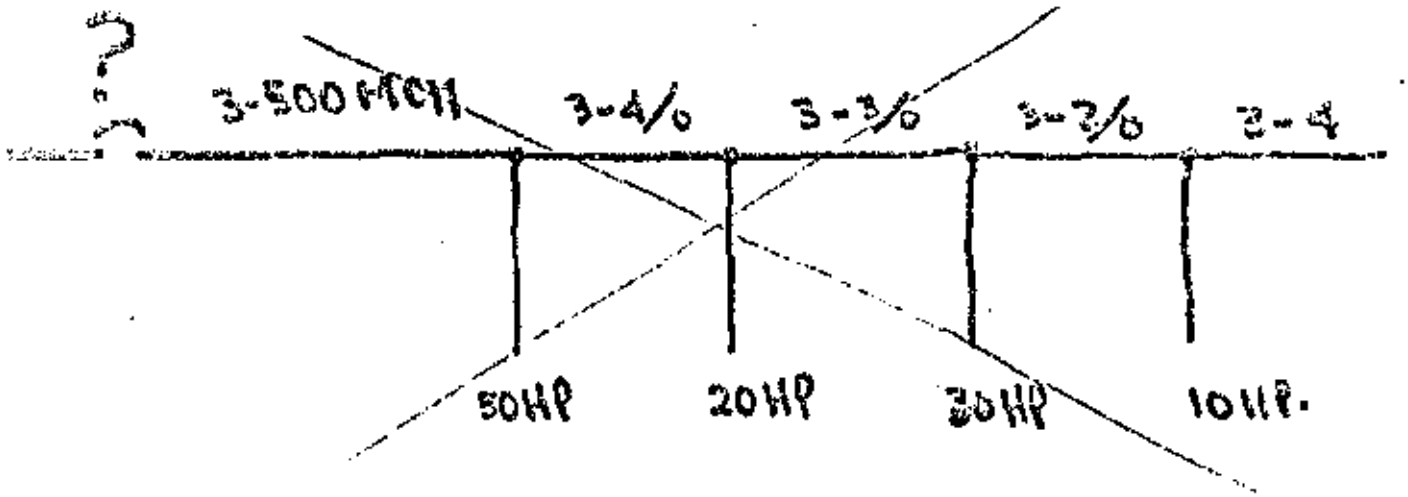
Art. 9 ROIE.

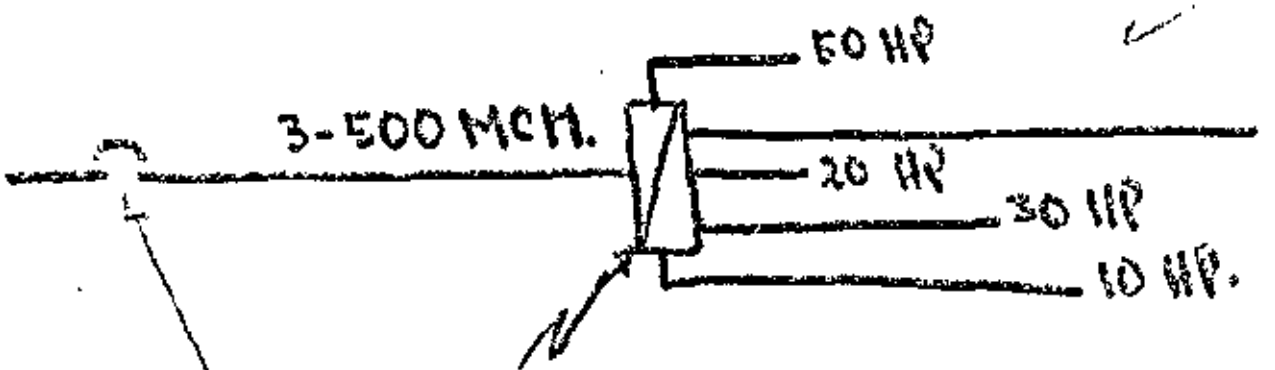




Conductor Alim. de Circ. Derivados.

Arts. 28-12, 28-33 y 28-32 RORI



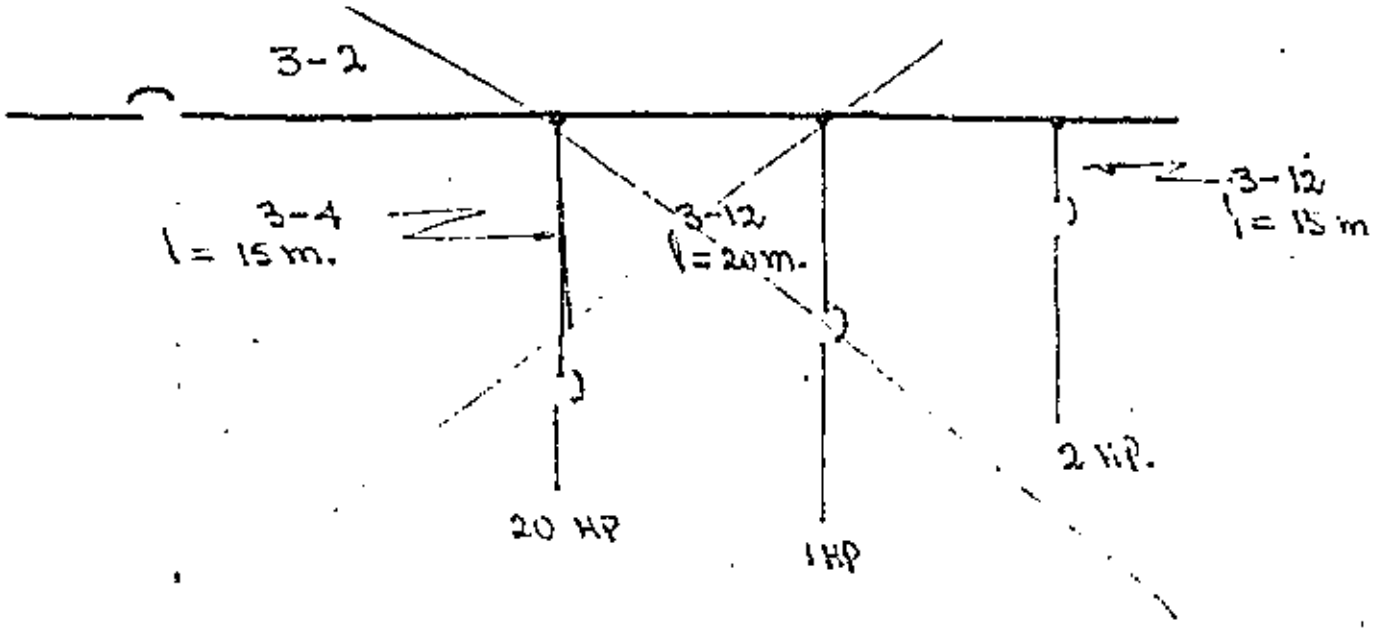


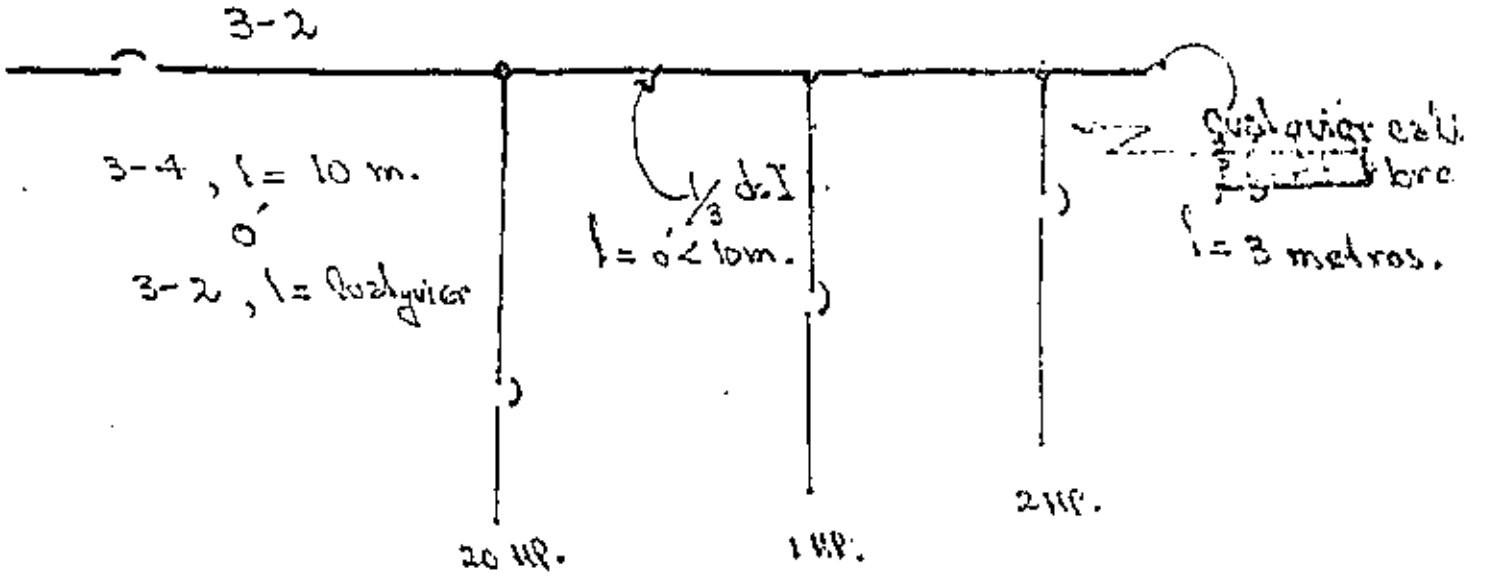
Centro de Control de Mot.

Cap. del Int. > del grupo + $\sum I_{F.C.}$ del resto de los motores.

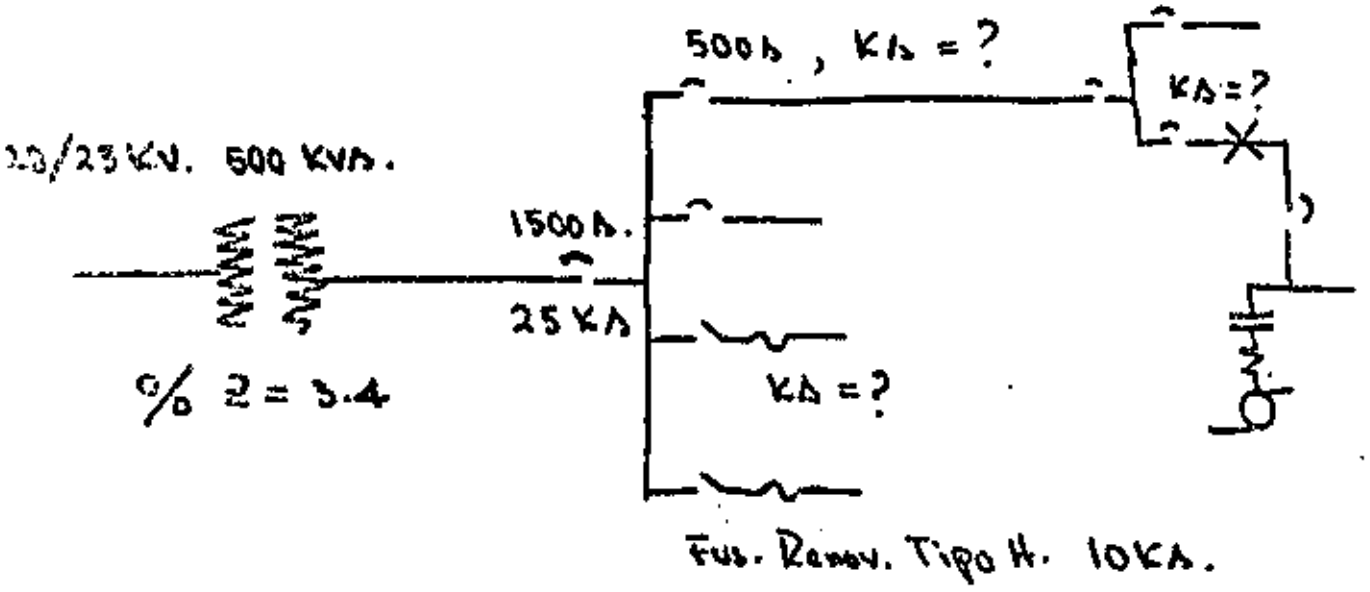
DERIVACIONES DE UN ALIM. DE CIRC. DERIVADOS

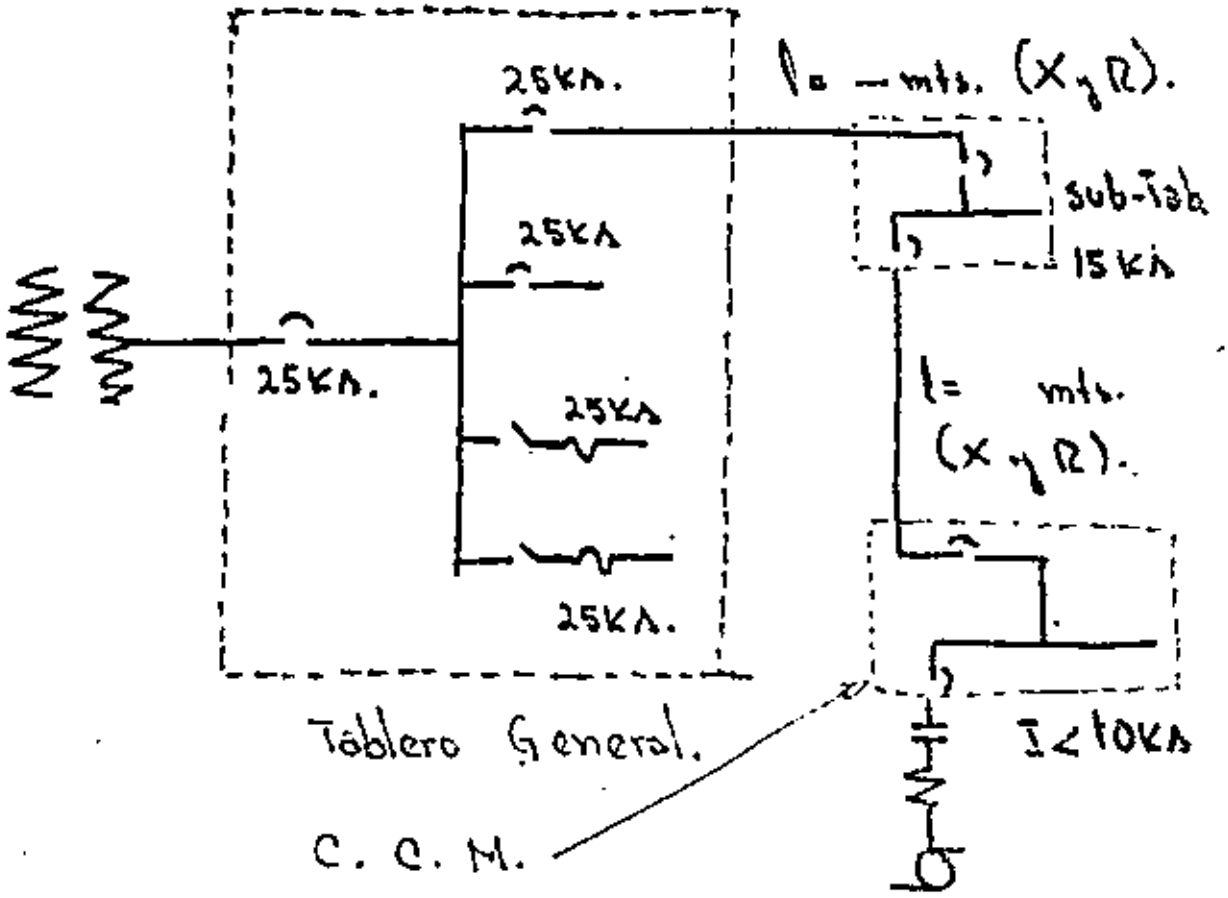
(Art. 28-30 ROIE).





SELECCION DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE.





PERSONAS AUTORIZADAS PARA ENCARGARSE COMO RESPONSABLES DE PROYECTAR, CONSTRUIR Y OPERAR OBRAS E INSTALACIONES ELECT.

Artículos 210, 212 al 215 y 217 del Reglamento Vigente de la L. de la I.E.

I – Ingenieros
- Título y Cédula Profesional
- Certificado de Estudios (Incluyendo Materias cursadas).

II – Técnicos.
- Certificado de técnico.
- Certificado de Estudios (Incluyendo Mat. cursadas).

III – Obreros Calificados.
- Certificado de Estudios (Incl. Mat. Cursadas).

Materias Basicas que deben contener los Certificados de Estudios.

Ingenieros

- Plantas Generadoras
  - Comb. Int.
  - Vapor
  - Hidro-
  - Aut. - Semis
- Líneas de Transmisión
  - Aereas
  - Subterraneas.
- Subestaciones.
  - Transform.
  - Convertid.
  - De Enlace
  - Etc.
- Sist. de Utilización
  - Fuerza
  - Alumbrado
  - Contactos.
- Redes de Distribución
  - Aérea
  - Subterránea

Técnicos

- Plantas Generadoras
- Lineas de transmisión
- Subestaciones.
- Sistemas de Utilización

Obreros Calificados. < Sistemas de Utilización

Facultades De las Personas Registradas Como Responsables Para:

Proyectar.

- I.- Ingenieros ——— Sin limitaciones.
- II.- Técnicos ——— Hasta 100 KW en A.O.B.T
- III.- Obreros Calif. ——— Hasta 30 KW en B.T. exclusivamente - Excepto Gruas Elev. y Montacarga

Construir

- I.- Ingenieros ——— Sin limitaciones.
- II.- Técnicos ——— Hasta 1000 KW en B.T. y en A.T. hasta 20KV de Tens.
- III.- Obreros Calif. ——— Hasta 100 KW en B.T. e excepto: Gruas, Elev. y Mont.

Operar.

- I.- Ingenieros ——— Sin limitaciones.
- II.- Técnicos ——— Hasta 1000 KW en A. ó Baja Tensión
- III.- Obreros Calificados — Hasta 100 KW en Baja Tensión exclusivamente.

RESPONSABILIDADES DE LAS PERSONAS REGISTRADAS.

Proyecto

- Observar los requisitos Mínimos establecidos en el ROIE.
- Equipo y Mat. eléctrico registrado en la S.C.-DGE.
- Verificar que los planos y memorias de cálculo y de especificaciones de Mat. estén completos y Ordenados.

Construcción

- Ajustarse al proyecto aprobado o en su caso reportar los cambios realizados incluyendo su Justif. Técnica.
- No construir instalaciones eléctricas si no existe previamente el proyecto aprobado.
- Instalar equipo y material registrado en SC-DGE
- Informar mensualmente sobre el avance de los trabajos eléctricos.
- Verificar que las obras eléct. se ajusten a los requisitos del ROIE.

Operación

- Notificar de inmediato a la SC-DGE el Edo de seguridad en que se encuentran las I.E. al momento de tomar la responsiva.
- Presentar un programa de rehabilitaciones que en su caso deban hacerse.
- Informar semestralmente o antes si el caso lo ameritara, sobre el Edo. de seguridad de las I.E.
- Orientar y asesorar a la Empresa sobre el cumplimiento de las Disp. Reglam. (Aumentos de carga, Modificaciones, F. de P., Art. 29 de la Ley, etc.).
- En caso de renuncia debe presentarse un informe técnico detallado de las I.E. a efecto de deslindar responsabilidades en caso de existir

evanta-
miento
...onos.

- Verificar fehacientemente el Edo. de seguridad de las Instalaciones Eléctricas.
- Elaborar planos que contemplen las modific. que en su caso deban de hacerse.
- Elaborar programa de Obras de Rehab. en su caso.
- Notificar con veracidad a la S.C. DGE.

~ Guión para Informe Técnico ~

- Mencionar si las I.E. satisfacen los requisitos del ROIE.
- Indicar si existen areas consideradas como peligrosas y si el equipo y material eléctrico instalado es el adecuado.
- Informar si los planos aprobados por la Secretaría concuerdan con la realidad, ó cuales son los cambios (Anexe Un Diagrama Unifilar).
- Remitir copia del programa de mantenimiento preventivo elaborado y sugerido por el Resp.

Se requiere intervención de Responsable de Operación y Manejo, en:

- Instalaciones de Alta Tensión de cualquier tipo y capacidad.

- Instalaciones de Baja tensión de 100 KW en adelante.

- Instalaciones consideradas como peligrosas de acuerdo al R O I E.

  - Con Atmósferas de holuzas fácilmente inflamables; de holvos; gases o substancias explosivas o inflamables.

  - Cines, teatros y Centros de Reunión Públicos.-

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

a) Cargas

Ing. Guillermo Aguilar Campuzano

Octubre, 1979.

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO.

TERCERA SESION.- Viernes 7 de julio.

V.- Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica.

a).- Diagrama general.- El diagrama general que se muestra en la figura 1, nos indica los principales elementos que constituyen una instalación eléctrica, desde la carga más elemental, pasando por los diversos dispositivos de que se compone hasta la acometida en la que entrará la alimentación por parte de la compañía suministradora.

b).- Diversos elementos que la componen.- Los elementos integrantes de una instalación eléctrica son los siguientes:

1.- Dispositivos de recepción de energía.- Los dispositivos de recepción de la energía están formados por las líneas de servicio, que son los conductores y el equipo que se usan para el suministro de la energía eléctrica desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta los medios principales de medición y protección de la instalación alimentada.

2 y 3.- Dispositivos de desconexión y protección principal.

El 2o. y 3o. elementos están normalmente integrados en un solo dispositivo, ya que de acuerdo con las disposiciones del R.O.I.E., indica que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimen

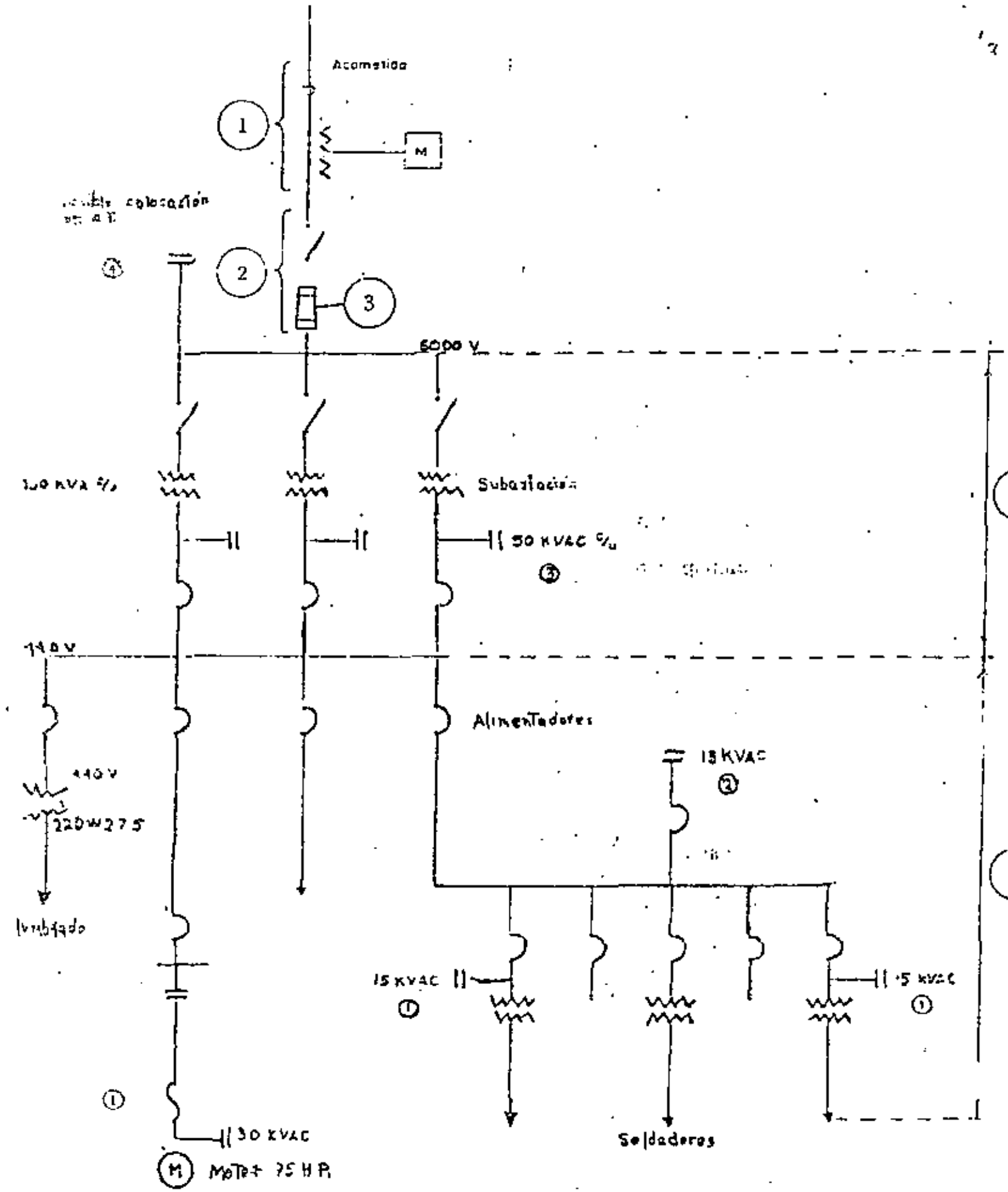

Acometida
1
M
2
3
4
5000 V
Subestación
50 KVAC
3
440 V
Alimentadores
15 KVAC
2
440 V
220W275
Ivubfado
15 KVAC
1
5 KVAC
1
1
30 KVAC
M
Motor 75 H.P.
Soldaderas

Fig-2

tada, así como un medio de protección contra sobrecorriente.

4 y 5 - Sistema de distribución.- El siguiente elemento o sea el -- sistema de distribución, se acostumbra dividir en primerio y secundario, de acuerdo con la característica de que la tensión de suministro se transforme o no en la instalación alimentada, o también de acuerdo con las diferentes fases que se planeen en la distribución. Este sistema está integrado por:

- Los circuitos derivados.
- Los tableros de distribución.
- Los alimentadores.

6.- Dispositivos de utilización o cargas.- Este será el dispositivo de nuestro sistema que nos representará al conjunto de elementos que usarán la energía eléctrica del sistema.

VI.- Análisis de los elementos constitutivos.

a).- Cargas.- El análisis de la instalación eléctrica la desarrollaremos a partir del último elemento, o sean los dispositivos de utilización o -- cargas.

La carga se define como cualquier dispositivo adecuado para absorver o transformar la energía eléctrica, ya sea en energía luminosa (lámparas), energía mecánica (motores), energía térmica (calefacto---

res), o en cualquier otra forma de energía, por lo que estos elementos constituyen los dispositivos de utilización de energía eléctrica.

Las cargas de acuerdo a su fuente de alimentación se clasifican como sigue:

1.- Cargas en el sistema normal.

2.- Cargas en el sistema de emergencia

La primera de ellas nos indica que los dispositivos de utilización o cargas están conectados al sistema de alimentación de la compañía suministradora de energía eléctrica y las segundas son las que estando también conectadas al sistema de alimentación de la compañía suministradora, se consideran básicas para proporcionar los servicios para lo cual han sido instaladas por lo que, en el caso de falla por parte de la compañía suministradora, estas cargas estarán conectadas a un generador de energía eléctrica adicional (planta de emergencia) que le suministrará la energía eléctrica necesaria mientras dure la falla mencionada.

Para analizar las cargas, ya sean de servicio normal o de emergencia, se clasifican de la forma siguiente:

1.- Cargas de alumbrado.

Utilitaria.

#

- CARGAS
  - ALUMBRADO
    - UTILITARIA
    - ARQUITECTONICA
  - APARATOS
    - DEFINIDA
    - INDEFINIDA
  - MOTORES

° Arquitectónica.

2.- Cargas de aparatos.

° Definida.

° Indefinida.

3.- Cargas de motores.

1.- Cargas de alumbrado.- Estas cargas se han dividido en utilitarias y arquitectónicas.

Cargas de alumbrado utilitarias.

Estas cargas sirven para proporcionar la energía luminosa necesaria para iluminar una determinada superficie y permite la visión a un máximo de velocidad, presición y facilidad, con un mínimo esfuerzo y fatiga.

La característica principal de este tipo de carga es que se encuentra uniformemente distribuida en función del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación está en función del uso del local y se mide en unidades llamadas luxes. De acuerdo a los diversos usos específicos, existen tablas que indican los niveles de iluminación recomendables, los que se consideran sobre el plano del trabajo, ya sea horizontal, vertical u oblicuo.

#

En el caso donde el área del trabajo no esté definida, la iluminación se considera sobre un plano horizontal de 75 cm. por encima del suelo.

Los valores dados por estas tablas son considerados como el nivel luminoso mínimo recomendado para cualquier punto sobre el sitio de trabajo y en cualquier momento. Esto significa que una instalación debe ser proyectada de tal manera, que ni la suciedad de las luminarias, lámparas, paredes y techos, ni la distribución normal en la emisión luminosa de las lámparas en sí, hagan disminuir la iluminación en algún momento por debajo del nivel recomendado.

Se anexan las tablas que representan los niveles recomendados por la I. E. S. (Illumination Engineering Society), y por la (Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación).

Para diseñar las instalaciones de alumbrado existen dos métodos que son los siguientes:

° Método de los lúmenes.

° Método de punto por punto.

El método de los lúmenes proporciona el nivel medio de luxes mediante la utilización de expresiones realmente sencillas. Cada

Niveles mínimos de iluminación recomendados para el alumbrado general de interiores

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
[illegible]oriums.*	
Reuniones o asamblea	150
[illegible] y exhibiciones	300
[illegible]ucios.	
[illegible]tibulos*	
[illegible]	500
[illegible] de trabajo	700
[illegible]ncia, claves, etc.	1500
[illegible]omberos (ver Servicios del Municipio).	
Correos (Oficinas de).	
[illegible] del vestíbulo	300
Clasificación, fichero, etc.	1000
Escuelas.	
[illegible] de textos impresos	300
[illegible] de textos a lápiz	700
Lectura de textos en papel de copias:	
Buenas	300
[illegible]	1000
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1000
Pizarras	1500
Salón de costura	1500
Estaciones, cocheras y terminales.	
Salas de espera y salas para fumadores	300
Despacho de billetes: general, ventanilla, mostradores	1000
Facturación de equipajes	500
[illegible]tenes y almacenes	200
Servicios y lavabos	300
Galerías de arte.	
General	300
Sobre los cuadros (alumbrado suplementario)	300*
Para esculturas y demás objetos de arte	1000**
Hospitales	
Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres:	
Sala de autopsias	1000
Mesa de autopsias	25000
Depósito general	200
Central esterilizadora:	
General	300
Afilado de agujas	1500
Departamento odontológico:	
General	700
Vitrina de instrumental	1500
Sillón dental	10000
Laboratorio, bancos	1000
Sala de recuperación	50
Sala de emergencia:	
General	1000
Local	20000
Sala de reconocimiento y tratamiento:	
General	500
Mesa de reconocimiento	1000
Salidas (nivel luminoso en el suelo)	50
Ojos, nariz, oído y garganta:	
Sala oscura	100

* Los cuadros oscuros con detalles o pormenores delicados deberán tener de 2 a 3 veces este nivel.
** A veces se requiere mucho más.

	Nivel luminoso recomendado Lux (mínimo en cualquier momento)
Sala de reconocimiento de ojos, oído, nariz y garganta	500
Sala de fracturas:	
General	500
Mesa de operaciones	2000
Laboratorios:	
Salas de ensayo	300
Mesas de trabajo	500
Trabajos delicados	1000
Bibliotecas	700
Salas de armarios	200
Vestíbulos y pasillos	300
Archivo de protocolos médicos	1000
Salas de enfermeras:	
General	200
Pupitres y diagramas	500
Despacho de medicinas	1000
Salas de trabajo de enfermeras	300
Casas cunas:	
General	100
Mesa de reconocimiento	700
Pediatría y sala de juegos	300
Obstetricia:	
Salas de esterilización	300
Salas de consulta	200
Sala de partos, general	1000
Mesa de partos	25[illegible]
Farmacias:	
General	300
Mesas de trabajo	1000
Almacén de productos	300
Habitaciones y salas*	
General	100
Lectura	300
Locales para pacientes mentales	100
Trabajo con radioisótopos:	
Laboratorio radioquímico	300
Salón de medidas	200
Mesas de trabajo	500
Solariums	200
Almacenes:	
General	150
Oficinas	700
Cirugía:	
Salas de instrumentos y esterilización	300
Salas de limpieza (instrumentos)	1000
Salas de operaciones, general	1000
Mesas de operaciones	25000
Salas de recuperación	300
Radioterapia:	
Física	200
Aplicada	300
Lavabos	100
Otros locales	200
Salas de espera:	
General	1[illegible]
Lectura	[illegible]
Rayos X:	
Radiografías, fluoroscopias y cámara oscura	100
Radioterapia profunda y superficial	100
Examen de pruebas	300
Archivos, películas reveladas	300
Almacén, películas sin revelar	100

* De enfermos o heridos.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Hoteles.	
Bares y cafeterías (ver Restaurantes).	
Salas de baños:	
General	100
En el espejo	300 †
Dormitorios:	
General	100
Tocador	300 †
Lectura y escritura	300
Comedores (ver Restaurantes).	
Vestíbulo	300
Recepción	500
Servicio de lavado de ropas:	
Lavado	300
Planchado	500
Planchado mecánico	700
Lencería y ropa blanca:	
General	200
Costura	1000
Salas de espera:	
General	100
Zonas de lectura y trabajo	300
Marquesina:	
Alrededores oscuros	300
Alrededores claros	500
Despensas	100
Municipio (Servicios del); Bomberos y Policía.	
Policía:	
Archivos de identificación	1500
Celdas y cuartos para interrogatorios	300
Bomberos:	
Dormitorio	200
Aparcamiento de coches y sala de recreo	300
Museos (ver Galerías de arte).	
Oficinas.	
Lectura de alto contraste de textos bien impresos; tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada, tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencia, salas de visita, etc	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia	700
Trabajo normal burocrático, lectura de buenas reproducciones; lectura o transcripción de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel, archivos de uso continuo, clasificación de correspondencia, índice de asuntos	1000
Contabilidad, auditoría, máquinas de escribir, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada	1500
Cartografía, estudios, dibujo detallado	2000
Corredores, escaleras, ascensores y escaleras mecánicas	200 *
Policía (ver Servicios del Municipio).	
Residencias.	
Tareas visuales concretas:	
Juegos de mesa	300
Cocinas:	
Pilas de cinc, fregaderos	700
Mandíbulas y superficies de trabajo	500
Lavaderas, cestos de ropa, planchas y tablas de planchar	500
Salones de lectura, escritura y estudio:	
Libros, revistas, periódicos	500

* Para exámenes meticulosos 500 lux

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Escritura a mano, reproducciones, copias malas	700
Pupitres de estudio	700
Lectura de partituras musicales:	
Partituras sencillas	300
Partituras completas	700 **
Cuartos de costura:	
Trabajos intermitentes, elevados contrastes con tela, telas bastas, puntadas grandes	300
Trabajos intermitentes, telas finas	500
Trabajo continuo, telas ligeras o medias	1000
Telas oscuras, detalles finos, bajo contraste	2000
Tocadores, maquillajes, afeitados (emplazado sobre los espejos y rostros)	500
Taller, bancos de trabajo	700
Alumbrado general.	
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos	100
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juegos	150
Cocina, lavandería, cuartos de baño	300
Restaurantes, cafeterías y bares.	
Comedores:	
De tipo íntimo:	
Con alrededores oscuros	30
Con alrededores claros	100
Para realzar el trabajo de limpieza	200
De tipo general:	
Con alrededores oscuros	150
Con alrededores claros	300
De autoservicio:	
Alrededores normales	500
Alrededores muy iluminados	1000
Cajas	500
Exposición de comida: dos veces el nivel general pero nunca menos de	500
Cocinas.	
Inspección, verificación, precios	700
Otras áreas	300
Tiendas.	
Escaparates:	
Alumbrado de día:	
General	2000
Detalle o pormenor	10000
Alumbrado de noche:	
Distritos poco concurridos o pequeñas ciudades:	
General	1000
Detalle	5000
Distritos principales o de mucha competencia:	
General	2000
Detalle	10000
Interior de las tiendas:	
Zonas de circulación	300
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:	
Con servicio normal	1000
Con autoservicio	2000
Vitrinas y estanterías:	
Con servicio normal	1000
Con autoservicio	5000
Exposición de detalles:	
Con servicio normal	5000
Con autoservicio	10000

* O no menos de 1/5 del nivel luminoso en los pasos vecinos.

** Cuando las partituras son de tamaño inferior a las normales y las anotaciones sobre las líneas se necesitan 1500 lux o más.

Niveles Mínimos de Iluminación Recomendados para el Alumbrado de Interiores Industriales

5c.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
[illegible] (ver Hierro y acero).	
[illegible] (Talleres del).	
[illegible] tasto de fácil visión	300
[illegible] tasto de difícil visión	500
[illegible] medio	1000
[illegible] fino	5000
[illegible] extra fino	10000
[illegible] y bodegas:	
[illegible] ocasional	50
[illegible] movimiento:	
[illegible] tosco	100
[illegible] medio	200
[illegible] fino	500
[illegible] (ver Cementos).	
[illegible] móviles (Fábricas de).	
[illegible] del bastidor	500
[illegible] de montaje y ajuste de chasis	1000
[illegible] final e inspección de línea	2000
[illegible] de la carrocería.	
Piezas	700
Acabado e inspección	2000
Aviación. Fábricas de aviones.	
Naves:	
De producción	1000
De inspección	2000
Fabricación de piezas:	
Remachar, soldar y taladrar	700
Cabinas de pintura	1000
Preparación planchas de aluminio y trabajo de templado, formación y pulido de las partes pequeñas del fuselaje, secciones de alas y carcasas de motores	1000
Montajes secundarios: Trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de ala, carcasas y otras piezas grandes	1000
Montaje final e inspección	1000
Reparación de herramientas	1000
Aviación. Hangares (solamente servicio de reparaciones	1000
Azúcar (Industrias del).	
Departamento de chocolates:	
Descascarillar, aventar, extracción de grasas, triturar, refinar	500
Limpieza y selección de granos, inmersión, envase, empaquetado, etc	500
Molienda	1000
Elaboración de la crema, mezclado, cocido y moldeado	500
Gelatina y jalea	500
Decoración a mano	1000
Departamento de caramelos:	
Mezclar, cocer, moldear	500
Cortar y seleccionar	1000
Envasar y empaquetar	1000
Azúcar (Refinerías del).	
Dosificación	500
Inspección del color	2000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Bodegas (ver Almacenes y bodegas).	
Carbón (Volquetes automáticos y lavaderos de).	
Triturado y lavaderos	100
Selección	3000
Cartón (Fábricas de cajas de): Area general	500
Caucho (ver Goma).	
Cementos y derivados de la arcilla.	
Molido, prensas de filtro	300
Molideado, lavado y prensado	300
Color y vidriado trabajo duro; esmaltado	1000
Color y vidriado, trabajo fino	3000
Centrales eléctricas y subestaciones. Interiores.	
Auxiliares, habitaciones de baterías, bombas de alimentación de calderas, tanques, compresores y cuadros de instrumentos	200
Plataforma de calderas, habitación de cables y áreas de circulación o de bombas	100
Plataforma de quemadores	200
Condensadores: áreas de desaireadoras evaporadores y calentadores	100
Habitaciones de control:	
Panel de interruptores (frente vertical):	
Secciones sencillas o dobles frente al operador:	
Tipo A. Habitaciones de control, centralizado, de gran tamaño. Nivel a 1,70 metros sobre el suelo	500
Tipo B. Habitación de control normal. Nivel a 1,70 metros sobre el suelo	300
Sección de "duplex" frente al operador	300
Pupitres de trabajo (nivel horizontal)	500
Areas interiores de los paneles de interruptores para "duplex"	100
Parte trasera de los paneles de interruptores (nivel vertical)	100
Alumbrado de emergencia para todas las áreas.	30
Laboratorio de química	500
Casetas de filtros, aparatos de control de fuerza y equipos telefónicos	200
Túneles o galerías, tuberías.	100
Zona de turbinas bajo el pavimento	200
Habitación de turbinas	300
Conservas (Fábricas de).	
Clasificación inicial de materias crudas	500
Tomates.	1000
Selección de color (cortado)	2000
Preparación:	
Selección preliminar:	
Albaricoques y melocotones	500
Tomates	1000
Aceitunas	1500
Cortado y selección final	1000
Conservado	
Enlatado continuo en cadena	1000
Empaquetado a mano	500
Aceitunas	1000
Examen de envasados	2000
Corte y confección.	
Inspección de paños	20000
Cortado y prensado	3000
Cosido	500
Electricidad (ver Centrales eléctricas).	
Electricidad (Fabricación de equipos, eléctricos).	
Impregnación	500
Aislado, pintado de conductores	1000
Ensayos	1000

Encuadernación.	
Doblar, montar, encolar, etc	700
Cortar, perforar y coser	700
Repujar e inspección	2000
Forja (Talleres de)	500
Fundiciones.	
Templado, limpiado, batido	300
Moldeo o fabricación de machos, trabajo medio	500
Moldeo o fabricación de machos, trabajo fino	1000
Desbastado y cepillado	1000
Inspección media	1000
Inspección fina	5000
Moldes, grandes; rellenado y vaciado	500
Moldes medianos	1000
Horno de cúpula	200
Galvanizado	300
Garajes: Automóviles y camiones.	
Servicio de garajes:	
Reparaciones	1000
Zonas de tráfico activo	200
Garajes de apacamiento:	
Entrada	500
Pistas y rampas	100
Aparcamiento	50
Goma (Mecanizado de artículos de).	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y tresado	300
Preparación del tejido, corte y telares	500
Moldeado y selección de productos, calibrado	500
Inspección	2000
Guantes (Fábricas de).	
Prensado y cortado	3000
Máquinas de hacer punto y selección	1000
Cosido e inspección	5000
Harina (Fábricas de).	
Molido, cernido, refinado	500
Empaquetado	300
Control de productos	1000
Cribas, limpiadoras, ascensores, pasillos, recipientes de control	300
Hierro y acero (Industria del).	
Interiores abiertos:	
Piso de carga (Fundición)	200
Vagonetas de colada:	
Pozos de escoria	200
Plataformas de control	300
Zona superior	300
Pasarelas elevadas de inspección	100
Mezcladores	300
Calcinado y sangrado	100
Trenes de laminación:	
Lingotes, plettinas, barras calientes y planchas calien-	300
Laminación en frío, barras y Planchas	300
Tubos, barras, varillas redondas, alambres	500
Estampado de hojalata: estañado, galvanizado, laminado de flejes en frío	500

* Los materiales especulares o las superficies de trabajo pueden necesitar consideraciones especiales en la selección y colocación de los equipos de alumbrado o en su orientación respecto al trabajo.

Sala de máquinas y motores	300
Inspección:	
Chapas oscuras, changota, cascajo	1000
Hojalata y otras superficies brillantes	1000
Imprentas.	
Fundición de tipos:	
Máquinas y moldes de mano; fundición de conjuntos, clasificación	500
Fabricación de matrices, rectificado de tipos	1000
Plantas de impresión:	
Inspección de color y valoración	2000
Composición a máquina, salas de composición	1000
Prensas	700
Lectura de pruebas y revisión de planchas	1500
Electrotipia:	
Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido y rectificación	1000
Montera de planchas, estañado, electroplateado, limpiado	500
Fotograbado:	
Grabado al aguafuerte, planchas	500
Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entintado y enmascarado	1000
Inspección (Trabajos de).	
Ordinario	500
Difícil	1000
Bastante difícil	2000
Muy difícil	5000
Lo más difícil	10000
Lavanderías.	
Lavado	300
Planchado, clasificación y marcado	500
Acabado a máquina y con plancha. Clasificación	700
Planchado fino a mano	1000
Madera.	
Trabajos bastos y de banco	300
Medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de banco y máquina encolado barnizado y tonelería	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino acabado	1000
Manipulado de materiales.	
Empaquetado, embalaje y etiqueta	500
Clasificación y distribución	300
Carga y colocación en camiones	200
Interior de camiones y cochs de transporte	100
Metal. Trabajo en metales laminados.	
Prensado, cortado, estampado, taladrado, maquinaciones diversas, trabajo medio de banco	500
Inspección de estañado y galvanizado; trazado	2000
Neumáticos y tubos de goma (Fabricación del).	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y tresado	300
Preparación de productos: cortado, construcción de bordes	500
Máquinas de hacer tubo	500
Fabricas de neumáticos:	
Bandajes sólidos	300

\+ La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar más condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Neumáticos y tubos de (continuación)	
[illegible]	500
[illegible] de revisiones: Revisión de tubos, revisión de neumáticos	700
Inspección final: Tubos, neumáticos	2000
Papel (Fábricas del).	
[illegible], molido y prensado	300
[illegible] cortado, apareado y máquinas de hacer [illegible]	500
[illegible] manual, máquinas de cortar e igualar	700
[illegible] de papel, inspección y laboratorios	1000
[illegible]	1500
Pieles (Fabricación de artículos de).	
[illegible], enrollado y glaseado	2000
[illegible], cortado, acoplado y cosido	3000
Piel (Industrias de la). Cueros.	
Depósitos de limpieza, curtido y estirado	300
[illegible], desarenado y estopado	500
Acabado y cosido	1000
Piedras. Triturado y cribado.	
Correas transportadoras espacios para canalizaciones, habitaciones de toboganes e interior de receptáculos	100
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo los receptáculos	100
Cribas	200
Pinturas (Fabricación de).	
General	300
Mezclas comparativas y normales	2000
Pintura (Talleres de).	
Por inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y perfilado delicado a mano 500	
Trabajos finos de pintura a mano y acabado	1000
Trabajos extrafinos de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos, etc.)	3000
Planchado y limpiado en seco (ver Tintorerías).	
Productos lácteos: Industrias de la leche.	
Habitación de hervido y almacén de botellas	300
Clasificación de botellas	500
Limpiado de botellas	*
Lavado de bidones y equipos de frío	300
Rellenado, inspección	1000
Indicadores, anelos y termómetros (parte vista)	500
Laboratorios	1000
Pasteurizadores, clasificadores y refrigeradores	300
Tanques depósitos:	
Interiores claros	200
Interiores oscuros	1000
Pulido y bruñido	1000
Química (Trabajos de).	
Desecadores, alambiques, evaporadores, blanqueadores, filtros	300
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores	300
Servicio (Areas de).	
Escaleras, pasillos, ascensores	200
Lavabos y Tocadores	300

* La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar unas condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Soldadura (Talleres de) (continuación)	
Iluminación general	
Soldadura manual de arco. Gran precisión	10[illegible]
Sombreros (Fábricas de).	
Tinte, enderezado, acordonado, limpieza y refinado	1000
Dar forma, tamaño, perforado, rebordeado, acabado y planchado	2000
Cosido e inspección	5000
Tabaco (Manipulado del).	
Secado, limpieza general	300
Clasificación y apartado	2000
Tahonas.	
Cuarto de mezclas	500
Estanterías (iluminación vertical)	300
Interior del horno (mezcladores verticales)	500
Cuarto de fermentación	300
Locales restantes:	
Pan	300
Dulces y productos de confitería	500
Horno, pruebas y empaquetado	300
Rellenado y otros ingredientes	500
Decorado y azucarado:	
Mecánico	500
A mano	1000
Talleres de forja (ver Forja).	
Talleres mecánicos.	
Trabajos bastos de banco y máquina	
Trabajos medios de banco y máquina, máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruñido medio	1000
Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruñido fino	5000
Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino	10000
Telas (sus derivados) (ver Corte y confección).	
Telas y tejidos (ver Textiles (Fábricas)).	
Textiles (Fábricas). Algodón.	
Abrir, mezclar y picar	300
Cardar, estirar, torcer, encanillar, hilar, urdir	500
Confección de piezas de tela:	
Artículos grises	500
Mezclilla	1500
Inspección:	
Artículos grises (girado a mano)	1000
Mezclilla (movimiento rápido)	5000
Estirado automático	1500
Hilado a mano	2000
Tejido	1000
Textiles (Fábricas). Lana y estambre.	
Clasificación	1000
Hilado (en bastidor o máquina): blanco	500
Hilado (en bastidor o máquina): coloreado	10[illegible]
Trenzado o urdido: blanco	5[illegible]
Urdido en peine: blanco	1000
Urdido: color	1000
Urdido en peine: color	3000
Trenzado: blanco	300
Trenzado: color	500
Tejido: blanco	1000
Tejido: color	2000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Textiles (Fábricas) (continuación).	
Locales para géneros grises:	
Borra	1500
Hilos	3000
Telas	700
Acabado, completado, pegado, tratado y secado	500
Tintes	1000
Acabado en seco:	
Preparado, acondicionado, prensado y tejido	700
Corte	1000
Inspección	20000
Textiles (Fábricas). Seda y rayón.	
Fabricación: empapado coloreado y acondicionamiento o colocación de líneas	300
Devanado, trenzado, rebobinado, encanillado y enderezado:	
Materiales claros	500
Materiales oscuros	2000
Sala de telares (en sus diversas modalidades)	1000
Hilado en peines o sobre alambres en los telares	1000
Tejido	1000
Tintorerías. Planchado y limpiado en seco.	
Reconocimiento y clasificación	500
Limpieza en seco, húmeda y al vapor	500
Inspección y localización de manchas	5000
Planchado a mano y máquina	1500
Reparaciones y modificaciones	2000
Vidrio (Fábricas de).	
Sala de mezclas y horno, hornos de prensado, máquinas de soplar vidrio	300
Molido, cortado del vidrio a medida, esmerilado	500
Molido fino, pulido y biselado	1000
Inspección, grabado y decorado	2000
Zapaterías. Trabajo en goma.	
Lavado, bañado, mezclado y preparación del caucho	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y cortado de suelas.	500
Laminado de suelas, forrado y 287, proceso de fabricación y acabado	1000
Zapaterías. Trabajo en material.	
Mesas de corte, marcado, ojales, raspar, clasificar y control en materiales oscuros	3000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, rebajado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estampado	2000

uno de los factores utilizados en estas expresiones debe ser valorado adecuadamente para la obtención de resultados exactos.

El método de punto por punto lleva en sí un cálculo separado de la contribución de cada luminaria a la iluminación total. Por lo general este método se utiliza principalmente para alumbrado público y para alumbrado con proyectores.

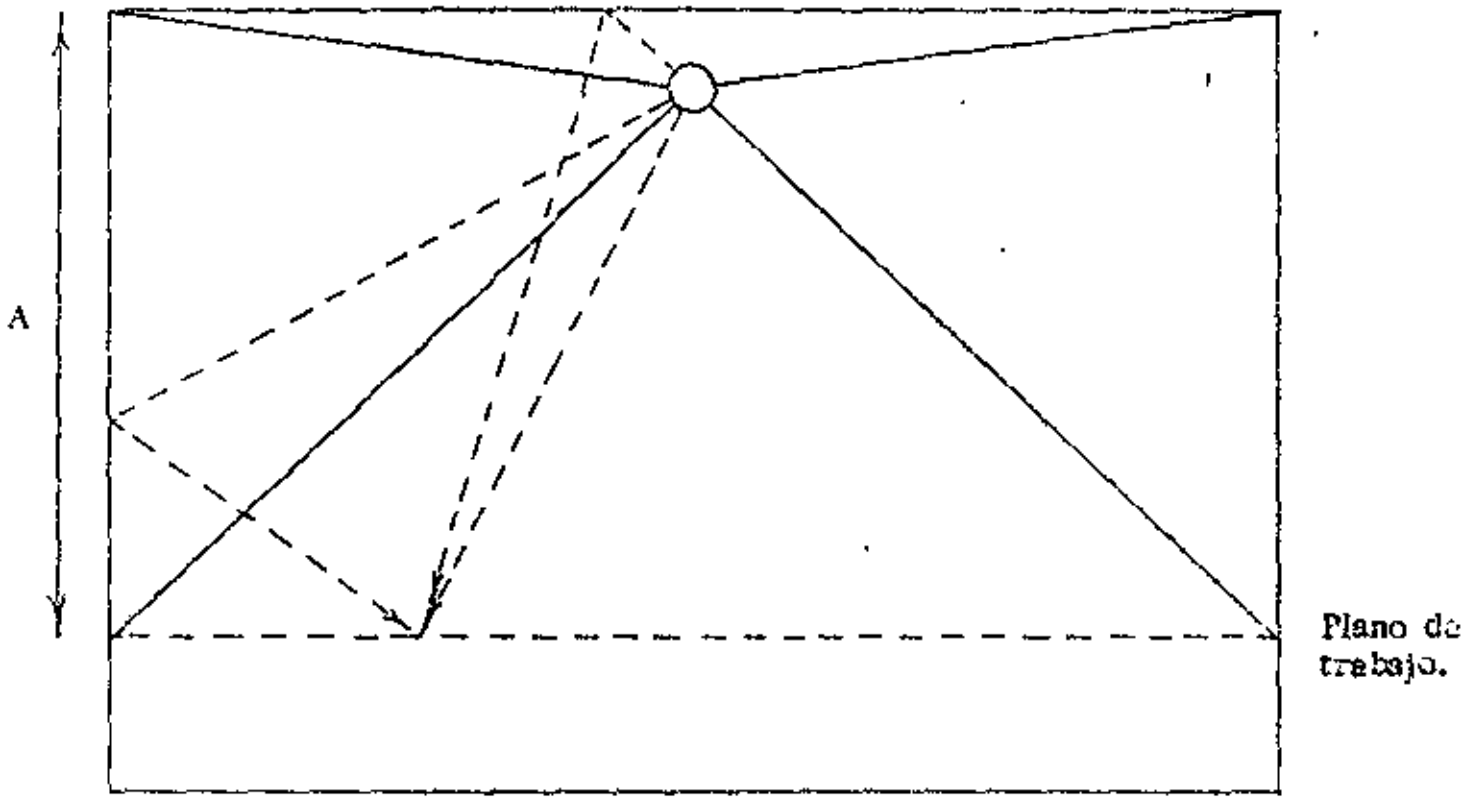
Método de los lúmenes.

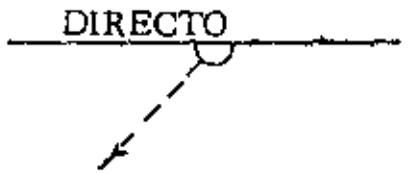
Para utilizar este método en la resolución de un problema de alumbrado deberá seguirse la siguiente secuencia:

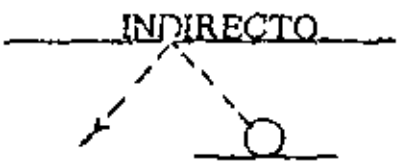
i Determinar el nivel requerido de iluminación.- De acuerdo a las tablas existentes, deberá determinarse el nivel de iluminación mínimo para el trabajo específico que se vaya a realizar.

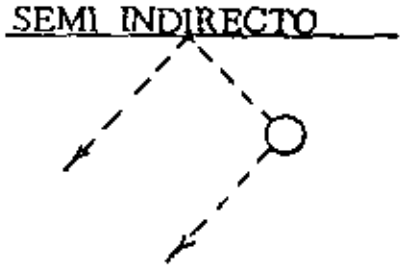
ii Seleccionar el sistema de alumbrado y las luminarias.- Los sistemas de alumbrado se clasifican de la siguiente manera:

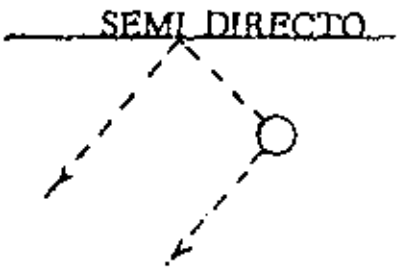
- directo
- semidirecto
- general difuso o directo-indirecto.


A
Plano de trabajo.


DIRECTO


INDIRECTO


SEMI INDIRECTO


SEMI DIRECTO

- semi-indirecto
- indirecto.

Por lo general, las oficinas quedan mejor iluminadas utilizándose, ya sea un sistema indirecto, un semi-indirecto o un directo-indirecto. En la industria general se utiliza el sistema directo o el semi-directo y las áreas comerciales pueden usar cualquier tipo de alumbrado o --- combinación de sistemas. La instalación del mejor sistema dependerá de las tareas visuales a realizar y de las características del área por iluminar.

iii Determinar el coeficiente de utilización.- El coeficiente de utilización es la relación del flujo luminoso que llega al plano de trabajo sobre el total del flujo generado por las lámparas. Es un factor que tiene en cuenta la eficiencia y distribución de las luminarias, su altura de - - montaje, las dimensiones del local y la reflección de las paredes, techos y suelos.

Los locales se clasifican con relación a su forma en diez grupos, cada uno de los cuales es identificado con una letra conocida bajo el nombre de índice del local. Los fu-

#

dices del local para una amplia gama de dimensiones se proporcionan en las tablas que se anexan.

La clasificación de los índices del local están basados en las relaciones entre las dimensiones de las habitaciones - las que se calculan de la forma siguiente:

Para luminarias directas, semi-directas, directa-indirecta y general difusa:

$$RL = \frac{A \times L}{H \times (A + L)}$$

Para luminarias semi-indirectas e indirectas:

$$RL = \frac{3 \times A \times L}{2 \times H \times (A + L)}$$

donde:

RL.- Relación del local

A.- Ancho del local

L.- Largo del local

H.- Altura del techo sobre el plano de trabajo.

Cada índice del local representa un valor de la relación -

Indice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	Altura de techo en metros. Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto													
		2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.65	19.20
		Altura de montaje sobre el suelo en metros. Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto y General Difuso													
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	I	J	J	J	J								
	3.65	H	I	I	J	J	J	J							
	4.26	G	H	I	J	J	J	J							
	4.87	G	H	J	I	J	J	J							
	5.48	G	H	J	I	J	J	J	J						
	6.10	G	H	I	I	J	J	J	J						
	7.30	G	H	H	I	J	J	J	J	J					
	9.15	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	10.65	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J				
	12.20	F	G	H	I	I	I	J	J	J	J				
	15.25	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J				
3.05	3.05	H	H	I	J	J	J	J							
	3.65	G	H	I	I	J	J	J							
	4.26	G	H	I	I	J	J	J	J						
	4.87	F	H	H	I	I	J	J	J						
	5.48	F	G	H	I	I	J	J	J						
	6.10	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	7.30	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	9.15	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	10.65	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	12.20	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	15.25	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	18.30	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J	J			
	21.35	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J			
3.65	3.65	G	H	H	I	I	J	J	J						
	4.26	F	G	H	I	I	J	J	J						
	4.87	F	G	H	H	I	I	J	J						
	5.48	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	6.10	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	9.15	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J				
	10.65	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J			
	12.20	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J			
	15.25	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	18.30	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	21.35	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	24.40	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
	30.50	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
4.25	4.26	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	4.87	F	G	G	H	I	I	I	J	J					
	5.48	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	9.15	E	F	F	G	H	H	H	I	J	J				
	10.65	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	12.20	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	15.25	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	18.30	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	21.35	D	E	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J		
	24.40	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	30.50	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
4.85	4.87	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	5.48	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	12.20	D	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	15.25	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J
	24.40	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J
	30.50	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J
5.50	5.48	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	6.10	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	D	E	F	G	H	H	I	I	I	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J		
	12.20	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J	
	24.40	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J	J
	30.50	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J
	36.60	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J

[illegible] de Local

(Clasificación de l[illegible] según sus dimensiones)

Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	Altura de techo en metros — Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto															
		2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.40	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.65	19.20	23.75	28.35
		Altura de montaje sobre el suelo en metros — Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto y General Difuso															
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.60	7.00	8.25	10.05	13.10	16.15	19.20
6.10	6.10	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J					
	7.30	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J					
	9.15	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	G	G	H	I	I	J	J				
	12.20	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J			
	18.30	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	21.35	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	24.40	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J		
	30.50	B	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J		
	36.60	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J	J		
	42.70	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
7.30	7.30	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J				
	9.15	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J				
	12.20	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	15.25	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	18.30	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	21.35	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
	24.40	B	C	C	D	E	E	E	F	G	H	I	I	J	J		
	30.50	B	B	C	C	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	36.60	B	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	42.70	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
9.15	9.15	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	10.65	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	12.20	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	15.25	B	C	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J			
	18.30	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	21.35	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	F	F	F	G	H	I	J		
	30.50	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	
	36.60	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
10.65	10.65	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J			
	12.20	B	C	C	D	E	E	E	F	G	G	H	I	J			
	15.25	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	21.35	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	24.40	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J		
	30.50	A	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	36.60	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
12.20	12.20	B	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	15.25	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	18.30	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J	
	21.35	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	24.40	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	30.50	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J
	36.60	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	42.70	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
15.25	15.25	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	18.30	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	21.35	A	A	B	B	C	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	
	24.40	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	36.60	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	42.70	A	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	51.80	A	A	A	A	A	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	60.95	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I
18.30	18.30	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	21.35	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	24.40	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	F	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	36.60	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	H	I	I
	51.80	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	E	E	F	G	H	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	E	E	F	G	H	I
24.40	24.40	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	E	F	H	H
30.50	30.50	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	45.70	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H
36.60	36.60	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	48.80	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G

del local y las tablas de coeficiente de utilización se basan en el valor en el punto central de cada una de estas relaciones.

VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL

Indice del local	Relación del local Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	1.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

La tabla de coeficiente de utilización aplicable a una luminaria determinada se seleccionará entre las que se anexan, sobre la base de similitud de distribución de flujo luminoso y de eficiencia. El coeficiente de utilización puede determinarse por el índice del local y por la reflectancia adecuada en las superficies de la habitación.

Las reflexiones recomendadas, en por ciento, se anotan en la siguiente tabla.

#

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización							
Incandescentes	Directa Reflector de cúpula RLM	0 ↑ 75	1.3 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.33	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.28	0.25
					I	0.40	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.36	0.33
					H	0.47	0.43	[illegible]	[illegible]	0.43	0.41	0.42	0.39
					G	0.54	0.49	0.46	0.53	0.49	0.46	0.49	0.45
					F	0.59	0.54	0.50	0.58	0.54	0.50	0.52	0.50
					E	0.64	0.61	0.5[illegible]	0.63	0.59	0.57	0.55	0.57
					D	0.70	0.65	0.62	0.69	0.64	0.62	0.63	0.61
					C	0.72	0.68	0.65	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64
					B	0.76	0.73	0.70	0.75	0.72	0.70	0.70	0.69
					A	0.79	0.75	0.72	0.77	0.74	0.72	0.72	0.71
	Directa Intemperie dura Haz medio.	0 ↑ 71	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.70 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.42	0.43	0.42
					I	0.52	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.47	0.46
					H	0.59	0.56	0.53	0.61	0.57	0.53	0.51	0.50
					G	0.59	0.56	0.54	0.59	0.56	0.53	0.55	0.53
					F	0.61	0.59	0.57	0.61	0.59	0.56	0.58	0.56
					E	0.65	0.62	0.61	0.64	0.62	0.60	0.61	0.60
					D	0.67	0.65	0.63	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					C	0.68	0.66	0.65	0.67	0.66	0.64	0.65	0.64
					B	0.70	0.68	0.67	0.69	0.68	0.66	0.67	0.66
					A	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67
	Directa Intemperie dura Haz estrecho.	0 ↑ 70	0.9 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.42	0.43
					I	0.53	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.49	0.48
					H	0.57	0.54	0.52	0.55	0.54	0.52	0.52	0.52
					G	0.61	0.58	0.55	0.60	0.58	0.56	0.57	0.58
					F	0.64	0.61	0.59	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59
					E	0.67	0.64	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					D	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					C	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.66	0.67	0.66
					B	0.72	0.70	0.69	0.71	0.69	0.68	0.68	0.67
					A	0.73	0.71	0.70	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68
	Directa Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w	0 ↑ 100	1.8 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.50	0.45	0.42	0.47	0.43	0.41	0.46	0.48
					I	0.62	0.57	0.53	0.61	0.57	0.53	0.57	0.53
					H	0.70	0.65	0.62	0.69	0.65	0.62	0.64	0.61
					G	0.77	0.72	0.69	0.76	0.72	0.68	0.71	0.68
					F	0.82	0.77	0.74	0.81	0.77	0.73	0.76	0.73
					E	0.88	0.84	0.81	0.87	0.83	0.80	0.82	0.80
					D	0.92	0.88	0.85	0.90	0.87	0.84	0.86	0.84
					C	0.94	0.91	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.85
					B	0.97	0.94	0.92	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90
					A	0.99	0.97	0.94	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92
	Directa Lámpara reflectora R-57 Haz estrecho 500 y 750 w.	0 ↑ 100	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.66	0.62	0.60	0.65	0.62	0.59	0.62	0.59
					I	0.75	0.71	0.68	0.74	0.71	0.68	0.70	0.70
					H	0.80	0.76	0.73	0.79	0.76	0.73	0.76	0.73
					G	0.85	0.81	0.80	0.84	0.81	0.78	0.80	0.78
					F	0.90	0.86	0.82	0.88	0.84	0.82	0.84	0.82
					E	0.93	0.90	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.87
					D	0.96	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.91	0.90
					C	0.98	0.95	0.93	0.95	0.94	0.92	0.93	0.91
					B	1.00	0.98	0.96	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94
					A	1.01	1.00	0.98	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz ancho. 400 w H33-1-CD	0 ↑ 77	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.33	0.31	0.32	0.34	0.34	0.32	0.34	0.32
					I	0.47	0.43	0.43	0.46	0.43	0.42	0.43	0.42
					H	0.53	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.48	0.46
					G	0.59	0.55	0.52	0.56	0.54	0.52	0.54	0.51
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.59	0.56	0.58	0.56
					E	0.68	0.64	0.62	0.67	0.64	0.61	0.63	0.61
					D	0.71	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.68	0.65
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.70
					A	0.77	0.75	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71
	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz medio. 400 w H33-1-CD	0 ↑ 75	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.43	0.41
					I	0.54	0.51	0.49	0.53	0.51	0.48	0.50	0.48
					H	0.59	0.56	0.53	0.57	0.55	0.53	0.55	0.53
					G	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.57	0.58	0.57
					F	0.65	0.63	0.60	0.65	0.62	0.60	0.62	0.60
					E	0.68	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					D	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65
					C	0.72	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.69	0.68
					B	0.75	0.73	0.71	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70
					A	0.76	0.75	0.72	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho. 400 w. H33-1-GLC	0 ↑ 77	0.8 x Altura de montaje	Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.51	0.48	0.46	0.51	0.48	0.45	0.48	0.46
					I	0.58	0.55	0.53	0.57	0.55	0.53	0.55	0.53
					H	0.62	0.59	0.57	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57
					G	0.65	0.63	0.61	0.65	0.63	0.61	0.63	0.61
					F	0.69	0.66	0.64	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					E	0.72	0.70	0.68	0.71	0.69	0.67	0.67	0.67
					D	0.74	0.72	0.70	0.73	0.71	0.70	0.70	0.69
					C	0.76	0.74	0.72	0.74	0.73	0.71	0.72	0.71
					B	0.77	0.76	0.74	0.76	0.75	0.73	0.73	0.73
					A	0.78	0.77	0.75	0.77	0.75	0.74	0.74	0.74
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz ancho, 700 ó 1000 w. Vap. merc. color Corr.	0 ↑ 77	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.68 Medio 0.63 Malo 0.58	J	0.39	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.35	0.33
					I	0.48	0.44	0.41	0.47	0.44	0.41	0.43	0.41
					H	0.53	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.48	0.47
					G	0.58	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.54	0.52
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.55	0.58	0.56
					E	0.67	0.64	0.61	0.66	0.63	0.61	0.63	0.61
					D	0.70	0.67	0.65	0.69	0.66	0.64	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.68	0.66
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.69
					A	0.77	0.75	0.73	0.75	0.73	0.73	0.72	0.71

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización							
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas, Hg, estrecha, 700 ó 1000 w, Vap. merc. color corr.	0 1 2 3 4 5 79	0,9 x Altura de montaje	Bueno 0,68 Medio 0,63 Malo 0,58	J	0,50	0,47	0,45	0,50	0,47	0,45	0,47	0,46
					I	0,57	0,54	0,52	0,57	0,54	0,52	0,54	0,52
					H	0,62	0,59	0,57	0,62	0,59	0,57	0,59	0,57
					G	0,68	0,63	0,61	0,68	0,63	0,61	0,63	0,61
					F	0,69	0,67	0,64	0,69	0,66	0,64	0,66	0,64
					E	0,73	0,71	0,68	0,72	0,70	0,68	0,69	0,68
					D	0,75	0,73	0,71	0,74	0,72	0,70	0,71	0,70
					C	0,77	0,75	0,73	0,76	0,74	0,72	0,73	0,72
					B	0,78	0,77	0,75	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74
					A	0,80	0,78	0,77	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75
	Directa Aluminio grandes alturas con cristal, 700 ó 1000 w, Vapor mercurio, color corregido	0 1 2 3 4 5 69	0,9 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	0,40
					I	0,51	0,48	0,47	0,50	0,48	0,46	0,48	0,46
					H	0,55	0,53	0,51	0,55	0,52	0,51	0,52	0,50
					G	0,59	0,56	0,54	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54
					F	0,61	0,59	0,57	0,61	0,58	0,57	0,58	0,57
					E	0,64	0,62	0,60	0,63	0,61	0,60	0,61	0,60
					D	0,66	0,64	0,63	0,65	0,64	0,62	0,63	0,62
					C	0,67	0,65	0,64	0,66	0,65	0,63	0,64	0,63
					B	0,69	0,68	0,66	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65
					A	0,70	0,69	0,67	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66
	Directa Ventilada para bajas alturas 400 w H33 1 CL/C	0 1 2 3 4 5 78	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,35	0,32	0,29	0,35	0,31	0,29	0,31	0,29
					I	0,43	0,39	0,37	0,43	0,39	0,37	0,39	0,37
					H	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,47	0,50	0,47
					F	0,59	0,55	0,52	0,58	0,54	0,52	0,54	0,51
					E	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57
					D	0,67	0,64	0,61	0,66	0,63	0,61	0,62	0,60
					C	0,69	0,66	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,63
					B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67
					A	0,74	0,72	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,68
	Directa Ventilada de porcelana Esmaltada para bajas alturas 400 w H33 1-DN/C	0 1 2 3 4 5 84	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,30	0,27
					I	0,44	0,39	0,35	0,43	0,39	0,35	0,38	0,35
					H	0,50	0,46	0,42	0,50	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,57	0,52	0,48	0,56	0,52	0,48	0,51	0,48
					F	0,62	0,57	0,54	0,61	0,57	0,53	0,55	0,53
					E	0,69	0,64	0,61	0,67	0,63	0,60	0,63	0,60
					D	0,73	0,69	0,66	0,71	0,68	0,65	0,67	0,65
					C	0,76	0,72	0,69	0,74	0,72	0,68	0,70	0,68
					B	0,79	0,75	0,74	0,79	0,75	0,73	0,74	0,72
					A	0,81	0,79	0,76	0,80	0,77	0,76	0,76	0,75
	Directa Intemperie dura, Haz ancho, 400 w H33 1-CO	0 1 2 3 4 5 64	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,32	0,29	0,27	0,32	0,29	0,27	0,29	0,27
					I	0,40	0,37	0,34	0,39	0,36	0,34	0,36	0,34
					H	0,45	0,42	0,39	0,44	0,42	0,39	0,41	0,39
					G	0,49	0,46	0,44	0,49	0,46	0,44	0,46	0,44
					F	0,52	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,49	0,47
					E	0,56	0,54	0,52	0,55	0,53	0,51	0,53	0,51
					D	0,59	0,57	0,55	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54
					C	0,61	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,57	0,55
					B	0,63	0,61	0,59	0,62	0,60	0,59	0,59	0,58
					A	0,64	0,62	0,61	0,63	0,61	0,60	0,60	0,59
	Directa Intemperie dura Haz estrecho, 400 w H33 1-CO	0 1 2 3 4 5 62	0,5 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,42	0,40	0,39	0,42	0,40	0,39	0,40	0,39
					I	0,48	0,45	0,44	0,47	0,45	0,44	0,45	0,44
					H	0,50	0,48	0,47	0,50	0,48	0,47	0,48	0,47
					G	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,50	0,51	0,50
					F	0,56	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,53	0,52
					E	0,58	0,56	0,55	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54
					D	0,60	0,58	0,57	0,59	0,58	0,56	0,57	0,56
					C	0,61	0,59	0,58	0,60	0,59	0,58	0,59	0,57
					B	0,62	0,61	0,60	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58
					A	0,63	0,62	0,61	0,62	0,61	0,60	0,60	0,59
	Directa Intemperie dura Haz amplio 125 w HQL 125/V, HQL 250/V	0 1 2 3 4 5 61	0,7 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,67 Malo 0,63	J	0,34	0,31	0,29	0,34	0,31	0,29	0,31	0,29
					I	0,40	0,38	0,35	0,38	0,37	0,35	0,37	0,35
					H	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	0,40
					G	0,49	0,46	0,44	0,48	0,46	0,44	0,45	0,43
					F	0,52	0,49	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47
					E	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,50	0,52	0,50
					D	0,57	0,55	0,53	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52
					C	0,58	0,57	0,55	0,57	0,56	0,54	0,56	0,54
					B	0,60	0,59	0,58	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56
					A	0,62	0,60	0,59	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
	Directa Lámpara reflectora R-57, Haz ancho, 400 w H33-1 FY	0 1 2 3 4 5 96	1,0 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,38	0,33	0,29	0,34	0,33	0,29	0,32	0,29
					I	0,48	0,42	0,38	0,47	0,42	0,38	0,41	0,38
					H	0,58	0,49	0,45	0,54	0,47	0,44	0,46	0,44
					G	0,63	0,57	0,52	0,61	0,56	0,51	0,55	0,51
					F	0,69	0,62	0,57	0,67	0,61	0,57	0,60	0,56
					E	0,76	0,71	0,66	0,73	0,69	0,65	0,68	0,64
					D	0,81	0,76	0,71	0,79	0,74	0,70	0,72	0,69
					C	0,85	0,80	0,76	0,83	0,78	0,75	0,77	0,73
					B	0,90	0,86	0,82	0,87	0,84	0,81	0,82	0,79
					A	0,93	0,89	0,85	0,90	0,87	0,84	0,85	0,82
	Directa Lámpara reflectora R 57, Haz medio 400 w H33-1 HS	0 1 2 3 4 5 92	0,8 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,49	0,44	0,41	0,48	0,44	0,41	0,44	0,41
					I	0,58	0,53	0,50	0,57	0,53	0,49	0,52	0,49
					H	0,65	0,60	0,56	0,64	0,59	0,56	0,58	0,56
					G	0,72	0,66	0,62	0,70	0,65	0,62	0,64	0,61
					F	0,76	0,71	0,67	0,75	0,70	0,66	0,69	0,66
					E	0,82	0,77	0,74	0,80	0,76	0,73	0,74	0,72
					D	0,86	0,82	0,78	0,83	0,80	0,77	0,78	0,75
					C	0,89	0,86	0,83	0,86	0,83	0,80	0,81	0,78
					B	0,92	0,89	0,86	0,89	0,87	0,84	0,84	0,82
					A	0,95	0,92	0,89	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interior	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización							
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas T-12	12 T / I 76	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	[illegible]	0.29	0.25	0.22	0.25	0.21
					I	0.31	0.34	0.30	[illegible]	0.33	0.30	0.31	0.30
					H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.36	0.31	0.30
					G	0.54	0.48	0.44	[illegible]	0.47	0.43	0.45	0.42
					F	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.48	0.50	0.47
					E	0.65	0.60	0.56	[illegible]	[illegible]	0.54	0.50	0.53
					D	0.70	0.65	0.61	[illegible]	[illegible]	0.63	0.59	0.58
					C	0.73	0.69	[illegible]	0.70	[illegible]	0.63	0.61	0.61
					B	0.77	0.73	0.70	0.73	[illegible]	[illegible]	0.67	0.65
					A	0.80	0.77	0.74	[illegible]	0.74	0.71	0.70	0.67
	Semidirecta 3 lámparas 40 w y "Slimline"	11 T / I 74	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.26	[illegible]	[illegible]	0.26	0.22	0.25	0.22
					I	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.32	[illegible]
					H	0.46	0.41	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.37	[illegible]	[illegible]
					G	0.53	0.47	0.42	[illegible]	0.43	0.43	0.46	0.42
					F	0.53	0.49	[illegible]	[illegible]	0.53	[illegible]	0.50	0.47
					E	0.65	0.60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.55	0.58	0.54
					D	0.69	0.64	[illegible]	[illegible]	0.62	0.57	0.60	0.56
					C	0.72	0.66	[illegible]	0.61	[illegible]	0.63	0.63	0.61
					B	0.76	0.72	0.70	0.72	0.70	0.67	0.67	0.65
					A	0.73	0.76	0.73	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69
	Semidirecta 2 lámparas T-12 con rejilla o tubura de 23°	18 T / I 60	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	[illegible]	0.22	0.20	0.22	0.19
					I	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.29	0.26
					H	0.41	0.36	0.33	0.34	0.35	0.32	0.34	0.31
					G	0.47	0.42	0.39	0.42	0.41	0.37	0.39	[illegible]
					F	0.51	0.45	0.43	0.45	0.45	0.41	0.43	0.40
					E	0.57	0.53	0.49	0.54	0.50	0.47	0.47	0.45
					D	0.60	0.57	0.53	0.57	0.54	0.51	0.51	0.49
					C	0.63	0.60	0.56	0.61	[illegible]	0.54	0.53	0.51
					B	0.67	0.64	0.61	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55
					A	0.69	0.66	0.64	0.64	0.62	0.60	0.57	0.56
	Semidirecta 2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps.	13 T / I 64	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.23	0.20
					I	0.36	0.32	0.28	0.35	0.31	0.28	0.30	0.27
					H	0.43	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.35	0.33
					G	0.49	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.41	0.39
					F	0.54	0.49	0.45	0.51	0.47	0.44	0.45	0.42
					E	0.60	0.55	0.51	0.57	0.53	0.50	0.50	0.48
					D	0.64	0.60	0.55	0.60	0.57	0.54	0.54	0.51
					C	0.67	0.63	0.60	0.63	0.60	0.57	0.56	0.54
					B	0.70	0.67	0.64	0.65	0.63	0.61	0.59	[illegible]
					A	0.73	0.70	0.67	0.68	0.65	0.64	0.62	0.61
	Semidirecta Lámpara Back Temper. de 100 w. con plástico exterior	10 T / I 62	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.24	0.19	0.16	0.23	0.19	0.16	0.18	0.16
					I	0.31	0.26	0.21	0.29	0.25	0.21	0.23	0.20
					H	0.35	0.31	0.26	0.34	0.29	0.26	0.28	0.25
					G	0.42	0.36	0.32	0.40	0.34	0.30	0.33	0.29
					F	0.46	0.40	0.36	0.43	0.39	0.34	0.36	0.33
					E	0.51	0.46	0.41	0.48	0.43	0.40	0.41	0.38
					D	[illegible]	0.50	0.46	0.51	0.47	0.44	0.44	0.41
					C	[illegible]	0.53	0.49	0.53	0.50	0.47	0.47	0.44
					B	[illegible]	0.57	0.53	0.57	0.54	0.51	0.50	0.48
					A	[illegible]	[illegible]	0.57	0.59	0.57	0.54	0.54	0.52

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interior	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización							
Incandescente	Directa Empotrada con lente prismática	0 T / I 63	1.6 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.32	0.30	0.27	0.33	0.28	0.27	0.33	0.29	[illegible]
					I	0.41	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.37	[illegible]
					H	0.45	0.41	0.38	0.45	0.41	0.39	0.44	0.41	[illegible]
					G	0.50	0.46	0.43	0.47	0.43	0.43	0.48	0.45	[illegible]
					F	0.53	0.49	[illegible]	0.52	0.49	0.46	0.51	[illegible]	[illegible]
					E	0.56	0.53	0.51	[illegible]	0.53	0.50	[illegible]	0.57	[illegible]
					D	0.59	0.56	0.54	0.56	0.56	0.53	0.57	0.53	0.53
					C	0.60	0.58	0.56	0.60	0.57	0.55	0.58	0.55	0.55
					B	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.58	0.60	0.58	[illegible]
					A	0.63	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.61	0.60	[illegible]
Fluorescentes	Semidirecta 7 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera	19 T / I 83	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.24	0.21	[illegible]	0.24	0.21	0.23	0.24	0.21
					I	0.39	0.33	0.29	0.37	0.32	0.28	0.38	0.31	[illegible]
					H	0.43	0.37	0.35	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34
					G	0.52	0.45	0.41	0.50	0.45	0.41	0.46	0.43	[illegible]
					F	0.57	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45	0.52	0.43	[illegible]
					E	0.64	0.58	0.53	0.62	0.57	0.53	[illegible]	0.51	[illegible]
					D	0.68	0.63	0.58	0.63	0.61	0.57	[illegible]	0.55	[illegible]
					C	0.71	0.67	0.63	0.70	0.65	0.61	0.65	0.62	[illegible]
					B	0.76	0.72	0.68	0.73	0.70	0.67	0.69	[illegible]	[illegible]
					A	0.78	0.75	0.72	0.76	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera	18 T / I 63	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.29	0.24	0.22	0.22	0.24	0.22	0.28	0.24	0.21
					I	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28
					H	0.44	0.39	0.35	0.43	0.38	0.35	0.41	0.37	0.34
					G	0.50	0.45	0.41	0.48	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39
					F	0.55	0.49	0.45	0.53	0.48	0.45	0.51	0.47	0.43
					E	0.61	0.56	0.52	0.60	0.55	0.51	0.56	0.52	0.49
					D	0.63	0.60	0.57	0.63	0.59	0.56	0.60	0.56	0.53
					C	0.66	0.64	0.60	0.66	0.62	0.59	0.62	0.59	0.56
					B	0.72	0.69	0.65	0.70	0.68	0.64	0.65	0.63	0.61
					A	0.74	0.71	0.68	0.72	0.69	0.67	0.67	0.65	0.63

9 d

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización								
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 1.20 o 2.40 m. Montaje de superficie	20 / 73	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.27	0.21	0.17	0.27	0.21	0.17	0.22	0.20	0.17
					I	0.35	0.30	0.24	0.35	0.30	0.24	0.34	0.28	0.24
					H	0.43	0.36	0.30	0.41	0.35	0.31	0.40	0.34	0.30
					G	0.49	0.42	0.37	0.49	0.42	0.36	0.46	0.40	0.36
					F	0.55	0.47	0.42	0.53	0.47	0.41	0.50	0.44	0.40
					E	0.62	0.55	0.50	0.60	0.53	0.49	0.57	0.52	0.47
					D	0.67	0.61	0.56	0.64	0.60	0.55	0.62	0.57	0.52
					C	0.71	0.65	0.60	0.70	0.63	0.59	0.65	0.61	0.56
					B	0.75	0.71	0.66	0.14	0.68	0.65	0.69	0.65	0.62
					A	0.81	0.75	0.71	0.78	0.74	0.70	0.73	0.69	0.62
	Directa 2 lámparas empotradas con vidrio plano nervado	0 / 53	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.26	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20
					I	0.32	0.29	0.26	0.32	0.29	0.26	0.31	0.28	0.26
					H	0.38	0.33	0.30	0.38	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30
					G	0.40	0.37	0.34	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34
					F	0.43	0.40	0.37	0.43	0.40	0.37	0.42	0.38	0.37
					E	0.46	0.44	0.41	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41
					D	0.49	0.46	0.44	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43
					C	0.50	0.48	0.46	0.49	0.48	0.46	0.48	0.47	0.45
					B	0.52	0.50	0.48	0.51	0.50	0.48	0.50	0.49	0.47
					A	0.53	0.52	0.50	0.52	0.51	0.50	0.51	0.50	0.49
	Directa 2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 65°	0 / 52	1.0 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.18
					I	0.30	0.27	0.24	0.30	0.27	0.24	0.29	0.26	0.24
					H	0.34	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.33	0.30	0.28
					G	0.38	0.35	0.32	0.38	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32
					F	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.34
					E	0.44	0.41	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.38
					D	0.46	0.44	0.42	0.46	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41
					C	0.48	0.46	0.44	0.48	0.45	0.43	0.46	0.44	0.43
					B	0.50	0.48	0.46	0.49	0.46	0.46	0.48	0.47	0.45
					A	0.51	0.50	0.48	0.51	0.49	0.48	0.50	0.48	0.47
	Directa 4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30°	0 / 59	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20
					I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27
					H	0.39	0.35	0.32	0.38	0.34	0.31	0.37	0.33	0.31
					G	0.43	0.39	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.36
					F	0.46	0.42	0.39	0.46	0.42	0.39	0.45	0.42	0.39
					E	0.50	0.47	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.46	0.43
					D	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.47	0.51	0.49	0.47
					C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.51	0.49	0.53	0.50	0.48
					B	0.57	0.54	0.52	0.56	0.54	0.52	0.55	0.53	0.51
					A	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.54	0.56	0.55	0.54
	Directa 8 lámparas empotradas con plástico	1 / 67	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.27	0.22	0.20	0.26	0.22	0.19	0.25	0.22	0.19
					I	0.33	0.29	0.26	0.33	0.29	0.25	0.32	0.28	0.25
					H	0.38	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.37	0.33	0.30
					G	0.43	0.38	0.35	0.42	0.38	0.34	0.41	0.33	0.34
					F	0.46	0.42	0.38	0.46	0.41	0.38	0.44	0.41	0.38
					E	0.50	0.47	0.43	0.50	0.46	0.43	0.48	0.46	0.43
					D	0.53	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.51	0.48	0.46
					C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.52	0.49	0.53	0.51	0.49
					B	0.59	0.55	0.53	0.58	0.55	0.53	0.56	0.54	0.52
					A	0.60	0.57	0.55	0.59	0.57	0.55	0.57	0.56	0.54
	Directa Cielo luminoso 50% de transmisión y 80% de reflexión en la cavidad	0 / 69		Bueno 0.65 Medio 0.55 Malo 0.45		10% reflectancia del suelo			30% reflectancia del suelo			[illegible]		
					J	0.23	0.18	0.15	0.22	0.18	0.15	[illegible]		
					I	0.30	0.25	0.22	0.31	0.26	0.22	[illegible]		
					H	0.36	0.31	0.27	0.37	0.32	0.28	[illegible]		
					G	0.42	0.37	0.33	0.44	0.38	0.34	[illegible]		
					F	0.46	0.41	0.37	0.50	0.43	0.39	[illegible]		
					E	0.52	0.48	0.44	0.57	0.51	0.46	[illegible]		
					D	0.57	0.53	0.49	0.62	0.57	0.52	[illegible]		
					C	0.60	0.56	0.53	0.66	0.61	0.57	[illegible]		
					B	0.63	0.60	0.57	0.71	0.67	0.63	[illegible]		
					A	0.66	0.63	0.61	0.74	0.71	0.67	[illegible]		
	Directa Techo con rejilla difusora visera de 45° 50% de reflexión en la cavidad	PLÁSTICO METAL 0 / 86 — 0 / 56		Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.55		Plástico			Metal			[illegible]		
					J	0.23	0.19	0.16	0.20	0.24	0.21	[illegible]		
					I	0.30	0.26	0.23	0.23	0.32	0.24	[illegible]		
					H	0.36	0.31	0.28	0.37	0.44	0.32	[illegible]		
					G	0.41	0.36	0.33	0.43	0.39	0.36	[illegible]		
					F	0.44	0.40	0.37	0.43	0.41	0.38	[illegible]		
					E	0.43	0.46	0.43	0.46	0.44	0.43	[illegible]		
					D	0.52	0.49	0.47	0.48	0.47	0.45	[illegible]		
					C	0.55	0.52	0.49	0.53	0.48	0.47	[illegible]		
					B	0.58	0.55	0.53	0.51	0.50	0.49	[illegible]		
					A	0.60	0.58	0.56	0.53	0.52	0.51	[illegible]		
	Directa 3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45°. Montaje de superficie	1 / 51	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17
					I	0.28	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.27	0.24	0.23
					H	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27
					G	0.36	0.33	0.31	0.36	0.33	0.31	0.35	0.33	0.30
					F	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33
					E	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.39	0.37
					D	0.45	0.43	0.40	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40
					C	0.47	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42
					B	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.46	0.45
					A	0.51	0.49	0.44	0.50	0.49	0.47	0.49	0.48	0.47
	Directa 3 lámparas con plástico. Montaje de superficie	1 / 50	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14
					I	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19
					H	0.29	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23
					G	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27
					F	0.36	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30
					E	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.36	0.34
					D	0.42	0.39	0.37	0.42	0.39	0.37	0.41	0.38	0.37
					C	0.44	0.42	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.39
					B	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41
					A	0.49	0.46	0.45	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.44

Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas inferior a	Factor de Mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización								
Fluorescente	Directa 2 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie	7 T 58	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 malo 0.60	J	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23
					I	0.37	0.33	0.30	0.37	0.34	0.31	0.36	0.32	0.29
					H	0.42	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33
					G	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38	0.43	0.40	0.37
					F	0.50	0.45	0.42	0.47	0.41	0.41	0.46	0.43	0.40
					E	0.54	0.50	0.47	0.53	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					D	0.56	0.52	0.50	0.55	0.52	0.49	0.53	0.50	0.48
					C	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
					B	0.61	0.57	0.55	0.59	0.57	0.55	0.57	0.55	0.53
					A	0.62	0.60	0.57	0.61	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55
	Directa 4 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie	7 T 52	1,1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.28	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22
					I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27
					H	0.39	0.34	0.31	0.37	0.33	0.31	0.36	0.33	0.30
					G	0.43	0.37	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.36	0.34
					F	0.44	0.40	0.36	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37
					E	0.47	0.44	0.42	0.45	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41
					D	0.50	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43
					C	0.51	0.49	0.46	0.50	0.48	0.46	0.48	0.46	0.46
					B	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.48	0.50	0.49	0.48
					A	0.55	0.53	0.51	0.53	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49
	Directa 2 lámparas 40 W y "Slimline" con rejilla difusora de 45° y lado de plástico montaje de superficie	5 T 56	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20
					I	0.33	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25
					H	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29	0.35	0.31	0.29
					G	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32
					F	0.44	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35
					E	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.40	0.45	0.42	0.39
					D	0.51	0.47	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.45	0.42
					C	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					B	0.56	0.53	0.50	0.54	0.52	0.49	0.52	0.50	0.48
					A	0.57	0.55	0.52	0.55	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
	General Difusa 2 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 35° a 45° suspendida y con lados de plástico	47 T 39	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.24	0.19	0.16	0.24	0.19	0.18	0.22	0.18	0.15
					I	0.32	0.26	0.21	0.31	0.25	0.22	0.26	0.24	0.20
					H	0.36	0.32	0.28	0.36	0.31	0.26	0.33	0.26	0.25
					G	0.44	0.38	0.33	0.42	0.38	0.32	0.37	0.33	0.29
					F	0.49	0.42	0.38	0.46	0.41	0.36	0.41	0.35	0.33
					E	0.56	0.49	0.45	0.52	0.47	0.43	0.46	0.41	0.38
					D	0.60	0.54	0.51	0.56	0.51	0.47	0.49	0.45	0.42
					C	0.64	0.58	0.54	0.59	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45
					B	0.66	0.64	0.59	0.63	0.56	0.56	0.54	0.51	0.49
					A	0.71	0.67	0.63	0.66	0.63	0.60	0.56	0.54	0.52
	Semidirecta 4 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 45° suspendida y con lados de plástico	51 T 31	1,4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.65 malo 0.60	J	0.24	0.19	0.16	0.23	0.18	0.16	0.21	0.17	0.15
					I	0.30	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19
					H	0.36	0.30	0.26	0.34	0.29	0.25	0.30	0.26	0.23
					G	0.41	0.35	0.31	0.39	0.33	0.30	0.34	0.30	0.27
					F	0.46	0.40	0.35	0.43	0.38	0.33	0.37	0.33	0.30
					E	0.52	0.46	0.42	0.49	0.43	0.39	0.42	0.38	0.34
					D	0.57	0.51	0.47	0.52	0.48	0.44	0.44	0.41	0.38
					C	0.60	0.55	0.50	0.55	0.51	0.47	0.47	0.43	0.41
					B	0.64	0.60	0.56	0.59	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45
					A	0.67	0.63	0.60	0.61	0.58	0.58	0.51	0.49	0.47
	Semiindirecta 4 lámparas 40 W "Slimline" suspendida y con lados y fondo de plástico	62 T 14	1,5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 medio 0.60 malo 0.50	J	0.18	0.11	0.07	0.15	0.10	0.06	0.12	0.08	0.06
					I	0.21	0.15	0.12	0.19	0.15	0.12	0.16	0.12	0.09
					H	0.26	0.20	0.16	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12
					G	0.32	0.25	0.20	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.15
					F	0.36	0.30	0.24	0.33	0.26	0.22	0.25	0.21	0.18
					E	0.42	0.36	0.31	0.38	0.33	0.27	0.29	0.25	0.22
					D	0.46	0.40	0.36	0.41	0.36	0.33	0.32	0.29	0.25
					C	0.50	0.44	0.40	0.44	0.40	0.36	0.34	0.31	0.28
					B	0.54	0.50	0.45	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32
					A	0.57	0.53	0.50	0.51	0.49	0.44	0.39	0.36	0.34
	Indirecta Moldura sin reflector	Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando reflectores a las lámparas fluorescentes aumenta el coeficiente de utilización del 5 al 10 por 100.		Bueno 0.60 medio 0.50 malo 0.40	J	0.11	0.08	0.06	0.09	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04
					I	0.15	0.12	0.10	0.13	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06
					H	0.18	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.10	0.09	0.07
					G	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10
					F	0.25	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11
					E	0.29	0.26	0.22	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14
					D	0.31	0.30	0.28	0.28	0.26	0.24	0.20	0.19	0.17
					C	0.35	0.32	0.30	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.19
					B	0.36	0.34	0.32	0.32	0.30	0.28	0.22	0.21	0.20
					A	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.23	0.23
	Directa Con lámpara PAR 38.150 w. difusora. Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lumenes	0 T 82	0,7 x Altura de montaje	En todas las condiciones: 0.75	J	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49
					I	0.58	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53
					H	0.58	0.58	0.55	0.58	0.58	0.55	0.57	0.56	0.55
					G	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57
					F	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.58	0.61	0.59	0.58
					E	0.63	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.62	0.61	0.60
					D	0.64	0.63	0.61	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.61
					C	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62
					B	0.66	0.65	0.64	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63
					A	0.67	0.66	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64
	Indirecta Watts lúmenes 300 5360 500 9300 750 14600 Aro concentrador con lámpara de ampolla plateada	17 T 2	1,5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0,70 medio 0.60 malo 0.55	J	0.13	0.07	0.04	0.12	0.07	0.04	0.10	0.06	0.03
					I	0.18	0.11	0.07	0.16	0.10	0.06	0.13	0.08	0.05
					H	0.23	0.15	0.10	0.20	0.14	0.09	0.16	0.11	0.07
					G	0.28	0.20	0.16	0.25	0.18	0.13	0.19	0.14	0.10
					F	0.33	0.26	0.19	0.29	0.22	0.17	0.22	0.16	0.12
					E	0.40	0.32	0.26	0.35	0.28	0.23	0.26	0.20	0.16
					D	0.45	0.38	0.32	0.39	0.33	0.28	0.29	0.24	0.20
					C	0.49	0.42	0.37	0.43	0.37	0.32	0.31	0.28	0.23
					B	0.54	0.50	0.43	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28
					A	0.58	0.53	0.43	0.50	0.46	0.43	0.36	0.33	0.30

REFLEXIONES RECOMENDADAS EN %

Superficie	Oficinas	Plantas Industriales	Escuelas	Residencias	Hospitales
Techo	80-92	80-90	70-90	60-90	80-92
Paredes	40-60	40-60	40-60	35-60	40-60
Piso	21-39	Mínimo 20	30-50	15-35	20-40

iv.-Estimar el factor de conservación.- En el funcionamiento de cualquier sistema de alumbrado hay tres elementos de conservación que son variables y que afectan a la cantidad de luz obtenida del sistema:

- Pérdida en la emisión luminosa de la lámpara. La emisión luminosa media a lo largo de la vida de la lámpara es de 10 a 25% más baja que la inicial. El valor de esta disminución depende del tamaño.

- Pérdida debida a la acumulación de suciedad sobre la superficie reflectora o transmisora de la luminaria y sobre las propias lámparas.

- Pérdida de luz reflejada debida a la acumulación de suciedad por las paredes y techos.

En las tablas de coeficientes de utilización que se mencionaron con anterioridad, los factores de conservación que

#

se proporcionan para lámparas y luminarias han sido calculadas para tres condiciones definidas, que son las siguientes:

- Factor de mantenimiento bueno. - Cuando las condiciones atmosféricas son buenas, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se reponen por el sistema de sustitución en grupos.
- Factor de mantenimiento medio. - Cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de la luminaria no es frecuente y sólo se sustituyen las lámparas cuando se funden.
- Factor de mantenimiento malo. Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

v. - Calcular el número de lámparas y luminarias requeridas. El número de lámparas y luminarias puede calcularse mediante las expresiones siguientes:

$$N\ La = \frac{E \times S}{i \times CU \times FC}$$

$$N\ Lu = \frac{N\ La}{L\ L}$$

donde:

N La.- Número de lámparas

E.- Nivel de iluminación en luxes

S.- Superficie en metros cuadrados

I.- Intesidad luminosa en lúmenes

CU.- Coeficiente de utilización

FC.- Factor de conservación

N Lu.- Número de luminarias

L L.- Lámparas por luminaria.

vi.- Determinar el emplazamiento de las luminarias.- El emplazamiento de las luminarias, depende en general de la arquitectura y dimensiones de la habitación, posición de las salidas existentes, tipo de luminarias, etc.

En las tablas mencionadas de coeficiente de utilización se tiene la columna "distancia entre lámparas inferior a" -- que proporciona las relaciones máximas permitidas entre la distancia entre lámparas y la altura de montaje, sobre el plano de trabajo, para los distintos tipos de lumina--- rias. En la mayor parte de los casos, es necesario colocar las luminarias más próximas unas a otras, de lo - que estas relaciones máximas determinen. Con relación

#

a los equipos fluorecentes es recomendable que sean montados en líneas contínuas.

Ejemplo:

Se tiene una oficina de 18.30 metros de ancho por 30.50 metros de largo y con una altura de su techo de 4.00 metros. La reflección del techo es de 80% y la de las paredes de 50%, con una buena conservación de luz para las luminarias y superficie de la habitación.

De acuerdo con el orden mencionado para efectuar el cálculo de alumbrado analizaremos este ejemplo.

i.- De acuerdo con la tabla de niveles de iluminación recomendados, para una oficina de este tipo nos marca, de acuerdo con el I.E.S. 1000 luxes y con el S.M.I.I. 600 luxes. Trabajaremos con el valor recomendado por I.E.S. de 1000 luxes.

ii.- Se seleccionan luminarias fluorecentes de 4 x 40 W. de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montados a 0.61 metros por debajo del techo.

iii.- De acuerdo con la tabla de índice del local, para este ca

Fuentes Luminosas

9

Características de las Lámparas Incandescentes de Alumbrado General para una Tensión de Operación Normal.

Watts	Bulbo	Acabado	Base	Longitud máxima total (mm)	Filamento	Vida normal media (horas)	Flujo luminoso inicial (lúmenes)	Flujo luminoso medio (lúmenes)
25	A-19	Mat. int.	Media	100	C-9	1000	265	——
40	T-19	Blanco	Media	112	C-9	1350	430	——
60	T-19	Blanco	Media	112	CC-6	1350	785	——
75	T-19	Blanco	Media	112	CC-8	1350	1085	——
100	T-19	Blanco	Media	112	CC-8	1350	1535	——
50	T-21	Blanco	Media de 3 contac.	150	2CC-6	1350	595	——
100							1435	——
150							2030	——
100	PS-25	Blanco	Mogul de 3 contac.	173	2CC-6	1000	1500	——
200							3500	——
300							5000	——
150	T-21	Blanco	Media	160	CC-8	1350	2380	——
200	A-25	Blanco Mat. int. Claro	Media	176	CC-6	750	3800	3500
300	PS-30	Mat. int. o Claro	Media	204	C-8	750	6300	5550
500	PS-40		Mogul	247	C-8	1000	10750	9650
750	PS-52		Mogul	332	2CC-8	1000	16700	15500
1000	PS-52		Mogul	332	2CC-8	1000	23000	21000
1500	PS-52		Mogul	332	C-7A	1000	33300	27000

Características de las Lámperas Incandescentes Reflectoras y Proyectoras

(Lámparas de 2000 horas de Vida)

Watts	Bulbo	Base	Longitud máxima total (mm.)	(1) Apertura aproximada del haz (grados)	(1) Flujo luminoso inicial del haz (lúmenes)	Flujo luminoso inicial total (lúmenes)	(2) Máxima intensidad luminosa inicial (candelas)	Distribución
Proyectores (3)								
75	PAR–38	M. Ens. (5)	135	30	465	750	4800	Intensiva
75	PAR–38	M. Ens. (5)	135	60	600	750	1600	Extensiva
150	PAR–38	M. Ens. (5)	135	30	1100	1730	10500	Intensiva
150	PAR–38	M. Ens. (5)	135	60	1350	1730	3400	Extensiva
200	PAR–46	M. Contac.	102	17x23	1200	2350	33000	Estrecha
200	PAR–46	A. Lat. (6)	102	20x40	1300	2350	12000	Media
300	PAR–56	Mogul con	127	15x20	1800	3720	70000	Estrecha
300	PAR–56	tecto ame.	127	20x35	2000	3720	22000	Media
300	PAR–56	final (7)	127	30x60	2100	3720	10000	Ancha
Reflectoras								
30	R–20	Media	100	90	160	210	245	Extensiva
75	R–30	Media	132	50	410	820	1840	Intensiva
75	R–30	Media	132	130	700	820	430	Extensiva
150	R–40	Media	165	40	860	1890	7000	Intensiva
150	(4) R–40	Media	165	110	1600	1890	1300	Extensiva
300	(4) R–40	Media	165	35	1800	3700	13500	Intensiva
300	(4) R–40	Media	165	115	2900	3700	2500	Extensiva
500	(3) R–40	Mogul	184	35	3100	6500	22000	Intensiva
500	(3) R–40	Mogul	184	115	5400	6500	4800	Extensiva
500	R–57	Mogul	305	70	—	7850	—	Estrecha
500	R–52	Mogul	298	120	—	7850	—	Ancha
750	R–57	Mogul	305	70	—	12700	—	Estrecha
750	R–52	Mogul	298	120	—	12700	—	Ancha
1000	R–57	Mogul	305	70	—	17500	—	Estrecha

(1) En la apertura del haz se incluyen todos los rayos de intensidad luminosa de valor superior al 10 por 100 del valor del rayo de intensidad máxima que parte del foco luminoso.

(2) Valor en el cono central de 10° (apertura total) para todas las lámparas, excepto las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo. Para las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo, el cono central es de 5°.

(3) Bulbo de vidrio resistente al calor.

(4) También pueden adquirirse con bulbo de vidrio resistente al calor.

(5) Media roscada y con ensanchamiento para fijación el bulbo de vidrio de diámetro superior al de la base media.

(6) Media con contactos laterales tipo americano.

(7) Mogul con contactos de enchufe tipo americano.

Designación y Datos Referentes a las Lámparas Fluorescentes.

(1) Tipo de Lámpara	Base	Características de Servicio		Tensión Mínima de Arranque (Volts) (2)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes)(3)		Flujo Luminoso medio (Lúmenes)(4)	
		Intensidad (Amperes)	Tensión (volts)		Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida	Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida
Precalentamiento								
W T-5 6"	Miniat. Biclav.	0.135	32	110	115	125	80	90
6 W T-5 9"	Miniat. Biclav.	0.145	47	110	250	260	195	200
8-W T-5 12"	Miniat. Biclav.	0.170	56	110	380	395	285	300
13 W T-5 21"	Miniat. Biclav.	0.160	95	176	740	765	590	610
[illegible] W T-12 15"	Media Biclav.	0.385	39	110	580	600	475	490
15-W T-8 18"	Media Biclav.	0.300	55	110	760	785	640	665
15-W T-12 18"	Media Biclav.	0.330	46	110	680	705	590	615
20-W T-12 24"	Media Biclav.	0.380	56	110	1080	1120	940	990
25-W T-12 33"	Media Biclav.	0.490	57	110	1650	1700	1430	1470
30-W T-9 36"	Media Biclav.	0.355	98	176	1930	2000	1600	1660
60-W T-17 60"(5)	Mogul Biclav.	1.550	63	132	5560	5640	4600	4740
Precal.— Arranque Rápido								
40-W T-12 48"(5) (6)	Media Biclav.	0.430	101	3100	3250	2800	2800	2930
Arranque Rápido								
30-W T-13 36"	Media Biclav.	0.430	75	250	1900	1970	1670	1730
Alta Emisión(7)								
24" T-12 30-W	Retr. D.C.(11)	0.800	41	225	1500	1550	1270	1310
48" T-12 60-W	Retr. D.C.	0.800	75	256	3850	3950	3160	3250
72" T-12 85-W	Retr. D.C.	0.800	113	395	6100	6300	5150	5320
96" T-12 110-W	Retr. D.C.	0.800	150	465	8500	8800	7180	7440
Muy Alta Emisión (Super HO)(7) (8)								
48" T-12 110-W	Retr. D.C.	1.500	66	250	6900	—	5800	—
72" T-12 160 W	Retr. D.C.	1.500	128	350	10900	—	9100	—
96" T-12 215-W	Retr. D.C.	1.500	172	470	15000	—	12600	—
Circular(7)								
22-W T-9 8½" OD	Cuatro Clav.	0.380	60	185	1020	1060	765	795
32-W T-10 12" OD	Cuatro Clav.	0.430	80	205	1760	1830	1450	1600
40-W T-10 16" OD	Cuatro Clav.	0.415	108	205	2450	2530	2070	2120
Arranque Instantáneo(9)								
40 W T-12 48"	Media Biclav.	0.425	104	385	2700	2750	2400	2450
40-W T-17 60"	Mogul Biclav.	0.425	107	385	2700	2750	2430	2480
"Slimline"(10)								
42" T-6 25-W	Monoclavillo.	0.200	150	405	1625	1675	1370	1410
64" T-6 37-W	Monoclavillo.	0.200	233	540	2600	2700	2180	2240
72" T-8 37.5-W	Monoclavillo.	0.200	218	540	2650	2740	2280	2360
96" T-8 50-W	Monoclavillo.	0.200	290	675	3700	3800	3250	3300
48" T-12 38.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	100	385	2600	2700	2320	2410
72" T-12 56-W	Monoclavillo.	0.425	145	475	4100	4200	3670	3761
96" T-12 73.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	197	565	5800	5950	5200	5320

(1) Potencia nominal en watts, designación del bulbo (T indica lámparas tubulares y el número que le sigue determina el diámetro en octavos de pulgada), longitud total normal (la lámpara con dos portalámparas normales).

(2) Para un arranque asegurado a 10ºC, o más de temperatura ambiente o valores aplicables a las lámparas de precalentamiento, arranque instantáneo y "Slimline" conectadas a reactancias sencillas o dobles del tipo "Lead-Lag"; a las lámparas de arranque rápido, alta emisión y muy alta emisión conectadas a reactancias dobles del tipo serie; y a las lámparas circulares conectadas a reactancias sencillas del tipo "arranque rápido". Para las lámparas de muy alta emisión los valores son aplicables a un factor de pico de la tensión mínima, de 1.6.

(3) Medido después de cien horas de servicio a 25ºC, y en condiciones de ensayo especificadas. Los valores aproximados para los otros tonos pueden determinarse multiplicando el flujo luminoso de las lámparas "blanca fría" por los siguientes factores: alta eficacia, 1.15; blanca de lujo, 0.73; blanca suave, 0.70; luz día, 0.84; rosa y azul, 0.45; verde, 1.40; verde frío, 0.92; oro, 0.60; rojo 0.06.

(4) Valor aproximado al 40 por 100 de la vida media.

(5) Solamente en el tono "blanca fría" pueden suministrarse también lámparas de tipo reflector. La emisión luminosa aproximada es el 86 por 100 de la de las lámparas ordinarias.

(6) Valores eléctricos, aplicables únicamente al dar servicio con reactancias de arranque rápido.

(7) Lámparas con funcionamiento basado en el principio del arranque rápido.

(8) El valor de la emisión luminosa (lúmenes) se obtiene con los nuevos modelos de reactancias.
Los valores que se consiguen con las reactancias actuales aproximadamente el 93 por 100 de los valores citados.

(9) Los clavillos de la base están cortocircuitados.

(10) Las lámparas "Slimline" T-6 y T-8 pueden trabajar de 100 a 300 mA. y las T-12 de 200 a 600 mA.

(11) Abreviaturas de "Retractil de doble contacto".

Pérdidas Aproximadas en las Reactancias (1)

Tipo de Lámpara	Tipo de Cebador	110 – 125 Volts			240 – 280 Volts		
		Sencillas	Dobles		Sencillas	Dobles	
			Tipo Serie	Tipo Lead-Lag		Tipo Serie	Tipo Lead Lag
Precalentamiento							
48" T-12 40W (2)	FC–4	10	—	16	10	—	16
60" T-17 90W	FC–85	21	—	30	—	—	40
Arranque rapido	Corriente						
48" T-12 40W (2)	430 mA	54 (3)	94 (3)	—	54 (3)	94 (3)	—
"Slimline"							
48" T-12 38,5W	425 mA	20	32	28	20	28	28
72" T-12 56W	425 mA	22	27	32	22	27	31
96" T-12 73.5W	425 mA	27	27	32	26	27	31
Alta Emisión							
48" T-12 60W	800 mA	85 (3)	145 (3)	—	85 (3)	147 (3)	—
72" T-12 85W	800 mA	118 (3)	205 (3)	—	118 (3)	205 (3)	—
96" T-12 110W	800 mA	138 (3)	245 (3)	—	138 (3)	245 (3)	—
Muy Alta Emisión							
48" T-12 110W	1,5 amps.	145 (3)	260 (3)	—	145 (3)	240 (3)	—
72" T-12 160W	1,5 amps.	235 (3)	360 (3)	—	235 (3)	360 (3)	—
96" T-12 215W	1,5 amps.	235 (3)	460 (3)	—	230 (3)	460 (3)	—

(1) Reactancias de alto factor de potencia
(2) Con lámparas de Precalentamiento-Arranque rápido
(3) Potencia total absorbida por la reactancia, incluido el consumo de las lámparas y el consumo de la reactancia

Lámparas de Vapor de Mercurio

Designación ASA	Antigua Designación Westinghouse	Bulbo	Acabado	Longitud de Arco (mm)	Longitud Máxima (mm)	Distancia Base Foco (mm)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes a las 100 h.)	111 Flujo Lumin Mer (Lúm
100 Watts								
H37-4 CS	C-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Intensivo	—	138	—	2400	1440
[illegible]	E-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Extensivo	—	138	—	2400	1440
H37-4 HT	L-H4-LG	BT-25	Clara	28	187	127	3650	2960
[illegible]	M-H4-LG	BT-25	Blanca Normal	28	187	127	3350	2580
[illegible]	M-H4/SW-LG	BT-25	Blanca de Alta Emisión	28	187	127	4000	2840
175 Watts								
[illegible]-22 KB	A-H22-LG	BT-28	Clara	51	211	127	7800	6700
[illegible]-22 KC/C	B-H22-LG	BT-28	Blanca Normal	51	211	127	7500	6350
[illegible]-22 KC/W	B-H22/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	51	211	127	8050	6500
[illegible] Watts								
[illegible] KB	C-H5-LG	BT-28	Clara	54	211	127	12000	10300
[illegible]-5 KC/C	D-H5-LG	BT-28	Blanca Normal	54	211	127	11500	9650
[illegible] KC/W	D-H5/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	54	211	127	13000	10300
[illegible] KC/X	D-H5/X-LG	BT-28	Blanca de Lujo	54	211	127	8600	6350
[illegible] Watts [2]								
[illegible]-1-CD	E-H1-LG	BT-37	Clara	70	292	177	21500	16300
[illegible]-1-CL/C	J-H1-LG	BT-37	Blanca Normal	70	292	177	2100	15200
[illegible]-1-CL/W	J-H1/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	70	292	177	24000	19700
[illegible]-1-CL/X	J-H1/X-LG	BT-37	Blanca de Lujo	70	292	177	16000	12700
[illegible]-1-CL/Y	J-H1/Y-LG	BT-37	Amarilla	70	292	177	11600	9550
H33-1-FY	K-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Ancho	—	324	—	18500	16400
H33-1-HC	L-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Medio	—	324	—	17600	15200
H33-1-DN/C	P-H1-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	70	324	217	21000	19000
H33-1-DN/W	P-H1/SW-LG	R-57	Blanca de Alta EmisiónSemi Reflectora	70	324	217	24000	20100
H33-1-DN/X	P-H1/X-LG	R-57	Blanca de Lujo Semi Reflect.	70	324	217	15000	13000
H33-1-LN	———	R-60	Blanca Normal Haz Abierto	—	276	—	17200	16000
H33-1-FS/C	———	R-60	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	276	—	15000	13[illegible]
H33-1-FS/X	———	R-60	Blanca de Lujo Alta Emisión	—	276	—	11000	[illegible]
175 Watts								
H40-17 NA	A-H17-LG	BT-37	Clara	89	292	177	21500	19000
H40-17 CL/C	B-H17-LG	BT-37	Blanca Normal	89	292	177	21000	18200
H40-17 CL/W	B-H17/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	89	292	177	24000	19700
H40-17 DN/C	C-H17-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	89	324	217	21000	19000
H40-17 DN/W	C-H17/SW-LG	R-57	Blanca de Alta EmisiónSemi Reflectora	89	324	217	24000	20100
[illegible] Watts 6.6 Amperes								
H41-24 CD	A-H24-LG	BT-37	Clara	65	292	177	20000	15000
H41-24 CL/C	B-H24-LG	BT-37	Blanca Normal	65	292	177	18500	14100
H41-24 CL/W	B-H24/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	65	292	177	22000	16000
400 Watts								
H35-18 NA	A-H18-LG	BT-46	Clara	127	368	241	37000	31600
H35-18 ND/C	B-H18-LG	BT-46	Blanca Normal	127	368	241	36000	30500
H35-18 ND/W	B-H18/SW-LG	BT-46	Blanca de Alta Emisión	127	368	241	41000	33700
1000 Watts								
H34-12 GV	A-H12-LG	BT-56	Clara	127	390	241	55000	44500
H34-12 GW/C	C-H12-LG	BT-56	Blanca Normal	127	390	241	57000	41[illegible]
H34-12 GW/W	C-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	127	390	241	60000	41[illegible]
H34-12 GW/X	C-H12/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	127	390	241	40000	35[illegible]
H34-12 KY/C	D-H12-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	127	390	241	53500	42[illegible]
H34-12 KY/W	D-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión SemiReflectora	127	390	241	57000	43[illegible]
H36-15 GV	A-H15-LG	BT-56	Clara	152	390	241	57000	46000
H36-15 GW/C	B-H15-LG	BT-56	Blanca Normal	152	390	241	54000	43000
H36-15 GW/W	B-H15/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	152	390	241	62000	47100
H36-15 GW/X	B-H15/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	152	390	241	42000	32100
H36-15 KY/C	D-H15-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	152	390	241	55000	43700
H36-15 KY/W	D-H15/SW-LG	BT-56	Blanca Normal Emisión SemiReflectora	152	390	241	59000	46000
H36-15 FB	———	R-80	Blanca Normal Haz Abierto	—	352	—	45500	34
H36-15 FA/C	———	R-80	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	352	—	40000	30[illegible]
300 Watts								
H9 A-1	A-H9	T-9 1/2	Clara (De un sólo bulbo)	1220	1398	—	10200	106000

1) Promedio a lo largo de 18.000 horas de operación. La vida económicamente rentable de las lámparas LIFEGUARD es de 12,000 a 10,000 horas, y la de lámparas normales y las de vidrio duro de 7,000 horas.

2) Las lámparas de 400 w. tipo H25 no se fabrican en la actualidad. En los lugares en que las dimensiones físicas lo permitan, cualquiera de los otros tipos de lámparas de 400 w. puede sustituirlas.

so el valor es: "A". El coeficiente de utilización, de -- acuerdo con la tabla correspondiente, para un local de — 80% de reflectancia del techo y de 50% de las paredes es 0.67 metros.

iv.- De la misma tabla de coeficiente de utilización, obtenemos un factor de mantenimiento de 0.70 metros.

v.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión co- — rrespondiente para el cálculo del número de luminarias - y de acuerdo con las características de una lámpara fluorescente de 40 watts, la que tiene 29000 lúmenes, obtenemos:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

vi.- Con relación a las dimensiones de la oficina, una distribución de 8 filas de 13 luminarias cada una proporciona una iluminación satisfactoria, con una separación dentro del máximo recomendado.

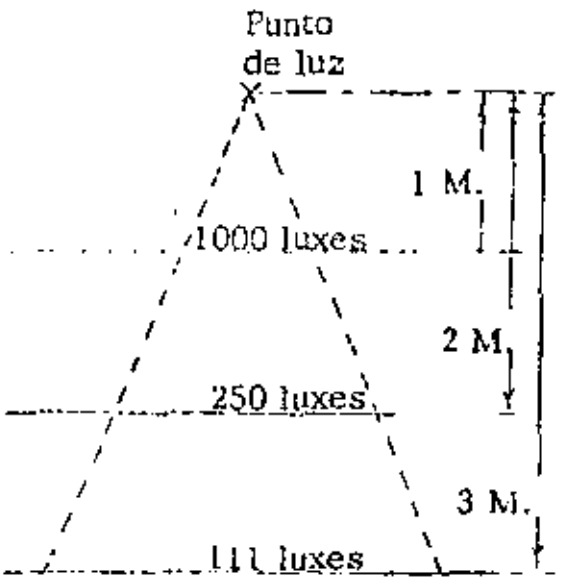
Método de punto por punto.

Este método se basa en la cantidad real de luz que se ha producido en cada punto del área iluminada. Esto requiere un conocimiento de la forma según la cual la luz se distribuye desde las diversas fuentes de iluminación que se tienen para tal efecto. Se tienen las siguientes relaciones fundamentales:

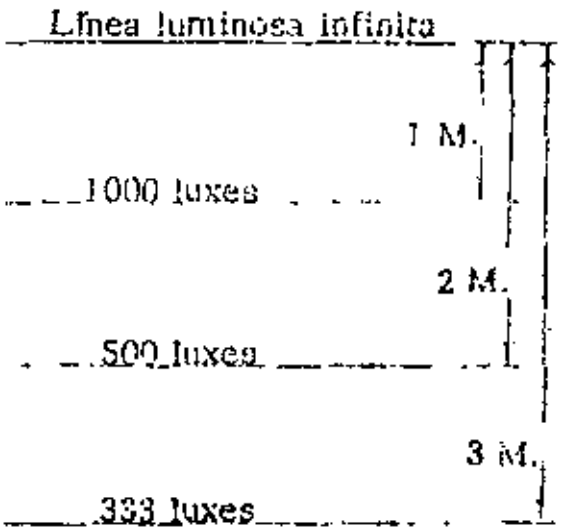
i.- Fuentes puntiformes.- La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Una lampara incandecente sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.

ii.- Fuentes lineales de longitud infinita.- La iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Una fila de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia se aproximan a una fuente lineal.

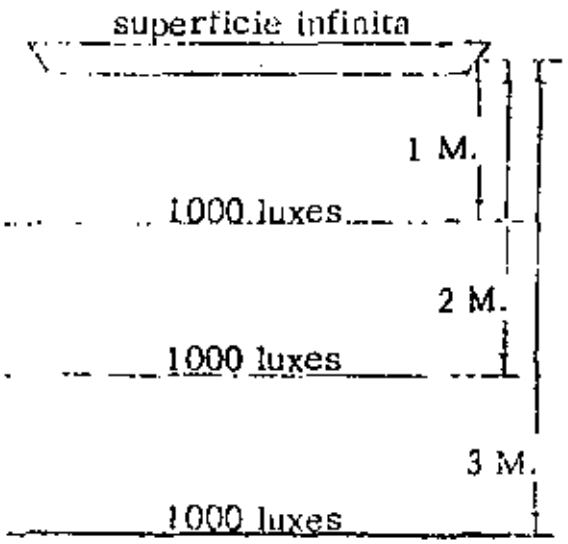
iii. Fuente superficial de área infinita.- La iluminación no cambia con la distancia. Un grupo panel luminoso, o un techo iluminado por medios totalmente indirectos se aproxima a esta condición, y dentro de ciertos límil



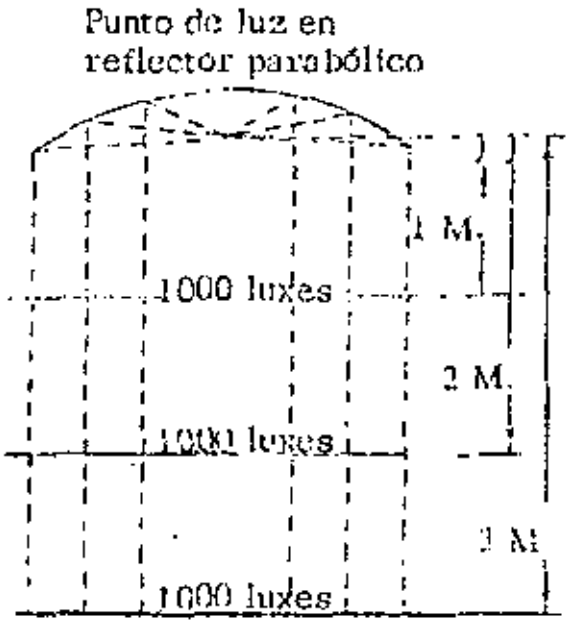
i. - Fuentes puntiformes



ii. - Fuentes lineales de longitud infinita.



iii - Fuente superficial de área infinita.



iv - Haz paralelo de luz.

tes, la iluminación no cambiará mucho con la distancia.

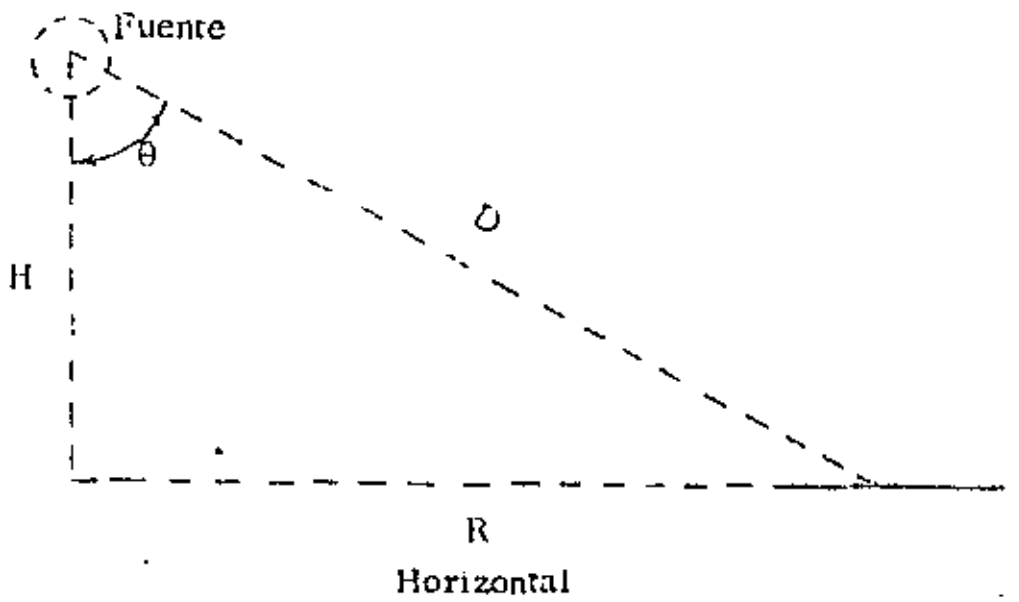
iv.- Haz paralelo de luz.- La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas, nunca se alcanzará un haz paralelo completo.- La ley de la inversa de los cuadrados se puede usar para calcular la iluminación de proyectores, focos concentradores y otras luminarias productoras de haces, más allá de una cierta distancia mínima, determinada por el diámetro y la distancia focal del reflector, y el tamaño de la fuente de luz.

Teóricamente, la ley de la inversa de los cuadrados está basada en una fuente de luz puntiforme que radia uniformemente en todas las direcciones. Así, donde la fuente de luz es grande y extensa, sea una línea de luz o un área de gran superficie, no podrá generalmente usarse el método de punto por punto para calcular la iluminación para distancias normales de trabajo. Se

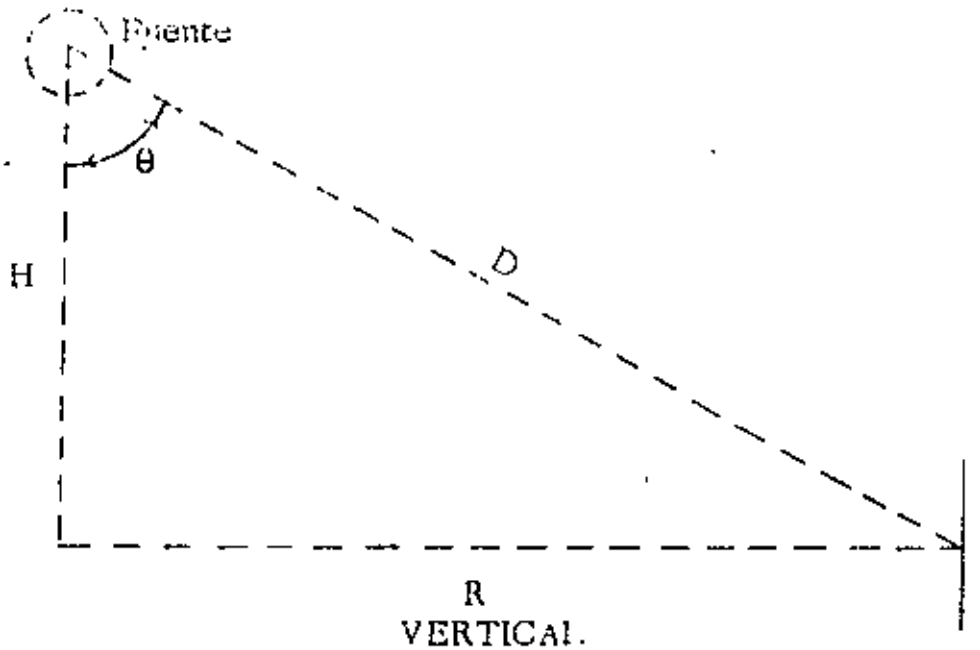
podría usar en todo caso para cualquier fuente de luz, a condición de que la distancia entre la fuente y la superficie iluminada sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente. Con fuentes difusoras de luz, se acepta generalmente como distancia mínima, para poder calcular con exactitud razonable la iluminación, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.

En los casos en que se den estas condiciones, y en los que haya curva de distribución luminosa de la fuente, se puede determinar la iluminación sobre la superficie horizontal o vertical, mediante el empleo de las fórmulas siguientes:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \qquad \text{(superficie horizontal)}$$



$$E = \frac{I \times \text{sen}\ \theta}{D^2}$$ (superficie vertical)



donde:

E= Nivel de iluminación en luxes

I= Intensidad luminosa en candelas

D= Distancia de la fuente luminosa al lugar iluminado, en metros.

Y como:

$$\text{seno}\ \theta = \frac{R}{D} \quad \text{y,} \quad \text{coseno}\ \theta = \frac{H}{D}$$

Las fórmulas pueden escribirse de la forma siguiente:

En el plano horizontal:

$$E = \frac{I \times H}{D^3} = \frac{I \times \cos^3 \theta}{H^2}$$

En el plano vertical:

$$E = \frac{I \times R}{D^3} = \frac{I \times \cos^2 \theta \times \operatorname{sen} \theta}{H^2}$$

Para facilitar el cálculo de los niveles de iluminación en el plano horizontal, se tienen las tablas que se anexan las que se usarán - siguiendo los tres puntos siguientes:

i.- Determinar el ángulo en grados de la figura anterior - por medio de la tabla.

ii.- De la curva de distribución luminosa de la fuente de - luz, determinar la intensidad luminosa de la fuente, en la dirección correspondiente al punto de que se trata.

iii.- Multiplicar la intensidad luminosa (candelas) hallada — en el punto 2 por el factor de multiplicación que es la cifra inferior de cada casilla de la tabla, y luego dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 o --- 100000 candelas) sobre el que se base la parte de la

TABLA DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO"

Números superiores: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.

Números inferiores: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

Altura de la fuente luminosa sobre la superficie en metros	DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m)													
	0	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,45	2,75	3,05	3,35	3,65	3,95
	LUX POR CADA 100 CANDELAS													
0,60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,45	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,65	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Altura de la fuente luminosa sobre la superficie en metros														
6,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9,15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
13,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
15,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
21,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	LUX POR CADA 100.000 CANDELAS													
24,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
30,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
38,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
45,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
53,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
60,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

El nivel luminoso sobre las superficies verticales—en puntos fuera del plano vertical que comprende la fuente luminosa—puede ser determinado usando el factor de multiplicación encontrado al utilizar la tabla al revés: la altura de la fuente luminosa se leerá sobre la escala de distancias horizontales, etc.

tabla que se ha utilizado.

El resultado así obtenido es la iluminación en luxes en ese punto.

Estas tablas también pueden utilizarse para calcular niveles de iluminación sobre superficies verticales en puntos de un plano que sea normal al plano vertical que incluye a la fuente de luz y al punto. Cuando el punto está sobre una superficie vertical que no es normal al plano vertical que contiene la fuente y al punto, se debe considerar el ángulo adicional.

Ejemplo:

Un punto se encuentra 10 pies abajo y 20 pies a la derecha de una fuente luminosa cuya potencia uniforme distribuída es de 1000 candelas. Determínese la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

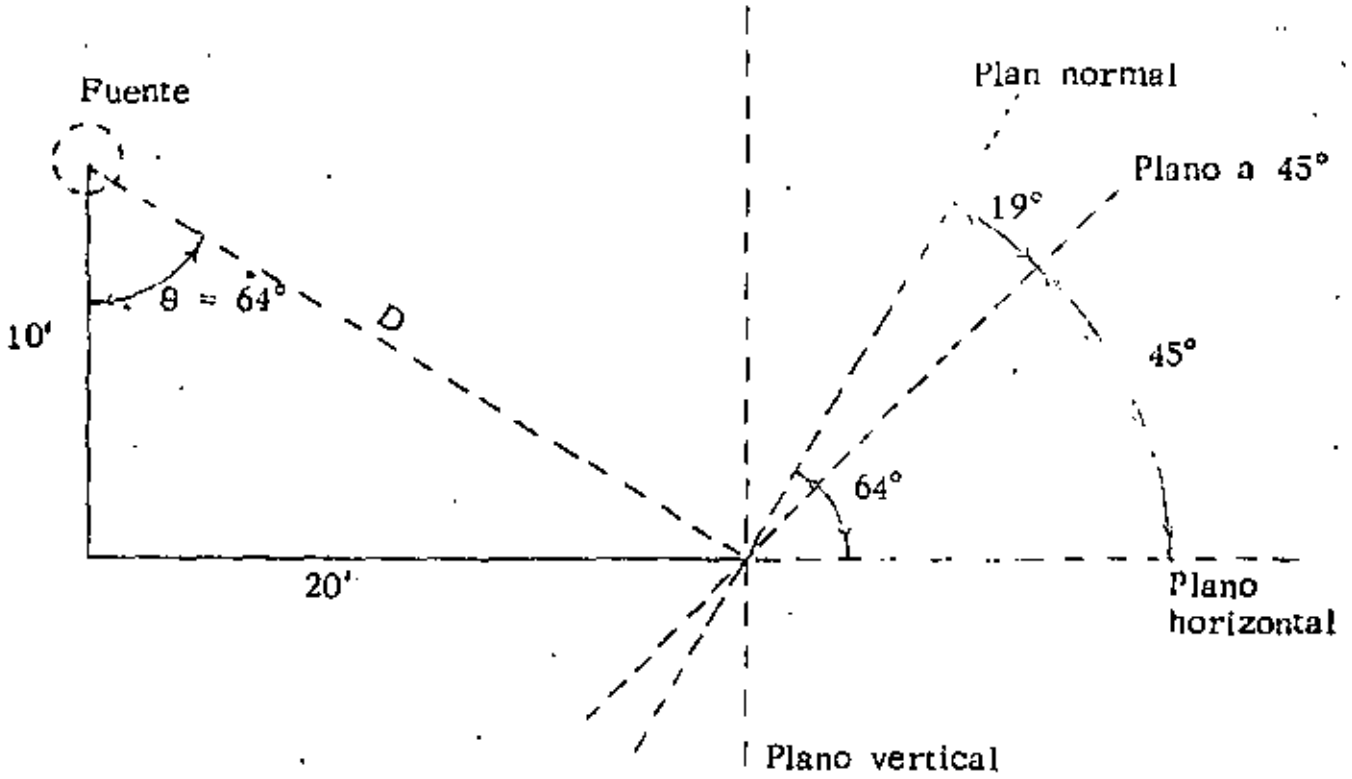
Plano normal.

Plano horizontal;

Plano vertical;

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.

#



Cálculos:

$$\text{Tan } \theta = 20/10 = 2.0$$

$$\theta = 64°$$

$$E_n = I\theta/d^2 = 1000/500^* = 2 \text{ bujías-pie.}$$

$$E_n = E_n \cos \theta = (2)\ (\cos 64°) = (2)\ (.44) = 0.88 \text{ bujías - pie.}$$

$$E_v = E_n \text{ sen } \theta = (2)\ (\text{sen } 64°) = (2)\ (.90) = 1.8 \text{ bujías - pies.}$$

$$E_{45°} = E_n \text{ coc } 19° = (2)\ (.95) = 1.9 \text{ bujías - pie.}$$

$$^* d^2 = a^2 + b^2 + (20)^2 = 100 + 400 = 500$$

Cargas de alumbrado arquitectónica.

El fin primordial de éstas cargas es proporcionar los efectos de contraste entre luz y sombra para hacer resaltar las características particulares de una construcción, aunque en algunas ocasiones puede tener también fines utilitarios.

Estas cargas podemos clasificarlas en la forma siguiente:

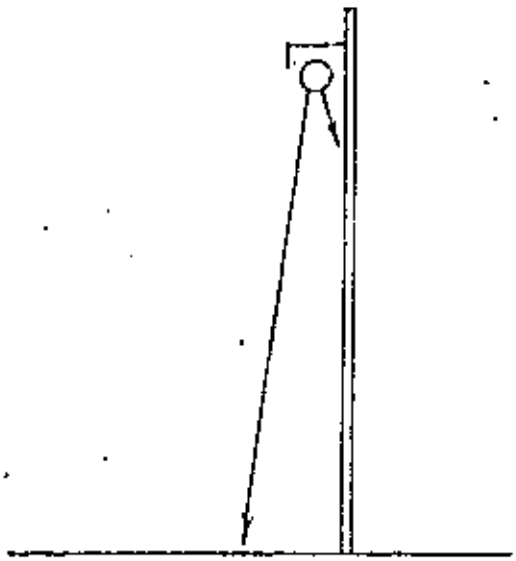
- Con proyectores.
- Rasante.

La carga con proyectores presenta un ángulo de incidencia grande, además de una iluminación uniforme. El problema que se tiene con esta carga es el de su posición con el fin de poderla dejar oculta.

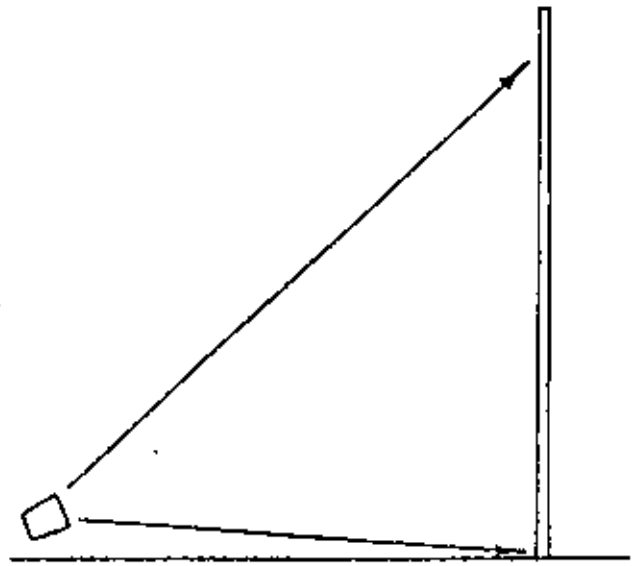
La carga rasante proporciona un ángulo de incidencia pequeño con una iluminación concentrada. Su problema al igual que la anterior es el ocultar la fuente de iluminación.

2.- Cargas de aparatos.- Criterio para determinar cargas.

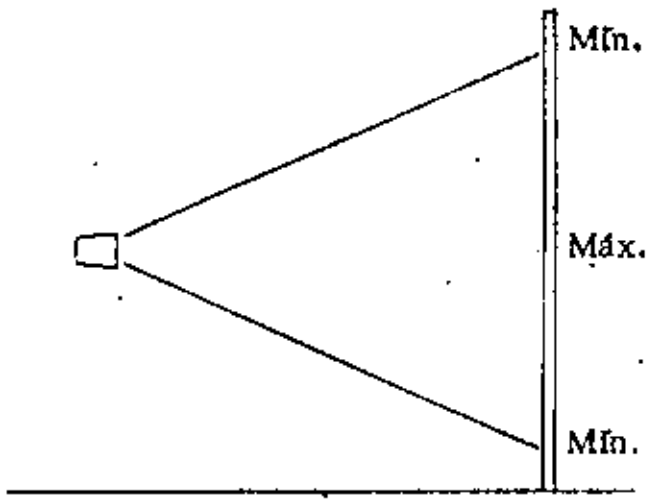
#

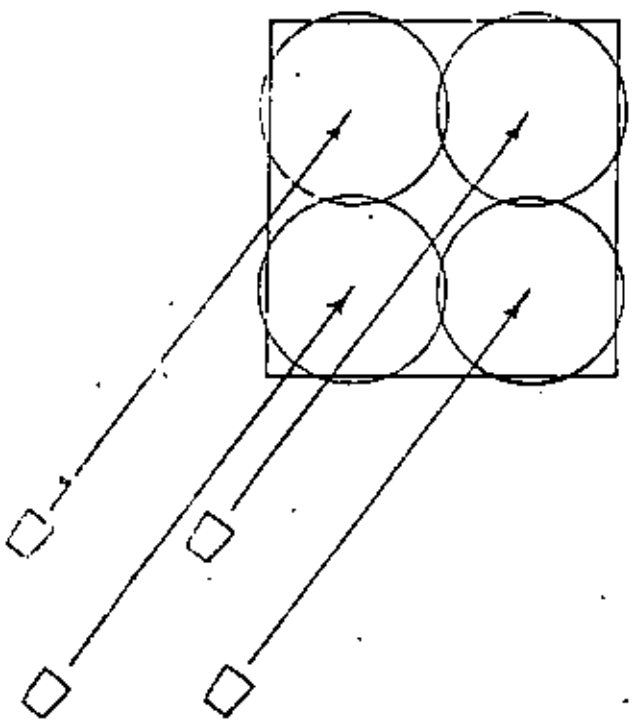


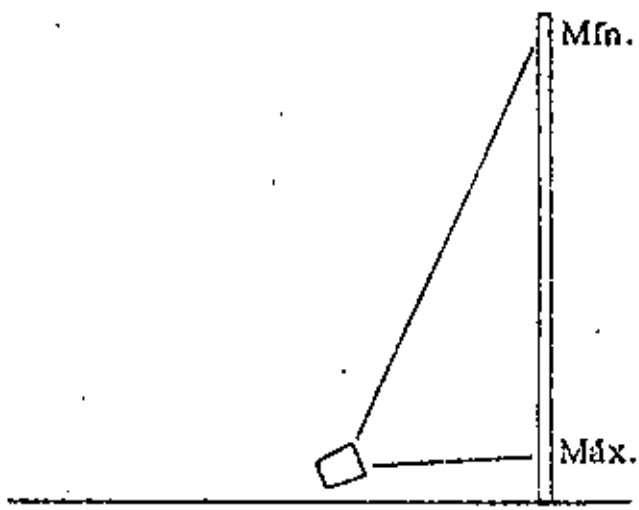
RASANTE



PROYECTOR







Las cargas de aparatos pueden ser:

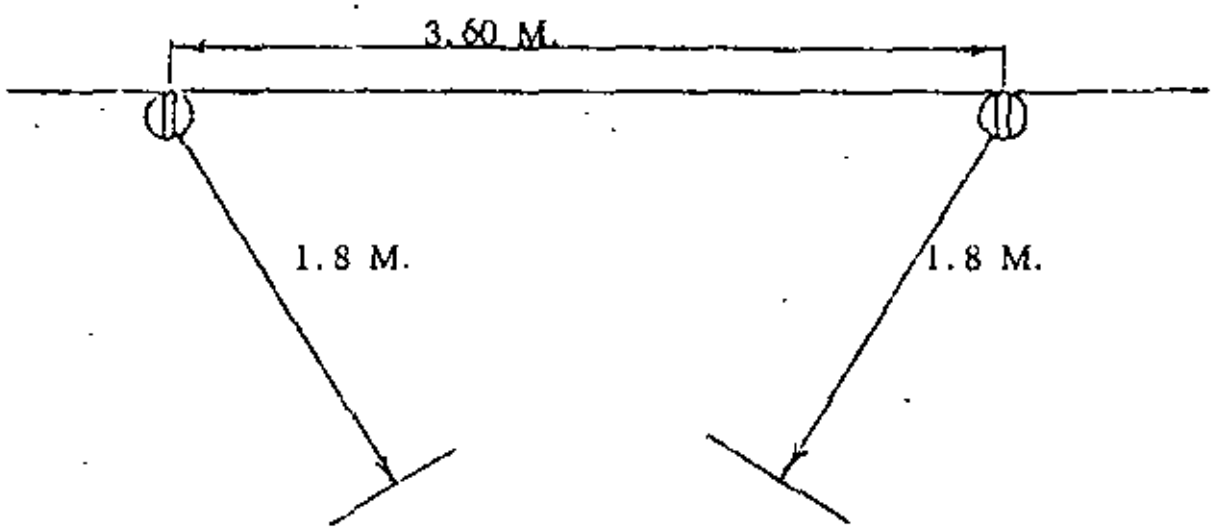
- Definidas
- Indefinidas

Carga definida.- Las cargas definidas son por ejemplo: calefactores, acondicionadores de aire, aparatos domésticos, equipos telefónicos, equipos de sonido, alarmas, rayos x, etc.

Por lo que corresponde a estas cargas, es importante conocer su capacidad y su localización exacta al desarrollarse el proyecto. - Estas pueden ser fijas o móviles, en el caso de ser fijas se deberá tener un medio de desconexión. Si son móviles deberá instalarse contacto especial para su alimentación.

Las cargas de aparatos domésticos son las siguientes:

	WATTS TIPICOS	VOLTAJE USUAL
PLANCHADORA	1600	127
LAVADORA ROPA	1200	127
SECADORA	5000	127-220
PLANCHA	1000	127



$S < 40\ M^2$: 1 contacto / 3 M.

$S > 40\ M^2$: 8 contactos + 3 contactos cada 40 M^2

	WATTS TIPICOS	VOLTAJE USUAL
CALENTADOR DE AGUA	3000	127-220
CALEFACTOR	1000-2500	127-220
TELEVISOR	300	127
ACONDICIONADOR	1200-2400	127-220
ESTUFA	12000	127-220
HORNO	4500	127-220
PARRILLA	3000-6000	127-220
LAVADORA PLATOS	1200	127
TRITURADOR	300	127
ASADOR	1500	127
CAFETERA	1000	127
REFRIGERADOR	300	127
CONGELADOR	400	127

Carga indefinida.- Esta provee el uso de aparatos pequeños o de alumbrado suplementario en una zona determinada. Su uso implica utilizar elementos de conexión, conocidos con el nombre de contactos.

Para su localización no existe una regla fija, pudiéndose situar donde sea posible el uso de un aparato. Debe considerarse el al

cance máximo normal de los conductores de los aparatos por conectarse los que por lo general tienen aproximadamente 1.80 metros, por lo tanto el espaciamiento máximo puede ser de 3.60 metros. De acuerdo a donde se vayan a instalar estos contactos se tienen las siguientes recomendaciones:

Residencias.- Los contactos por habitación, deberán tener un espaciamiento máximo de 3.60 metros.

Oficinas.- Para una superficie normal de 40 metros cuadrados un contacto cada 3 metros de muro. Para una superficie mayor, 8 contactos por los primeros 40 metros cuadrados con tres más por cada 40 metros cuadrados adicionales.

Escuelas.- Un contacto por cada muro.

Locales comerciales.- Un contacto por cada 40 metros cuadrados.

3.- Cargas de fuerza.- Parámetros necesarios para su determinación.

Las cargas de fuerza son las que corresponden a los motores eléctricos. Están definidas por las características de placa de este dispositivo.

#

La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación

El circuito básico de las mismas contempla los siguientes elementos indispensables para su operación.

- Medio de control y protección
- Medio de desconexión

Tanto los medios de control y protección como los de desconexión deberán estar visibles desde el motor, con objeto de tener una mayor seguridad. Al considerarse la carga de un motor se deberá tener presente que durante el arranque ésta aumenta de 5 a 7 veces.

Finalmente de acuerdo con la reglamentación existente en México, para motores mayores de 10 C.P. es necesario utilizar arrancadores con voltaje reducido.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CONDUCTORES: CONDICIONES DE DISEÑO

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

OCTUBRE, 1979.

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

QUINTA SESION

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

CONDUCTORES ELECTRICOS:

Condiciones de diseño

- Características de un conductor
- Capacidad permisible
- Cálculo de la Caída de potencial
- Aislamientos
- Resistencia mecánica

Características de un conductor eléctrico

Los conductores eléctricos se clasifican en:

a) desnudos
b) aislados para bajo voltaje (hasta 1000 volts)
c) aislados para alto voltaje (arriba de 2500 volts)

El material del elemento conductor es generalmente cobre o aluminio y se construye en forma de alambre o cable.

Cuando los conductores desnudos se utilizan en líneas aéreas, pueden llevar alma de acero para aumentar su resistencia a la tensión.

Los materiales aislantes utilizados son generalmente compuestos termoplásticos, termofijos, elastoméricos o poliméricos.

Construcción

El aislamiento de los conductores para bajo voltaje se construye directamente extruído sobre el elemento conductor y generalmente no lleva ninguna protección exterior.

La construcción de los conductores para alto voltaje es más compleja, y generalmente consta de varias capas, listadas de afuera hacia adentro:

chaqueta exterior
pantalla de cinta de cobre
cinta semiconductora
aislamiento
capa conductora
conductor

Capacidad permisible

La capacidad de corriente de un conductor es el valor de la --

corriente eléctrica, en amperes, que puede conducir sin exceder una temperatura de operación prefijada. El aumento de temperatura está regulado por la pérdida eléctrica (RI^2) en la resistencia del conductor, la cual se incrementa al aumentar la temperatura y por la capacidad de disipación de calor de las capas aislantes y del medio ambiente en que está instalado el conductor.

Especificaciones para Cable de Cobre Duro, Semi–Duro y Suave.

Calibre MCM AWG	Torcido Clase	No. de Hilos	Area mm²	Peso Aprox. Kg/Km	Diámetro Exterior Aprox. mm	Amps.	DURO		SEMI-DURO		SUAVE	
							Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos	Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos	Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos
1000	B–A	61	506	4595	29.31	1300	0.0361	21788	0.0359	15808	0.0347	13256
1000	AA	37	506	4595	30.05	1300	0.0361	19880	0.0359	15600	0.0347	13180
900	B–A	61	456	4135	27.81	1220	0.0401	19731	0.0399	14376	0.0385	12630
900	AA	37	456	4135	28.02	1220	0.0401	19226	0.0399	14183	0.0385	11856
800	B–A	61	405	3676	26.22	1130	0.0451	17605	0.0449	12812	0.0434	10866
800	AA	37	405	3676	26.82	1130	0.0451	15930	0.0449	12569	0.0434	10546
750	B–A	61	380	3448	25.30	1090	0.0481	15693	0.0479	12021	0.0463	9942
750	AA	37	380	3448	25.32	1090	0.0481	15150	0.0479	11802	0.0463	9879
700	B–A	61	354.2	3216	24.52	1040	0.0516	14745	0.0513	11278	0.0496	9333
700	AA	37	354.2	3216	24.48	1040	0.0516	14139	0.0513	11072	0.0496	9226
650	B–A	61	329.1	2988	23.63	990	0.0555	13700	0.0552	10511	0.0534	8690
650	AA	37	329.1	2988	23.60	990	0.0555	13213	0.0552	10283	0.0534	8569
600	B	61	304.0	2757	22.73	940	0.0602	12447	0.0598	10788	0.0578	8080
600	A–AA	37	304.0	2757	22.63	940	0.0602	12256	0.0598	9553	0.0578	7911
550	B	61	278.6	2528	21.67	895	0.0656	11701	0.0653	9065	0.0631	7234
550	A–AA	37	278.6	2528	20.65	895	0.0656	11204	0.0653	8759	0.0631	7049
500	B–A	37	253.2	2298	20.70	840	0.0721	10211	0.0178	7961	0.0694	6591
500	AA	19	253.2	2298	20.60	840	0.0721	9957	0.0178	7856	0.0694	6561
450	B–A	37	228.0	2068	19.61	780	0.0802	9276	0.0798	7212	0.0771	5933
450	AA	19	228.0	2068	19.59	780	0.0802	8959	0.0798	7022	0.0771	5933
400		37	202.8	1838	18.49	730	0.0902	8310		6414	0.0868	5271
400	A–AA	19	202.8	1838	18.44	730	0.0902	8079	0.0898	6328	0.0868	5271
350	B	37	177.2	1609	17.30	670	0.103	7285	0.103	5647	0.0991	479[illegible]
350	A	19	177.2	1609	17.22	670	0.103	7072	0.103	5334	0.0991	4[illegible]
350	AA	12	177.2	1609	18.03	670	0.103	6868	0.103	5461	0.0991	4[illegible]3
300	B	37	152.0	1379	16.00	610	0.120	6291	0.120	4872	0.116	4115
300	A	19	152.0	1379	15.96	610	0.120	6128	0.120	4776	0.116	3954
300	AA	12	152.0	1379	16.69	610	0.120	5974	0.120	4713	0.116	3954
250	B	37	126.6	1149	14.60	540	0.144	5244	0.144	4061	0.139	3479
250	A	19	126.6	1149	14.58	540	0.144	5153	0.144	4008	0.139	3295
250	AA	12	126.6	1149	15.24	540	0.144	5049	0.144	3954	0.139	3295
4/0	B	19	107.2	972.2	13.41	480	0.170	4362	0.170	3392	0.164	2990
4/0	A–AA	7	107.2	972.2	13.26	480	0.170	4152	0.170	3297	0.164	2759
3/0	B	19	85.0	771.3	11.94	420	0.214	3492	0.214	2768	0.207	2301
3/0	A–AA	7	85.0	771.3	11.78	420	0.214	3341	0.214	2626	0.207	2212
2/0	B	19	67.43	611.4	10.64	360	0.270	2791	0.270	2134	0.261	1825
2/0	A–AA	7	67.43	611.4	10.50	360	0.270	2688	0.270	2105	0.261	1755
1/0	B	19	53.48	484.9	9.45	310	0.340	2222	0.340	1725	0.329	1447
1/0	A–AA	7	53.48	484.9	9.35	310	0.340	2155	0.340	1690	0.329	1391
1	B	19	42.41	383.0	8.66	270	0.429	1768	0.429	1378	0.415	1148
1	A	7	42.41	383.0	8.56	270	0.429	1725	0.429	1342	0.415	1148
1	AA	3	42.41	383.0	9.14	270	0.424	1642	0.424	1308	0.414	1148
2	B–A	7	33.62	304.0	7.42	230	0.539	1381	0.539	1071	0.520	910
2	AA	3	33.62	304.0	8.13	240	0.539	1321	0.539	1043	0.520	875
3	B–A	7	26.67	240.7	6.60	200	0.682	1104	0.682	855	0.657	722
3	AA	3	26.67	240.7	7.26	200	0.682	1070	0.682	832	0.657	722
4	B–A	7	21.15	190.8	5.89	180	0.856	879	0.856	663	0.825	572
4	AA	3	21.15	190.8	6.45	180	0.856	852	0.856	663	0.425	550
5	B	7	16.76	152.1	5.23	150	1.850	681	1.85	531	1.25	454
6	B	7	13.30	119.9	4.67	130	1.310	550	1.31	4[illegible]	1.32	360
7	B	7	10.55	95.68	4.16	117	1.730	443	1.73	347	1.67	286
8	B	7	8.37	75.68	3.71	92	2.180	353	2.18	277	2.10	226
9	B	7	6.76	60.16	3.30	85	2.740	280	2.74	221	2.65	180
10	B	7	5.26	47.73	2.95	65	3.460	223	3.46	178	3.34	142

* Las capacidades de los cables están calculadas para 75°C en el conductor, 25°C Temperatura Ambiente, 0.5 factor de emisión (cobre opacol), y un viento de 0.6 mts./seg. en dirección perpendicular al eje del cable.

Características Eléctricas

Alambre y Cable Desnudos de Cobre Duro 97.5% Conductividad IACS Unidades Métricas

Calibre Conductor	Número de Hilos	Resistencia Ohmica por Conductor por Kilómetro *				Radio Geométrico Medio	Reactancia pc. Conductor por Km. 60 cps 305 mm. de separación §
		Corriente Continua		Corriente Alterna 60 cps			
		20ºC	50ºC	20ºC	50ºC		Inductiva X_1
AWG o MCM		ohms	ohms	ohms	ohms	m m.	ohms
Sólido							
10	1	3.361	3.7424	3.361	3.7424	1.0089	0.4306
8	1	2.114	2.3612	2.114	2.3612	1.2710	0.4132
6	1	1.330	1.4851	1.330	1.4851	1.6032	0.3967
4	1	0.8363	0.9339	0.8363	0.9339	2.0208	0.3782
3	1	0.6629	0.7407	0.6629	0.7407	2.2708	0.3694
2	1	0.5259	0.5872	0.5261	0.5884	2.5481	0.3610
1	1	0.4169	0.4642	0.4171	0.4645	2.8621	0.3520
1/0	1	0.3307	0.3682	0.3310	0.3686	3.2128	0.3433
2/0	1	0.2634	0.2923	0.2639	0.2929	3.6088	0.3345
3/0	1	0.2080	0.2316	0.2088	0.2326	4.0508	0.3258
4/0	1	0.1649	0.1838	0.1658	0.1847	4.5507	0.3170
Cableado							
4	7	0.8524	0.9492	0.8524	0.9492	2.1397	0.3739
4	3	0.8444	0.9432	0.8444	0.9432	2.1885	0.3722
3	7	0.6760	0.7566	0.6768	0.7562	2.3987	0.3654
3	3	0.6698	0.7481	0.6698	0.7481	2.4628	0.3633
2	7	0.5362	0.5990	0.5362	0.5998	2.6914	0.3566
2	3	0.5310	0.5934	0.5312	0.5947	2.7554	0.3548
1	7	0.4253	0.4753	0.4255	0.4760	3.0236	0.3479
1	3	0.4211	0.4704	0.4214	0.4705	3.1090	0.3457
1/0	19	0.3374	0.3761	0.3377	0.3765	3.5662	0.3364
1/0	12	0.3374	0.3761	0.3377	0.3765	3.7705	0.3310
1/0	7	0.3374	0.3766	0.3377	0.3765	3.3833	0.3293
2/0	12	0.2674	0.2981	0.2678	0.2986	4.2367	0.3224
2/0	7	0.2674	0.2981	0.2678	0.2986	3.8100	0.3304
3/0	12	0.2121	0.2367	0.2127	0.2374	4.7549	0.3137
3/0	7	0.2121	0.2367	0.2127	0.2374	4.2672	0.3219
4/0	19	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	5.0902	0.3084
4/0	12	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	5.3340	0.3050
4/0	7	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	4.8158	0.3127
250	19	0.1423	0.1591	0.1432	0.1597	5.5169	0.3025
250	12	0.1423	0.1591	0.1432	0.1597	5.7912	0.2988
300	19	0.1187	0.1324	0.1196	0.1336	6.0350	0.2957
300	12	0.1187	0.1324	0.1196	0.1336	6.3398	0.2920
350	19	0.1017	0.1136	0.1026	0.1146	6.5227	0.2899
350	12	0.1017	0.1136	0.1026	0.1146	6.8580	0.2861
400	19	0.08897	0.09942	0.09028	0.1006	6.9799	0.2848
450	37	0.07909	0.08817	0.08058	0.08985	7.5286	0.2791
450	19	0.07909	0.08817	0.08058	0.08985	7.4066	0.2803
500	37	0.07120	0.07954	0.07282	0.08096	7.9248	0.2752
500	19	0.07120	0.07954	0.07282	0.08096	7.8029	0.2763
550	37	0.06474	0.07214	0.06648	0.07413	8.3210	0.2715
600	37	0.05932	0.06624	0.06126	0.06804	8.6868	0.2683
650	37	0.05476	0.06104	0.05686	0.06333	9.0520	0.2651
700	61	0.05085	0.05668	0.05310	0.05919	9.4488	0.2619
700	37	0.05085	0.05668	0.05310	0.05919	9.3878	0.2624
750	61	0.04746	0.05290	0.04985	0.05558	9.7841	0.2593
750	37	0.04746	0.05290	0.04985	0.05558	9.7231	0.2597
800	61	0.04449	0.04960	0.04703	0.05201	10.0194	0.2568
800	37	0.04449	0.04960	0.04703	0.05201	10.0279	0.2574
850	37	0.04188	0.04668	0.04466	0.04967	10.3637	0.2550
900	61	0.03955	0.04408	0.04237	0.04724	10.7290	0.2573
900	37	0.03955	0.04408	0.04237	0.04724	10.8375	0.2530
1000	61	0.03559	0.03968	0.03869	0.04313	11.3031	0.2484
1000	37	0.03595	0.03968	0.03869	0.04313	11.2186	0.2490
1250	61	0.02928	0.03263	0.03126	0.03486	12.6187	0.2401
1500	61	0.02439	0.02718	0.02796	0.03106	13.8379	0.2332
1750	91	0.02091	0.02331	0.02478	0.02762	14.9662	0.2271
2000	91	0.01830	0.02039	0.02256	0.02515	16.0325	0.2220

* Los valores de resistencia son para dimensiones nominales, conductividad 97.5% IACS incrementados en un 2% por cableado, excepto en los cables de 3 hilos en los cuales el incremento es de 1%.

Estos datos son aproximados y estan sujetos a tolerancias normales de manufactura.

§ La reactancia inductiva fue calculada para una distancia equivalente a 305 milímetros.

Tabla 1

CABLES DE ALUMINIO (AAC)

Codigo Mundial	Calibre AWG — CM	Calibre mm²	Calibre Equiv en Cobre	Cableado Numero de Alambres x Diametro	Diametro Total mm.	Tension de Ruptura Kg	Resistencia a 25° C 60 Ohms/Km	Peso Kg/Km	Amperes *
Peachbell	6	13.287	8	7 x 1.554	4.673	252	2.2211	36.4	100
Rose	4	21.156	6	7 x 1.960	5.892	397	1.3949	58.0	140
Iris	2	33.604	4	7 x 2.473	7.416	606	0.87823	92.2	180
Pansy	1	42.376	3	7 x 2.776	8.331	737	0.69653	116.2	200
Poppy	1/0	53.470	2	7 x 3.119	9.347	894	0.55193	146.6	230
Aster	2/0	67.402	1	7 x 3.502	10.515	1125	0.43786	184.8	270
Phlox	3/0	85.011	1/0	7 x 3.931	11.785	1363	0.34716	233.1	300
Oxlip	4/0	107.199	2/0	7 x 4.417	13.258	1719	0.27532	293.9	340
Sneezewort	250,000	126.678	157.200	7 x 4.800	14.401	2032	0.23298	347.3	450
Valerian	250,000	126.678	157.200	19 x 2.913	14.579	2045	0.23298	347.3	450
Daisy	266.800	135.127	3/0	7 x 4.960	14.884	2165	0.21841	370.5	460
Laurel	266,800	135.127	3/0	19 x 3.009	15.062	2177	0.21841	370.5	460
Peony	300,000	151.962	188.700	19 x 3.192	15.976	2404	0.19420	416.7	490
Tulip	336,000	170.409	4/0	19 x 3.380	16.916	2694	0.17319	467.1	530
Daffodil	350,000	177.310	220.000	19 x 3.446	17.246	2803	0.16644	486.3	545
Canna	397,500	201.369	250.000	19 x 3.675	18.389	3120	0.14656	551.3	590
Goldentuft	450,000	227.943	283.000	19 x 3.909	19.558	3460	0.12947	625.1	640
Cosmos	477,000	241.617	300.000	19 x 4.023	20.142	3669	0.12214	662.7	670
Syringa	477,000	241.617	300.000	37 x 2.882	20.193	3900	0.12214	667.7	670
Zinnia	500.000	253.291	314.000	19 x 4.119	20.599	3846	0.11651	694.7	690
Hyacinth	500,000	253.291	314.000	37 x 2.951	20.650	4086	0.11651	694.7	690
Dahlia	556,500	281.929	350.000	19 x 4.345	21.742	4282	0.10468	773.1	730
Mistletoe	556,500	281.929	350.000	37 x 3.114	21.793	4458	0.10468	773.1	730
Meadowsweet	600.000	303.924	377.000	37 x 3.233	22.631	4808	0.09710	833.5	750
Orchid	636,000	322.177	400.000	37 x 3.329	23.317	5098	0.09160	883.5	780
Heuchera	650.000	329.272	409.000	37 x 3.365	23.571	5211	0.08962	903.0	830
Verbena	700.000	354.621	440.000	37 x 3.493	24.460	5611	0.08322	972.5	830
Tulip	700,000	354.621	440.000	61 x 2.720	24.485	5833	0.08322	972.5	830
Violet	715,500	362.490	450.000	37 x 3.533	24.739	5733	0.08141	994	840
Nasturtium	715.500	362.490	450.000	61 x 2.750	24.765	5964	0.08141	994	840
Petunia	750.000	379.905	472.000	37 x 3.616	25.323	5892	0.07768	1047	870
Cattail	750.000	379.905	472.000	61 x 2.816	25.349	6128	0.07768	1047	870
Arbutus	795.000	402.738	500.000	37 x 3.723	26.060	6246	0.07328	1104	900
Lilac	795.000	402.738	500.000	61 x 2.900	26.111	6500	0.07328	1104	900
Cockscomb	900.000	455.950	566.000	37 x 3.962	27.736	6926	0.06472	1250	970
Snapdragon	900.000	455.950	566.000	61 x 3.086	27.787	7212	0.06472	1250	970
Magnolia	954.000	483.298	600.000	37 x 4.079	28.549	7339	0.06106	1325	1010
Goldenrod	954.000	483.298	600.000	61 x 3.177	28.600	7647	0.06106	1325	1010
Hawkweed	1'000.000	506.586	629.000	37 x 4.175	29.235	7693	0.05825	1389	1040
Camellia	1'000.000	506.586	629.000	61 x 3.251	29.260	8051	0.05825	1389	1040
Bluebell	1'033.500	523.546	650.000	37 x 4.246	29.718	7951	0.05637	1435	1060
Larkspur	1'033.500	523.546	650.000	61 x 3.307	29.768	8282	0.05637	1435	1060
Marigold	1'113.000	563.794	700.000	61 x 3.431	30.886	8917	0.05234	1546	1100
Hawthorn	1'192.500	604.107	750.000	61 x 3.550	31.953	9525	0.04885	1656	1160
Narcissus	1'272.000	644.355	800.000	61 x 3.667	33.020	9979	0.04580	1765	1200
Columbine	1'351.500	684.990	850.000	61 x 3.782	34.036	10614	0.04308	1878	1250
Carnation	1'431.000	724.980	900.000	61 x 3.891	35.026	11022	0.04070	1987	1300
Gladiolus	1'510.500	764.970	950.000	61 x 3.997	35.991	11612	0.03857	2098	1340
Coreopsis	1'590.000	805.605	1'000.000	61 x 4.107	36.931	12247	0.03663	2209	1380
Jessamine	1'750.000	886.230	1'101.000	61 x 4.302	38.735	13471	0.03330	2431	
Cowslip	2'000.000	1'012.650	1'260.000	91 x 3.764	41.402	15694	0.02914	2776	1550
Sagebrush	2'250.000	1'139.070	1'415.000	91 x 3.992	43.916	17282	0.02590	3156	1650
Lupine	2'500.000	1'265.490	1'570.000	91 x 4.208	46.304	19232	0.02332	3504	1770
Bitterroot	2'750.000	1'391.910	1'730.000	91 x 4.414	48.564	21137	0.02120	3858	1930
Trillium	3'000.000	1'515.750	1'890.000	127 x 3.903	50.698	23042	0.01947	4198	1970
Bluebonnet	3'500.000	1'773.105	2'200.000	127 x 4.216	54.813	26943	0.01664	4958	2050

* Las capacidades de los cables están calculadas para 75°C en el conductor, 30°C temperatura ambiente y un viento de 0.6 m/seg en dirección perpendicular al eje del cable.

8

Cálculo de la caída de potencial

Para circuitos trifásicos balanceados:

$$V_R = R_k \times \frac{L}{1000} \times I$$

V_R = Caída de potencial en la resistencia del conductor.

R_k = Resistencia de un conductor en ohms por kilómetro, a la temperatura de operación.

L = Longitud del circuito en metros.

I = Corriente en amperes

V = Voltaje entre líneas del sistema

En por ciento % $V_R = \frac{R_k \times L/1000 \times I}{V/\sqrt{3}} \times 100 = 0.1732 \frac{R_k \times L \times I}{V}$

Para circuitos monofásicos

$$V_R = 2 R_k \times \frac{L}{1000} \times I$$

En por ciento

$$\%V_R = \frac{2 R_k \times L/1000 \times I}{V} \times 100 = 0.2 \frac{R_k \times L \times I}{V}$$

Existen tablas y gráficas que simplifican el cálculo de la caída de potencial

Aislamientos

En conductores para bajo voltaje se utilizan generalmente aislamientos de cloruro de polivinilo (PVC), de polietileno negro PE y polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLPE)

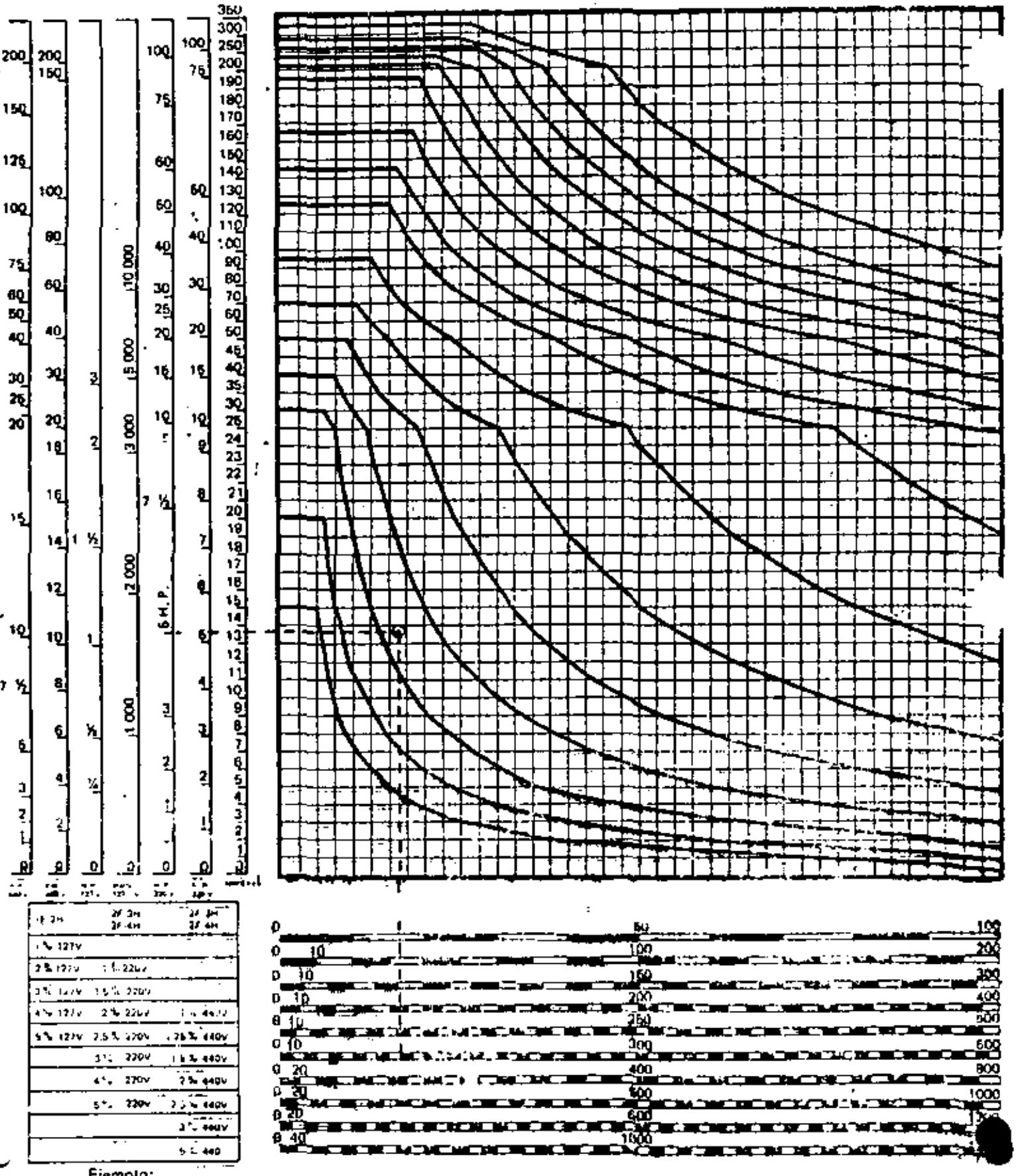
En conductores para alto voltaje se utilizan aislamientos a base de polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLPE) y a base de hule etileno-propileno (EPR).

El forro o chaqueta exterior generalmente es de PVC y en algunos casos se utiliza polietileno negro PE.

Resistencia mecánica

La carga mecánica o esfuerzo a la tensión a que son sometidos los conductores eléctricos al instalarlos (principalmente en tuberías conduit o en líneas aéreas), no debe exceder a un tercio del valor de tensión a la ruptura nominal del mismo. Estos valores se indican en las tablas de características de los conductores, anexas.

Gráfica para calcular el Calibre de Conductores por Caída de Tensión



Ejemplo:

Para el calculo del calibre de un conductor de una línea de 100 metros, que alimentará a un motor de 5 H.P. a 220 Volts, 3 Fases, con un 3 % en pérdida de voltaje; se localizará en la columna correspondiente a H.P., y 220 Volts el valor de E, y en el cuadro correspondiente a 3 Fases, 3 % y 220 Volts, se localizará la longitud de la línea de 100 metros. Se trazan las coordenadas y su punto de intersección se encontrará dentro del área que corresponde al calibre 8 AWG, que será el adecuado para estas necesidades.

Cortesía de Hubard y Bourlon Contadores, S. A.

Conductores Aislados para Baja Tensión

Definición

Se puede considerar como conductor para baja tensión a todo aquel que tenga un aislamiento que le permita operar en voltajes de 0 a 1000 volts en condiciones apropiadas de seguridad.

Clasificación

Los conductores forrados se clasifican según las propiedades del aislamiento, de acuerdo con las tablas siguientes.

Características de Conductores

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
Hule resistente al calor	RH RHH	75 90	Hule resistente al calor.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales húmedos y secos.
Hule látex, resistente al calor.	RUH	75	90% Hule no molido, sin grano.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos
Hule látex, resistente a la humedad.	RUW	60	90% Hule no molido, sin grano.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de la flama.	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad.	TW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, retardador de la flama.	Ninguna	Locales húmedos y secos

continúa

continuación

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C.	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
(8) Cables Control	B (600V)		Policloruro de Vinilo	No metálica, resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	Circulos de Señalización y control.
			Polietileno		
			Polietileno Vulcanizado.		
			Estireno – Butadieno.		
			Butilo		
			Etileno – Propileno.		
	C (1000V)		Polietileno	No metálica, resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	
			Polietileno Vulcanizado		
			Butilo.		
			Etileno – Propileno.		
Cable Control y Potencia.	NYY NYCY	75°C	Policloruro de Vinilo.	No metálica resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	Señalizacion, Control y Potencia.
Poletileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor.	XHHW	75	Polietileno vulcanizado.	Ninguna	Locales húmedos y directamente enterrados.
		90			Locales secos.
Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite, para máquinas herramientas.	MTW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite, retardador de la flama.	Ninguna o Nylon	Locales húmedos y alumbrado en máquinas herramientas.
		90			Locales secos, alambrado en máquinas herramientas.
Termoplástico y asbesto	TA	90	Termoplástico y asbesto.	No metálica retardadora de la flama.	Alambrado de tableros de distribución solamente.
Termoplástico y malla de fibra.	TBS	90	Termoplástico	No metálica retardadora de la flama.	Solo alambrado de tableros.
Sintético resistente al calor.	SIS	90	Hule resistente al calor	Ninguna	Sólo alambrado de tableros.

continúa

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
Aislante mineral cubierta metálica.	MI	85	Oxido de Magnesio.	Cobre	Locales húmedos y secos con ajustes terminales del tipo O.
		250			Temp. máx. de operación para aplicaciones especiales.
Silicón Asbesto	SA	90	Hule Silicón	Asbesto o vidrio	Locales secos.
		125			Tempe máx. de operación para aplicaciones especiales.
Etileno Propileno	EP	90	Etileno Propileno	No metálica resistente a la humedad y al calor y retardadora de la flama.	Locales húmedos, secos y directamente enterrados.
Etileno Propileno Fluorinado	FEP	90	Etileno Propileno Fluorinado	Ninguna	Locales secos.
	FEPB	200	Etileno Propileno Fluorinado	Malla de vidrio o malla de asbesto.	Aplicaciones especiales en locales secos.
Cambray Barnizado	V	85	Asbesto y Cambray Barnizado	No metálica	Locales secos
				Forro de Plomo	Locales húmedos y secos
Asbesto y Cambray Barnizado	AVB	90	Asbesto impregnado y Cambray Barnizado	Malla de algodón retardadora de flama	Alambrado de tableros en locales secos
	AVL	110		Forro de plomo	Locales húmedos y secos
	AVA	110		Malla de asbesto o vidrio	Locales secos
Asbesto	AIA	125	Asbesto impregnado	Con malla de asbesto o vidrio	Locales secos únicamente, instalaciones a la vista. En instalaciones solamente para conductores que van a aparatos o estén en su interior.
	AI	125	Asbesto impregnado	Sin malla de asbesto	Locales secos únicamente. En instalaciones para conductores que van a aparatos o estén en su interior. Limitado a 300 V
	A	200	Asbesto	Sin malla de asbesto	
	AA	200	Asbesto	Con malla de asbesto o vidrio	
Papel	PILC	85	Papel impregnado	Forro de plomo	Para conductores de acometidas subterráneas con permiso especial

Capacidad de Conducción de Corri[illegible] en Conductores de Cobre Aislados

No mas de tres conductores instalados en conduit o directamente enterrados o un conductor de aire (Basadas en temperatura ambiente de 30° C).

Sección nominal en mm²	Calibre AWG MCM	60°C		75°C		85°C		90°C		110°C		125°C		200°C	
		Tipos RUW, T, TW, TWD, MTW		Tipos RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW, NMC		Tipos PILC, V, MI		Tipos TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, FEPb, EP, RHH, THHN, MTW, XHHW, NMC.		Tipos - AVA, AVL		Tipos Al, AIA		Tipos A, AA, FEPB	
		En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit cable o directamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o directamente enterrados.	Al aire
2.08	14	15	20	15	20	25	30	25	30	30	40	30	40	30	45
3.31	12	20	25	20	25	30	40	30	40	35	50	40	50	40	55
5.26	10	30	40	30	40	40	55	40	55	45	65	50	70	55	75
8.37	8	40	55	45	65	50	70	50	70	60	85	65	90	70	100
13.30	6	55	80	65	95	70	100	70	100	80	120	85	125	95	135
21.16	4	70	105	85	125	90	135	90	135	105	160	115	170	120	180
26.67	3	80	120	100	145	105	155	105	155	120	180	130	195	145	210
33.62	2	95	140	115	170	120	180	120	180	135	210	145	225	165	240
42.41	1	110	165	130	195	140	210	140	210	160	245	170	265	190	280
53.49	0	125	195	150	230	155	245	155	245	190	285	200	305	225	325
67.43	00	145	225	175	265	185	285	185	285	215	330	230	355	250	370
85.01	000	165	260	200	310	210	330	210	330	245	385	265	410	285	430
107.20	0000	195	300	230	360	235	385	235	385	275	445	310	475	340	510
127	250	216	340	255	405	270	425	270	425	315	495	335	530	—	— —
152	300	240	375	285	445	300	480	300	480	345	555	380	590	— —	— —
177	350	260	420	310	505	325	530	325	530	390	610	420	655	— —	— —
203	400	280	455	335	545	360	575	360	575	420	665	450	710	— —	— —
253	500	320	515	380	620	405	660	405	660	470	765	500	815	— —	— —
304	600	355	575	420	690	455	740	455	740	525	855	545	910	— —	— —
355	700	385	630	460	755	490	815	490	815	560	940	600	1005	— —	— —
380	750	400	655	475	785	500	845	500	845	580	960	620	1045	— —	— —
405	800	410	680	490	615	515	880	515	880	600	1020	640	1085	— —	— —
456	900	435	730	520	870	555	940	555	940	— —	— —	— —	— —	— —	— —
507	1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000	680	1165	730	1240		— —

Ver notas en la siguiente

❸	Butilo	Polietileno Clorosulfonado	Etileno Propileno	Neoprene	Hule Natural	Poliuretano	Silicon
Resistividad Ohms/cm	10^{17}	10^{14}	$10^{15} - 10^{17}$	10^{11}	$10^{15} - 10^{17}$	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{11} - 10^{17}$
Rigidez dieléctrica	600	500	900	150–600		350–526	100–653
Constante dieléctrica 1000 hz	2.1–2.4	7–10	3.17–3.34	9.0	2.3–3.0	5–8	3.0–3.5
Factor de potencia 1000 hz	0.0030	0.03–0.07	0.0066–0.0079	0.03	0.0023–0.0030	0.16–0.9	0.001–0.010
Resistencia a la tracción Kg/cm^2	175–211	175	35	211–283	175–211	175–283	29
Elongación %	400–800	700	200–400	800–900	750–850	200–600	200–800
Densidad	0.91	1.12–1.28	0.86	1.23–1.25	0.92–0.96	1.06–1.16	0.97
Temperatura de fragilidad °C	–60	–60	–70	–55	–60	–60/–65	–65/–125
Máxima temperatura de servicio °C	150	150	180	105	150	85/150	260
Resistente a:							
oxidación	B – E	E	E	E	B	E	E
ozono	E	E	E	E	P–R	E	E
desgarre	B	E	R–B	B	MB	E	R–B
abrasión	B	E	B–E	E	E	E	P–B
radiación	P	R–B	–	P	R	B–E	R–E
ácidos diluidos	E	E	E	E	R–B	R	E
ácidos concentrados	E	MB	E	B	R–B	P	R
hidrocarburos alifáticos	P	B	P	B	P	E	P
hidrocarburos aromáticos	P	R	P	R	P	R–B	P
hidrocarburos clorinados	P	P	P	M	M	R–B	M
aceites y gasolina	M	B	P	B	M	E	P–B
Aceite animal y vegetal	E	B	B–E	B	P	E	E
Absorción de agua	E	B	E	B	E	B	E
Envejecimiento solar	M	E	E	MB	P	B	E
Envejecimiento por Temperatura 212° F	B	E	E	B	B	B	E
Flama	P	B	P	B	P	P–B	R–E
Alcalis	M	B	MB	B	R–B	P–R	P–B

❸ E– Excelente, MB– Muy bueno, B– Bueno, R– Regular, P–Pobre, M–Malo.

Espesores de Aislamiento para Cables de Alta Tensión

Aislados con:

Etileno Propileno (EP), según Norma No. S–68–518 Polietileno Natural (Pe), según Norma IPCEA No. S–61–402
Polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLP), según Norma S–66–524

Voltaje volts	Calibre AWG–MCM	Espesor de aislamiento				Prueba de corriente alterna	
		N/T		N/A		N/T	N/A
		mills	mm	mills	mm	KV	KV
2001 – 5000	8–1000	90	2.29	90	2.29	13	13
5001 – 8000	6–1000	115	2.92	140	3.56	18	22
8001 – 15000	2–1000 1–1000	175	4.45	215	5.46	27	33
15001 – 25000	1–1000	260	6.60	345	8.76	38	49
25001 – 28000	1–1000	280	7.11			42	
28001 – 35000	1/0–1000	345	8.76			49	

c) Pantalla Electrostática: La función principal de la pantalla electrostática es la de confinar el campo eléctrico al interior del aislamiento, evitando con esto gradientes de potencial peligrosos en la superficie de los cables.

La pantalla electrostática de los cables con aislamiento sólido, está formado por dos elementos: Elemento Semiconductor, que puede ser una cinta de material textil impregnada en negro de humo ó compuesto del mismo aislamiento pero con partículas de carbón para hacerlo semiconductor. Elemento Conductor, formado por una cinta de cobre desnuda o estañada aplicada helicoidalmente sobre el aislamiento, cubriéndolo completamente, ó una espiral abierta formada por alambres de cobre desnudo o estañado.

En los cables aislados con papel y aceite no migrante, la pantalla la forma la chaqueta exterior de plomo.

En los cables aislados con papel y gas ó aceite en tuberías de acero a presión, la pantalla está formada por una cinta de material conductor (cobre ó aluminio) aplicada en el exterior de cada uno de los conductores, en forma de una espiral abierta.

d) Armaduras: Existen varios tipos de armaduras para proteger a los cables de daños mecánicos. Armadura con flejes de acero, se utilizan dos flejes de acero aplicados en espiral abierta y uno cubre los espacios libres dejados por el otro y se utiliza principalmente en cables que van a ser enterrados directamente. Armadura con hilos de acero, se utiliza hilos de acero aplicados en espiral con un paso muy largo sobre el cable, cubriéndolo completamente.

e) Cubierta Protectora: Los cables con aislamiento sólido, utilizan cubiertas protectoras compatibles con los aislamientos (mismos coeficientes de dilatación, temperatura de operación, etc.) y éstas pueden ser de Cloruro de Polivinilo (PVC), polietileno alta densidad y neoprene.

En algunas ocasiones los cables armados se protegen de la corrosión por medio de cubierta termoplástica. Las cubiertas de yute asfaltado, se utilizan para proteger los conductores al ser instalados ya sean armados ó de papel y plomo (solid type).

TEORIA DE LOS CABLES DE ALTA TENSION

Introducción:

Los cables de Alta Tensión los desglosaremos en cada uno de sus elementos indicando sus características y funciones.

El aprendizaje de la anatomía de un cable aislado para alta tensión ayudará para comprender el porqué de los diferentes componentes de los Empalmes y Terminales.

I. Partes de un conductor y sus funciones:

CABLES DE ALTA TENSION

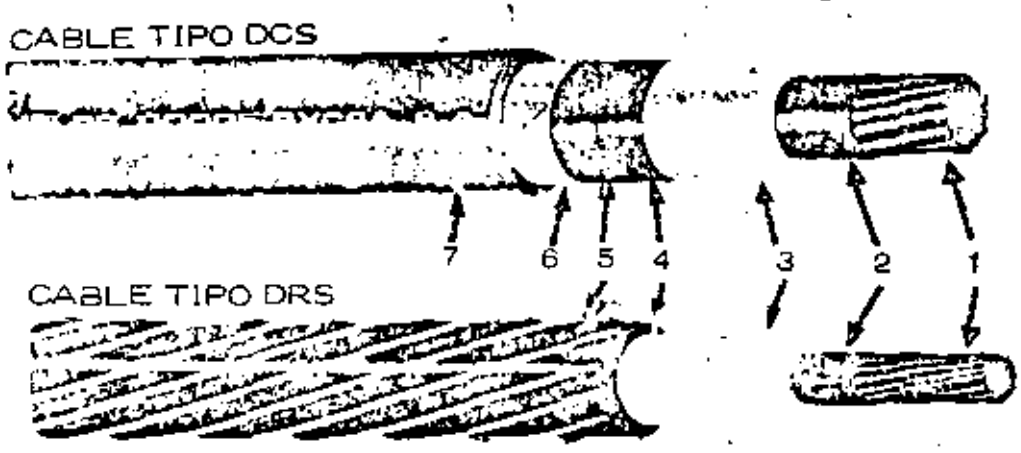


Fig. N° 1

1. Conductor:

Se considera conductor eléctrico a la substancia o material que

permite que una corriente eléctrica pase através de él, con un mínimo de pérdidas.

1.1 Función del conductor:

La función del conductor es la de conducir la electricidad desde el punto donde se genera hasta el punto donde se consume ó utiliza.

1.2 Tipo de conductor:

En general un conductor se compone de un hilo o alambre sólido o de varios, cableados en construcción normal o compactado.

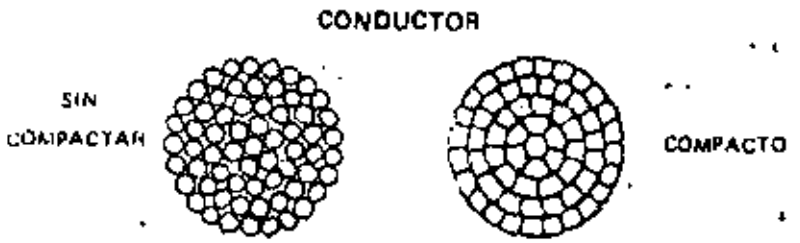


Fig. N° 2

1.3 Material del conductor:

Para la fabricación de conductores eléctricos se utilizan principalmente el cobre y el aluminio.

***

1.3.1 Propiedades de los materiales conductores:

	Cobre	Aluminio
Número Atómico	29	13
Peso Específico.	8.89 gr/cm³	2.703 gr/cm³
Coeficiente de Temperatura por °C a 20°C.	0.00393	0.00403
Conductividad Eléctrica.	100%	60.97%
Conductividad Térmica	0.93 cal/cm³	0.52 cal/cm³
Temperatura de Fusión	1083°C	660°C
Coeficiente de Dilatación lineal por °C.	16.22×10^{-6}	23.0×10^{-6}
Calor Específico.	0.0918 cal/gr/°C	0.2250 cal/gr/°C
Resistividad Volumétrica a 20°C.	0.017241 ohms mm²/mt	0.02828 ohms·mm²/mt
Resistividad Eléctrica (ohms en 304.8m a 20°C.	10.371 ohms	17.0 ohms
Esfuerzo de Tensión, Temple duro.	38.70 kg/cm²	1820 kg/cm²
Esfuerzo de Tensión, Temple suave.	2,250 kg/cm²	845 kg/cm²
Módulo de Elasticidad.	1,200,000 kg/cm²	702,000 kg/cm²
Resistencia al Corte.	1,750 kg/cm²	665 kg/cm²
Resistencia límite de Fluencia.	560 kg/cm²	350 kg/cm²

Fig. N° 3

2. Pantalla sobre el Conductor:

2.1 Función de la Pantalla:

La función del forro semiconductor extruído directamente sobre el conductor es la de distribuir el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor evitando con esto la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo

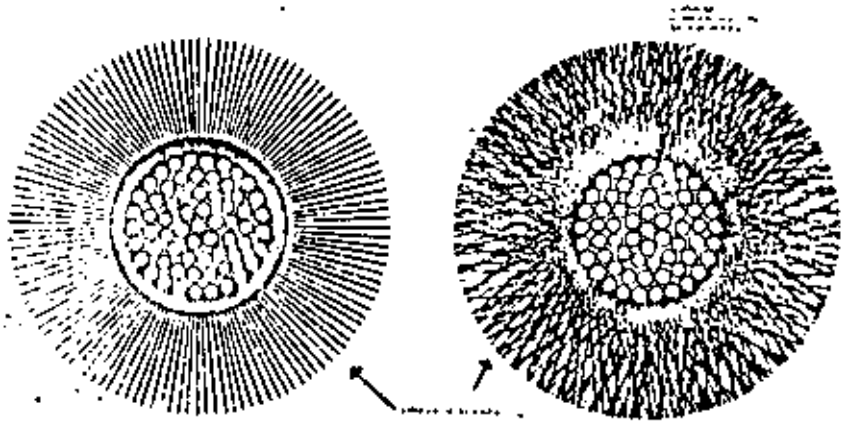


Fig. N° 4

2.2 Material y características:

Para configurar la pantalla sobre el conductor se utiliza un material semiconductor compatible con el aislamiento, ya sea EPR semiconductor ó Polietileno Vulcanizado de cadena cruzada - semiconductor, en ambos casos, el semiconductor es aplicado en tandem con el aislamiento teniendo con esto una liga perfecta y libre de cavidades. Las características de operación de este material son las mismas que las del aislamiento en cuanto a temperaturas de operación , elongación y envejecimiento.

3. Aislamiento:

Se considera como aislamiento eléctrico a la substancia o material que tiene una gran resistencia al paso de una corriente eléctrica.

3.1 Función del aislamiento:

La función del aislamiento es la de controlar y canalizar el flujo de electrones, que forman la corriente eléctrica, no permitiendo el paso de esta corriente através de él.

3.2 Tipos de aislamiento:

El continuo avance de la tecnología ha permitido ir mejorando progresivamente tanto materiales como equipo. En el inicio de la construcción de sistemas de distribución oculta o subte-

rránea de alta tensión, las instalaciones se efectuaban con conductores aislados con papel impregnados en aceite y forrados con plomo. Este tipo de conductores tienen el inconveniente de necesitar una mano de obra muy especializada, tanto en el tendido del conductor como en la elaboración de empalmes y terminales, además del problema que se presenta al emigrar el aceite impregnante hacia las partes bajas de la instalación, creando con esto fallas en las partes altas de la instalación donde al emigrar el aceite quedará únicamente el papel como aislante.

Para evitar estas fallas se utilizó aceite no migrante lo que eliminó el problema, subsistiendo el de la mano de obra.

Con la aparición de los aislamientos sólidos, tipo seco, el problema de la mano de obra se ha simplificado grandemente debido a que, teniendo cuidado de seguir los instructivos de los fabricantes de equipos, la elaboración de Empalmes y Terminales ha dejado de ser un problema.

3.3 Materiales y características:

Los principales aislamientos de tipo sólido en el mercado nacional son:

###

3.3.1 Policloruro de Vinilo:

Es un material termoplástico, el cual mezclado adecuadamente con otras substancias tales como: plastificantes, estabilizadores, lubricantes, rellenos y pigmentos da por resultado un compuesto con propiedades mecánicas y dieléctricas muy variadas pudiéndose utilizar como aislamiento en baja tensión y como cubierta protectora.

3.3.2 Butilo:

Hule sintético, polímero del isobutileno, conteniendo pequeñas cantidades de isopreno. Este material tiene una gran resistencia a oxidación, envejecimiento, ozono y al abuso mecánico. No resiste aceites de petróleo, grasas y gasolinas y muchos solventes.

3.3.3 Polietileno natural:

Material termoplástico constituído por una cadena muy larga de monómeros de etileno. Es uno de los mejores dieléctricos que se conocen entre los aislamientos de tipo sólido. Muy sensible al ataque de los rayos ultravioletas.

3.3.4 Polietileno de cadena cruzada (XLP):

Partiendo del polietileno natural, y utilizando procesos químicos en presencia de catalizadores, se logran moléculas de

forma tridimencional después de un proceso de vulcanizado, adquirien do propiedades de termoestabilidad.

En este compuesto las características dieléctricas inherentes al polietileno natural no son alteradas, y sí se incrementan sus propiedades mecánicas y térmicas, resultando un material más duro, rígido y resistente al calor. Muy sensible al ataque de los rayos ultravioleta.

3.3.5 Etileno Propileno Rubber (EPR):

Es un tripolímero de etileno y propileno con un dieno conjugado. Este material ofrece excelente resistencia al ozono, intemperie, luz solar, efecto corona y calor. Retiene sus propiedades mecánicas al exponerlo a vapor, algunos solventes y agentes químicos. Presenta pobres propiedades al contaco con grasas y aceites derivados del petróleo.

3.4 Teoría sobre Aislamientos:

Debido a que los aislamientos nunca son puros u homogéneos, lo que sería el aislamiento ideal, sino que son mezclas de diferentes tipos de dieléctricos tratando de combinar las propiedades de los mismos para obtener un producto adecuado al trabajo a desempeñar. El diseño, desarrollo y aplicación de los dieléctricos es un camino muy largo y de una gran especialización dentro de la In-

geniería Eléctrica. Por lo tanto, solamente trataremos los conocimientos básicos sobre los aislamientos.

3.4.1 Campo eléctrico:

Se define como una región del espacio donde existe electricidad capaz de ejercer una fuerza.

Una de las manifestaciones fundamentales de un campo eléctrico de fuerza, es que este campo de fuerza tiene la habilidad o potencialidad de hacer un trabajo. Este potencial eléctrico de trabajo es llamado voltaje por lo que, un campo eléctrico siempre estará interrelacionado con su correspondiente voltaje.

El campo eléctrico lo podemos representar por líneas de fuerza que parten de la parte positiva (+) y terminan en la parte negativa (-). La correspondencia o interrelación de voltaje con el campo de fuerza puede ser representada por líneas de igual gradiente de voltaje las que son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico.

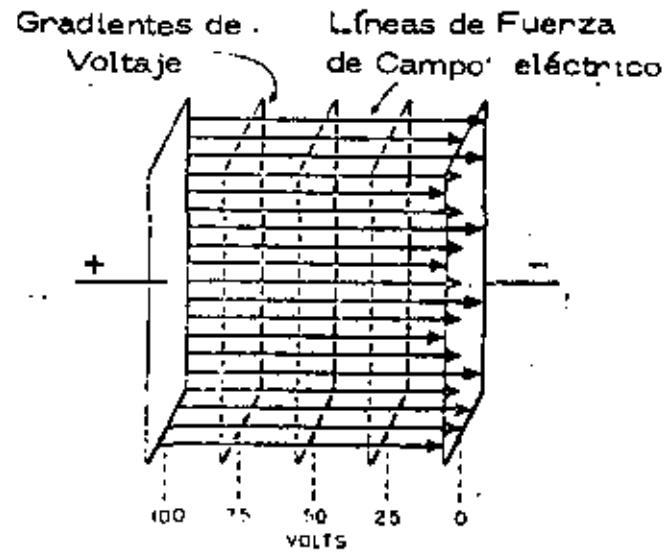


Fig. N° 5

El campo eléctrico ejerce una fuerza en los electrones (cargas negativas). Los electrones comprendidos dentro del campo eléctrico y que puedan ser desplazados se mueven adquiriendo velocidad hacia la placa positiva

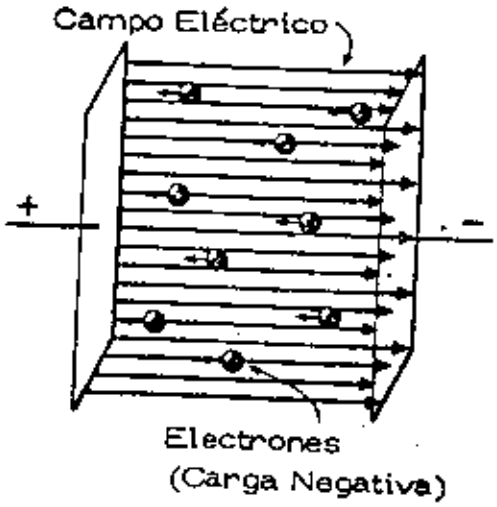


Fig. N° 6

La fuerza conque se mueven estos electrones depende de la fuerza del campo eléctrico. La energía y velocidad adquiridos por la -- aceleración de los electrones al ir de la placa negativa hacia la -- placa positiva, serán según la posición donde se encuentren los -- electron-volts que tenga, llegando a tener el 100% del voltaje al - llegar a la placa positiva. El movimiento de estas cargas constituye una conducción de corriente ó sea una corriente eléctrica.

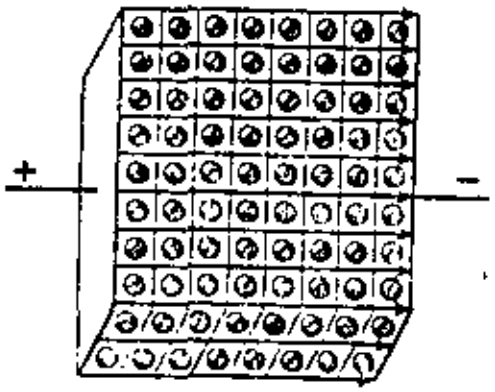


Fig. N° 7

Teniendo un bloque de material dieléctrico entre ambas placas y considerando que las moléculas están distribuídas como se ilustra, la fuerza creada por el campo eléctrico y que actúa sobre - los electrones, no los desplaza, debido a su ligamiento molecu--

lar no teniendo por esto un flujo de electrones entre ambas placas como en el caso anterior, este material actúa como una barrera - sin electrones libres no permitiendo la conducción ó tener corrientes de fuga. En la práctica no existe un material con una resistividad infinita, lo que sería el aislamiento ideal.

Los buenos aislamientos tienen muy pocos electrones libres teniendo como consecuencia corrientes de fuga muy pequeñas.

El campo eléctrico somete a los aislamientos a algunos efectos electromagnéticos.

Los principales efectos son:

3.4.1.1. Efectos de Conducción:

Está asociado con la pequeña fuga de corriente debida a los electrones libres en el aislamiento. Esta fuga de corriente produce una pérdida eléctrica pequeña que se calcula con la fórmula : $I^2 R$.

Los materiales aislantes se seleccionan y procesan para dar una - resistencia ohmica muy elevada, para que en condiciones normales de operación las pérdidas debidas a la fuga de corriente sean muy pequeñas y se consideren despreciables. Cualquier factor que degrade o reduzca la resistencia del aislamiento introduce la posibilidad de una fuga de corriente localizada que puede originar un deterioramiento y la consecuente falla del aislamiento.

Analicemos diagramalmente la distorsión del campo eléctrico debido a una impureza en el aislamiento.

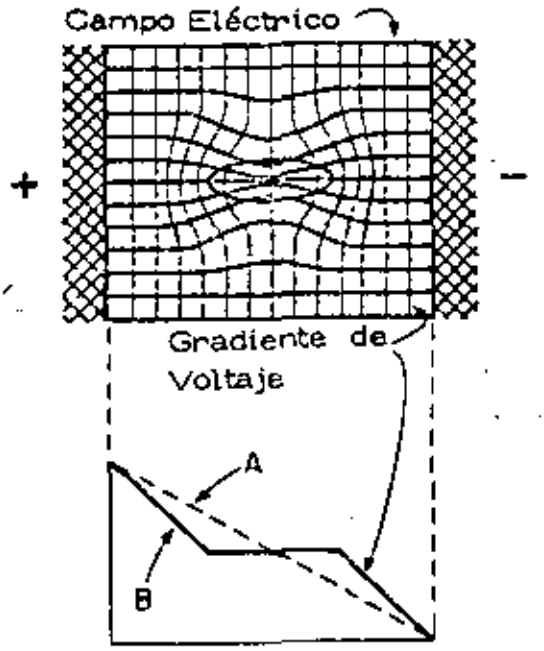


Fig. N°8

Cuando se presenta la impureza, las líneas del campo eléctrico se concentran y no se distribuyen uniformemente.

El gradiente de voltaje por unidad de espesor del aislamiento se incrementa creando con esto un mayor esfuerzo en el punto de la impureza. Si el esfuerzo resultante excede la capacidad del dieléctrico, puede ocurrir el rompimiento debido al desplazamiento brusco de electrones. Normalmente el número de electrones libres permanece constante pero en campos eléctricos intensos y en puntos anormales del aislamiento, los electrones libres que se desplazan -

pueden dar origen a otros debido al choque, quedando los átomos en condiciones de ionización haciéndolos conductivos. Los electrones liberados de los átomos y los electrones libres crean una cascada ó avalancha. El calor del sendero conductor, y la alta corriente de fuga creada puede llevarlo a la rotura del aislamiento.

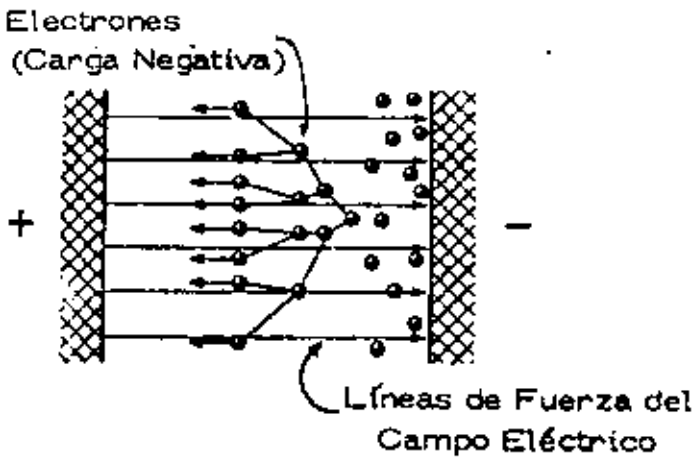


Fig. N° 9

3.4.1.2 Efecto de Polarización:

Está asociado con la concentración de cargas en la molécula de los dieléctricos, y estos son debidos a los electrones. Estas concentraciones de carga están clasificadas como "Polares y no Polares".

3.4.1.2.1. En dieléctricos polares, las concentraciones de carga están ligeramente separadas formando dipolos con una polaridad espacial negativa y positiva definida. Las moléculas de estos ele-

mentos están normalmente sin ninguna orientación. (Fig. 10-A).

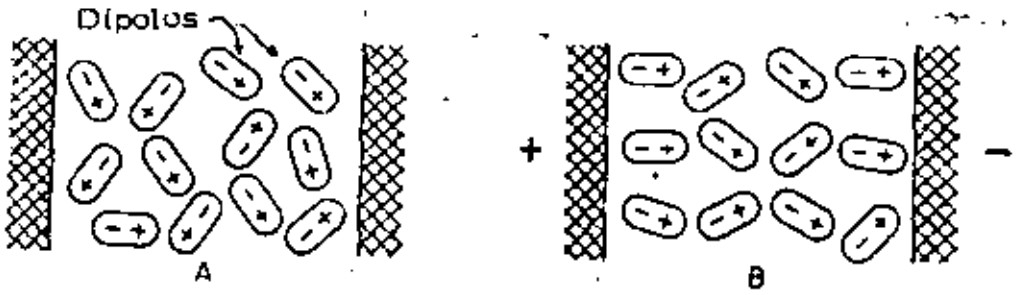


Fig. N° 10

Al poner este material dentro de un campo eléctrico, las moléculas tienden a orientarse siguiendo la dirección del campo eléctrico, este fenómeno es reversible, según se mueva la polaridad del campo, en caso de corriente alterna el campo variable somete a una rotación periódica a las moléculas del dieléctrico.

5.4.1.2.2 En dieléctricos no polares, las concentraciones de carga positiva y negativa están normalmente en simetría central y no hay separación polar. En un campo eléctrico, la simetría se distorsiona por la atracción y repulsión mutua causando la creación de una estructura bipolar inducida. Cuando el campo se invierte, la polarización de las moléculas también se invierte, de modo que en corriente alterna, las moléculas son forzadas a oscilar. Esta oscilación está afectada directamente por la frecuencia.

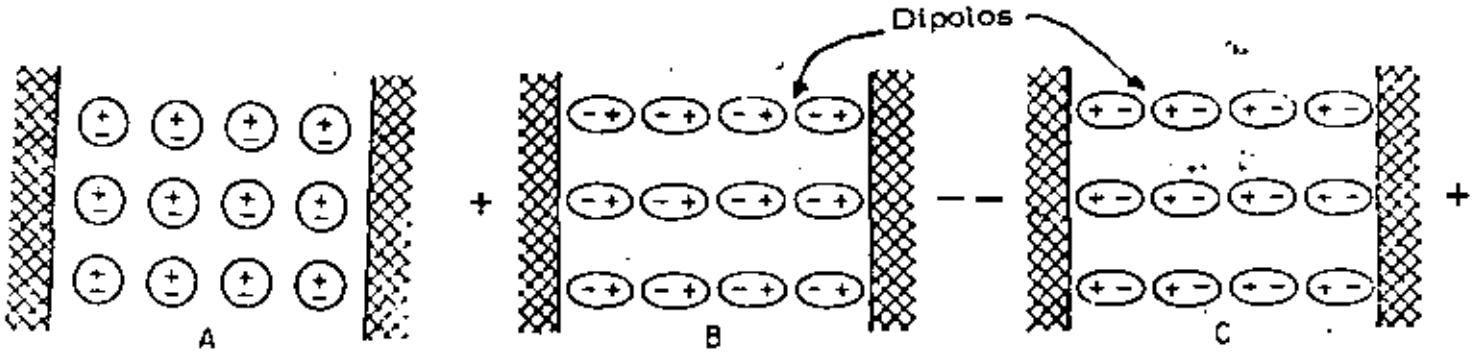


Fig. N° 11

3.4.1.2.3 La oscilación y rotación molecular están acompañadas por un desplazamiento de corriente. Esta corriente produce una pérdida de calor que depende del tipo del dieléctrico y la intensidad del campo eléctrico.

3.4.1.3 Efecto de ionización:

Está generalmente asociado con la presencia de gases atrapados en burbujas que pueden causar gradientes anormales de voltaje y con la humedad u otras impurezas pueden disociarse y producir corrientes de conducción electrolítica.

La introducción de humedad dentro de los aislamientos, es particularmente destructiva. La humedad siempre lleva substancias disueltas que forman una solución química. Bajo un esfuerzo de voltaje estas substancias tienden a disociarse en iones electroquímicos positivos y negativos que son altamente conductivos. También estas soluciones pueden formar gases por acción electrolítica que con-

tribuyen a la distorsión y degradación del aislamiento.

3.4.1.4 Efecto de descargas parciales ó corona:

Este se manifiesta físicamente por presencia de descargas luminosas en la superficie de los dieléctricos debidos a la ionización del aire adyacente y ocurre generalmente en potenciales cercanos a los 10 KV.

Los aislamientos son seleccionados por su alta resistencia eléctrica para reducir al mínimo las pérdidas por corrientes de fuga y - alta estabilidad térmica para soportar y disipar las pérdidas por - polarización.

Estos materiales son aplicados con un alto grado de seguridad y - en procesos diseñados para reducir al mínimo la entrada de contaminantes y poder mantener la integridad del aislamiento ó sea que un buen aislamiento se basa en: Escoger propiamente los materiales y un método de aplicación que logre una firmeza estructural.

4. Pantalla Semiconductora sobre el Aislamiento:

4.1 Función de la pantalla.

Este forro semiconductor actúa como distribuidor del campo eléctrico confinándolo al interior del aislamiento.

4.2 Material y características:

En la elaboración de esta pantalla se pueden utilizar varios materiales, los más comunes son:

4.2.1 Barniz Semiconductor:

A base de una resina y negro de humo.

4.2.2 Cinta semiconductora:

Normalmente de material textil impregnada en negro de humo.

4.2.3 Extruídos:

Del mismo material que el aislamiento pero con partículas de carbón para hacerlo conductor.

5. Pantalla conductora sobre el aislamiento.

5.1 Función de la pantalla:

Este elemento conductor en contacto con la pantalla semiconductora puede tener dos funciones:

5.1.1 Como pantalla electrostática trabajando en contacto con la pantalla semiconductora y llevando el potencial de tierra a la superficie misma del cable logrando con esto que no haya gradientes de potencial peligroso en la superficie del mismo.

5.1.2 Como conductor neutro.

En estos casos la conductividad del conductor concéntrico será igual a la del conductor central en instalaciones monofásicas, para instalaciones trifásicas. El conductor concéntrico tendrá una conductividad de 1/3 de la del conductor central.

5.2 Material y características:

Para la pantalla conductora se utilizan cintas de cobre desnudo, cintas de cobre estañado, alambres de cobre desnudo ó alambres de cobre estañado.

Las cintas de cobre tanto desnudas como estañadas y los alambres de cobre desnudos se utilizan en cables en que esta pantalla forma parte de la pantalla electrostática.

Los alambres de cobre estañados se utilizan para cables donde se lleve el neutro concéntrico.

5.3 Conexión de pantallas:

La conexión de la pantalla de los cables puede ser:

5.3.1 Pantalla abierta: ó sea sin ninguna conexión a tierra.

5.3.2 Pantalla conectada en un punto ó sea conectada a tierra en un sólo extremo del cable, no teniendo ninguna corriente circulante através de la misma.

5.3.3 Pantalla multiaterrizada: o sea que tiene varios puntos de conexión a tierra. Al tener varios puntos de conexión se presentan corrientes circulantes através de la pantalla generando pérdidas por efecto "joule" reduciendo con esto el amperaje a transmitir del cable, debido a que el calor generado en la pantalla se suma al calor del medio ambiente reduciéndose así la temperatura a la que pudiéramos elevar el conductor para tener la temperatura de trabajo del cable.

6. Cinta separadora:

6.1 Función de la cinta separadora:

La cinta separadora tiene por objeto evitar que la chaqueta protectora del cable se pegue a la pantalla electrostática y así facilitar en la instalación la colocación de Empalmes y Terminales.

6.2 Material y características:

La cinta que normalmente se usa es una cinta Mylar, no metálica no hygroscópica.

7. Chaqueta o cubierta protectora:

7.1 Función de la chaqueta: Esta cubierta protectora tiene como función proteger a los elementos del cable contra daños mecánicos.

7.2 Material y características:

Los materiales más usados como cubiertas protectoras son: PVC (Cloruro de Polivinilo), Polietileno natural (PE), Plomo (Pb) y neopreno.

El material de la chaqueta debe ser compatible con el material del aislamiento y tener los mismos coeficientes de dilatación y temperatura de operación.

8. Tipos de instalación:

Las formas en que se puede hacer una instalación subterránea son:

8.1 Directamente enterrados:

Se consideran directamente enterrados cuando no se cuenta con ningún otro material entre el cable y el subsuelo.

8.2 En ducto:

Estas instalaciones cuentan con un sistema de tuberías ó ductor que unen registros entre sí pudiéndose sacar los conductores sin hacer excavaciones ó sea que tenemos entre el subsuelo y el cable el material del ducto.

8.3 Al aire:

En estas instalaciones los conductores se encuentran colo

cados como si fuera una línea aérea.

8.4 En charolas:

Estas instalaciones son realmente instalaciones al aire pero ro con un gran número de soportes.

8.5 Submarinos:

Los conductores eléctricos también pueden instalarse de -- forma tal que siempre estén bajo el agua, teniendo en cuenta las -- cualidades no higroscópicas en los elementos que formen el cable, - principalmente en su aislamiento y chaqueta protectora.

38

División de conelec s.a.

SEMINARIO DE EMPALMES Y TERMINALES

TEORIA DE EMPALMES Y TERMINALES

ING. FERNANDO MONZON

GUADALAJARA, JAL. NOVIEMBRE, 1977

TEORIA DE EMPALMES Y TERMINALES

1 Análisis de un conductor y su campo eléctrico.

1.1 Líneas Equipotenciales ó de igual gradiente de voltaje.

1.1.1 Al analizar un conductor aislado para alta tensión, - tenemos que el voltaje aplicado se encuentra distribuído de 0 a 100% entre la pantalla y el conductor central.

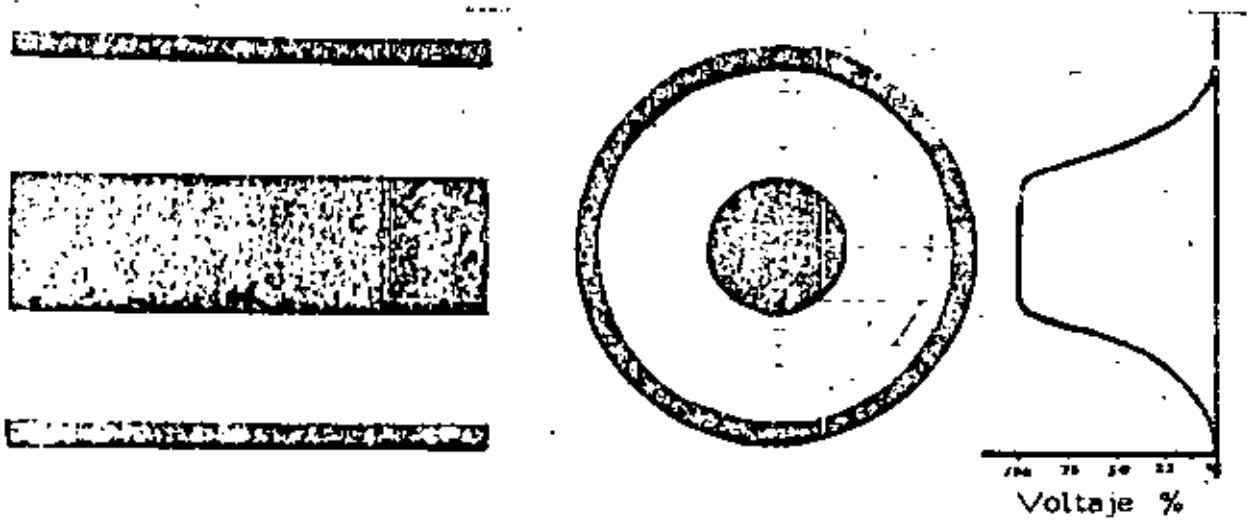


Fig. N° 1

formándose círculos concéntricos de igual potencial a diferentes distancias del centro. Estas líneas se denominan líneas equipotenciales teniendo su mayor gradiente de potencial cercano al conductor.

1.2 Líneas del campo eléctrico o de esfuerzos.

1.2.1 Haciendo el análisis del conductor anterior vemos que

las líneas del campo eléctrico de esfuerzos som perpendiculares a las dos pantallas del cable

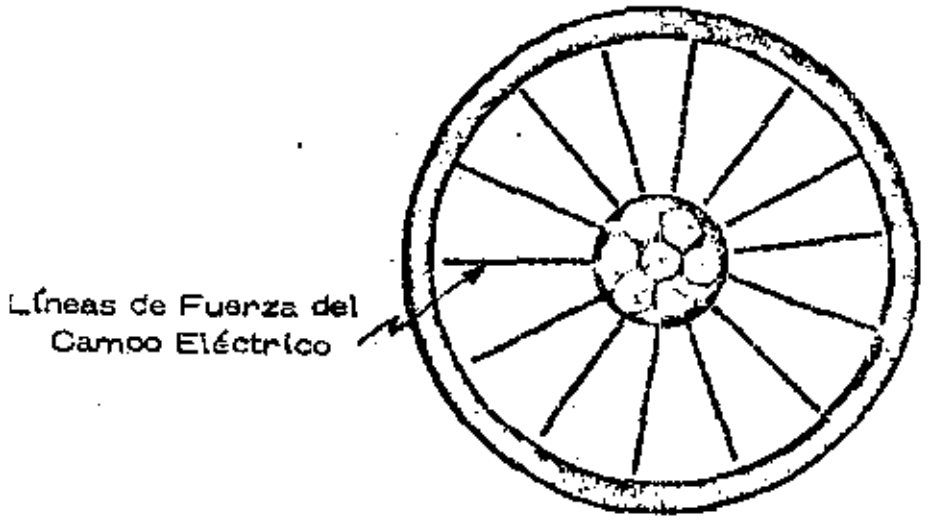


Fig. N° 2

o sea que son líneas radiales al centro del conductor, teniéndose la mayor concentración sobre la superficie de la pantalla del conductor.

1.3 La combinación de ambas líneas dentro de un conductor se encuentran en un perfecto equilibrio y distribución de esfuerzos sin crear ninguna concentración que pudiera originar la ruptura del aislamiento

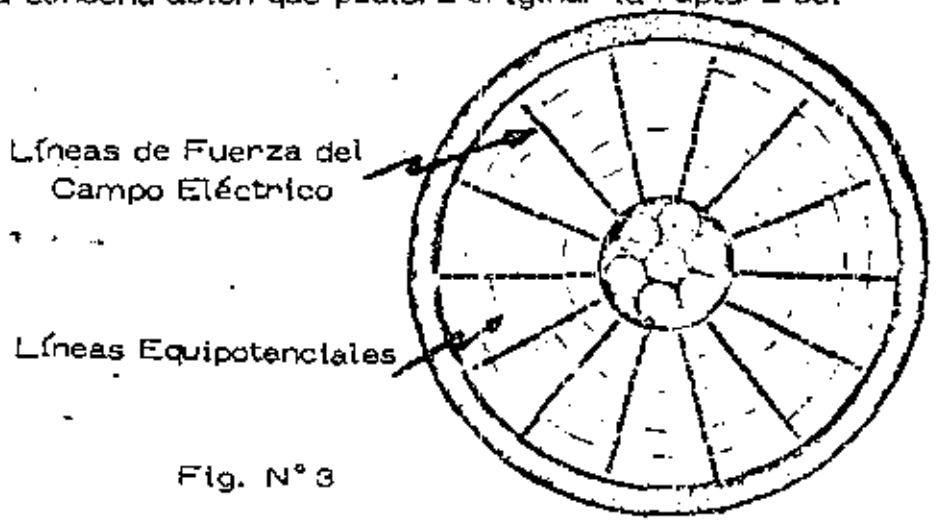


Fig. N° 3

41

Toda instalación de cable tiene tiene dos extremos en los cuales - se corta el conductor para unirlo a otros elementos. Al efectuar este corte es necesario retirar la pantalla electrostática para evitar un arqueo, al retirar una porción de esta pantalla el campo --- eléctrico sufre considerables modificaciones y alteraciones que - ponen en peligro la operación del sistema. La pantalla deja de tener control de los esfuerzos tanto longitudinales (líneas equipotenciales) como de las transversales ó radiales (líneas de esfuerzos) creandose una concentración de estos esfuerzos a la terminación de la pantalla.

1.4 Punto de concentración de esfuerzos.

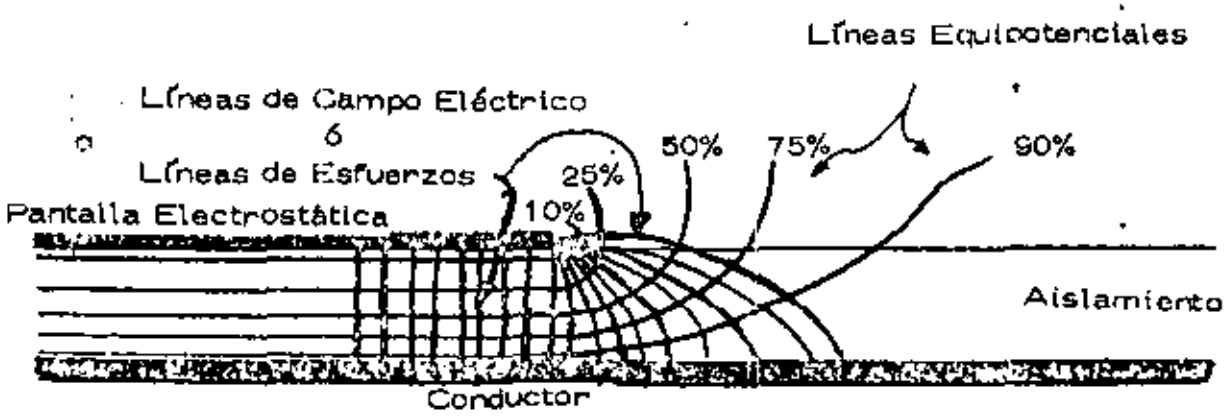


Fig. N° 4

2 Diferentes Técnicas para efectuar el Alivio de Esfuerzos

2.1 Preparación de un cable de Alta Tensión, Tipo DRS para elaborar un empalme o terminal.

2.1.1 Teniendo cuidado de no doblar el cable más de lo permitido preséntelo en su posición definitiva y corte en escuadra el exceso del mismo.

2.1.2 Retire el conductor neutro a la distancia especificada por el fabricante del accesorio, haga un amarre para sujetar los hilos del neutro y tuérsalos hasta formar un solo grupo.

2.1.3 Retire el forro semiconductor haciendo un corte circular a la distancia es pecificada y un corte longitudinal a todo lo largo procurando no dañar el aislamiento.

2.1.4 Retire el aislamiento del cable en la punta procurando no dañar al conductor, limpiándolo perfectamente.

2.1.5 Haga una punta de lápiz lijando el aislamiento para dejarlo terso usando exclusivamente lija de material no conductor.

2.1.6 Con solvente limpie perfectamente la superficie del aislamiento procurando no pasar el material semiconductor hacia el aislamiento.

2.2 Métodos para efectuar el alivio de esfuerzos.

2.2.1 Cono deflector prefabricado. Constituye una continuación expandida en diámetro del blindaje electrostático. Puede ser un

cono metálico ó de material plástico metalizado con una sección parabólica que se inserta sobre el blindaje y se utiliza en terminales - con resina.

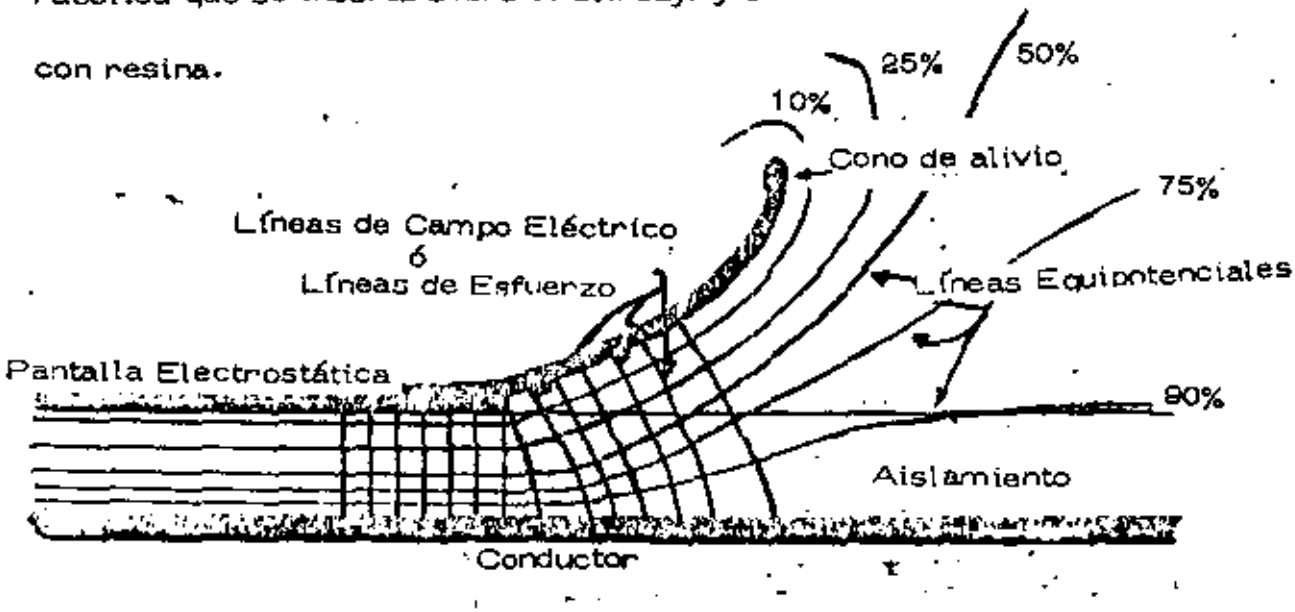


Fig. N° 5

2.2.2 Cono de alivio encintado. Este es una variante del anterior en que el espandimiento del blindaje se logra mediante un aislamiento a base de cinta autofundente y sobre él una cinta semiconductora hasta la parte superior de la cinta aislante.

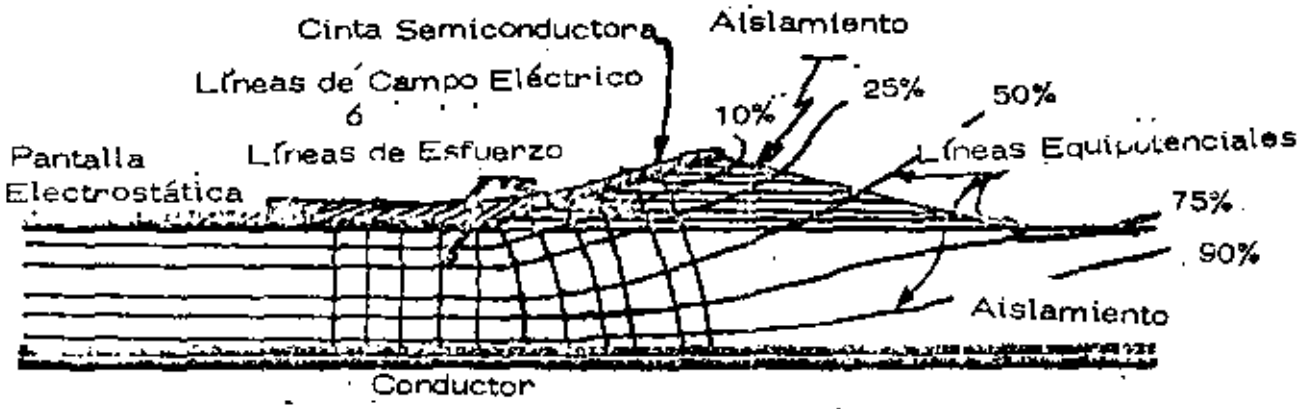
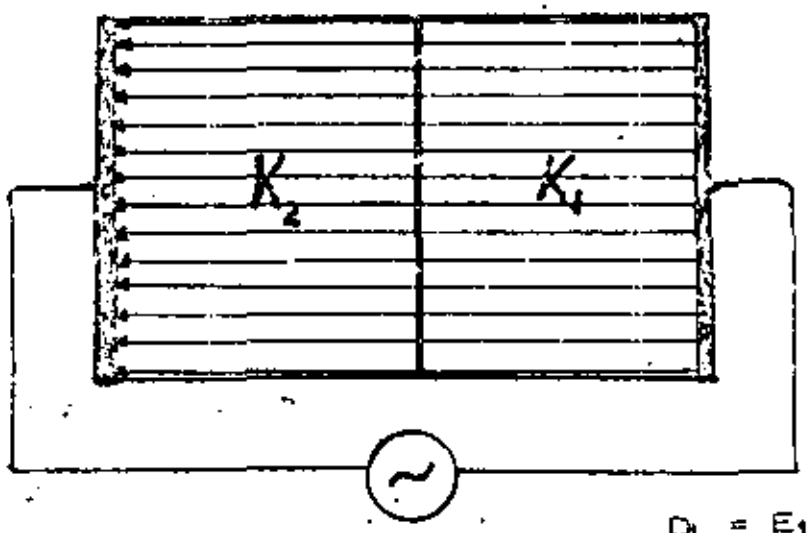


Fig. N° 6

44

2.2.3 Control del campo eléctrico através de materiales con diferentes constantes dieléctricas.

2.2.3.1 Consideremos dos materiales aislantes de diferente constante eléctrica, dispuestos en serie con el campo eléctrico perpendicular a la interfase entre ambos dieléctricos.



$K_2 > K_1$

$D_1 = E_1 \cdot K_1$

$D_2 = E_2 \cdot K_2$

Fig. N° 7

Siendo E_1 y E_2 los respectivos gradientes de potencial, como en este caso la densidad de flujo es constante entre ambas placas

$$D_1 = D_1$$

$$E_2 \cdot K_2 = E_1 \cdot K_1$$

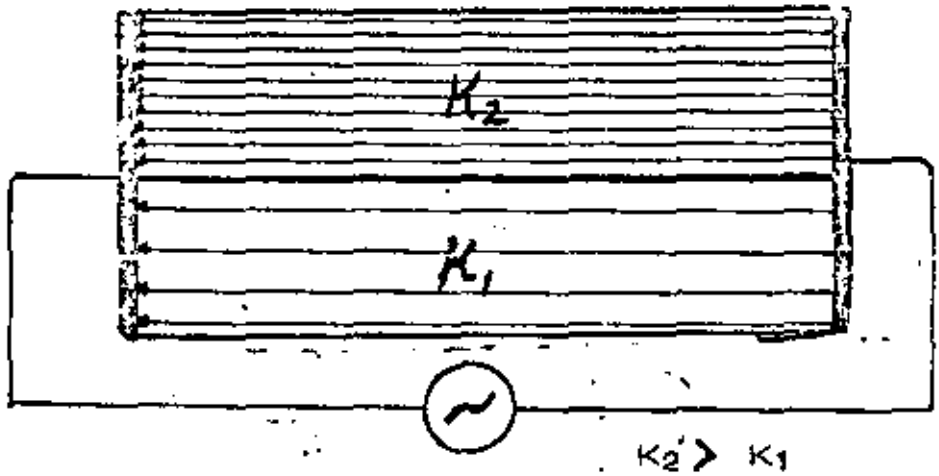
$$E_2 = \frac{K_1}{K_2} E_1 \qquad E_2 < E_1$$

45

o sea que la intensidad de campo es mayor en el aislamiento de mayor constante dieléctrica.

2.2.3.2 Consideremos los aislamientos dispuestos en paralelo.

El campo eléctrico es paralelo a la interfase entre ambos dieléctricos.



$K_2 > K_1$

$D_1 = E_1 \cdot K_1$

$D_2 = E_2 \cdot K_2$

Fig. # 8

La diferencia de potencial aplicada a ambos dieléctricos es la misma:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{D_1}{K_1} = \frac{D_2}{K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1} D_1 \qquad D_2 > D_1$$

46

o sea que la densidad de flujo es mayor en el aislamiento de mayor constante dieléctrica.

2.2.3.3 Considerando los aislamientos dispuestos en forma angular o sea que la interfase de los aislamientos no es perpendicular ni paralela al campo eléctrico.

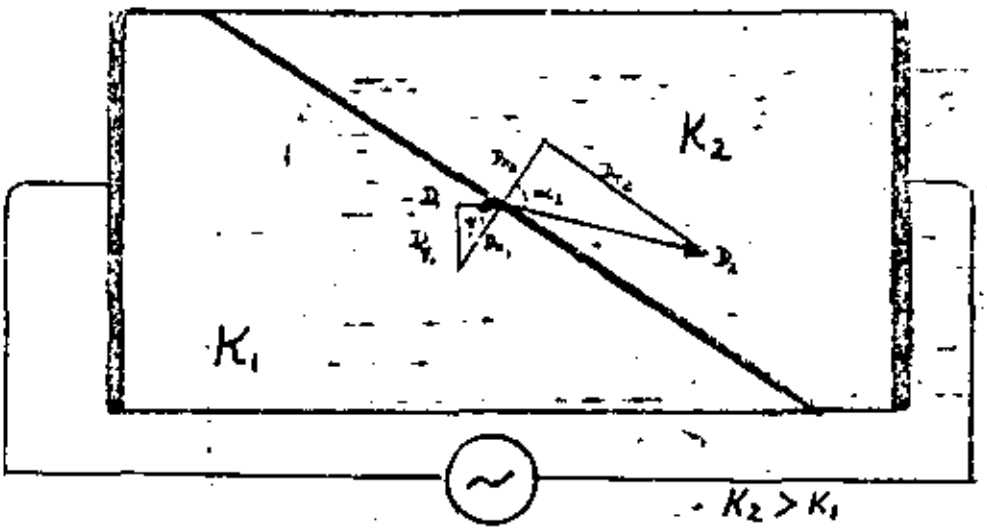


Fig. N° 9

Descomponiendo E_1 y E_2 y D_1 y D_2 en sus respectivos componentes normales y tangenciales a la interfase y aplicando lo deducido en los casos anteriores y siendo α_1, el angulo de incidencia y α_2 al angulo de refracción tenemos:

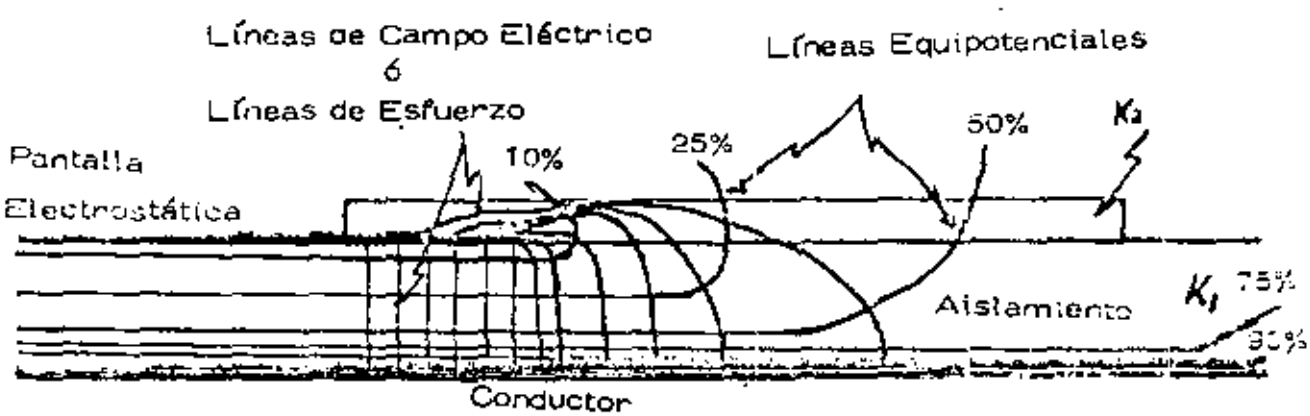
$$D_{n_2} = D_{n_1}$$

$$D_{T_2} = D_{T_1} \frac{K_2}{K_1}$$

resultando que:

$$\frac{T_g\ \alpha_2}{T_g\ \alpha_1} = \frac{K_2}{K_1}$$

2.2.3.4 Aplicando lo antes visto a un conductor tenemos: que las líneas de campos eléctricos o de esfuerzos que se originan y parten perpendicularmente del conductor, atraviesan el aislamiento y se refractan en la interfase del aislamiento y del material de mayor constante dieléctrica y se dirigen por dentro del mismo hacia el blindaje electrostático.



Control de Campo con materiales de constantes dieléctricas más altas que el aislamiento.

Fig. N° 10

Debido a la elevada constante dieléctrica se permiten valores de densidad D=E.K. muy elevados con bajos valores resultantes de gradientes de potencial, produciéndose una distribución lineal del voltaje

48

Estas propiedades son utilizadas por los accesorios a base de cintas especiales y tubos thermocontraćtiles.

3 Clasificación de accesorios.

3.1 Clasificación de Empalmes.

Los empalmes se pueden clasificar según su

3.1.1 Aplicación: pudiendo estos ser Rectos para continuar un conductor ó con Derivación para sacar de un circuito un ramal u acometida.

3.1.2 Tipo de conexión: Esta puede ser Permanente o sea que no se puede eliminarsiendo esta la que se usa más frecuentemente ó separable cuando esta conexión se puede eliminar utilizándose en contados casos.

3.1.3 Tipo de aislante: El aislamiento para hacer un empalme puede ser: Cintas, cuando se utilicen diferentes cintas para restituir los elementos del cable. Premoldeados: Estos elementos contienen ya prefabricados todos los elementos del cable. Thermoncontráctiles: Cuando se utilizan materiales thermocontráctiles para reponer los elementos del cable. Rellenos: Cuando se utilizan moldes y estos son rellenados con resinas o materiales asfálticos para hacer el aislamiento.

3.2 Clasificación de Terminales.

Las terminales las podemos clasificar según su

3.2.1 Tipos de Instalación:

Interior: Cuando la terminal no tenga ninguna protección contra el medio ambiente.

Exterior: Cuando cuente con protección con el medio ambiente.

3.2.2 Número de fases:

Monofásicas: Cuando se encuentra instalada una terminal por cada fase ó conductor.

Trifásicas: Estas se instalan en cables trifásicos o sea que contienen 3 conductores aislados dentro de una misma cubierta.

3.2.3 Forma de Alivio de Esfuerzos:

Cintas: Por medio de cintas se construye el cono de alivio de esfuerzos y la protección exterior.

Premoldeadas: Dentro de una unidad de material plástico se diseña y construye el cono de alivio formando esto una sola pieza con el resto del aislamiento.

Thermocontráctiles: Con materiales thermocontráctiles

elaboran el cono de alivio y protección exterior.

Porcelana: Son aquellas que utilizan casquillos de porcelana y rellenos de distintos materiales y compuestos aislantes siendo la porcelana la protección contra el medio ambiente.

3.3 Conectores premoldeados:

Accesorios que nos sirven para conectar las redes subterráneas a los diferentes equipos y hacen la función de un empalme o terminal indistintamente según se utilicen y se pueden clasificar dependiendo de su operación en:

3.3.1 Conectores de Operación sin carga y sin potencial.

Estos conectores tienen interconstruído en su interior el cono de alivio y no están capacitados para ser operados con energía. Para la operación de estos accesorios es necesario desenergizar totalmente el sistema.

3.3.2 Conectores de Operación con Carga y con Potencial.

Estos conectores, como los anteriores, también tienen interconstruído el cono de alivio y además están capacitados por medio de elementos de interrupción de arco a operar con carga y potencial inclusive se pueden operar en condiciones de circuito corto ó sea "cierre con falla".

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

29 OCTUBRE, 1979.

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

TEMA: MEDIOS DE CANALIZACION

- MEDIOS de SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

CANALIZACION ELECTRICA :- (ROIE 2-1)
"CONDUCTORES o CABLES y TUBERIAS u OTROS DUCTOS -Y SUS ACCESORIOS, QUE CONSTITUYEN UNA RED DE -UTILIZACION ELECTRICA.... EN INTERIORES DE - -EDIFICIOS"... ..

ELEMENTOS INTEGRANTES DE UN MEDIO DE -CANALIZACION :-

- CONDUCTORES
- MEDIOS de SOPORTE y PROTECCION Cond.
- MEDIOS o DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCION ELECTRICA

¿PROTECCION? ⟶ Vs:

- CORROSION
- DAÑO MECANICO

(ROIE 10-3)

PROTECCION vs CORROSION

- MATERIAL RESISTENTE (Ej. AL.).
- RECUBRIMIENTO (INT y EXT) DE CAPA RESISTENTE (galv.)
- PINTURA → SOLO INTERIORES.
  → NO { + CONDICIONES SEVERAS (EJ. PLANTAS QUIMICAS)
  + CERCA DE COSTA

PROTECCION vs DAÑO MECANICO

- SI EXISTE EXPOSICION:

  CUBIERTA

  RESGUARDO

CARACTERISTICAS GENERALES

MEDIOS de CANALIZACION

- CONTINUIDAD ENTRE 2 SALIDAS ó ACCESORIOS CONSECUTIVOS
- PUEDE ALOJAR CONDUCTORES DE DIFERENTES SISTEMAS: → MAX. 600V → NO COMUNICACION.
- CANTIDAD DE CONDUCTORES DEBERA PERMITIR:
  - FACILIDAD PARA COLOCARLOS
  - FACILIDAD PARA REMOVERLOS
  - FACILIDAD PARA DISIPAR CALOR
- EVITAR CIRCULACION DE AIRE ENTRE PARTES DE LA CANALIZACION EXPUESTAS A DIFERENTES TEMPERATURAS.
- EVITAR CIRCULACION DE CUALQUIER CORRIENTE
  - POR CARGA
  - INDUCIDA
- MAS de 150V A TIERRA
  - CONTINUIDAD ELECTRICA
  - CONEXION A TIERRA
- REDUCIR PROPAGACION INCENDIOS

CANALIZACIONES EN R.O.I.E :-

P. III

ART- 12 LINEA ABIERTA

ART-13 CABLE SIN FORRO METALICO SOBRE AISLADORES

ART-14 CABLE VISIBLE CON FORRO DE PLOMO

ART-15 MOLDURAS METALICAS SUPERFICIALES

ART-16 CONDUIT FLEXIBLE ó CABLE c/CUBIERTA MET. FLEX.

ART-17 TUBO CONDUIT METALICO.

ART- 18 MOLDURAS NO METALICAS. (EXTENSIONES)

ART- 19 DUCTOS BAJO EL PISO

ART- 20 CANALES METALICAS

ART- 21 DUCTOS c/BARRAS.

CANALIZACIONES SIN REGLAMENTAR:-

- CHAROLAS
- TUBO CONDUIT NO METALICO
- INSTALACIONES ENTERRADAS
- ESTRUCTURALES
- CABLES CON PROTECCION INTEGRADA
- PREFABRICADAS (ARNESES)
- PROVISIONALES

LINEA ABIERTA

(2-1) "UNO ó VARIOS CONDUCTORES ....
.. SEPARADOS .... ó PARALELOS ...
... NO EN DUCTO."

USO:-

NO EXPOSICION
- DAÑO MECANICO
- AMBIENTE CORROSIVO
- GASES, POLVOS, INFLAMABLES

VENTAJA:
- COSTO
  - MATERIAL
  - INSTALACION
- AUMENTO CAPACIDAD PERMISIBLE CONDUCTORES (11-4)

TABLA NUMERO 2

CORRIENTE EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS DENTRO DE DUCTOS

Basada en temperatura ambiente de 30° C y no más de 3 conductores en un ducto.

(Para otros casos vease la Fracción II-4.)

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	Sección Transversal en milímetros cuadrados.	Temperatura permisible y material del aislamiento					
		60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	85° C Papel, Termoplástico y asbesto, Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
14	2.051	15	15	25	30	30	30
12	3.309	20	20	30	35	40	40
10	5.261	30	30	40	45	50	55
8	8.366	40	45	50	60	65	70
6	13.30	55	65	70	80	85	95
4	21.15	70	85	90	105	115	120
3	26.67	80	100	105	120	130	145
2	33.63	95	115	120	135	145	165
1	42.41	110	130	140	160	170	190
0	53.48	125	150	155	190	200	225
00	67.43	145	175	185	215	230	250
000	85.03	165	200	210	245	265	285
0000	107.22	195	230	235	275	310	340
250	126.68	215	255	270	315	335	...
300	152.01	240	285	300	345	380	...
350	177.35	260	310	325	390	420	...
400	202.69	280	335	360	420	450	...
500	253.36	320	380	405	470	500	...
600	304.03	355	420	455	525	545	...
700	354.70	385	460	490	560	600	...
750	380.04	400	475	500	580	620	...
800	405.37	410	490	515	600	640	...
900	456.04	435	520	555	...	...	...
1000	506.71	455	545	585	680	730	...
1250	633.39	495	590	645	...	...	...
1500	760.07	520	625	700	785	...	...
1750	886.75	545	650	735	...	...	...
2000	1013.[illegible]	570	665	775	840	...	...

TABLA NUMERO 3

CORRIENTE MAXIMA EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS EN LINEA ABIERTA

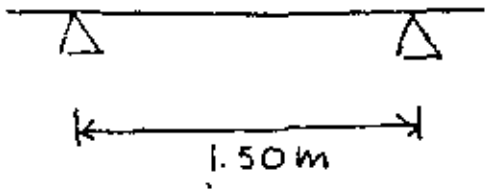
Basada en temperatura ambiente de 30°C. Para temperatura ambiente mayor aplíquense los factores de corrección dados en la Tabla Número 2.

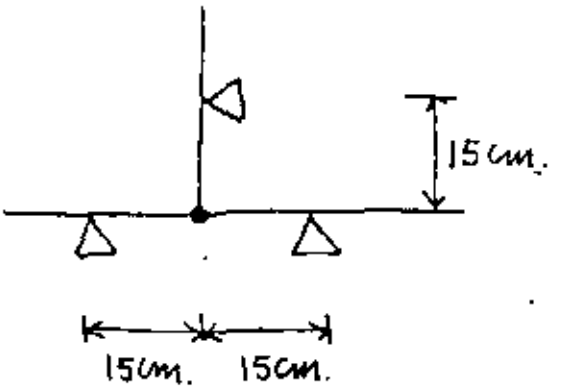
Véanse las disposiciones de la Fracción II-4

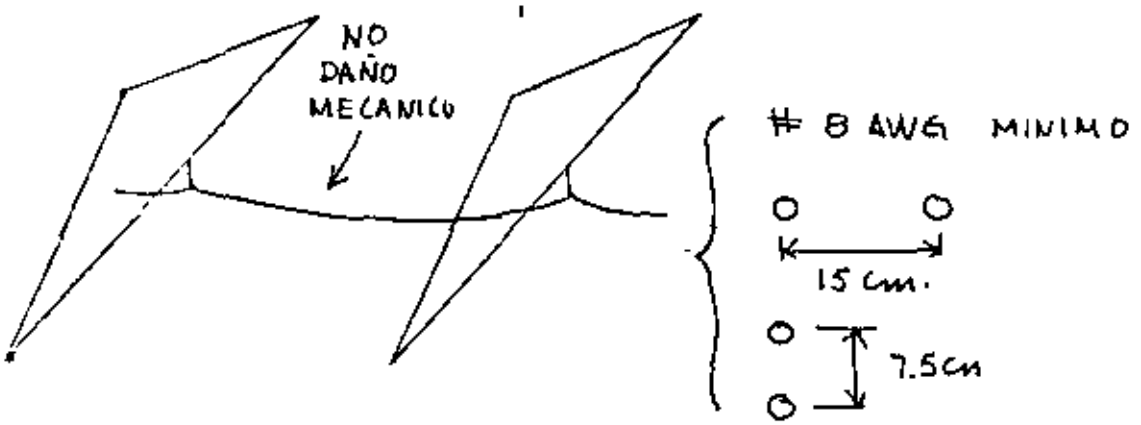
CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO						
	60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intempe-rie.	85°C Papel, Termoplástico y asbesto Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
14	20	20	30	30	40	40	45
12	25	25	40	40	50	50	55
10	40	40	55	55	65	70	75
8	55	65	70	70	85	90	100
6	80	95	100	100	120	125	135
4	105	125	130	135	160	170	180
3	120	145	150	155	180	195	210
2	140	170	175	180	210	225	240
1	165	195	205	210	245	265	280
0	195	230	235	245	285	305	325
00	225	265	275	285	330	355	370
000	260	310	320	330	385	410	430
0000	300	360	370	385	445	475	510
250	340	405	410	425	495	520	...
300	375	445	460	480	555	590	...
350	420	505	530	550	610	655	...
400	455	545	555	575	665	710	...
500	515	620	630	660	765	815	...
600	575	690	710	740	855	910	...
700	630	755	780	815	940	1005	...
750	655	785	810	845	990	1045	...
800	680	815	845	880	1020	1085	...
900	730	870	925	940	...	...	...
1000	780	935	965	1050	1160	1240	...
1250	890	1065	...	1130	...	...	...
1500	950	1175	1215	1260	1430	...	...
1750	1070	1280	...	1370	...	...	...
2000	1155	1385	1405	1470	1715	...	...

MONTAJE

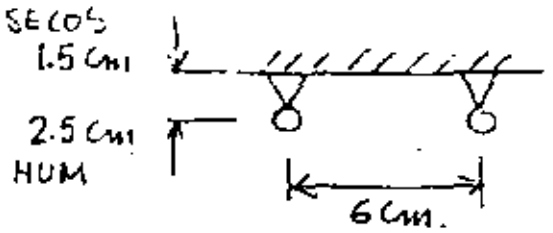
CONDICIONES MINIMAS



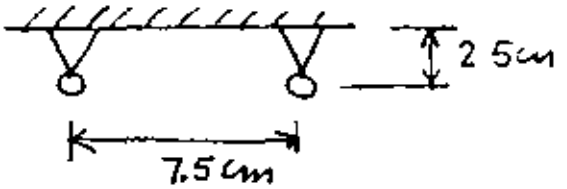




300 V



600 V



CANALIZACION CON TUBERIA "CONDUIT"

"CONDUIT" = TUBERIA DISEÑADA Y FABRICADA ESPECIALMENTE PARA ALOJAR CONDUCTORES.

- SUPERFICIE INTERIOR ADECUADA.
- PERMITE DOBLEZ.

TIPOS DE TUBERIA CONDUIT:

- METALICA
  - ACERO
    - RIGIDA
      - PARED GRUESA
        - ESMALTADA
        - GALVANIZADA
      - PARED DELGADA
        - ESMALTADA
        - GALVANIZADA
      - PARED EXTRA DELGADA
        - ESMALTADA
        - GALVANIZADA
    - FLEXIBLE
      - NORMAL
      - IMPERMEABLE
  - ALUMINIO
    - PARED GRUESA
    - PARED DELGADA
- NO METALICA
  - PLASTICAS
    - RIGIDAS (PVC)
      - LIGERO
      - PESADO
    - FLEXIBLES (POLYDUCTO)
  - ASBESTO CEMENTO
  - CEMENTO

E.C.

VENTAJAS del TUBO CONDUIT METALICO

- PROTECCION vs CORROSION
- PROTECCION MECANICA
- CONTINUIDAD ELECTRICA
- ESTANQUEIDAD
- APARIENCIA

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS DIVERSAS TUBERIAS CONDUIT METALICAS.

	ALUMINIO		A C E R O					
	P.G.	P.D.	P.G.		P.D.		P.E.D.	
			GALV.	ESM.	GALV.	ESM.	GALV.	ESM.
PROTECCION vs CORROSION	1	2	3	6	4	7	5	8
PROTECCION MECANICA	2	4	1	1	3	3	5	5
CONTINUIDAD ELECTRICA	1	3	2	2	4	4	5	5
ESTANQUEIDAD	1	2	1	1	3	3	4	4
APARIENCIA	1	4	2	3	5	7	6	8

USOS TIPICOS de las TUBERIAS CONDUIT

-PARED GRUESA GALV.	INDUSTRIA - INTERIOR y EXT. - APARENTE
- PARED GRUESA ESM.	INDUSTRIA - INTERIOR - OCULTA
- PARED DELG. GALV.	RESIDENCIAL EXTERIOR
- PARED DELG. ESM.	RESIDENCIAL INTERIOR - OCULTA
- PARED EXT. DELG. GALV.	RESIDENCIAL ECONOMICA - EXTERIOR
- PARED EXT. DELG. ESM.	RESIDENCIAL ECONOMICA - INTERIOR - OCUL
- FLEXIBLE NORMAL	CONEXION EQUIPOS - POSIBLE MOV. LUGARES SECOS
- FLEXIBLE IMPERM.	CONEXION EQUIPOS - POSIBLE MOV. - LUGARES HUMEDOS.
- ALUMINIO P.G.	IND. QUIMICA - AMB. CORROSIVO - RESIST. MECANICA
- ALUMINIO P.D.	IND. QUIMICA - AMB. CORROSIVO -
- PLASTICA RIG. PESADA	JARDINES - EXTERIORES
- PLASTICA RIG. LIGERA	INTERIOR - RESIDENCIAL
- PLASTICA FLEXIBLE	RESIDENCIAL ECONOMICA - EMPOTRADA.
- ASBESTO CEMENTO	DIST. EXTERIOR - ENTERRADA.
- CEMENTO	ALUMBRADO PUBLICO

COSTO . ANALISIS COMPARATIVO TUBERIA CONDUIT

(Pulg)*	13 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	38 (1 1/2)	51 (2)	63 (2 1/2)	76 (3)	102 (4
P.G. ESM	16.5	20.6	32	41.3	53.6	73.5	155.8	196	288.6
P.G. GALV.	18.4	23.4	36.4	46.8	60.9	83.3	176	222	322
P.D. ESM	11	15.4	27	29.3	41.1	51.7			
P.D. GALV	12.8	17.8	31	42	47.3	59.5			
P.E.D. ESM.	7.56	10.4							
P.E.D. GALV.	9.24	12.7							
F[illegible] NORM	12.5	18.2	23.9	37.4	45.8	88.4	101.4	113.9	237.1
FLEX. IMP.	33.3	48.4	67.6	104	135.2	225.7	697.9	976.6	1382
ALUM. P.G.	205.9	263	385	528.8	632.7	844.3	1364.7	1785.9	2502.9
PL. RIG. LIG.	6.3	8.3	10.7	17.9	21.8	31.5			
PL. RIG. PES.	9.4	12.5	15.8	20.6	26.1	39.5	54.9	68.4	92.2
[illegible] FLEX POLYD.)	1.7	3.2	5.0	7.4	8.6	12.0		31.5	
SB. CEM.							38.7	44.5	58.9
[illegible]									32.2

TUBERIA PARED GRUESA

VS

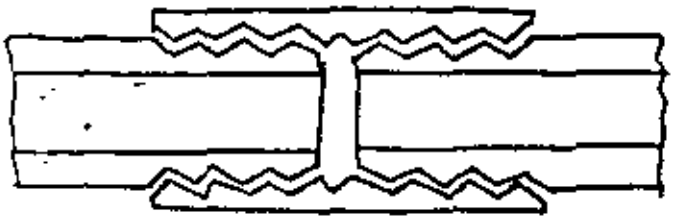
TUBERIA PARED DELGADA

DIFERENCIA:- P.G. se puede roscar.
P.D. no se puede roscar

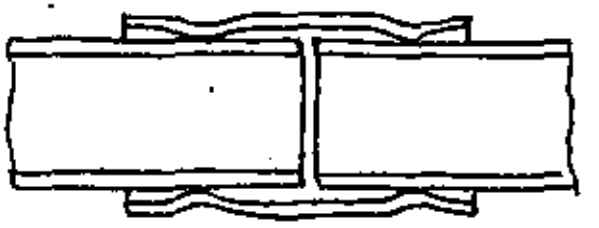
↓

ACOPLAMIENTO

P.G.



P.D.



MAS RIGIDEZ
MEJOR CONTINUIDAD.
MEJOR ESTANQUEIDAD.

TUBERIA PLASTICA

(POLYDUCTO)

PROBLEMAS.

•) ES COMBUSTIBLE

→ - SÓLO USARLA EMPOTRADA

•) NO ES ELECTRICAMENTE CONTINUA

→ - USAR UN CONDUCTOR EXTRA (DESNUDO) DE PUESTA A TIERRA

•) POCA RESISTENCIA MECANICA

→ - CUIDADO EXTRA.
- PROTECCIONES.

CONDICIONES de DISEÑO:

•) DIAMETRO MINIMO : 13mm (1/2") ART. 17-4

•) NUMERO PERMITIDO de CONDUCTORES:

→ LIMITADO POR: FACILIDAD DE → ART. 10-9
- COLOCAR
- REMOVER
- DISIPAR CALOR

•) AREA UTIL (FACTOR de RELLENO).

INSTALACION NUEVA.	1 CONDUCTOR	55%	de AREA INT
	2 CONDUCTORES	30%	" "
	3 ó MAS CONDUCTORES	40%	" "
REPARACION	1 CONDUCTOR	60%	" "
	2 CONDUCTORES	40%	" "
	3 ó MAS CONDUCTORES	50%	" "

EJEMPLO :-

4 CONDUCTORES # 14 — 34.8 mm²
2 CONDUCTORES # 8 — 19.0 mm²
3 CONDUCTORES # 10 — 43.0 mm²
9 COND. TOTAL - 156.8 mm² → 138 < 156.8 < 223

40%-19mm 40%-25mm

FACTOR RELLENO = 40%

∴ DEBE SER [25 mm]

TABLA DE FACTOR DE RELLENO EN INSTALACIONES ELECTRICAS -

TUBERIA CONDUIT JUPITER

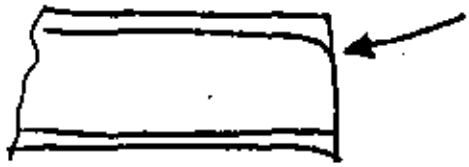
DIAMETRO NOMINAL EN mm.	DIAMETRO INTERIOR EN mm.	SECCION INTERIOR EN mm²	SECC. UTIL EN INSTALACIONES NUEVAS 1 COND. 53%	2 COND. 31%	3 COND. 43%	4 Ó MAS 40%	SECC. UTIL EN REPARACION 1 COND. 60%	2 COND. 40%	3 Ó MAS 50%
13	17.45	241.9	104	61	84	76	116	76	91
19	22.36	392.3	182	107	148	138	206	123	172
25	28.20	624.5	295	173	240	223	334	223	279
32	36.70	1 057.7	511	299	415	386	579	321	481
36	42.60	1 425.0	696	407	565	526	788	523	657
51	54.34	2 313.1	1 147	671	931	866	1 299	663	1 081
63	66.16	3 437.5	1 637	957	1 328	1 236	1 853	1 236	1 546
76	82.06	5 288.5	2 527	1 478	2 057	1 907	2 861	1 907	2 384
102	106.70	8 941.6	4 353	2 546	3 532	3 285	4 928	3 285	4 107

SECCION DE CONDUCTORES CON FORRO TW

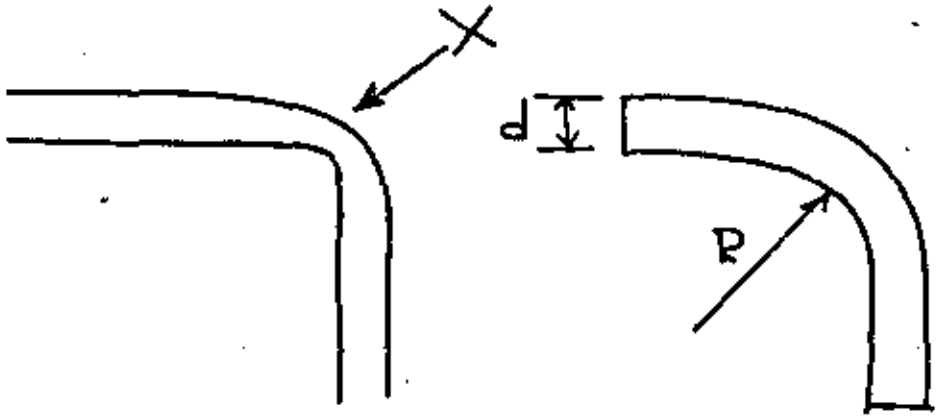
CALIBRE AWG O MC	DIAMETRO APROX. m.m.	SECCION APROXIMADA m.m²	2 HILOS m.m²	3 HILOS m.m²	4 HILOS m.m²	5 HILOS m.m²	6 HILOS m.m²	7 HILOS m.m²	8 HILOS m.m²
18	2.69	5.683	11.4	17.0	22.7	28.4	34.1	[illegible]	45.5
16	3.00	7.069	14.1	21.2	28.3	35.3	42.4	[illegible]	56.6
14	3.33	8.709	17.4	26.1	34.8	43.5	52.3	[illegible]	69.7
12	3.76	11.104	22.2	33.3	44.4	55.5	66.6	[illegible]	88.8
10	4.27	14.320	27.6	43.0	57.3	71.6	85.9	101.2	114.6
8	5.20	26.330	52.7	79.0	105.3	131.7	158.0	184.3	210.6
6	8.20	52.812	109.6	158.4	211.2	264.1	316.9	369.7	422.5
4	9.54	70.138	140.3	210.4	266.0	350.7	420.8	491.0	561.1
3	10.19	81.583	163.1	244.7	326.2	407.8	489.3	570.8	652.4
2	11.00	95.033	190.1	285.1	380.1	475.2	570.2	665.2	760.3
1	12.90	130.698	261.4	392.1	522.7	653.5	784.2	914.9	1 045.6
0	13.94	152.621	305.2	457.9	610.6	763.1	915.7	[illegible]	1 221.0
00	15.11	179.316	358.6	537.9	717.3	896.6	1 075.9	[illegible]	1 434.5
000	16.43	211.014	422.0	633.0	844.1	1 055.1	1 266.1	[illegible]	1 688.1
0000	17.91	251.931	503.6	755.8	1 007.7	1 259.7	1 511.6	[illegible]	2 015.4
250 000	20.02	314.188	629.6	944.4	1 259.2	1 573.9	1 888.7	[illegible]	2 518.3
300,000	21.42	360.017	720.0	1 080.1	1 440.1	1 800.1	2 160.1	2 520.1	2 880.1
350,000	22.73	405.779	811.6	1 217.3	1 623.1	2 029.4	2 435.7	2 842.4	3 645.4
400,000	23.93	449.754	899.5	1 349.3	1 799.0	2 248.8	2 698.5	3 148.3	3 598.0
500,000	26.14	536.662	1 073.3	1 610.0	2 146.6	2 683.3	3 220.0	[illegible]	4 293.3
600,000	29.03	661.687	1 323.3	1 985.7	2 647.5	3 309.4	3 971.3	4 633.2	5 295.1
700,000	30.48	729.629	1 459.3	2 189.0	2 918.3	3 647.7	4 378.0	5 107.3	5 837.3
800,000	32.50	832.043	1 664.3	2 497.9	3 330.6	4 163.2	4 995.9	5 828.5	6 661.1
900,000	34.16	916.496	1 833.0	2 749.5	3 665.9	4 582.4	5 499.0	6 415.2	7 332.0
1,000,000	35.66	996.740	1 997.0	2 995.0	3 995.0	4 994.0	5 992.0	6 991.0	7 990.0

CONDICIONES de MONTAJE :-

① ESCARIADO

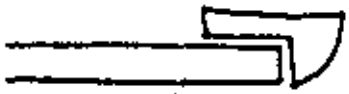


② DOBLADO

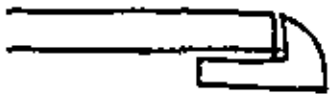


$R \geq 6d$

③ MONITORES:

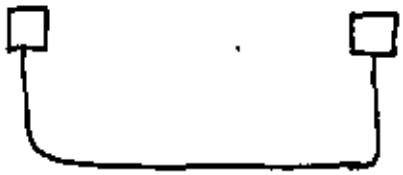


④ CURVAS :-



•) RECOMENDABLE → 2 de 90°

Nº MAXIMO

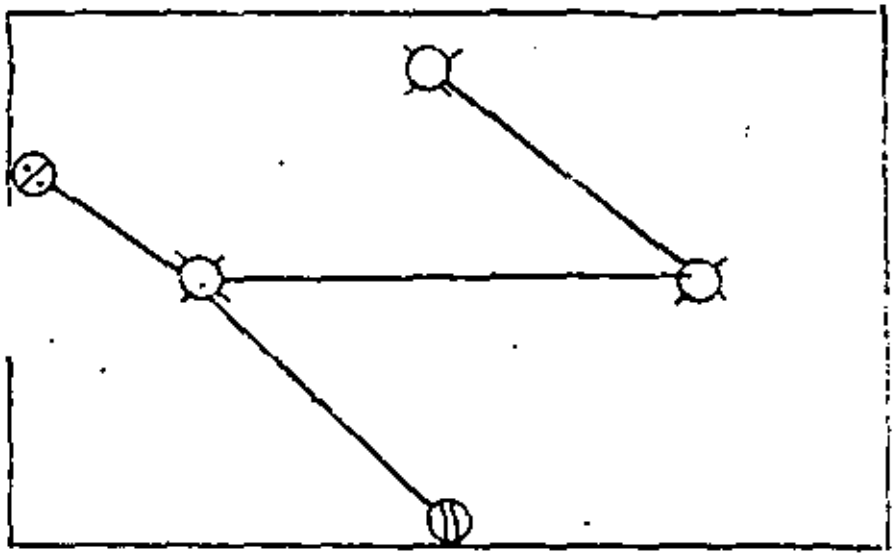


•) PERMITIDO → 4 de 90° (CON RADIO AMPLIO).

TRAYECTORIAS:

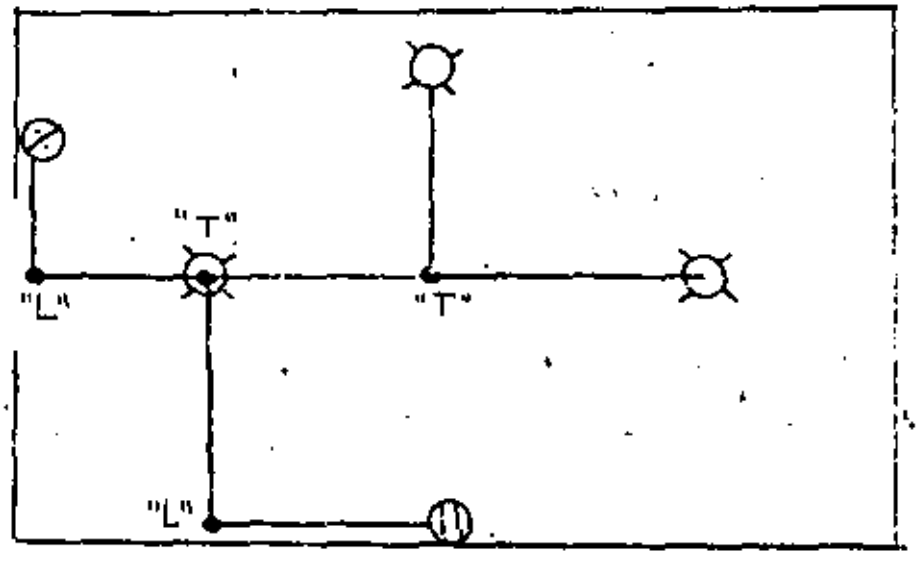
INSTALACION OCULTA:

TRAYECTORIAS LO MAS CORTAS POSIBLE



INSTALACION APARENTE:

TRAYECTORIAS PARALELAS a EJES ESTRUCTURALES



CAJAS de CONEXIONES

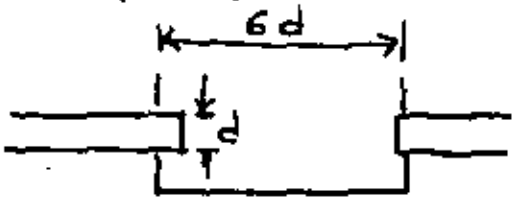
•) LOS CONDUCTORES DEBEN SER CONTINUOS EN EL INTERIOR DE LAS TUBERIAS

•) FIN CAJAS:
- •) CONEXION a UTILIZACION
- •) CONEXIONES de CABLES
- •) FACILIDAD PARA CABLEAR.

•) DIMENSIONES CAJAS:-

PROFUNDIDAD MINIMA (22-2) → 35mm (13mm EX.)

ANCHO MINIMO (22-3)



•) NUMERO MAXIMO de CONDUCTORES CONTENIDO:-

VOLUMEN OCUPADO POR CONDUCTORES MAS CONEXIONES $\leq$ 60% del Volúmen interior ó espacio Libre

Nº CONDUCTORES EN CAJAS

Table 370-6(a)(1). Deep Boxes

Box Dimensions, Inches Trade Size	Cubic Inch Cap.	Maximum Number of Conductors			
		No. 14	No. 12	No. 10	No. 8
4 x 1½ Octagonal	10.9	5	4	4	3
4 x 1½ "	11.9	5	5	4	3
4 x 1½ "	17.1	8	7	6	5
4 x 2⅛ "	23.6	11	10	9	7
4 x 1½ Square	22.6	11	10	9	7
4 x 2⅛ "	31.9	15	14	12	10
4 11/16 x 1½ Square	32.2	16	14	12	10
4 11/16 x 2⅛ "	46.4	23	20	18	15
3 x 2 x 1½ Device	7.9	3	3	3	2
3 x 2 x 2 "	10.7	5	4	4	3
3 x 2 x 2½ "	13.3	5	5	4	3
3 x 2 x 2¾ "	13	6	5	5	4
3 x 2 x 2½ "	14.8	7	6	5	4
3 x 2 x 3½ "	18.3	9	8	7	6
4 x 2⅛ x 1½ "	11.1	5	4	4	3
4 x 2⅛ x 1⅞ "	13.9*	6	6	5	4
4 x 2⅛ x 2⅛ "	15.6	7	6	6	5

*See Section 370-18 where boxes are used as pull and junction boxes.

Table 370-6(a)(2). Shallow Boxes

Box Dimensions, Inches Trade Size	Maximum Number of Conductors		
	No. 14	No. 12	No. 10
3½	4	4	3
4	6	6	4
4 x 1½ Square	9	7	6
4 11/16	8	6	6

Any box less than 1½-inch deep is considered to be a shallow box.

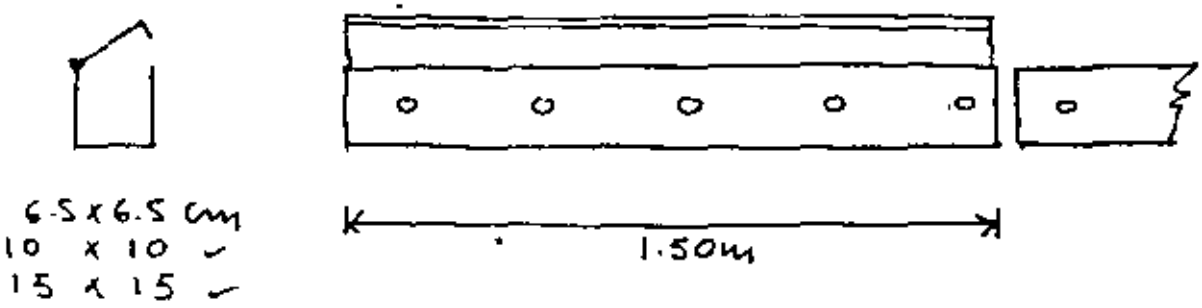
Table 370-6(b). Volume Required Per Conductor

Size of Conductor	Free Space Within Box for Each Conductor
No. 14	2. cubic inches
No. 12	2.25 cubic inches
No. 10	2.5 cubic inches
No. 8	3. cubic inches
No. 6	5. cubic inches

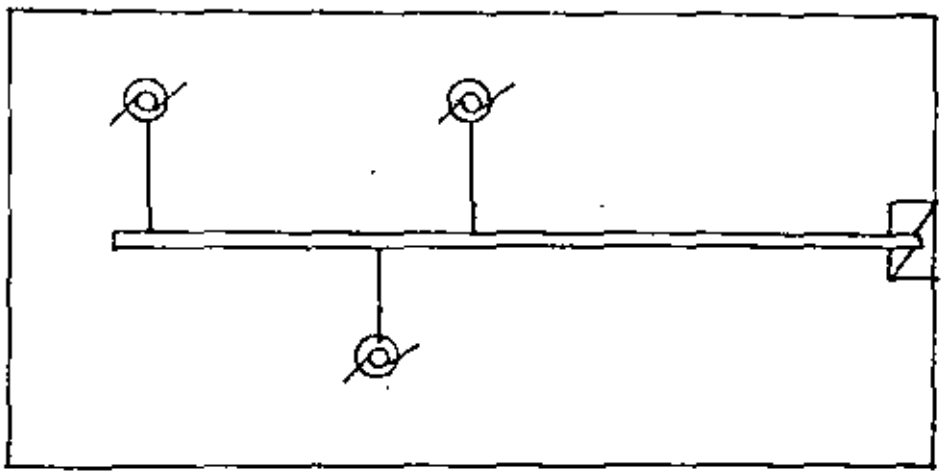
CANALIZACION a BASE de DUCTOS METALICOS

- •) DUCTO EMBISAGRADO (Lay-In)
- •) DUCTO ALIMENTADOR (Feed-In)
- •) DUCTO DISTRIBUIDOR (Plug-In).

I) DUCTO EMBISAGRADO (ART. 20).-

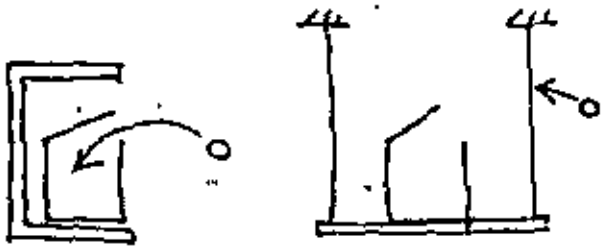


USO: -



LIMITACIONES:-

- INTERIORES
- APARENTES
- LUGARES SECOS
- NO EXPUESTO a DAÑO MECANICO
- NO EXPUESTO a GASES, VAPORES, etc.
- NO MAS de 30 CONDUCTORES (excepto control)
- SOPORTE CADA 1.5m. (3m → construcciones especiales).



- PUEDEN EXISTIR CONEXIONES INTERIORES, CON UN FACTOR de RELLENO de 75%. (NEC-362-6).

VENTAJAS:-

- INSTALACION RAPIDA
- CABLEADO SENCILLO
- GRAN FLEXIBILIDAD
- ECONOMIA vs SECCIONES EQUIVALENTES de TUBERIA. (Fact. Relleno = 40%).

COSTO POR mm^2 UTILIZABLE :-

			AREA UTIL (mm^2)	COSTO (%)
TUBO	CONDUIT. GALV	13mm.	78	100
✓	✓	19 ✓	136	83
✓	✓	25 ✓	222	77
✓	✓	32 ✓	390	66
✓	✓	38 ✓	530	61
✓	✓	51 ✓	870	47
✓	✓	64 ✓	1240	66
✓	✓	76 ✓	1590	64
✓	✓	101 ✓	3300	48
DUCTO	6.5x6.5cm		1690	54
DUCTO	10x10cm.		4000	27
DUCTO	15x15cm		9000	24

DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO

Número máximo de conductores de un mismo calibre que pueden ser alojados en los ductos.

No requiere degradación de la capacidad del conductor hasta más de 10 conductores.

Calibre del conductor	Area del cable con forro en cm² Tipo TW-THW	No. Máximo de Conductores en Ducto T		
		5.5 x 6.5 cm	10 x 10 cm.	15 x 15 cm.
14	0.102	92	237	533
12	0.132	72	186	420
10	0.166	55	142	321
8	0.322	30	78	176
6	0.515	15	39	87
4	0.650	11	29	66
3	0.765	9	25	57
2	0.950	8	21	48
1	1.267	6	15	35
0	1.474	5	[illegible]	30
00	1.767	4		25
000	2.011	3	7	21
0000	2.435	3	8	18
250000	3.046	2	6	14
300000	3.496	2	5	12
400000	4.374	1	4	10
500000	5.183	1	3	6

EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS, [illegible] el número de los que se pueden instalar en un ducto, [illegible] que los ductos en exceso de 30, sean para circuitos de señales [illegible] para que [illegible] se quen solamente en el período de arranque.

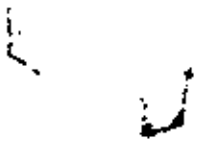
REGISTRO

NIPLE

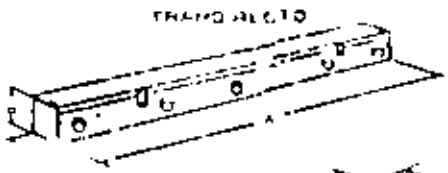
ADAPTADOR

TEE

REDUCTOR

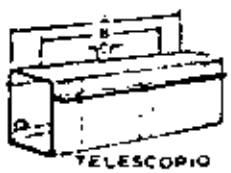


TELESCOPIO

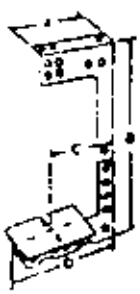


TRAMO RECTO

CODO 90°

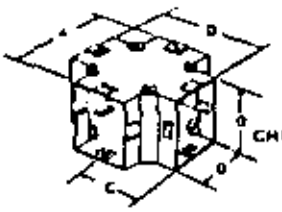


TELESCOPIO

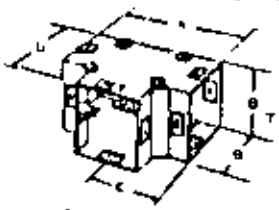


COLGADOR

ADAPTADOR



CRUZ



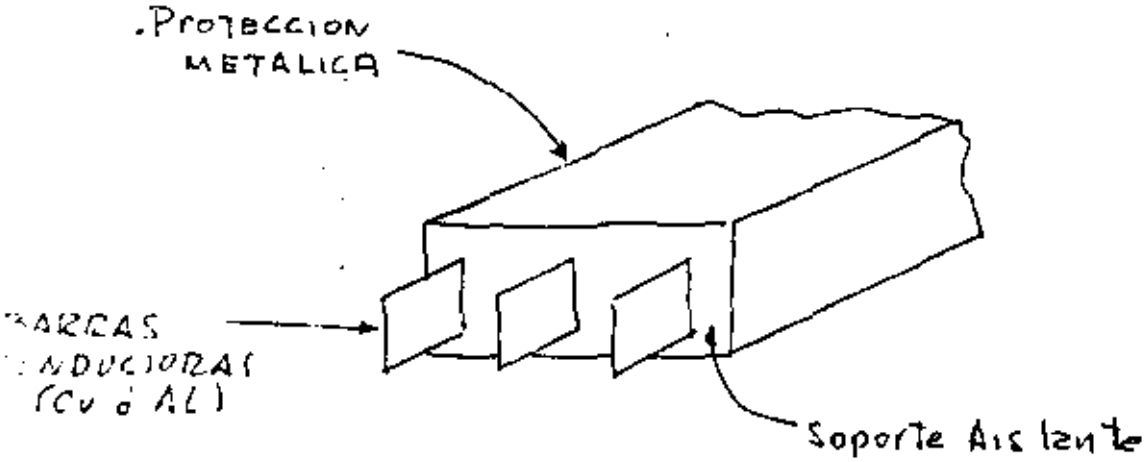
TEE

DUCTO CUADRADO DIMENSIONES

(Acotaciones en mm.)

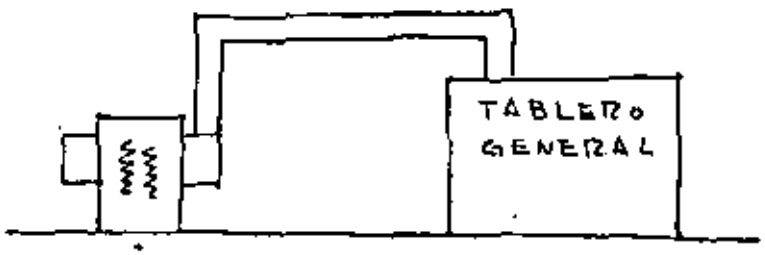
DUCTO 5.5 x 6.5 cm					DUCTO 10 x 10 cm					DUCTO 15 x 15 cm				
CAT. No	A	B	C	D	CAT. No	A	B	C	D	CAT. No	A	B	C	D
[illegible]	104	66	66	—	LD41	304	105	105	—	LD61	304	155	155	—
[illegible]	[illegible]	66	66	—	LD42	609	105	105	—	LD62	609	155	155	—
[illegible]	[illegible]	66	66	—	LD45	1524	105	105	—	LD65	1524	155	155	—
LD490L	[illegible]	66	84	117	LD490L	157	105	105	[illegible]	LD690L	224	157	144	224
[illegible]	[illegible]	66	—	72	LD445L	89	105	—	89	LD645L	127	157	—	127
[illegible]	59	66	—	59	LD425L	67	105	—	67	LD625L	92	157	—	92
[illegible]	168	66	84	117	LD4T	206	105	103	156	LD6T	289	156	144	222
[illegible]	168	66	84	168	LD4J	206	105	103	206	LD6J	289	156	144	289
—	—	—	—	—	LD4PU	367	105	—	367	LD6PU	500	156	—	500
LD2TF	381	212	11	—	LD4TF	381	212	13	—	LD6TF	381	212	13	—
LD2H	110	204	81	117	LD4H	110	215	100	152	LD6H	138	231	129	206
LD27A	82	67	82	—	LD44A	82	135	130	—	LD66A	113	156	154	—

DUCTO ALIMENTADOR



USO :- ALIMENTAR GRANDES CARGAS

EJ :-



VENTAJAS:-
- BAJA IMPEDANCIA
- RESISTENCIA MECANICA
- RESISTENCIA a CTES C.C.
- FACILIDAD de INSTALACION

DUCTO ALIMENTADOR - USO

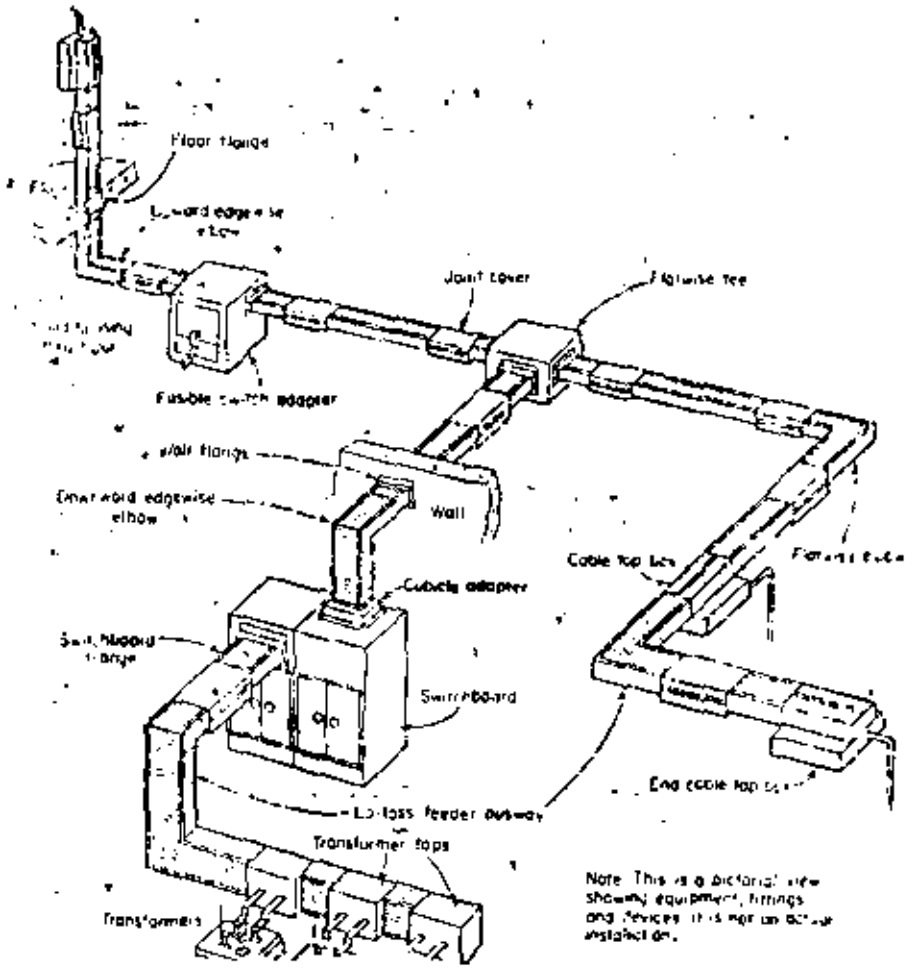
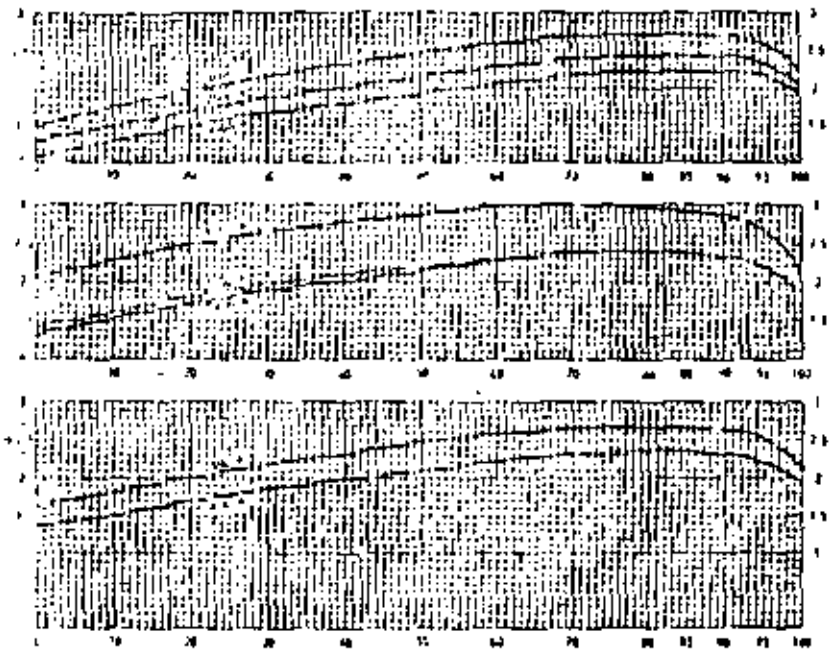


FIG. 162 *Typical low-voltage-drop feeder bus-way system. (National Electric Prod., H. K. Porter Co., Inc.)*

ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN

CURVAS DE CAIDA DE VOLTAJE

ELECTRODUCTO DE COBRE FEED-IN 3 POLOS - 600A.
Promedio de caída de voltaje en volts de línea a línea por 100 pies de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga trifásica balanceada al final de la trayectoria.*



Promedio de caída de voltaje en volts por 100 pies de longitud.

FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA

TABLA DE CAIDA DE VOLTAJE

Ampacidad en Amperes	R Resistencia en Ohms por 100 pies línea a neutro	X Reactancia en Ohms por 100 pies línea a neutro	FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA												
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95	100
600	[illegible]	[illegible]	1.67	1.82	2.01	2.18	2.34	2.46	2.57	2.64	2.67	2.65	2.61	2.52	2.12
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.33	1.52	1.68	1.85	1.99	2.12	2.21	2.31	2.35	2.35	2.32	2.26	1.94
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.46	1.64	1.80	1.95	2.08	2.19	2.29	2.35	2.38	2.36	2.32	2.23	1.87
1150	[illegible]	[illegible]	2.06	2.29	2.47	2.63	2.77	2.88	2.97	3.01	2.98	2.94	2.86	2.72	2.17
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.39	1.57	1.74	1.89	2.03	2.16	2.25	2.33	2.36	2.35	2.32	2.25	1.91
2000	[illegible]	[illegible]	1.14	1.33	1.50	1.67	1.81	1.95	2.06	2.15	2.21	2.22	2.21	2.17	1.91
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.30	1.50	1.69	1.86	2.02	2.13	2.29	2.38	2.44	2.45	2.44	2.38	2.08
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.56	1.77	1.98	2.16	2.34	2.47	2.54	2.66	2.72	2.72	2.76	2.67	2.24

Con el fin de calcular para electroducto de 1000 Amps. con 50 % de F.P.

Caída de voltaje: $V = I \times (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta)$

$V = 1000 \times (.00105 \times .50 + .00034 \times .866)$

2.19 Volts / 100 pies

Notas: 1.- Para caída de voltaje línea a línea, carga trifásica balanceada de 4 hilos, usar los valores de las curvas o tabla.

2.- Para caída de voltaje línea a neutro, carga trifásica balanceada, multiplíquense los valores por 0.577.

3.- Para caída de voltaje en sistema monofásico, multiplíquense los valores por 1.15.

4.- Para valores de corriente diferentes al nominal, multiplíquense los valores por la relación $\frac{\text{corriente real}}{\text{corriente nominal}}$

5.- Para diferentes longitudes, multiplíquense los valores por la relación $\frac{\text{long. real en pies}}{100 \text{ pies}}$

6.- Para caídas de voltaje al final de la trayectoria con carga uniformemente distribuida, usar la mitad de los valores.

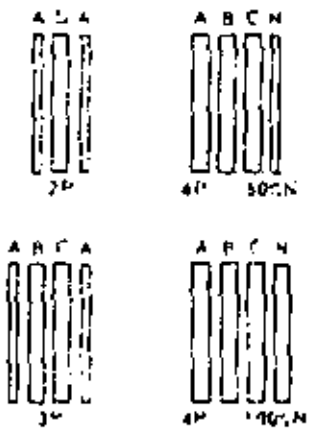
ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN

CONTENIDO DE SOLERAS DE COBRE, PESO Y DIMENSIONES

RANGO EN AMPERES	CONTENIDO SOLERAS DE COBRE (mm.)			PESO POR METRO EN kG.				DIMENSIONES EN mm.				
	FASE "A" 2 y 3 POLOS	B0-2P, B0, C-3P 0A, B, C y 100% N-4P.	50% NEUTRO	2P.	3P.	50% N 4P.	100% N 4P.	H	W 2P.	W 3P	W 50% N 4P.	W 100% N 4P.
600A	25–3X51	35–6X51	15–3X51	25	30	31.5	33	219	54	67	70	73
800A	25–3X76	35–6X76	15–3X76	27.5	34.5	36.5	39	219	54	67	70	73
1000A	25–3X101	35–6X101	15–3X101	30.5	39	42	45	219	54	67	70	73
1200A	25–4X101	35–8X101	15–4X101	33.5	43	47	51	219	57	72	76	80
1600A	25–3X152	35–6X152	15–3X152	44	57	61	66	321	54	67	70	73
2000A	45–3X101	75–4X101	25–3X101	50	66	71.5	77	321	54	67	70	73
2500A	45–3X114	75–6X114	† 25–3X114	59	78	84	90	422	54	67	70	73
3000A	45–3X152	75–6X152	25–3X152	68	91	100	108	422	54	67	70	73
4000A	85–3X101	45–6X101	45–3X101	100	131	143	154	—	—	—	—	—
5000A	85–3X114	45–6X114	45–3X114	118	155	168	180	—	—	—	—	—
6000A	85–3X152	45–6X152	45–3X152	136	182	200	216	—	—	—	—	—

* *Soleras dobladas en 4000A, son 2 de 2000A, en 5000A, son 2 de 2500A, en 6000A, son 2 de 3000A.*
† *Hueco especiales, 76 mm. (entre ejes centro).*

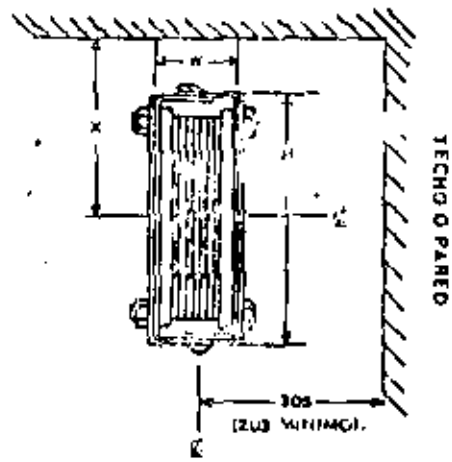
ACOMODO DE SOLERAS



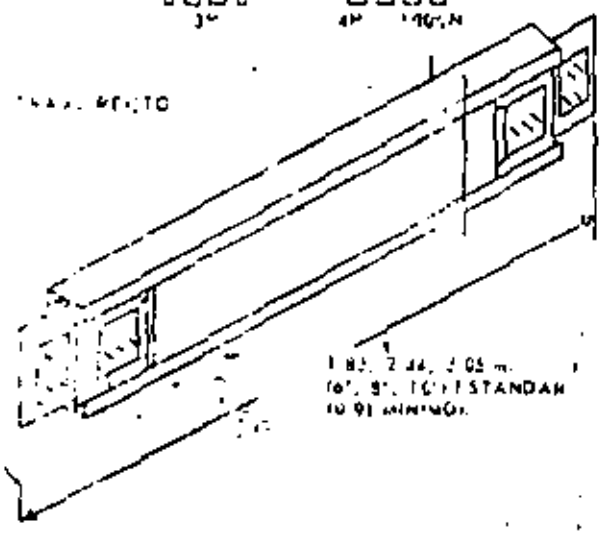
Espacio recomendado al techo o pared.

RANGO AMPERES	X (mm.)
600–1000	203
1350	203
1600–2000	254
2500–3000	305

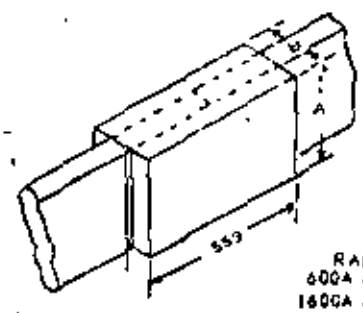
TECHO O PARED



TRAMO RECTO



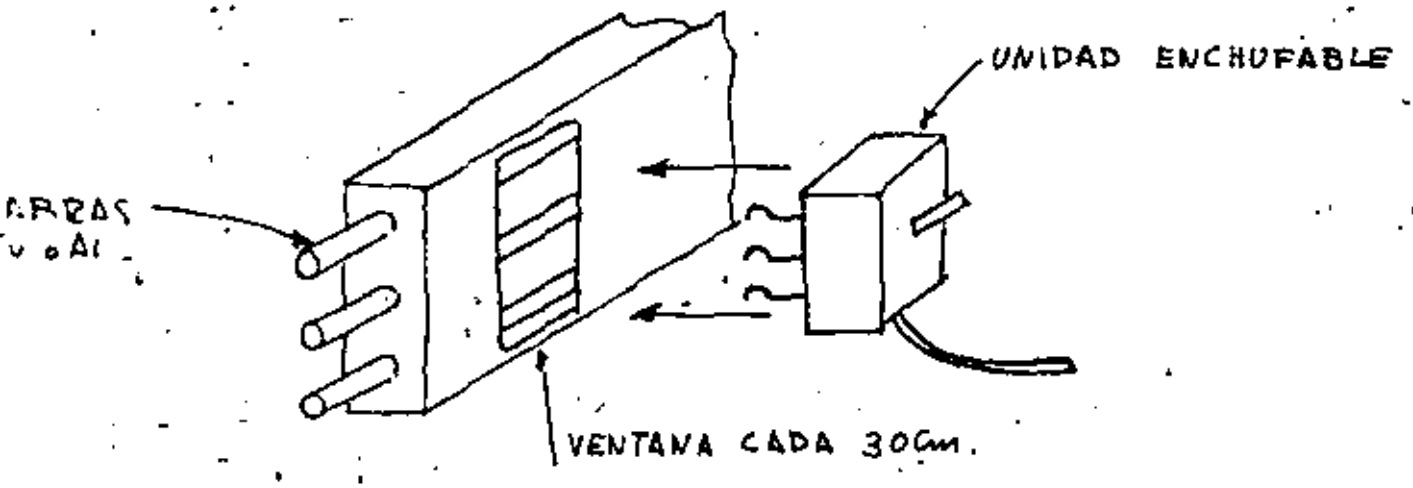
ENSAMBLE DE UNION

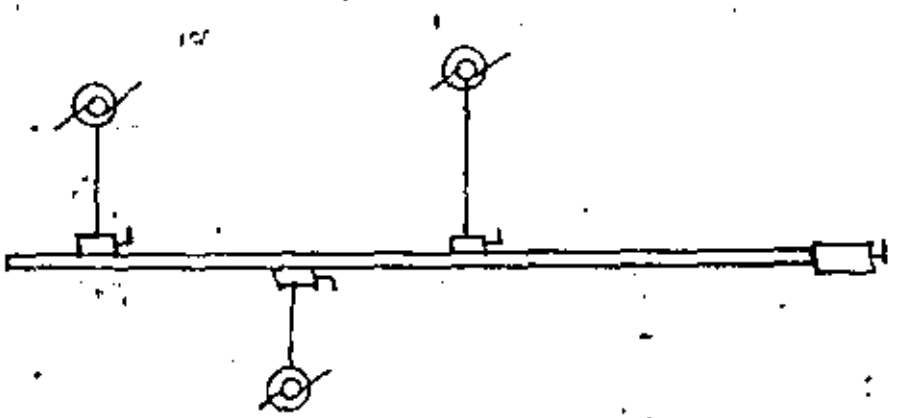


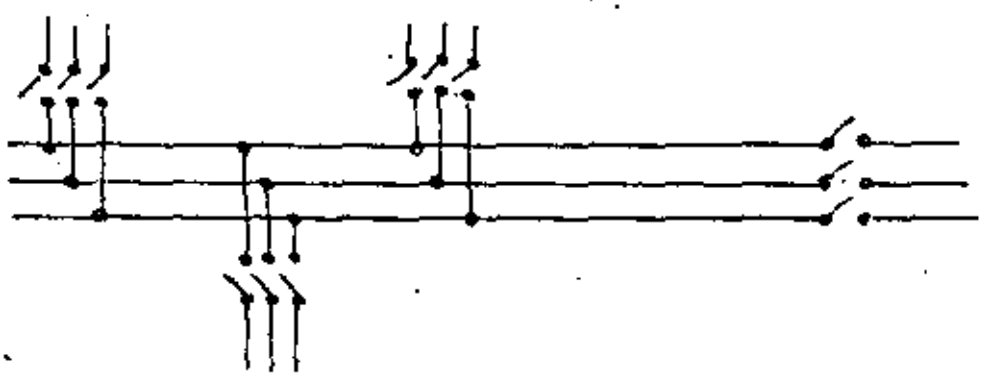
POLOS	B
2	179
3	190
4	203

RANGO	A
600A a 1350A	228
1600A a 2000A	330
2500A a 3000A	432

DUCTO DISTRIBUIDOR







EQUIVALE A UN TABLERO DE DISTRIBUCION DESARROLLADO SOBRE EL AREA DE TRABAJO.

VENTAJA PRINCIPAL:

- MAXIMA FLEXIBILIDAD.
- RAPIDEZ INSTALACION.

DUCTO DISTRIBUIDOR

USO

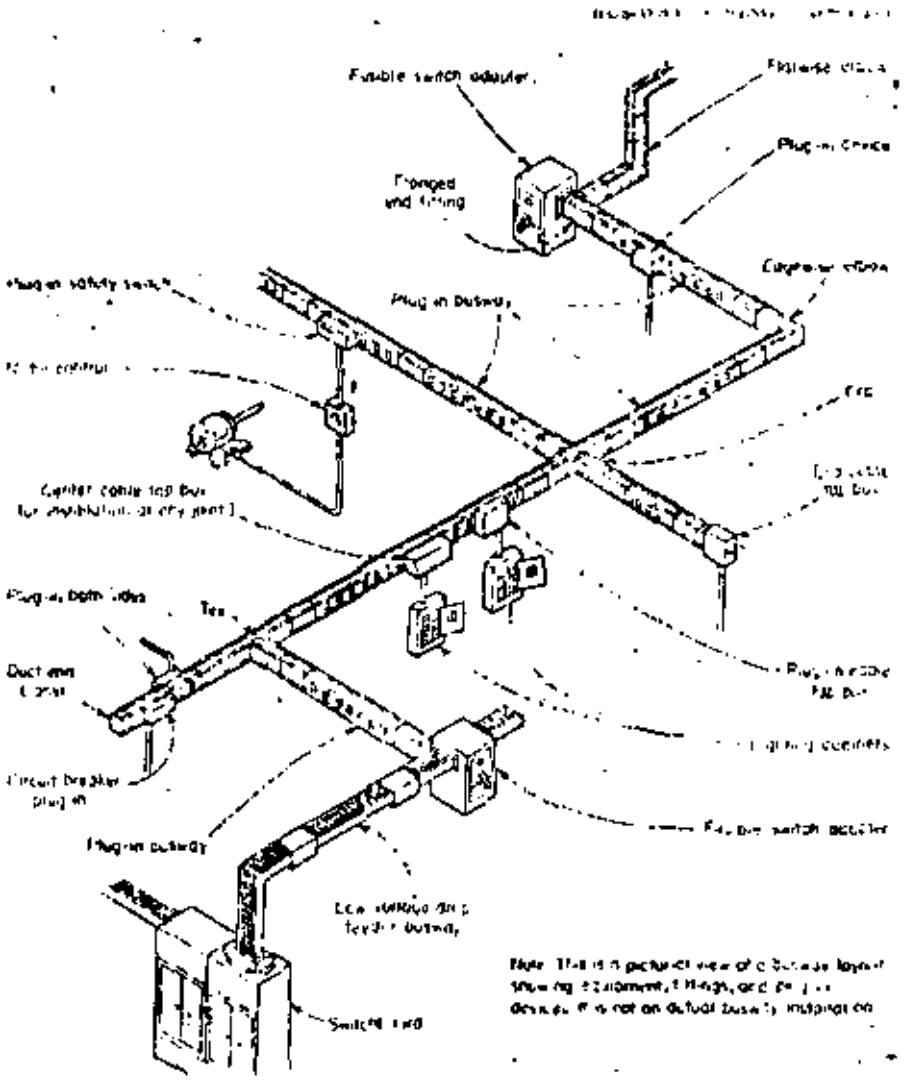
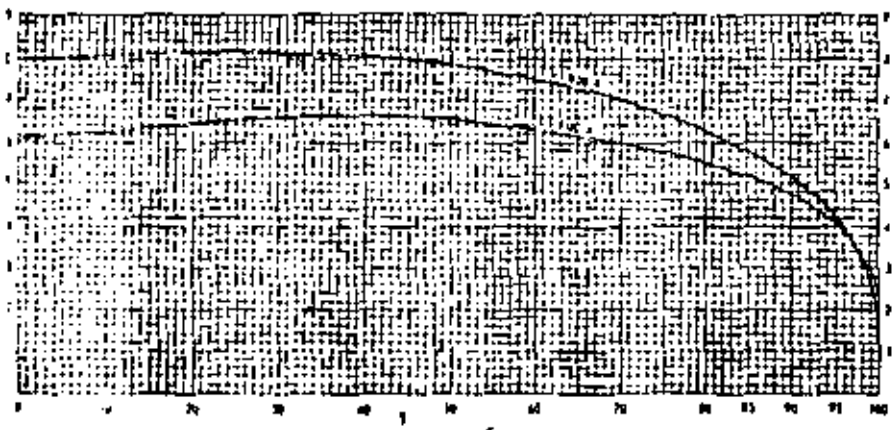


Fig. 10-1. Typical plan in business space-type system. Sylvania Electric Products, H. K. Porter Co., Inc.

CURVAS Y TABLA DE CAIDA DE VOLTAJE

Electroducto de cobre Plug-in de 4 polos 600 Volts.
Promedio de caída de voltaje en volts de línea a línea por 100 pies de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga trifásica balanceada al final de la travectoria.

PROMEDIO DE CAIDA DE VOLTAJE EN VOLTS POR 100 PIES DE LONGITUD.



FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA

Amperes	Capacidad en KVA	Resistencia en Ohms por 100 pies línea a neutro	FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA												
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95	100
[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.72	[illegible]	3.36	3.64	3.89	4.12	4.28	4.40	4.44	4.42	4.34	4.18	3.81
[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.98	5.16	5.30	5.36	5.38	5.34	5.21	4.98	4.62	4.36	4.01	3.48	2.84
[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.63	7.80	7.90	7.91	7.84	7.68	7.38	6.95	6.26	5.82	5.24	4.40	2.13
[illegible]	[illegible]	[illegible]	6.08	[illegible]	6.43	6.53	6.53	6.45	6.30	5.98	5.53	5.22	4.77	4.12	2.38
[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.95	8.07	8.14	8.15	8.03	7.81	7.46	6.95	6.25	5.77	5.14	4.26	1.89

1 [illegible] *Carga trifásica balanceada de 1,000 Amps., con 50% de F. P.*

[illegible] *Caída de voltaje = $\sqrt{3}$ [illegible] (R cos Ø + X sen Ø)*
= $\sqrt{3}$ [illegible] (.00047,.00109X.50+.00358X.866)
= $\sqrt{3}$ [illegible] [illegible](.00351)=7.81 Volts./100 pies

NOTAS: 1.- Para caída de voltaje línea a línea, carga trifásica balanceada de 4 hilos, usar los valores de las curvas o tabla.
2.- Para caída de voltaje línea a neutro, carga trifásica balanceada, multiplíquense los valores por 0.577.
3.- Para caída de voltaje en sistema monofásico, multiplíquense los valores por 1.15.
4.- Para valores de corriente diferentes al nominal, multiplíquense los valores por la relación $\frac{\text{corriente real}}{\text{corriente nominal}}$
5.- Para diferentes longitudes, multiplíquense los valores por la relación $\frac{\text{long. real en pies}}{100 \text{ pies}}$
6.- Las caídas de voltaje al final de la travectoria con carga uniformemente distribuida, usar la mitad de los valores.

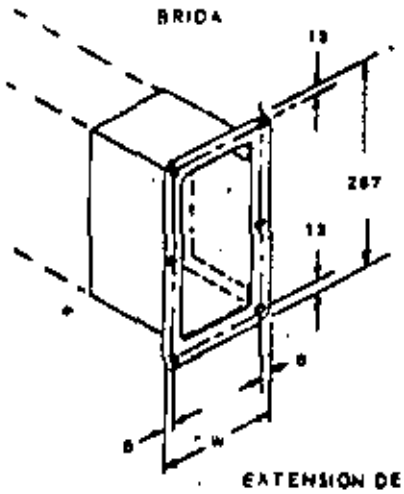
ELECTRODUCTO DE ENCHUFAR PLUG-IN.

CONTENIDO DE ALUMINIO O COBRE Y PESOS APROXIMADOS

RANGO EN AMPERES	TUBO O BARRA DE ALUMINIO		TUBO O BARRA DE COBRE		PESO POR METRO EN KG					
	FASES	NEUTRO	FASES	NEUTRO	CON ALUMINIO			CON COBRE		
					2P.	3P.	3 Ø + N	2P.	3P.	3 Ø + N
225 A.	1-T 22 Dia. Ext. 1.5 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 1.5 Pared	1-T 22 Dia. Ext. 1.2 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 0.8 Pared	12.0	12.3	12.6	12.5	13.1	13.8
400 A.	1-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	1-T 22 Dia. Ext. 4.3 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 2.9 Pared	13.2	14.6	15.6	15.9	17.6	19.8
600 A.	———	———	1-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	—	—	—	18.2	21.6	25.2
800 A.	2-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	2-T 22 Dia. Ext. 4.3 Pared	2-B 16 Dia.	16.2	18.4	19.4	21.0	25.4	27.4
1000 A.	———	———	2-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	—	—	—	26.0	33.0	35.0

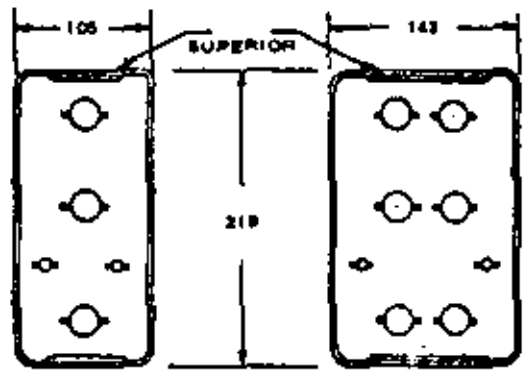
DIMENSIONES EN mm. DATOS POR FASE.

BRIDA



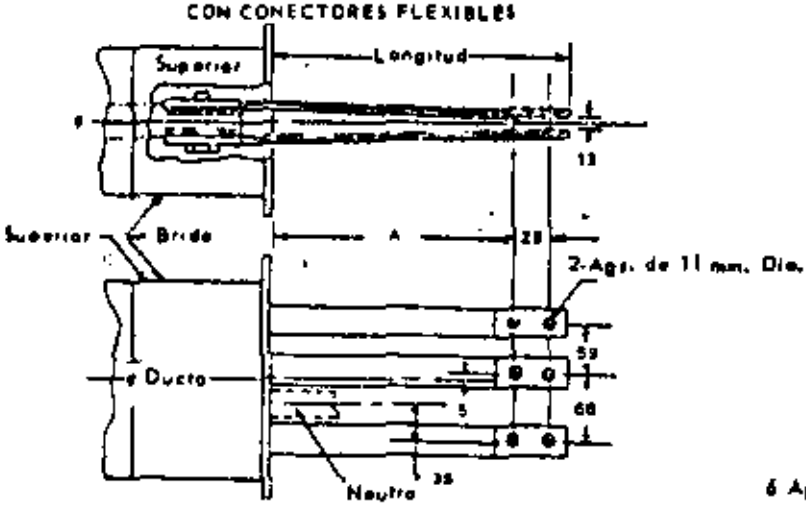
RANGO	W (mm.)
225A. 400A. 600A.	143
800A. 1000A.	181

DIMENSIONES SECCION TRANSVERSAL

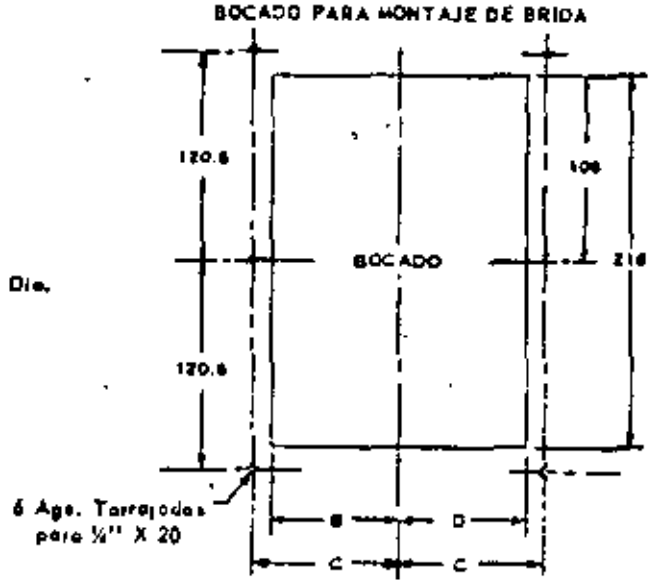


225A., 400A., 600A. — 800A. Y 1000A.

EXTENSION DE BUS CON CONECTORES FLEXIBLES



BOCADO PARA MONTAJE DE BRIDA



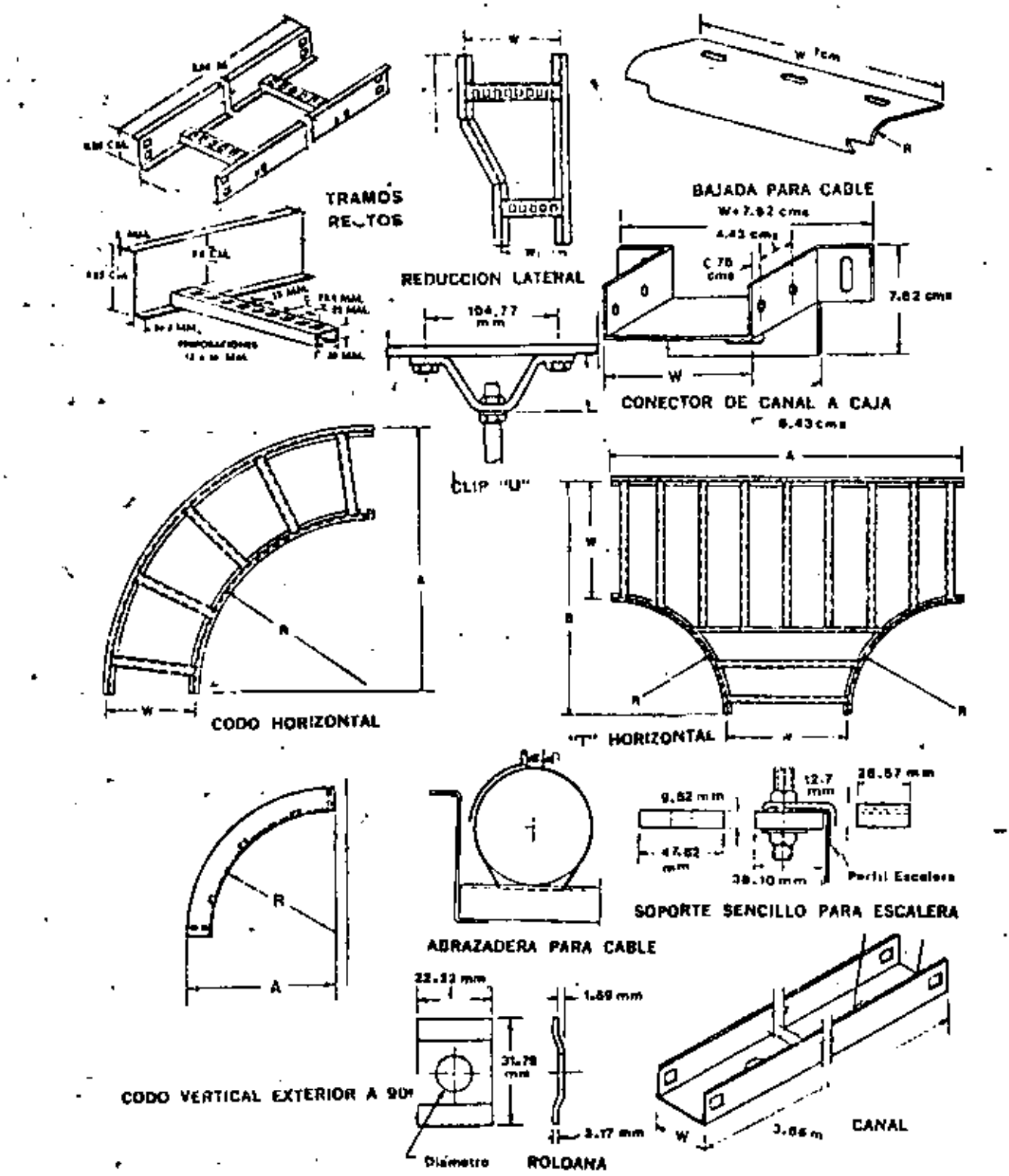
225A., 400A., 600A. B=54, C=63.5

800A. Y 1000A. B=73, C=82.5

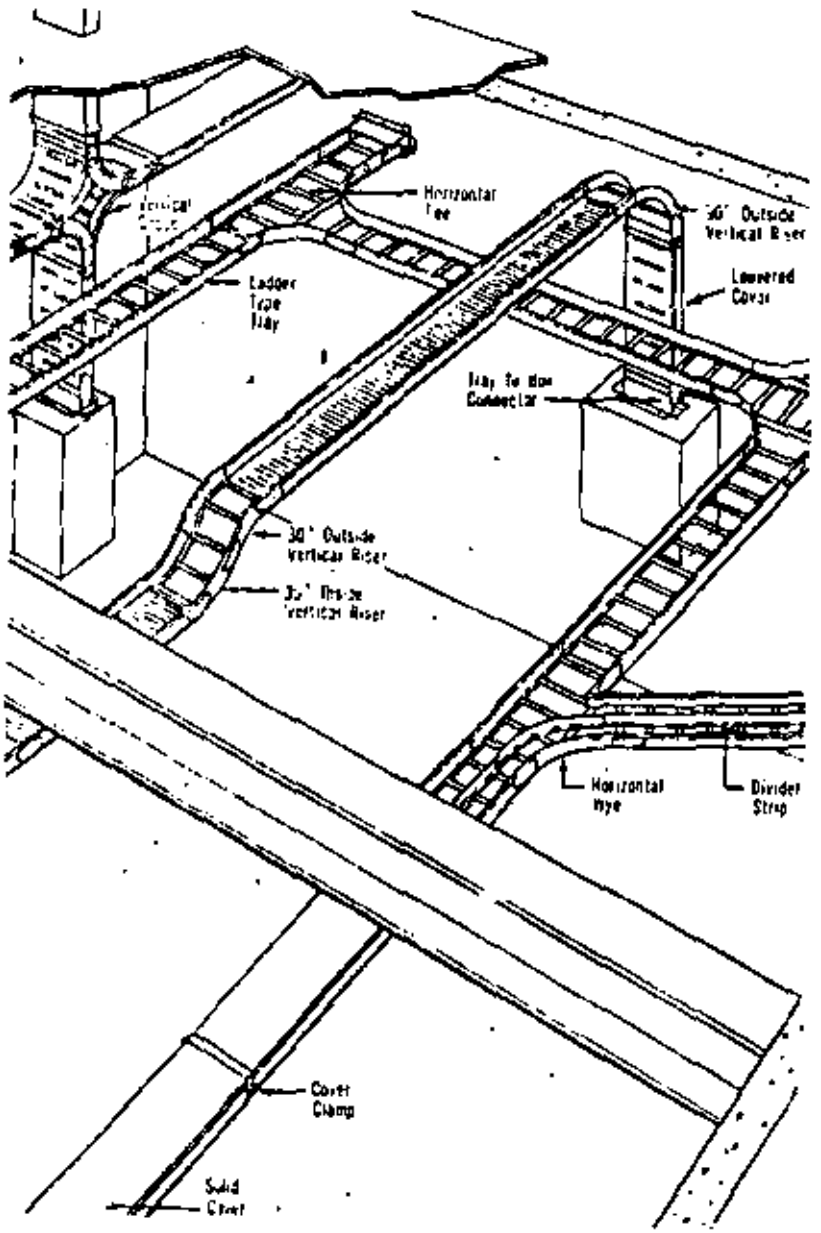
LONGITUD		A
mm	PIES	
305	1	287
610	2	571
914	3	856

Acot. en mm.

SISTEMA de CHAROLAS ó ESCALERAS



SISTEMA DE CHAROLAS. USO:



USO :-

- GRANDES CANTIDADES de CONDUCTORES
- CONDUCTORES de GRAN SECCION
- NECESIDAD de GRAN FLEXIBILIDAD

RESTRICCIONES (NEC)

- DAÑO FISICO SEVERO
- AREAS CON AMBIENTE FACILMENTE COMBUSTIBLE
- AREAS donde existan MONTACARGAS.

·) DIMENSIONES NORMALES.

·) AREA UTIL:-

CHAROLAS		TUBO CONDUIT		
Ancho	Area Util	Diámetro	Area Total	Area Util
15.2 cm.	86.64 cm^2	5.08 cm.	20.25 cm^2	8.06 cm^2
30.4 "	173.28 "	6.35 "	31.61 "	12.70 "
45.7 "	260.49 "	7.62 "	45.80 "	18.32 "
60.9 "	346.56 "	10.16 "	81.29 "	32.25 "

Por lo tanto el número de tubos conduit necesarios, para tener la misma área útil que se tiene en escaleras es el siguiente:

CHAROLA.			NO. DE TUBOS. ø TUBO CONDUIT.			
Ancho		Area	5.08 *	6.35 *	7.62 *	10.16 *
cm.	Plg.	$cm.^2$	2"	2½"	3"	4"
15.2	6	86.64	10.8	6.8	4.8	2.7
30.5	12	173.28	21.6	13.6	9.4	5.4
45.7	18	260.49	32.5	20.6	14.3	8.3
60.9	24	346.56	43.2	27.2	18.8	10.8

CONDICIONES de DISEÑO -) CAPACIDAD CONDUCTORES

FACTORES DECREMENTALES POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN CHAROLAS.

La capacidad de corriente de estos cables es la misma que los instalados en aire, reduciéndose esta capacidad según el agrupamiento adoptado.

A) Cables con separación mantenida de uno a dos diámetros.

Número de Cables Verticales.	Número de Cables Horizontalmente.					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61

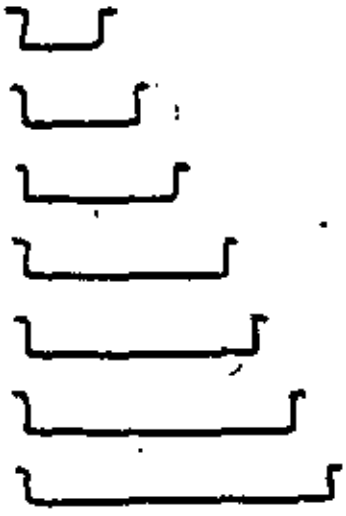
B) Cables sin separación

Número Total de Conductores	Factor	Número Total de Conductores	Factor
3	1.00	10-24 *	0.70
4-6	0.80	25-42 *	0.60
7-9	0.70	43 ó MAS *	0.50

CONDICIONES de DISEÑO

-) ANCHO CHAROLA ⟶ Nº de CABLES ⟶ ESPACIAMIENTO

15.2 cm
22.8 cm
30.48 cm
40.64 cm
45.72 cm
50.8 cm
60.96 cm



-) ESPACIAMIENTO TRAVESAÑOS

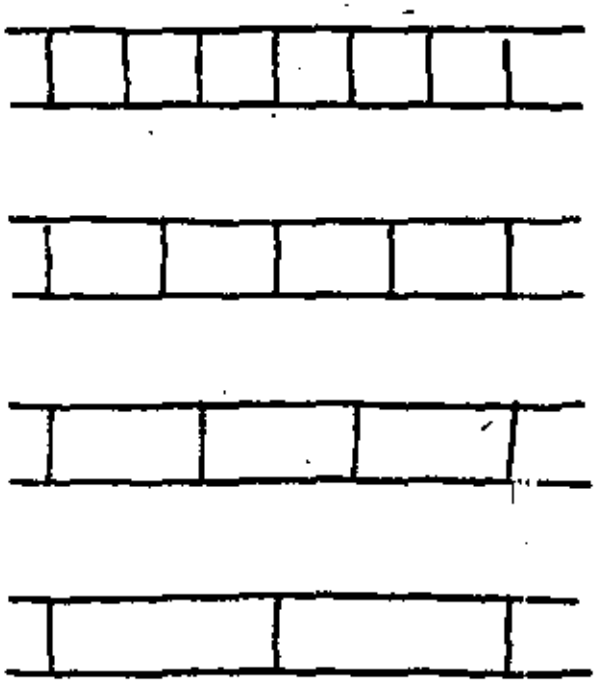
⟶ CALIBRE CONDUCTOR

15.24 cm

22.86 cm

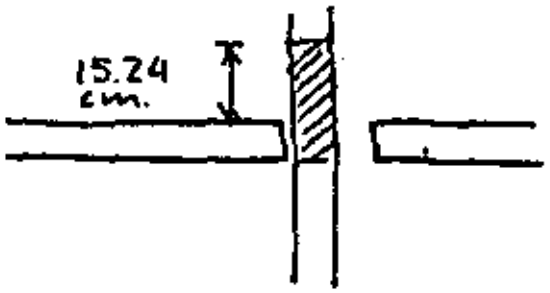
30.48 cm.

45.72 cm.

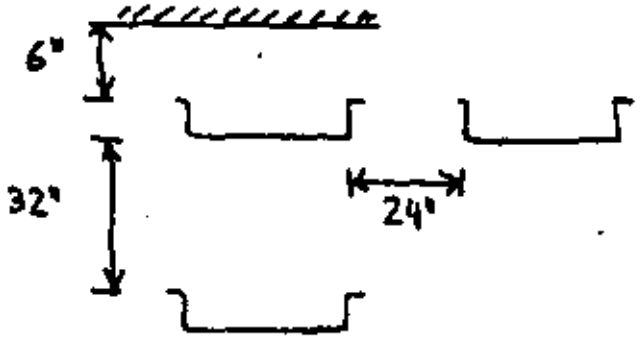


CONDICIONES de INSTALACION (NEC)

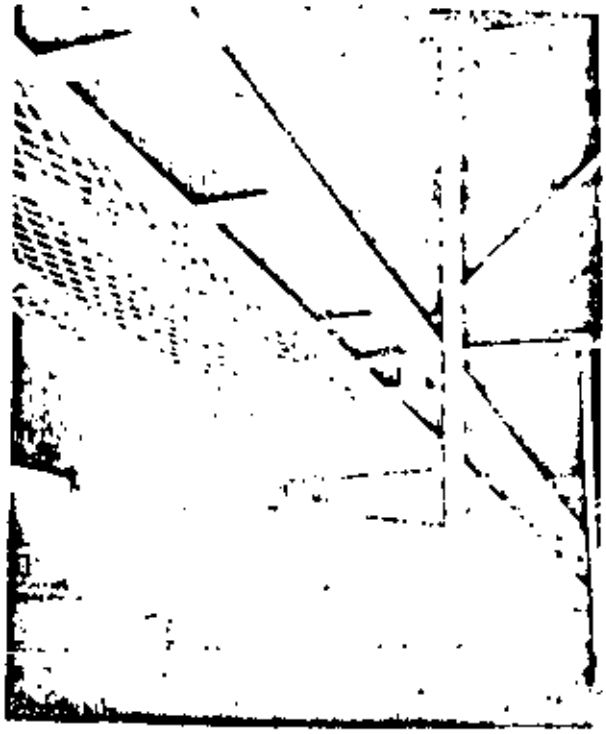
- SISTEMA COMPLETO y CONTINUO
- CABLEADO COMPLETO (CONEXIONES EN CAJAS)
- CONEXION MECANICA a CAJAS o DISPOSITIVOS DE DONDE SALEN o TERMINAN los CABLES
- PROTECCION al CRUZAR PISOS



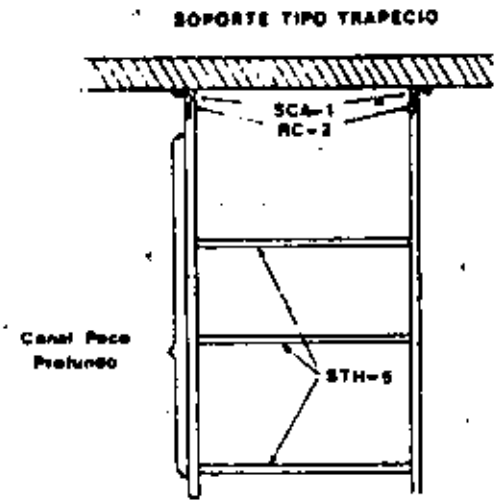
- CONEXION a TIERRA CONTINUA.
- SEPARACIONES:-



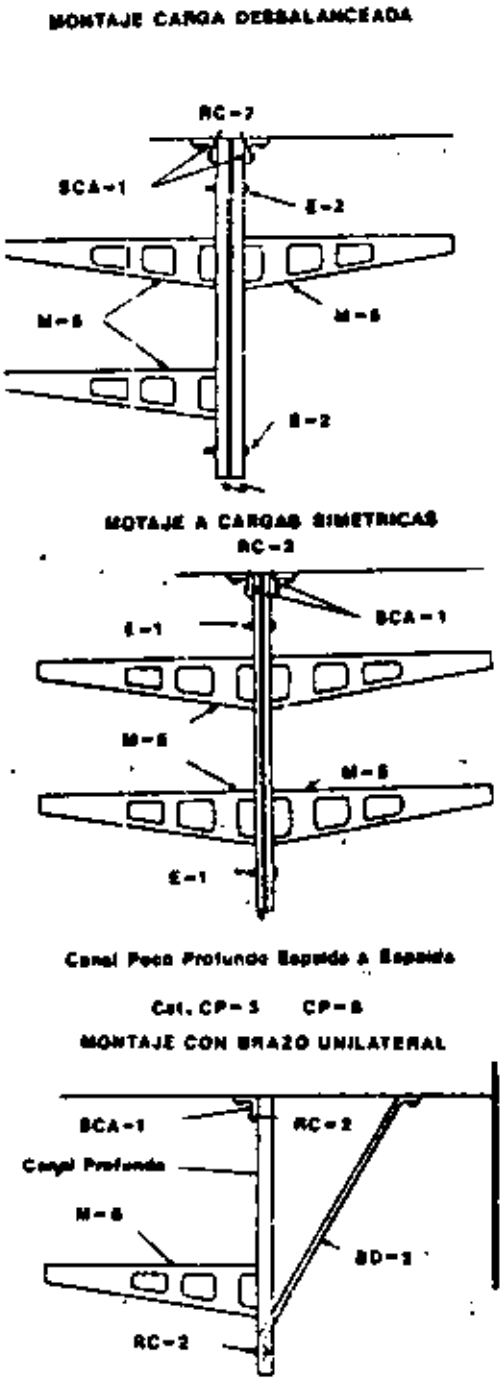
MONTAJE



a) Sujeto a la estructura.



b) Empotrado en la loza.



c) Anclado utilizando canal y ménsulas.

COSTOS

MATERIAL

COMPARACION Vs T.CONDUIT P.G.G. (1971)

CHAROLAS			PRECIO POR NO. DE TUBOS.			
Ancho cm	Acho Plg.	Precio X Tramo	5.08* (2")	6.35* (2½")	7.62* (3")	10.16* (4")
15.2	6	270.00	385.00	521.00	455.00	382.00
30.5	12	290.00	770.00	1042.00	910.00	764.00
45.7	18	315.00	1155.00	1563.00	1365.00	1164.00
60.9	24	343.00	1540.00	2084.00	1820.00	1528.00

INSTALACION

Charolas — Tubo conduit pared gruesa - Fe. y Al.

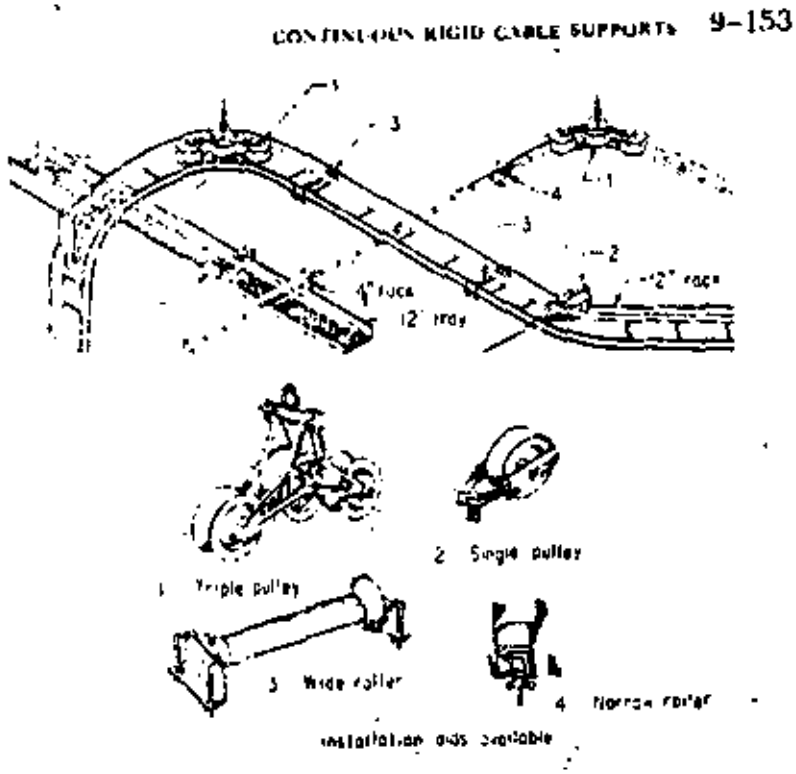
Horas hombre por 30.4 mts.

Ancho	Horas Hombre x 30 mts.	5.08 cm. ø (2" ø) Fe.	5.08 cm. ø (2" ø) Al.	7.62 cm. ø (3" ø) Fe.	7.62 cm. ø (3" ø) Al.	10.16 cm. ø (4" ø) Fe.	10.16 cm. ø (4" ø) Al
6" 15.2 cm.	12.0	53.0	34.0	40.3	26.0	42.0	22.0
12" 30.4 cm.	13.25	106.0	67.0	78.0	49.0	73.0	43.0
24" 60.9 cm.	16.75	212.0	135.0	156.0	98.0	146.0	83.0

* Unidades de trabajo para las Asociaciones de Contratistas Eléctricos en E. E. U.U.

CABLEADO

- LATERAL
- JALADO



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE PROTECCION

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

29 OCTUBRE, 1979.

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

SEPTIMA SESION Lunes 17 de junio.

INGENIERO CARLOS MARTINEZ CALDERON.

MEDIOS DE PROTECCION

- Sobrecorriente: orígenes
- Sobrecarga
- Corto circuito
- Medios de protección contra sobrecorrientes
- Interruptores automáticos
- Riesgos al personal

Los dispositivos que se utilizan para interrumpir las sobrecorrientes son los fusibles y los interruptores automáticos.

Deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar - abrir y extinguir el arco producido por la sobrecorriente.

Fusibles.- Es un dispositivo térmicamente operado que sirve - para detectar y abrir un circuito cuando se presenta una sobre corriente.

Tienen la desventaja de no ser ajustables y ser lentos para -- operar con valores moderados de sobrecorriente. Son menos precisos que los relevadores, pero comparables con los interruptores termomagnéticos de bajo voltaje de disparo instantáneo, -- con altas corrientes y superior a ellos en bajas corrientes de corto circuito. Tienen también la desventaja, de que en caso de fundirse uno sólo de ellos, el circuito trifásico puede quedar en operación monofásica ocasionando una sobrecarga en las líneas restantes.

Los fusibles se clasifican en:

Fusibles limitadores de corriente y en fusibles no limitadores. Al ocurrir un c.c. los fusibles limitadores de corriente se -- funden en el primer medio ciclo de la corriente de corto circuito, mucho antes de alcanzar su valor máximo, logrando reducir notablemente el valor de la potencia aparente a interrumpir.

La curva de operación CORRIENTE - TIEMPO DE RESPUESTA es una - curva de tiempo inverso.

Los interruptores automáticos de bajo voltaje pueden ser:

1) electromagnéticos, y
2) termomagnéticos.

SOBRECORRIENTES - Orígenes

Las sobrecorrientes en los sistemas eléctricos normalmente se deben a sobrecargas y a cortos circuitos.

Las sobrecargas permanentes en un circuito se deben generalmente a la conexión de mayores cargas que la de diseño o nominal del circuito.

Las sobrecargas transitorias pueden deberse a cortos circuitos intermitentes en circuitos derivados, a operación monofásica - mecánica de los motores, a arranques frecuentes de motores - - eléctricos, etc.

Los cortos circuitos son debidos a conexiones francas entre -- los conductores de un alimentador o circuito derivado.

El diseño de un sistema de protección contra sobrecorrientes - implica 2 puntos importantes:

1) La selección correcta del dispositivo adecuado para interrumpir la sobrecorriente.

2) Escoger los valores de corriente y tiempo de respuesta correctos para los dispositivos ajustables que les permita - funcionar selectivamente con otros dispositivos, sean o no ajustables, para desconectar la porción del sistema con problemas, con un el mínimo posible de disturbios al resto del sistema.

Los dispositivos que se usan para detectar sobrecorrientes son los fusibles, los relevadores y las bobinas de disparo de acción directa e instantánea.

Los electromagnéticos operan cuando el valor de la corriente - alcanza un determinado valor al atraer la armadura del dispositivo de disparo.

Una combinación de disparo térmico (para protección de sobre-cargas moderadas) y disparo magnético instantáneo (para corto circuito) se proporciona en los interruptores termomagnéticos.

Deben ser capaces de abrir y cerrar su corriente nominal repetidamente y de abrir la corriente de corto circuito de diseño.

CALCULO SIMPLIFICADO DE CORTO CIRCUITO

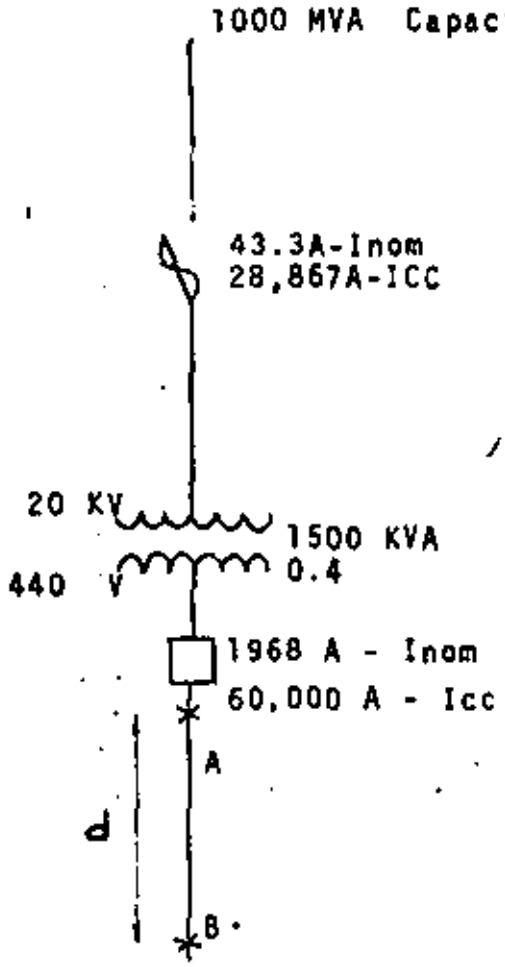


Diagrama unifilar

$$\text{Impedancia pu} = Z_s\,0/1 = \frac{KVA_b}{KVA_{cc}} = \frac{1500}{1000{,}000} = 0.0015$$

<u>c.c en el punto A</u>

Reactancia total= 0.0015 + 0.04 = 0.0415

$$KVA_{cc} = \frac{1500}{0.0415} = 36{,}145 \text{ KVA}$$

$$Icc_s = 47{,}427 \text{ A}$$

$$Icc_{as} = 1.25 \times 47{,}427 \text{ A} = 59{,}284 \text{ A}$$

Si el c.c. ocurre en el punto B, d metros después del punto A, la impedancia del alimentador contribuirá a limitar el valor del c.c.

Para simplificar el cálculo existen tablas que realacionan el valor del c.c. con la longitud del alimentador.

METODO SIMPLIFICADO DE CALCULO DE VALORES DE FALLA PARA SISTEMAS ELECTRICOS.

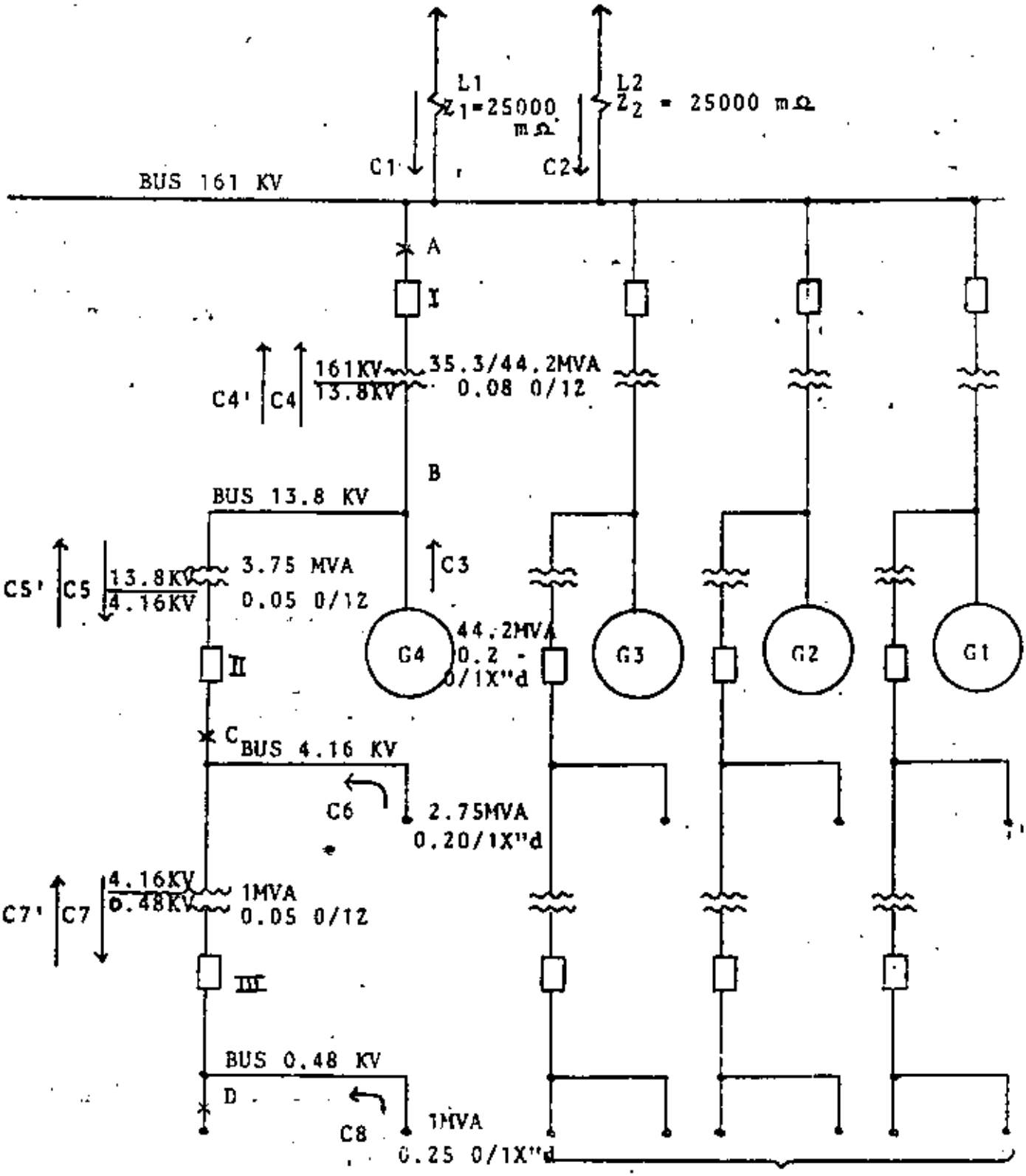
Uno de los procesos más útiles, como herramienta fundamental de un Ingeniero especializado, es la determinación de los valores de falla en los diferentes puntos de un sistema a partir de los datos que nos son presentados en cada caso.

Existen diferentes medios de determinar los niveles de falla mencionados en que se emplean diferentes aspectos de la tecnología matemática. Cuando se presenta el caso del cálculo de una falla trifásica en un sistema, es suficiente con conocer y emplear los elementos básicos de la matemática; los de la aritmética.

La intención del presente trabajo es presentar un sistema rápido, sencillo, claro y de exactitud suficiente para la mayoría de las aplicaciones, como son: selección de interruptores y cables, y determinación de esfuerzos electro mecánicos derivados de una corriente de falla.

Con objeto de tener un sistema con la mayor cantidad de elementos que nos puedan proporcionar suficientes puntos en diferentes niveles de tensión, pondremos como ejemplo el siguiente caso:

DIAGRAMA UNIFILAR BASICO DE CALCULO



SISTEMAS IGUALES AL No. 4

Fig. No. 1

UNIDADES A EMPLEAR:

Por comodidad, haremos uso de las unidades siguientes:

Potencia nominal de generadores, transformadores y motores en MVA.

Potencia de corto circuito en MVA.

Impedancias y reactancias transitoria y subtransitoria en por unidad.

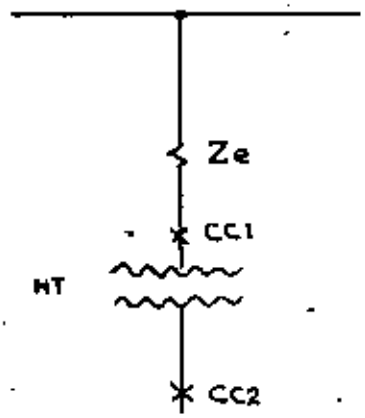
Impedancias de líneas en miliohms.

Tensiones en kilovolts.

DIFERENTES CONSTANTES DE CONTRIBUCION A UNA FALLA.

Cuando ocurré una falla de corto circuito en un sistema, existen diferentes fuentes de contribución y diferentes medios de limitación de tal contribución:

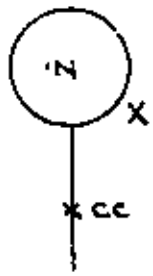
1.- RED ALIMENTADORA.



$$Ze = \frac{NT}{CC1}$$

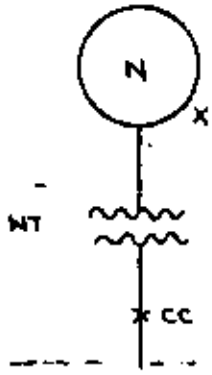
$$CC2 = \frac{NT}{\frac{NT}{CC1} + ZT} \quad \text{---} (1)$$

2.- EQUIPO ROTATORIO.



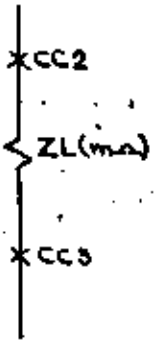
$$CC = \frac{N}{X} \qquad (2)$$

3.- EQUIPO ROTATORIO A TRAVES DE UN TRANSFORMADOR.



$$CC = \frac{N}{\frac{NT}{N} + ZT} = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot X + ZT} \qquad (3)$$

4.- LINEA SUMINISTRADORA O PASO POR REACTOR.



$$MVA = \frac{1000\ KV^2}{ZL\ (m\Omega)}$$

$$CC3 = \frac{KV^2}{Ze+ZL} = \frac{KV^2}{\frac{KV^2}{CC2} + ZL} = \frac{1}{\frac{1}{CC2} + \frac{ZL}{1000KV^2}} \qquad (4)$$

CONSIDERACIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA FALLA.

Para el cálculo de una falla de corto circuito en una red, es necesario saber que es lo que se va a calcular:

1.- Valores momentáneos.

2.- Valores de interrupción.

Para poder observar más gráficamente esto, a continuación incluimos una gráfica tiempo-corriente del comportamiento de una máquina bajo condiciones de circuito corto.

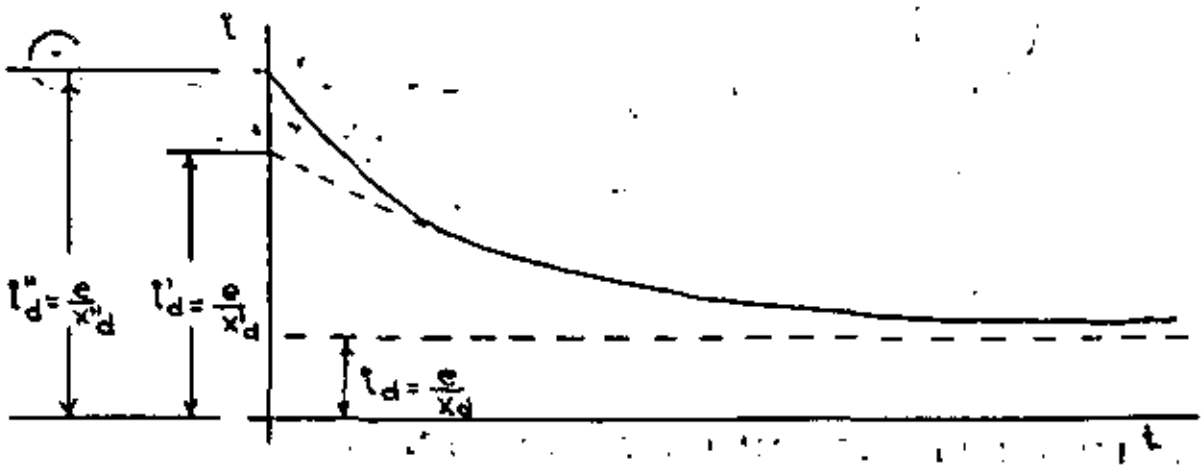


FIG.N°2

En la cual podemos observar la corta influencia de la componente subtransitoria (i"d), la más prolongada influencia de la transitoria (i'd) y la presencia constante de la componente estática (id) determinadas cada una por las reactancias subtransitoria (x"d), transitoria (x'd) y síncrona (xd) característica de cada máquina, todas de eje directo.

La gráfica anterior es cierta para máquinas síncronas, y para un motor de inducción debemos considerar una reactancia similar a la subtransitoria debido al flujo remanente pero no deben tomarse en cuenta la transitoria y síncrona ya que estos motores carecen de devanado de campo que las originen.

A modo de información mencionaremos que las reactancias síncronas son afectadas por el arreglo físico y dimensiones del acero en actividad como circuito magnético y cobre de rotor y estator; la reactancia transitoria es afectada en cierta proporción por las dimensiones de los polos del rotor; la reactancia subtransitoria y la de secuencia negativa son afectadas considerablemente por el arreglo físico del devanado amortiguador dentro del rotor; la reactancia de secuencia cero varía principalmente en función del paso de devanado empleado en el armadura y la reactancia síncrona lo hace principalmente en función de los factores de diseño de entrehierro y armadura.

Las reactancias de una máquina síncrona se calculan a partir de los parámetros de diseño de la misma y pueden ser probados empleando procedimientos de prueba aceptados. Generalmente se expresan en valores por ciento (%) o por unidad (0/1) basados en la capacidad nominal (N) de la máquina.

Podemos deducir, analizando las diferentes componente de contribución que si necesitamos conocer los esfuerzos electro mecánicos ocasionados por una falla es necesario tomar en cuenta las corrientes originadas por la reactancia subtransitoria subsecuentemente, si deseamos conocer un valor posterior para determinación de la capacidad interruptiva adecuada para un interruptor o fusible, es natural que entren en juego los conceptos de naturaleza de la máquina (si es generador, motor síncrono o de inducción) y la velocidad de apertura, para seleccionar el tipo de reactancia que se tendrá en consideración.

Para poder hacer una evaluación rápida de estos conceptos, incluimos a continuación una tabla que los agrupa, y que ha sido tomada de la página 99 de la publicación Electric Power Distribution for Industrial Plants (IEEE No. 141).

Table 4.12
Table of Multiplying Factors and Machine Reactances
To be used for Calculating Short-Circuit Currents for Circuit Breaker, Fuse, and Motor Starter Applications

Classification	*Circuit Voltage*	*Location in System*	*Multiplying Factor*	*Machine Reactances to Use*		
				Generators, Synchronous Converters, Synchronous Condensers, Frequency Changers	Synchronous Motors	Induction Motors
*Power Circuit Breakers				*Interrupting Duty*		
Eight cycle or slower (general case)	Above 600 v	Any place where symmetrical short-circuit kva is less than 500 Mva	xx1.0	Subtransient	Transient	Neglect
Five cycle	Above 600 v		xx1.1	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
General case	Above 600 v	Near generating station	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Less than 5 kv	601 to 5 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage Fuses				*Maximum Rms Ampere Interrupting Duty*		
All types, including all-current-limiting fuses	Above 600 v	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Non-current-limiting types only	601 to 15 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 4)	1.2	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage, Fused Motor Starters				*Maximum Rms Ampere Interrupting Duty*		
All horsepower ratings	2400 & 4160 v	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage Motor Starters				*Interrupting Duty*		
Circuit breaker or contactor type	601 v to 5 kv	Anywhere in system	1.0	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
Circuit breaker or contactor type	601 v to 5 kv	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Circuit breaker or contactor type	601 v to 5 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Apparatus, 600 Volts and Below				*Interrupting or Momentary Duty*		
Low-Voltage power molded case circuit breakers, or l-v fuses	600 v or less	Anywhere in system	†1.0	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Low-Voltage motor starters (with fuses or molded case breakers)	600 v	Anywhere in system	†1.25	Subtransient	Subtransient	Subtransient

* Revisions to ASA C37.10 have been proposed (References 8, 9). These revisions eliminates the use of these multiplying factors in applying power circuit breakers.

**These factors are increased to 1.1 and 1.2 respectively if the symmetrical fault level is above 500 mva and the system is fed predominantly by generators or through current-limiting reactors.

† Fuses which operate in under 0.004 second have a multiplying factor of 1.4 to 1.6.

Un exámen rápido de esta tabla, nos arroja los siguientes resultados:

1.- Siempre se tomará como base la reactancia subtransitoria de generadores, convertidores síncronos, condensadores síncronos y cambiadores de frecuencia, para cálculo de valores momentáneo o de interrupción.

2.- Lo anterior es aplicable para motores síncronos excepto para interruptores de potencia y arrancadores en tensión media para valores de interrupción en que se emplea la reactancia transitoria.

3.- En motores de inducción se tomará siempre el valor de la reactancia subtransitoria y su contribución es cero en interruptores de potencia y arrancadores en tensión media para valores de interrupción.

Naturalmente que los valores x"d ó x'd para la tabla anterior deben ser tomados de los datos de diseño del fabricante correspondiente, sin embargo, para efectos de aproximación podemos proporcionar los siguientes valores:

TABLA NUMERO 2

	x"d (0/1)	x'd (0/1)
GENERADORES DE TURBINA:		
2 polos	0.09	0.15
4 polos	0.15	0.23
GENERADORES DE POLOS SALIENTES CON. DEVANADO AMORTIGUADOR:		
12 polos o menos	0.16	0.33
14 polos o más	0.21	0.33
MOTORES SINCRONOS:		
6 polos	0.15	0.23
8-14 polos	0.20	0.30
grupos en 600 V o menos	0.25	0.33
más de 600 V	0.15	0.25
CONDENSADORES SINCRONOS:	0.24	0.37
CONVERTIDORES SINCRONOS:		
600 V en C.D.	0.20	-
250 V en C.A.	0.33	-
MOTORES DE INDUCCION:		
grandes (1)	0.25	-
grupos en 600 V o menos	0.25	
más de 600 V	0.2	

RELACION DE FORMULAS DE TRANSFORMACION

$$\%Z = \frac{Z(\Omega) \times KVAb}{10KV^2} = \frac{100 \times KVAb}{1.73 \times Icc \times KV} = 100/I$$

$$Z(\Omega) = \frac{10(\%Z) \times KV^2}{KVAb}$$

$$Z(\Omega)E_2 = \frac{E_1^2 \times ZE_1}{E_2^2}$$

$$Z(KVAb_2) = \frac{KVAb_2}{KVAb_1} \times Z(KVAb_1)$$

$$KVAcc = \frac{100\ (KVAb)}{\%Z} = \frac{1000\ KV^2}{Z\ (\Omega)} = 1.73\ (KV)\ Icc$$

$$Icc = \frac{100\ (KVAb)}{1.73 \times \%Z \times KV} = \frac{E}{1.73 \times Z\ línea\ (\Omega)}$$

SISTEMA DE CALCULO

PASO NUMERO 1.- Obtención de un diagrama unifilar. Es necesario incluir como se puede observar en la figura número 1:

A.- Línea o líneas conectadas o en su defecto, sistema equivalente incluyendo impedancia o potencia de falla en MVA.

B.- Unidades generadoras incluyendo capacidad nominal en MVA y reactancia subtransitoria en 0/1.

C.- Transformadores incluyendo capacidades en MVA, impedancia en 0/1 así como relaciones de transformación.

D.- Carga conectada mencionando su naturaleza, capacidad nominal en MVA y reactancias subtransitoria y transitoria en caso de aplicarse esta. En este punto podemos realizar una gran simplificación sin mucho sacrificio de la exactitud de los resultados si consideramos que todas las máquinas conectadas a la red contribuirán a la falla por una corriente que estará siempre limitada exclusivamente por la reactancia subtransitoria independientemente del tipo de máquina y valor (interrupción o momentáneo) que calculemos haciendo una única excepción en el renglón de valor de interrupción en arrancadores en tensión media ya que aquí se puede dejar fuera la contribución de motores de inducción.

PASO NUMERO 2.- Determinación de las constantes de contribución y de las potencias de falla.

Se realiza una determinación independiente de cada una de las constantes de contribución.

Tomando como base los datos de la figura número 1.

$$C1 = C2 = \frac{1000\ KV^2}{ZL\ (m\Omega)} = \frac{1000 \times 161^2}{25000} = 1036.84\ MVA$$

$$C3 = \frac{N}{x''d} = \frac{44.2}{0.2} = 221.\ MVA$$

$$C4' = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT\ 1/0} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{44.2} \times 0.2 + 0.08} = 157.86\ MVA$$

$$CCA = C1 + C2 + 4C4' = 2705.12\ MVA$$

$CCA' = CCA - C4' = 2547.26$ MVA (falla CCA equivalente para cálculos derivados ya que C4 no contribuye a su falla primaria)

$$C4 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCA'} + ZT0/1} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{2547.26} + 0.08} = 454.02\ MVA$$

$$C5' = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT\ 0/1} = \frac{2.75}{\frac{3.75}{2.75} \times 0.2 + 0.05} = 8.52\ MVA$$

$$CCB = C3 + C4 + C5' = 221 + 454.02 + 8.52 = 683.54\ MVA$$

$$CCB' = CCB - C5' = 675.02\ MVA$$

$$C5 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCB} + ZT0/1} = \frac{3.75}{\frac{3.75}{675.02} + 0.05} = 67.5 \text{ MVA}$$

$$C6 = \frac{N}{x''d} = \frac{2.75}{0.2} = 13.75 \text{ MVA}$$

$$C7 = \frac{N}{\frac{NT}{N} . x''d + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{1}{1} \times 0.25 + 0.05} = 3.33 \text{ MVA}$$

$$CCC = C5 + C6 + C7 = 67.5 + 13.75 + 3.33 = 84.58 \text{ MVA}$$

$$CCC' = CCC - C7 = 81.25 \text{ MVA}$$

$$C7 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCC'} + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{100}{81.25} + 0.05} = 16.05 \text{ MVA}$$

$$C8 = \frac{N}{x''d} = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ MVA}$$

$$CCD = 16.05 + 4 = 20.05 \text{ MVA}$$

o sea en amperes:

$$CCD = \frac{20.05 \times 1000}{\sqrt{3} \times 0.48} = 24116 \text{ amperes.}$$

Habiendo determinado los niveles de falla en cada punto señalado, es posible especificar el valor momentáneo directamente de CCA, CCB y CCC y CCD, más para determinación de capacidades interruptivas de interruptores se requiere realizar diferencias como sigue:

Para el interruptor I, sometido a dos fuentes de contribución

C1 + C2 = 20.73.68 MVA y $CC4^1$ = 454.02 MVA

Es natural que preferimos optar por basarnos en la mayor para especificar capacidad de interrupción.

Para II: C5 = 67.5 MVA o bien C6 + C7' = 17.08 MVA

optamos por C5

Para III: C7 = 16.05 MVA o bien C8 = 4 MVA

optamos por C7

Sin embargo en el caso de II y III podemos especificar.

Para II: C5 + C6 + C7 = 84.58 MVA

Para III: C7 + C8 = 20.05 MVA

Ya que cualquier interruptor derivado del bus principal en 4.16 KV ó 480 V, tendrá prácticamente una capacidad interruptiva de este nivel.

FALLAS A DISTANCIA

Todas las fallas estimadas han sido hechas sin tomar en cuenta la impedancia del cable, es decir, han sido calculadas en las terminales; cuando se requiere calcular una falla a una distancia determinada, es necesario hacer uso de la fórmula número 4.

Pongamos por ejemplo, derivado del bus de 480 V, un circuito como sigue:

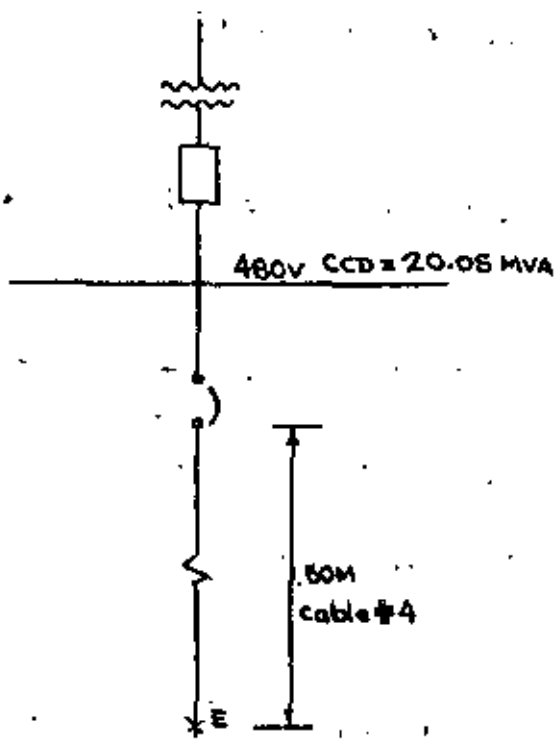


Fig. No. 3

y deseamos calcular la falla en E que es un punto a 50 m. de un circuito trifásico alimentado por cable aislado en ducto metálico.

A continuación incluimos una tabla en que se puede determinar la impedancia de una línea en tales circunstancias para casos de línea aérea, es necesario emplear la formulación y técnica necesaria para obtención de la impedancia.

TABLA NUMERO 3

CALIBRE	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250	300	350	400	500
Zc(mΩ/m)	8.87	5.43	3.35	2.14	1.39	.867	.517	.347	.232	.232	.191	.179	.162	.1445	.135	.1155

Con la tabla anterior, podemos estimar la impedancia del cable de nuestro ejemplo:

$$ZL = 50 \times 0.867 = 43.35 \text{ m}\Omega$$

Y entonces el corto circuito se verá reducido a:

$$CCE = \frac{1}{\frac{1}{CCD} + \frac{ZL}{1000\ KV^2}} = \frac{1}{\frac{1}{20.05} + \frac{43.35}{1000 \times .48^2}} = 4.202 \text{ MVA}$$

o sea en amperes: $CCE = \frac{4.202 \times 1000}{\sqrt{3} \times .48} = 5054$ amperes.

CAIDA DE TENSION DEBIDA AL ARRANQUE DE UN MOTOR

Habiendo obtenido el nivel de falla en un punto determinado, podemos estimar nuestra caida de tensión al arranque de un motor en tal punto; para esto es necesario conocer solamente los MVA de arranque del motor o en su defecto, la letra NEMA de código correspondiente.

Pongamos por ejemplo complementario del caso anterior el siguiente:

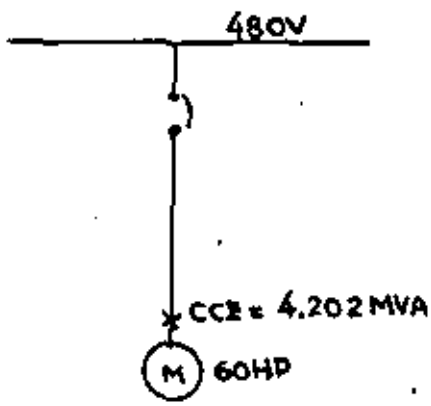


Fig. No. 4

La expresión para la estimación de la caida de tensión es:

$$\% \ CDT = \frac{100 \times MVA_A}{MVA + CC_A}$$

Donde MVA_A = Potencia de arranque en MVA.

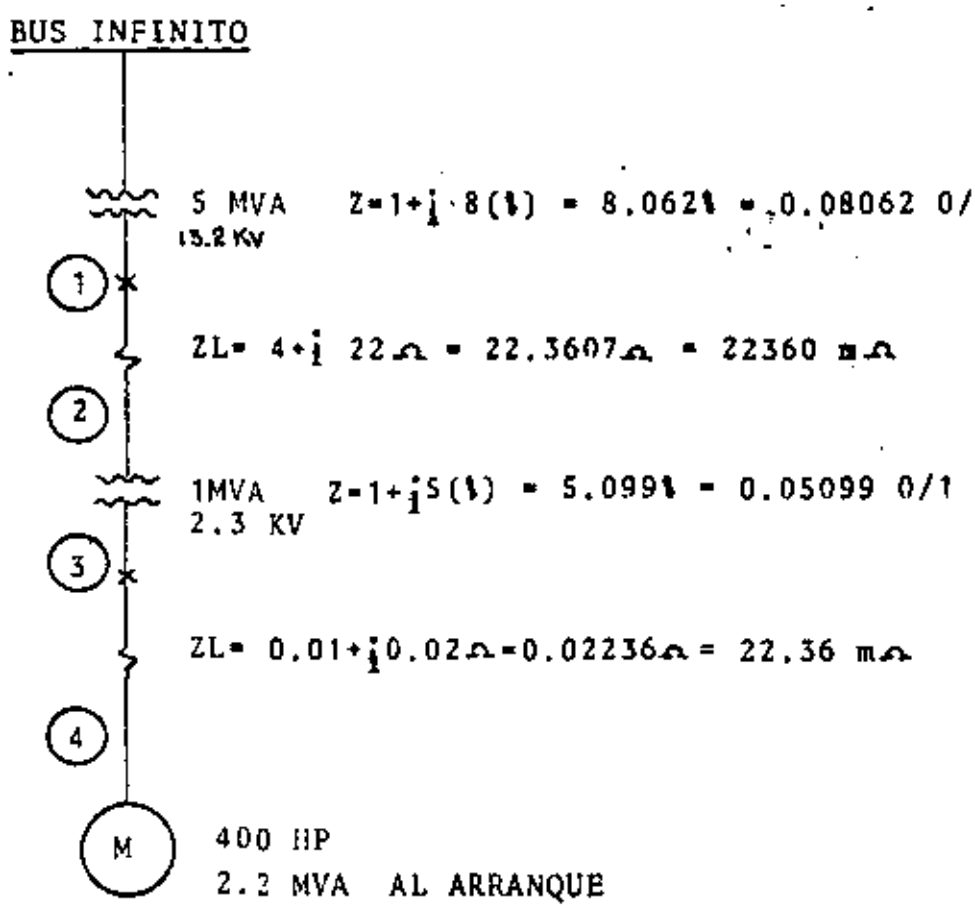
Supongamos un motor con letra de código G (5.6 KVA/HP), entonces; $MV_A = 0.0056 \times 60 = 0.336$

Substituyendo:

$$\% \text{ CDT} = \frac{100 \times 0.336}{0.336 + 4.202} = 7.4$$

He aquí la utilidad del empleo de un método sumamente sencillo para estimación de factores comunes en la práctica diaria.

Ahora pondremos finalmente el siguiente caso para su resolución por medio del método simplificado expuesto aquí.



En este caso se pide calcular la caida de tensión al arranque del motor; con nuestro método es suficiente con aplicar cinco fórmulas:

1.- $CC1 = \dfrac{5}{0.0862 + \dfrac{5}{\infty}} = 62.02$ MVA

2.- $CC2 = \dfrac{1}{\dfrac{1}{62.02} + \dfrac{22360}{1000 \times 13.2^2}} = 6.923$ MVA

3.- $CC3 = \dfrac{1}{0.0599 + \dfrac{1}{6.923}} = 5.1167$ MVA

4.- $CC4 = \dfrac{1}{5.1167 + \dfrac{22.36}{1000 \times 2.3^2}} = 5.008$ MVA

5.- $CDT = \dfrac{100 \times 2.2}{2.2 + 5.008} = 30.52\%$

TABLA DE SELECCION PARA INTERRUPTORES EN AIRE COMO INTERRUPTORES SECUNDARIOS PRINCIPALES

Capacidad del transformador KVA	208 V - Secundario			440 V - Secundario		
	Amps. Carga plena	Corto Max. Amps. Asim.	Interruptor TIPO	Amps. Carga plena	Corto max. Amps. Asim.	Interruptor TIPO
225	625	15,650	25H-2			
300	833	20,900	25H-2			
450	1250	31,300	25H-2	590	14,750	25H-2
600	1660	41,700	65H-2	790	19,750	50H-2
750	2080	52,000	65H-2	985	24,600	50H-2
1000	2780	69,500	75H-2	1310	32,800	50H-2
1500	4160	104,000	100H-2	1970	48,200	65H-2
2000				2620	65,500	75H-2
3000				3940	96,400	100H-2
4000						

NOTA: Las corrientes de corto circuito están basadas en un 5o/o de reactancia en los transformadores, y capacidad de suministro ilimitado en primario y factor de asimetría promedio en las tres fases, de 1.25. Para encontrar valores de corriente de falla a 220 V multiplicar los valores a 208 V por 0.95.

CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA PARA LA SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA EN SISTEMAS DE BAJO VOLTAJE DE C. A.

CORRIENTE DE FALLA DISPONIBLE (AMPERES SIMETRICOS RCM) 440 VOLTS

Capacidad KVA del transformador	Calibre del conductor por fase	Distancia desde el transformador al punto de falla - metros								
		0	1.5	3	6	15	30	60	150	300
150	No. 4	5,426	5,372	5,317	5,236	4,921	4,542	3,685	2,230	1,305
	No. 0	5,426	5,385	5,344	5,276	5,195	4,991	4,569	3,536	2,516
	250 MCM	5,426	5,399	5,372	5,317	5,249	5,140	4,868	4,188	3,304
	2-250 MCM	5,426	5,412	5,399	5,358	5,317	5,208	5,113	4,732	4,216
225	No. 4	8,132	8,051	7,983	7,806	7,208	6,269	4,760	2,556	1,373
	No. 0	8,132	8,078	8,024	7,956	7,670	7,208	6,392	4,400	2,856
	250 MCM	8,132	8,092	8,051	8,010	7,833	7,548	7,004	5,684	4,202
	2-250 MCM	8,132	8,105	8,078	8,064	7,969	7,820	7,534	6,691	5,630
	2-500 MCM	8,132	8,119	8,105	8,092	8,024	7,915	7,684	7,044	6,283
300	No. 4	10,866	10,716	10,608	10,281	9,248	7,561	5,304	2,720	1,428
	No. 0	10,866	10,771	10,716	10,526	10,030	9,248	7,888	5,086	3,128
	250 MCM	10,866	10,798	10,757	10,608	10,336	9,792	8,894	6,800	4,700
	2-250 MCM	10,866	10,825	10,798	10,676	10,553	10,308	9,792	8,432	6,800
	2-500 MCM	10,866	10,852	10,825	10,744	10,662	10,472	10,064	8,976	7,616
500	No. 4	17,992	17,680	17,272	16,320	13,572	9,960	6,256	2,720	1,360
	No. 0	17,992	17,816	17,625	17,136	15,776	13,844	10,472	5,712	3,264
	250 MCM	17,992	17,856	17,816	17,571	16,728	15,368	13,124	8,704	5,712
	2-250 MCM	17,992	17,911	17,856	17,761	17,299	16,428	15,232	12,240	8,948
	2-500 MCM	17,992	17,952	17,911	17,843	17,516	17,000	15,912	13,328	10,404
750	No. 4	22,249	21,896	21,420	20,128	16,048	11,152	6,800	2,992	1,477
	No. 0	22,249	22,032	21,760	21,148	19,312	16,320	11,832	6,528	3,468
	250 MCM	22,249	22,100	21,896	21,485	20,332	18,224	15,232	9,656	5,848
	2-250 MCM	22,249	22,236	21,964	21,760	21,216	20,128	18,088	13,872	9,928
	2-500 MCM	22,249	22,236	22,032	21,828	21,488	20,672	19,040	15,504	11,832
1,000	No. 4	29,580	28,696	27,540	25,160	18,768	12,240	6,800	2,992	1,632
	No. 0	29,580	29,240	28,560	27,540	24,208	19,584	13,328	6,528	3,318
	250 MCM	29,580	29,325	28,832	28,220	26,248	22,984	18,224	10,880	6,392
	2-250 MCM	29,580	29,444	29,240	28,900	27,880	26,112	22,848	16,320	11,152
	2-500 MCM	29,580	29,552	29,376	29,104	28,220	26,792	24,344	18,768	13,600
1,500	No. 4	43,588	41,648	39,032	34,340	22,168	13,056	7,208	3,129	1,632
	No. 0	43,588	42,500	40,120	39,168	32,268	23,800	14,688	6,528	3,400
	250 MCM	43,588	42,640	41,888	40,528	36,176	30,260	22,168	11,968	6,528
	2-250 MCM	43,588	43248	42,840	42,160	39,712	36,176	32,008	19,448	11,968
	2-500 MCM	43,588	43,384	42,840	42,432	40,528	37,536	39,440	23,392	15,640
2,000	No. 4	57,392	53,992	49,368	40,800	23,664	13,600	6,936	2,856	1,632
	No. 0	57,392	55,624	53,720	48,960	37,808	25,840	15,640	6,800	3,536
	250 MCM	57,392	56,168	54,468	51,816	44,744	35,360	24,480	12,376	6,800
	2-250 MCM	57,392	56,712	55,760	54,400	50,184	43,792	35,224	21,488	12,512
	2-500 MCM	57,392	57,120	56,168	55,216	51,816	46,512	39,168	26,656	17,000

Las corrientes de falla que aparecen en la lista son los valores máximos disponibles rcm simétricos, basados en transformadores llenos de líquido aislante, con impedancias nominales de 4-1/2 o/o para capacidades hasta 500 KVA inclusive, y 5-1/2 o/o para capacidades arriba de 500 KVA, e incluye la contribución por motores basada en una carga de 100 o/o por motores.

FORMULAS UTILES PARA DETERMINAR LOS AMPERES, LOS CABALLOS DE FUERZA, LOS KILOWATTS Y K.V.A.

Para encontrar	Corriente directa	CORRIENTE ALTERNA		
		Una fase	2 fases, 4 hilos	Tres fases
Amperes cuando se conocen los caballos de fuerza (HP)	$\frac{H.P. \times 746}{E \times o/o\ Ef.}$	$\frac{H.P. \times 746}{E \times o/o\ Ef. \times F.P.}$	$\frac{H.P. \times 746}{2 \times E \times o/o\ Ef. \times F.P.}$	$\frac{H.P. \times 746}{1.73 \times E \times o/o\ Ef. \times F.P.}$
Amperes cuando se conocen los K.W.	$\frac{K.W. \times 1000}{E}$	$\frac{K.W. \times 1000}{E \times F.P.}$	$\frac{K.W. \times 1000}{2 \times E \times F.P.}$	$\frac{K.W. \times 1000}{1.73 \times E \times F.P.}$
Amperes cuando se conocen los K.V.A.		$\frac{K.V.A. \times 1000}{E}$	$\frac{K.V.A. \times 1000}{2 \times E}$	$\frac{K.V.A. \times 1000}{1.73 \times E}$
Kilowatts	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times F.P.}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2 \times F.P.}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times F.P.}{1000}$
K.V.A.		$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
H.P. con la flecha del motor	$\frac{I \times E \times o/o\ Ef.}{746}$	$\frac{I \times E\ o/o\ Ef. \times F.P.}{746}$		$\frac{I \times E \times 1.73 \times o/o\ Ef. \times F.P.}{746}$

I — Amperes. o/o ef.— o/o de eficiencia K.W. — Kilowatts H.P. — Caballos de fuerza.
E— Volts. F.P. — Factor de Potencia K.V.A. — Kilo-Volt-Amperes.

CALCULOS DE CORRIENTE DE FALLA PARA LA SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN SISTEMAS DE BAJO VOLTAJE C. A.

Corriente de falla disponible (amperes simétricos rmc) 220 volts.

Capacidad del transformador KVA	Calibre del conductor por fase	Distancia del transformador al punto de la falla - metros								
		0	1,5	3	6	15	30	60	150	300
150	No. 4	10,925	10,165	9,500	8,076	5,300	3,040	1,645	648	332
	No. 0	10,925	10,564	10,212	9,547	7,666	5,557	3,384	1,539	817
	250 MCM	10,925	10,735	10,497	10,022	8,787	7,220	5,217	2,850	1,520
	2-250 MCM	10,925	10,830	10,687	10,497	9,785	8,778	7,144	4,579	2,850
225	No. 4	16,350	16,915	13,252	11,400	5,795	3,230	1,692	712	380
	No. 0	16,350	15,628	14,820	13,395	9,880	6,412	3,384	1,615	855
	250 MCM	16,350	15,865	15,390	14,440	11,970	9,262	6,110	6,175	1,615
	2-250 MCM	16,350	16,150	15,865	15,390	13,965	12,065	9,024	5,320	3,087
	2-500 MCM	16,350	16,245	16,055	15,675	14,535	13,015	10,622	6,840	4,275
300	No. 4	21,850	19,380	16,245	11,970	6,175	3,325	1,692	712	380
	No. 0	21,850	20,520	19,190	16,625	13,252	7,600	3,760	1,662	855
	250 MCM	21,850	20,995	20,140	18,525	14,535	11,590	6,862	3,182	1,662
	2-250 MCM	21,850	21,375	20,900	20,140	17,575	14,535	10,522	5,700	3,135
	2-500 MCM	21,850	21,612	21,327	20,615	18,575	15,960	12,502	7,505	4,322
500	No. 4	36,290	29,260	22,800	14,630	6,555	3,325	1,692	760	380
	No. 0	36,290	32,680	28,880	22,800	13,490	7,600	3,760	1,710	950
	250 MCM	36,290	32,200	32,110	27,930	19,095	12,920	7,520	3,230	1,710
	2-250 MCM	36,290	35,055	33,915	31,635	25,650	19,095	12,408	6,080	3,325
	2-500 MCM	36,290	35,530	34,675	32,870	27,930	22,610	16,150	8,550	4,750
750	No. 4	44,840	34,010	24,700	15,200	6,555	3,230	1,598	760	380
	No. 0	44,840	39,805	34,485	25,935	14,060	7,600	3,854	1,710	950
	250 MCM	44,840	41,420	38,000	32,585	21,850	13,300	7,520	3,230	1,710
	2-250 MCM	44,840	42,845	41,135	38,000	30,115	21,660	13,536	6,080	3,325
	2-500 MCM	44,840	43,605	42,085	19,615	32,870	25,650	17,202	8,740	4,750
1,000	No. 4	59,565	40,850	27,645	16,150	7,410	3,515	1,692	665	380
	No. 0	59,565	50,825	42,085	29,640	15,200	8 075	4,136	1,710	902
	250 MCM	59,565	53,770	48,450	39,900	24,700	15,1-5	8,272	3,230	1,776
	2-250 MCM	59,565	56,905	53,485	47,880	35,910	24,605	14,570	6,555	3,325
	2-500 MCM	59,565	58,710	55,290	51,965	40,280	29,92!	19,740	9,500	3,135
1,500	No. 4	87,780	50,350	31,350	17,195	7,410	3,705	1,880	760	570
	No. 0	87,780	69,825	54,150	34,675	16,910	8,740	4,324	1,900	950
	250 MCM	87,780	76,000	66,025	49,400	28,500	16,530	8,048	3,610	1,900
	2-250 MCM	87,780	81,415	75,525	65,075	43,700	76,000	16,544	6,650	3,610
	2-500 MCM	87,780	83,600	78,850	70,300	54,150	36,100	22,372	10,450	5,700
2,000	No. 4	115,710	55,100	32,110	17,290	6,840	3,610	1,692	570	760
	No. 0	115,710	83,600	60,515	36,100	16,140	8,360	3,948	1,710	1,710
	250 MCM	115,710	95,190	79,610	57,000	29,450	16,150	7,990	3,040	3,325
	2-250 MCM	115,710	105,260	95,475	78,850	47,500	28,500	1,598	6,460	4,750
	2-500 MCM	115,710	108,490	100,700	86,450	58,900	38,000	22,466	9,500	

Las corrientes de falla que aparecen en la lista son los valores simétricos rcm máximos disponibles, basados en transformadores llenos de líquido, con impedancias nominales de 4-1/2 o/o para capacidades hasta 500 KVA inclusive, y 5-1/2 o/o para capacidades arriba de 500 KVA, e inclusive la contribución por motores basada en una carga de 100 o/o de motores.

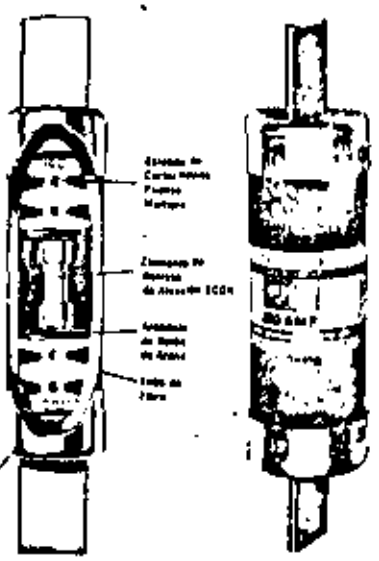
Fusibles de Baja Tensión

Fusibles de Cartucho de doble elemento - Están clasificados por UL según Clase K-9, para 100,000 amperes r.c.m., c.a., de capacidad interruptiva. Son fusibles limitadores de energía con una dilación de tiempo de por lo menos 10 segundos a 500 o/o de su capacidad. Cuando se usan en circuitos de motores reducen al mínimo su operación debido a las corrientes de arranque y en algunos casos permite el uso de interruptores más pequeños. Es el fusible ideal para aplicaciones industriales de servicio general.

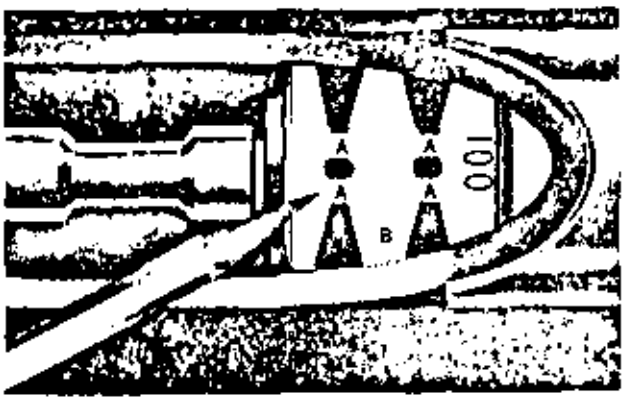
Amperes	250 VOLTS. Catálogo No.	Precio Unitario PUBLICO	Precio Unitario $ 1000.00 o más	Caja de	600 VOLTS. Catálogo No.	Precio Unitario PUBLICO	Precio Unitario $ 1000.00 o más	Caja de
.1, .15, .2, .3, .4, .5, .6, .8, 1, 1.125, 1.25, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.25, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.6, 6.25, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17.5, 20, 25, 30	Símbolo del catálogo "ECN" seguido por los amperes	11.00	9.50	10	Símbolo del catálogo "ECS" seguido por los amperes	25.00	21.00	10
35, 40, 45, 50, 60		19.50	18.00	10		40.50	37.00	10
70, 80, 90, 100		44.50	42.00	5		85.50	81.00	5
110, 125, 150, 175, 200		97.00	90.00	1		169.00	157.50	1
225, 250, 300, 350, 400		176.00	165.00	1		339.00	321.00	1
450, 500, 600		268.00	248.00	1		—	457.00	1

Tipo "Ferula" (casquillo), 60 amp. y menos. Tipo de navaja, 65 amp. y mayores.

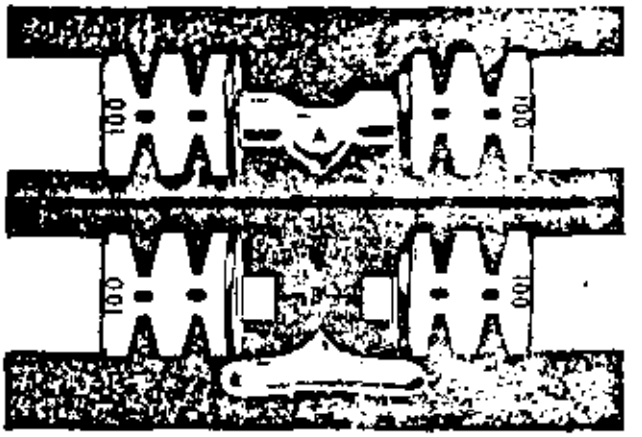
Para información detallada, solicítenos las Hojas Descriptivas Clase 1330 en español.

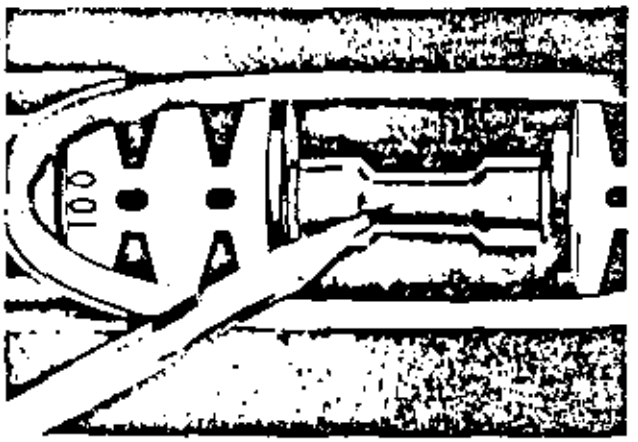


Acción instantánea en corto circuitos. Los eslabones de cualquier extremo abren el circuito inmediatamente cuando se produce un "corto" peligroso. Las gargantas (A) funden instantáneamente provocando la caída de las secciones más pesadas (B) interrumpiendo el circuito completamente.

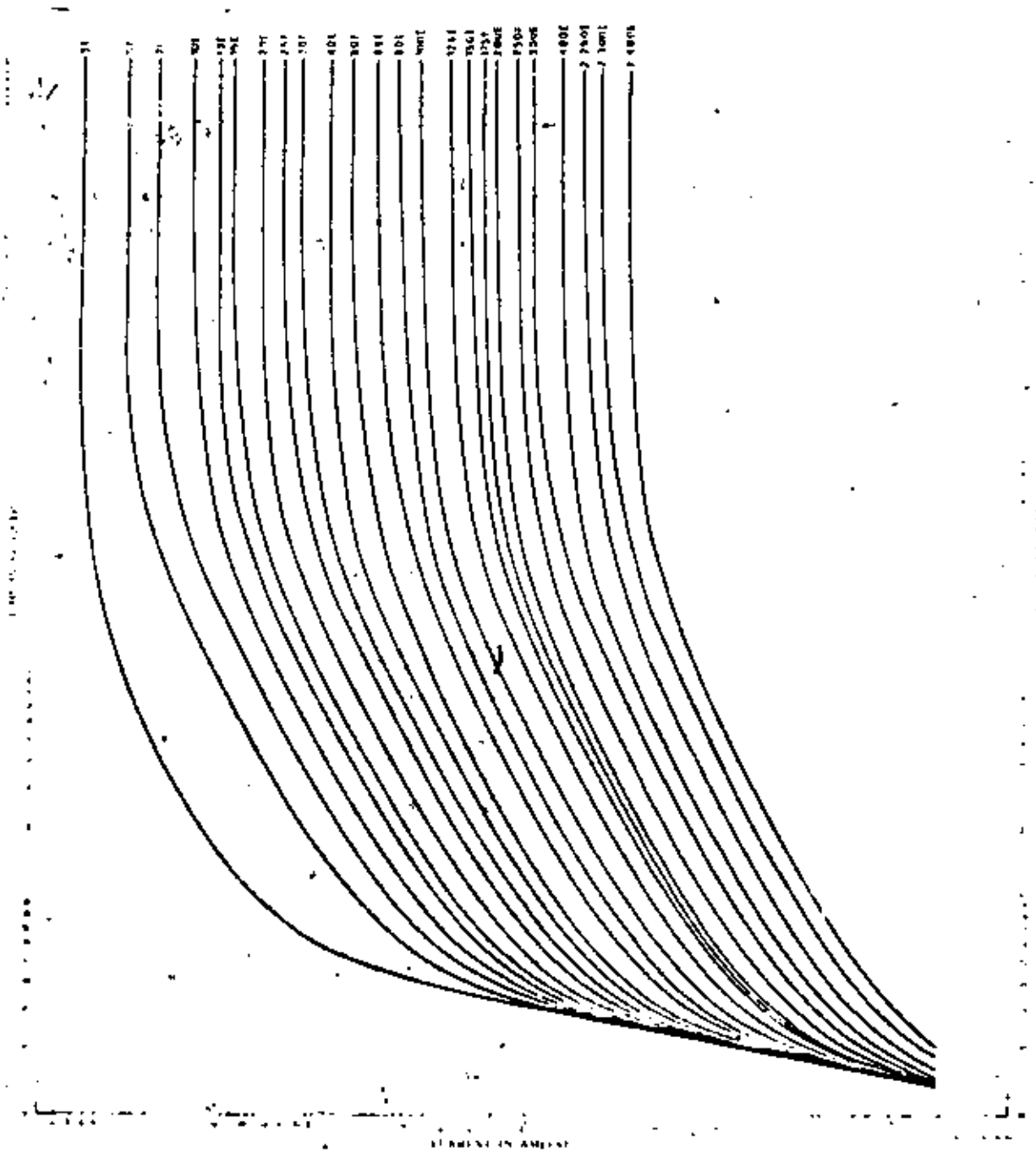


Acción rápida y positiva en caso de sobrecarga peligrosa. Cuando la sobrecarga excede límites de calor y de tiempo que se determinan de antemano, la aleación Econ (A) cambia instantáneamente de sólido a líquido, interrumpiendo positivamente el circuito. ATENCION: LA DISTANCIA (entre hierro) MUY GRANDE (B) PROPORCIONAN UN "CORTE SEGURO" DEL CIRCUITO... EVITA LA FORMACION DE UN ARCO.





Retraso en sobrecargas momentáneas e inofensivas. El elemento térmico de la exclusiva aleación ECON absorbe sobrecargas inofensivas hasta 500 o/o... el retraso calibrado evita interrupciones innecesarias... evita tiempos perdidos.



TOTAL CLEARING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

SM REFILL UNITS — STANDARD SPEED

BASIS — These solid curves are based on measurements made on production distributors in accordance with Standard Specifications for Power Fuses and Fuse Units, Designation C37.40-1963. In accordance with these specifications, fuses are based on total clearing time with the refill unit at an ambient temperature of 25°C and on initial load. Data, distinguish clearing current to less than 200% of refill unit ampere rating.

CONSTRUCTION — Fusible elements for refill units rated 3 through 20 amperes are nickel-plated, under controlled tension. Fusible elements for refill units rated 100 through 6000 amperes are silver, tensionally coiled. All sizes of elements are nonaging.

TOLERANCES — Curves are plotted to maximum time points. All tolerances are minus.

APPLICATION — Refill units having fusible elements of silver plated material are not subject to damage by aging or transient temperatures. Hence it is unnecessary to replace unknown refill units in employed or in-service fuses. Refill units are supplied with or without fuse blown.

COORDINATION — These curves represent the total time required for a refill unit to melt and interrupt a fault current, and should be followed in coordination problems where fuses are required to "operate first" devices.

Any protective relays making use. This is especially true for fuses which melt at current values appreciably less than 200% of rating. Although the refill units represented by these curves do not fall in this category, the reduction for protecting must be considered from Data Bulletin 200.21 and compared, relay to the datasheet clearing curve of the "protected" fuse.

1. When such coordination is required,
2. When, regardless of the protection of coordination, the refill unit is subjected to temporary overload.

There are cases where the appropriate requirements may be very stringent, for example, in distributing a transformer primary fuse with a secondary breaker and a main line breaker. The time elapsed between the operating characteristics of the fuse breaking may be very narrow. Longer time recommendations should be an extremely short time interval separating the overcurrent relaying and the total clearing characteristics of the fuse.

The refill units represented by these curves possess one short time interval factors, and — having a nondecreasing fusible element of proven construction — they ensure:

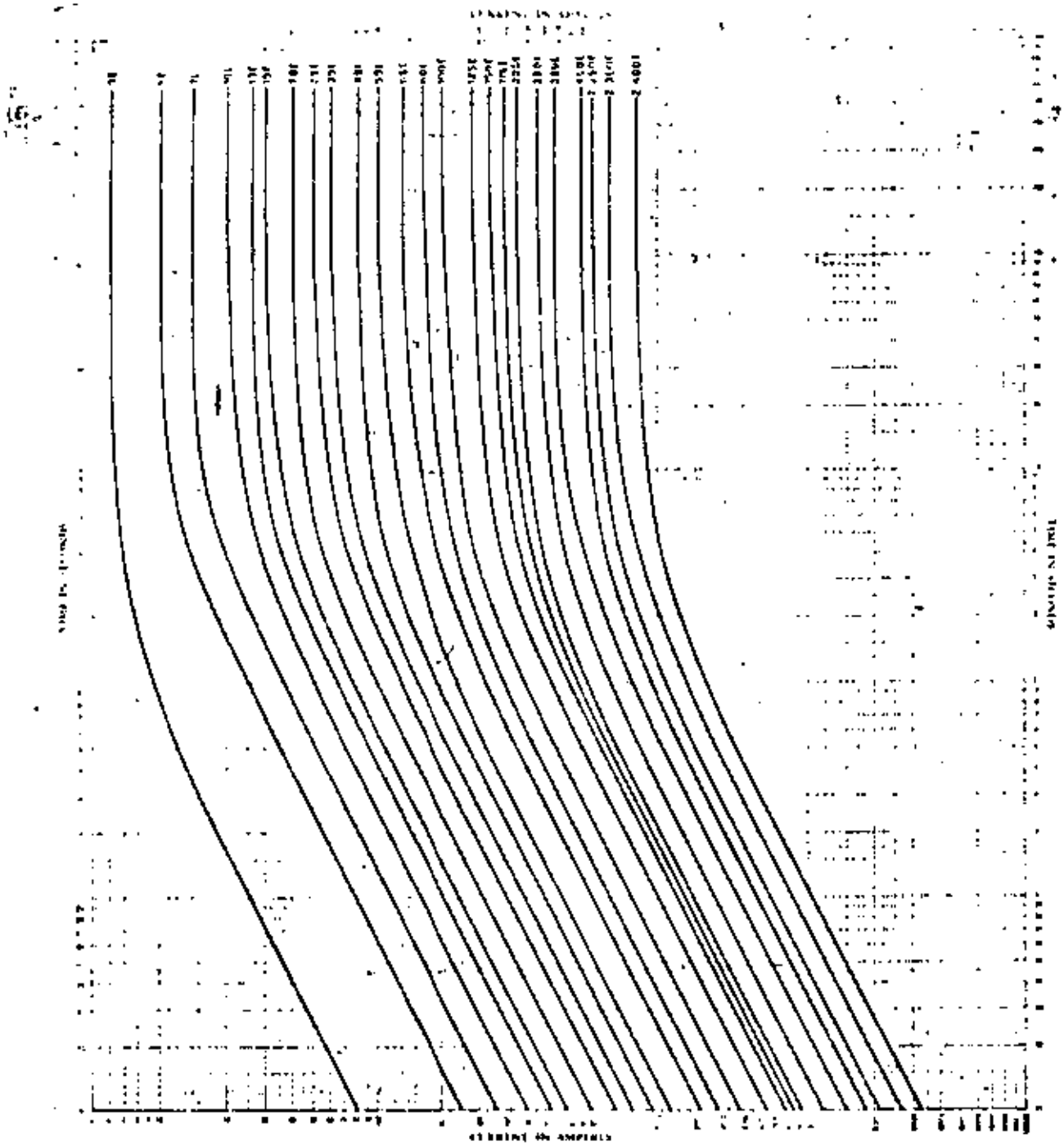
1. As little as 10% time separation in minimum melting current — substantial as the 30% tolerance of many fuses (20% and 40% respectively in terms of time).
2. No "gray area" in unknown alternations.

Sometimes a selected ampere rating will fail to meet the requirements requirements in any practicable speed. In this case the selection of a higher ampere rating usually will satisfy all requirements.

On one occasion that some other "time-lag" speed, "super slow" speed, or "high-range" speed will satisfy distinct a coordination situation more than one of a higher ampere rating in the SM speed series. Such other speeds have longer clearing times (about 20% to double, plus 40% or more at times) in addition they may require the use of "adaptors" or other alternations. The application of these may however well give a more original problem the melting and total clearing curves greatly close to the curve of SM speed series.

REFILL UNITS AVAILABLE:

Refill Unit	Ex Nom. Rating	Ampere Ratings
SM-1	7.2 and 14.4	3 through 200E
SM-2	4.16 through 14.4	3 through 400E



MINIMUM MELTING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

BM REFILL UNITS — STANDARD SPEED

BASIS — These value gaps are based in accordance with the procedures described in USASI Standard Specification for Power Fuses and Fuse Disconnecting Switches, C37.46-1963. In accordance with these standards, curves are based on fuse melting until the refill unit is at ambient temperature of 25°C and the rated load. Also, minimum melting values to not less than 300% of rated ampere rating.

CONSTRUCTION — Fuses elements for refill units rated 30 through 70 amperes are nickel-plated copper. Higher amperage fuses elements for refill units rated 100 through 4000 amperes are silver, selectively tested. All are of patented construction.

TOL ERANCES — Curves are plotted to minimum test points. Maximum variations in current values are:

- Plus 10% for 100 through 4000 ampere ratings.
- Plus 15% for 30 and 70 ampere ratings.
- Plus 20% for 30 ampere rating.

APPLICATION — Refill units having multiple elements or other unusual characteristics are not suitable for damage by aging or harsh environment. Hence it is advisable to replace refill units in accordance with manufacturer's recommendations when one or more refill units have blown.

COORDINATION — Any protective refill melting time curve is only true for fuses when that is current values approximately less than 300% of rating. Although the refill curves published for these curves do not fall in the category, the reputation for protecting that be determined from Guide Bulletin 30b-31 and some rules made in the data sheets:

1. When time coordination is required,
2. When, regardless of the provisions of coordination, the refill unit is substitute to immediately overheat.

There are some cases where the coordination requirements may be very exacting, for example, in distributing a transformer directly from with a capacitor bank or a motor line greater. The time related between the damaging characteristics of the two graphing may be very narrow. Under these circumstances there must be an extremely short time interval between the minimum melting and the total clearing characteristics of the fuse.

The refill units represented by these curves generally are short time interval because units = having a nondamagable fusible element of proven characteristics = this means:

1. As low as 10% rated current or minimum melting current = compared to the 300% minimum of fuse fuses (200% and 50% respectively in case of refill)
2. No "blown zone" or outlook characteristics.

This ranges time band normally will provide the desired coordination. If the selected standard Speed refill unit does not meet the coordination requirements, check up on if the same amperes rating in the Slow Speed unit satisfy.

Sometimes a physical process space will not be meet the coordination requirements in any selectable speed, in this case the selection of a higher amperes rating usually will satisfy all requirements.

Do not assume that many other "standard" speed, "aggressive" speed, or "high surge" refill unit fuses applies a coordination problem that the use of a higher amperes rating in the BM speed operates. Both some speed time height appropriate tolerances (plus 20% or currently plus 40% in terms of time). In addition they also require the use of "safety zone" or protect clearances. The application of these two factors will give a time overload between the melting and total clearing outlook greater than in the case of BM speed units.

REFILL UNITS AVAILABLE:

Refill Unit	Voltage Ratings	Ampere Ratings
[illegible]	7.2 through 14.3	30 through [illegible]
[illegible]	4.16 through 14.4	30 through [illegible]
[illegible]	23 and 34.5	30 through [illegible]

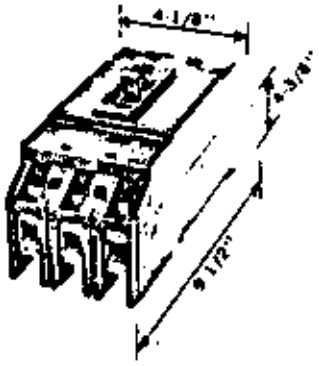
Interruptores Termomagnéticos Tipo Industrial

CLASE 1500

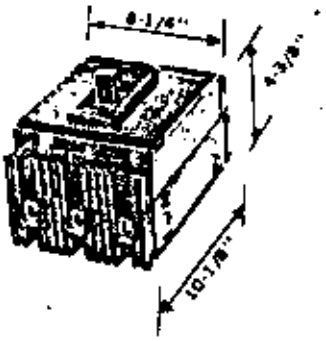
Tabla de Selección

Características de los Interruptores Termomagnéticos

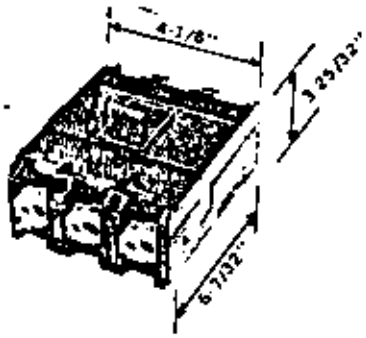
Marco	Amperes	TENSION MAXIMA		No. de Polos	CAPACIDAD INTERRUPTIVA AMPERES ASIMETRICOS RMC (AMPERES SIMETRICOS RMC) POR LOS UNDERWRITERS' LABORATORIES INC'				ZAPATAS DE COBRE/ALUMINIO		
										Calibre del Conductor	
		C. A.	C. C.		240V	480V	600V	C. C.	Rango	Mín.	Máx.
NEF-R	15-100	480	250	2,3	20M (18M)	15-M (14M)	—	10M	15-100	No. 14	No. 1/0
NFJ-R	70-225	600	250	2,3	25M (22M)	20M (18M)	15M (14M)	10M	70-225	No. 4	300MCM
NJL-R	70-500	600	250	2,3	50M (42M)	35 M (30M)	25 M (22M)	20M	70-225	No. 4	600MCM
									250-300	No. 4	600 MCM
									350-500	1 {No. 2/0 / No. 4}	1 {500 MCM / 250 MCM}
NM-R	125-1000	600	250	2,3	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	125-350	No. 1	600-MCM
									400-600	2-No. 3/0	2-600MCM
									700-1000	3-250 MCM	3-600 MCM



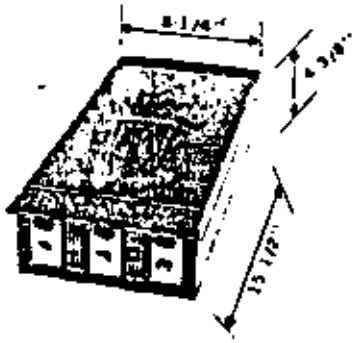
NFJ-R



NEF-R



NJL-R

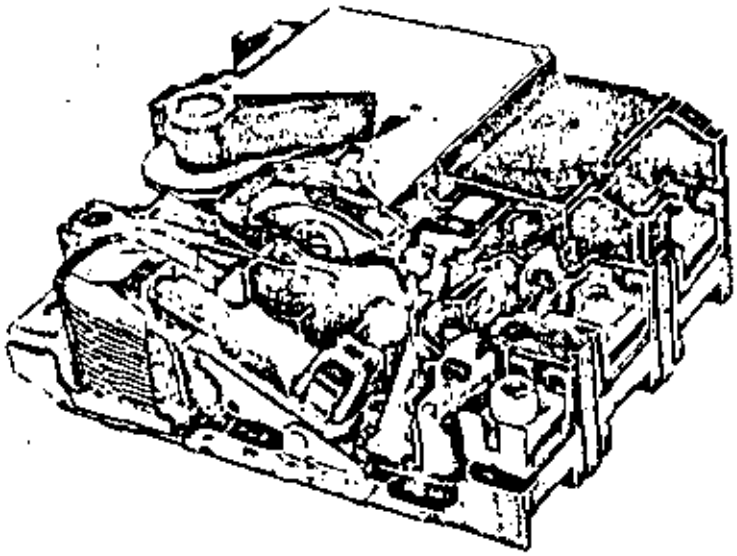


NM-R

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva



Corte del interruptor NJL de manija rotatoria.

Los interruptores termomagnéticos en caja moldeada de la Federal Pacific están diseñados para protección de sistemas de distribución de baja tensión. Estos interruptores industriales son adecuados como interruptores principales y para protección de circuitos ramales y de alimentación, así como de los aparatos conectados a ellos. Ofrecen protección contra sobrecarga para los conductores y protección contra cortocircuito para todos los elementos del circuito tales como conductores, motores y arrancadores y se ofrecen en construcción de manija rotatoria.

Los interruptores en caja moldeada se usan en tableros del tipo panel, tableros de distribución, centros de control, reóstatos de arranque para motores, combinaciones de arrancador-interruptor, y unidades de enchufar en electroducto. En estos diversos tipos de dispositivos, los interruptores cumplen con todos los requisitos que se exigen en los circuitos de distribución de luz y fuerza. Se han diseñado primordialmente para protección de los conductores. Aunque los interruptores industriales pueden usarse para otros objetos distintos de la protección de conductores, recomendamos que se piense cuidadosamente sobre el caso antes de usarlos para otro objeto.

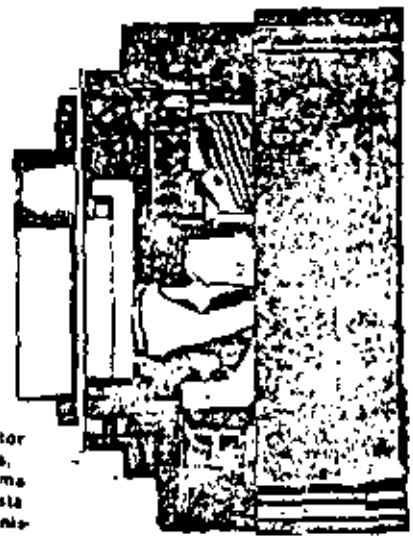
Las capacidades de corriente de los interruptores de la Línea de Alta Capacidad Interruptiva del Tipo Industrial de la Federal Pacific corresponden en general a las capacidades normales del Código Nacional Eléctrico de México y al NEC Americano, párrafo 240-7b. Véase la Tabla en la página 5.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS NORMALES EN CAJA MOLDEADA.

La información descriptiva y los datos técnicos de este boletín se aplican primordialmente a los interruptores normales en caja moldeada de la Clase 1410 —que son los que se usan con más frecuencia en sistemas de distribución. Sin embargo, cuando se requieren capacidades muy altas de interrupción (se puede disponer), de la línea "H" de F.P.E.M. de los interruptores con las mismas características mecánicas, tamaños y capacidades de corriente de los interruptores normales.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA, DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA LINEA "H".

Los interruptores de la línea "H", Clase 1420, se distinguen porque ofrecen alta capacidad interruptiva a una fracción del costo de métodos convencionales de interrupción, tales como interruptores en aire, blindados, transformadores de alta impedancia y reactores limitadores de corriente. Además de ser de un costo reducido, como dispositivos de alta interrupción.



Corte del interruptor de manija rotatoria, mostrando la forma en que la manija está conectada al mecanismo.

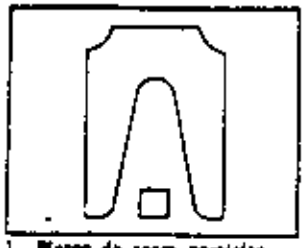
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

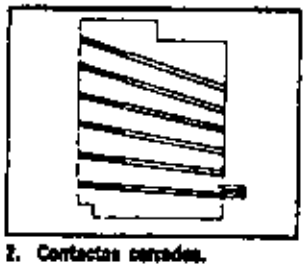
Hoja descriptiva

Principio deionizante de la cámara de arqueo.

Extingue los arcos aproximadamente en 1/2 ciclo.

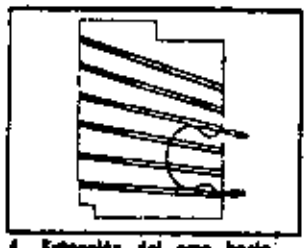


1. Placas de acero paralelas rodean los contactos fijos y móviles.



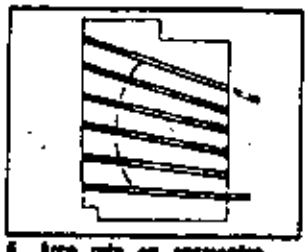
2. Contactos cerrados.

3. Contactos abriéndose - formación del arco.



4. Extensión del arco hacia la garganta de la cámara de arqueo.

5. Arco a punto de reaparecer.



6. Arco roto en segmentos, enfriado y extinguido.

Manija rotatoria del interruptor en sus posiciones de operación.

Posición de "CONECTADO": La manija en esta posición indica que el circuito está "cerrado".

Posición de "DISPARO" (desconexión): Cuando el interruptor dispara automáticamente debido a una sobrecarga o corto-circuito.

Posición de "DESCONECTADO": La manija queda en esta posición cuando el circuito está "abierto".

"RESTABLECER": Para restablecer el interruptor después de una desconexión, la manija se gira del centro a "restablecer".

REDUCCION DE TIEMPOS MUERTOS Y DE MANTENIMIENTO: Los interruptores termomagnéticos son diseñados para servicio repetitivo, para larga vida, libres de mantenimiento y evitan pérdidas costosas e innecesarias. Debido a que el interruptor es un dispositivo restablecedor, la corriente es restablecida en sólo cuestión de minutos después de que se ha corregido una sobrecarga o una falla.

COSTO REDUCIDO DE OPERACION: Al incorporar alta presión de contacto, aleaciones de plata y contactos de presión directa, en los interruptores termomagnéticos se ofrece mucho menor resistencia a la corriente eléctrica que los clips para fusibles, conexiones atornilladas y conexiones articuladas en un dispositivo para fusibles, con una menor pérdida por calentamiento, con el consiguiente ahorro en gastos de corriente.

PROTECCION CONTRA OPERACION MONOFASICA: Una falla o sobrecarga en cualquier fase abre todos los polos del interruptor, reduciendo a su mínimo la posibilidad de que los motores polifásicos trabajen monofásicamente.

ELEMENTOS DE PROTECCION DOBLE: Los elementos térmicos bimetálicos protegen contra sobrecarga cuando la desconexión a tiempo inverso es deseable y los elementos magnéticos disparan el interruptor instantáneamente en caso de fallas de corriente peligrosas.

MAXIMO DE SEGURIDAD: Los interruptores en caja moldeada son completamente de frente muerto; por lo tanto, el personal no queda expuesto a partes "vivas".

A PRUEBA DE ALTERACIONES: El interruptor completo, o la unidad de disparo es sellada en la fábrica para evitar intervenciones indebidas o alteraciones en su capacidad.

CONSTRUCCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS NORMALES Y DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.

Los interruptores termomagnéticos proporcionan el mismo tiempo dilación en la sobrecarga y protección instantánea contra cortocircuito y se componen de tres elementos: (1) unidad de disparo, (2) mecanismo del interruptor y (3) cámara de arqueo

Un interruptor termomagnético es esencialmente un interruptor de carga con elementos repetitivos de protección. El mecanismo del interruptor se puede operar manualmente, usando la manija o automáticamente con la liberación de un gatillo de disparo accionado por la unidad de disparo. Las características siguientes son las específicas de la construcción de los interruptores Termomagnéticos en Caja Moldeada Federal Pacific.

TOTALMENTE ENCERRADOS EN UNA CAJA MOLDEADA: Las cajas de resina fenólica proveen gran resistencia al impacto y alta fuerza dieléctrica, proporcionando una caja robusta que contiene el mecanismo de operación.

MANIJA ROTATORIA DE CUATRO POSICIONES: La posición de la manija rotatoria da una indicación positiva del interruptor cuando está "Conectado", "Desconectado" o en posición de "Disparo" aun viéndola a distancia. También hay una cuarta posición de "Restablecer", para indicar la debida operación para restablecer o reconectar el circuito después de un disparo o desconexión automática.

COJINETES RESISTENTES A LA CORROSION: Los cojinetes de diferentes metales proporcionan una operación suave, de baja fricción. El templado y el acabado a prueba de corrosión de todas las partes movibles también aseguran una larga vida del interruptor.

CALIBRACION SELLADA POR LA FABRICA: Cada interruptor termomagnético se calibra, sella y prueba en sobrecargas para asegurar su operación adecuada y su capacidad eléctrica invertable. En los marcos NM y HN, las unidades de disparo se sellan y se prueban individualmente, siendo intercambiables con la simple remoción de la cubierta del interruptor.

PROTECCION ADECUADA Y EXACTA: Todas las partes del dispositivo de disparo tienen superficies esmeriladas y pulidas y son tratadas térmicamente para evitar distorsiones. Los filamentos son tratados térmicamente retenendo su calibración en forma permanente.

ZAPATAS MECANICAS DE PRESION SIN SOLDADURA: Normalmente se usan zapatas mecánicas de presión sin soldadura, con todos los interruptores para lograr conexiones firmes y duraderas.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja de Dimensiones

rapidez. La manija robusta de tamaño adecuado a la mano de un hombre, ofrece la ventaja de seguridad y la facilidad de ver sus diferentes posiciones a distancia.

CIERRE: Todos los interruptores termomagnéticos de manija rotatoria incluyen un anillo de cierre retráctil que acepta hasta 3 candados para lograr un máximo de seguridad.

MANIJA INTEGRAL (TIPO ROTATORIO): La manija rotatoria forma parte del mecanismo del interruptor.

Este diseño elimina los mecanismos externos de la manija de extensión, que ofrece muchos inconvenientes. Cuando los interruptores de manija rotatoria se colocan en un gabinete provisto de puerta, sólo se requiere un simple corte adecuado en la puerta.

BLOQUEO MECANICO DE PUERTA (Tipo de Manija Rotatoria): La barra y el tope de enclavamiento se pueden proporcionar, son de montaje fácil en el interruptor para bloquearlo con la puerta. Una junta alrededor del corte de la puerta proporciona un sello que protege contra el polvo y el aceite. Una barra de enclavamiento se desliza dentro de una ranura del interruptor y queda asegurada en el interruptor. El entrelace mecánico de la puerta evita que se abra sin autorización cuando el interruptor está en la posición de "Cerrado". El entrelace mecánico puede ser librado por el personal autorizado.

El juego del entrelace mecánico consiste de un junta, una barra de enclavamiento, un tope inmovilizador y una placa de "puerta abierta"

Dispositivo de seguro exclusivo para interruptor, que permite el bloqueo de la manija mediante su anillo retractable que puede acomodar hasta 3 candados.

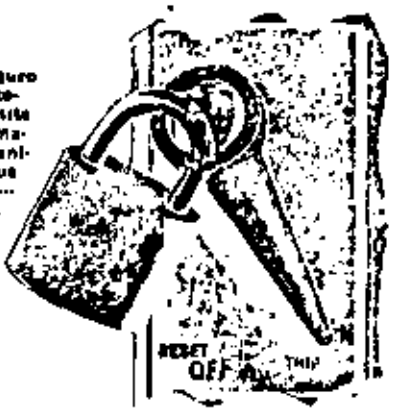


TABLA 1 — DATOS PARA SELECCION

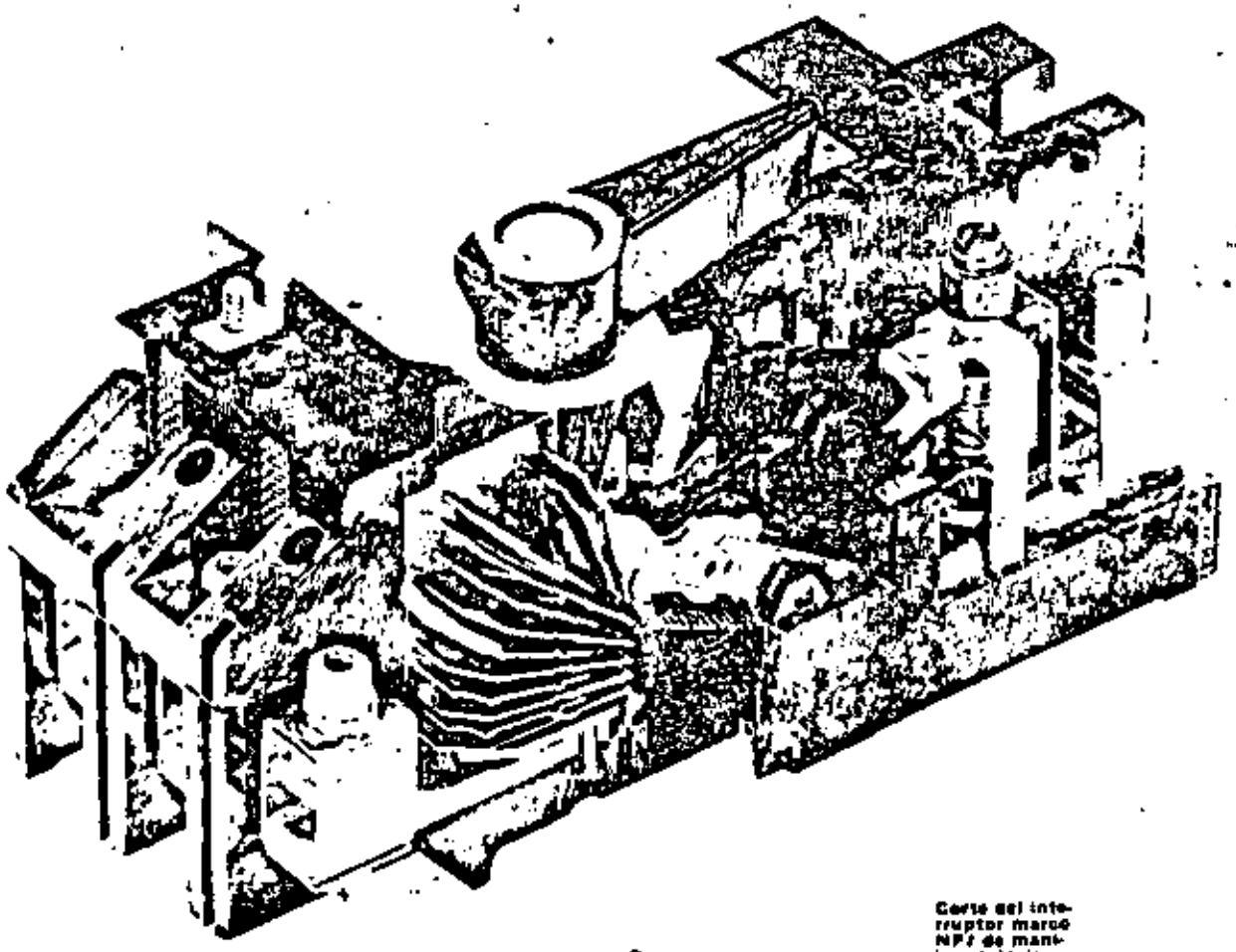
Tipo	Polos	Capacidad en amperes.	TENSION (Volts) C.A.	TENSION (Volts) C.C.	U.L. CAPACIDADES INTERRUPTIVAS ASIMETRICAS—AMPERES RCM. U.L. Valores simétricos entre ( ) C.A. 120	C.A. 240	C.A. 480	C.A. 600	C. C.	Ajuste del disparo magnético	Unidad de disparo intercamb.
INTERRUPTORES NORMALES											
NB (NBM)	1	15-50	120/240	—	+5M (10M)	—	—	—	—	—	—
	2	15-100	120/240	—	+5M (10M)	—	—	—	—	—	—
	3	15-100	240	—	—	+5M (10M)	—	—	—	—	—
NEF	2	10-100	480	125/250	—	20M (18M)	15M (14M)	—	10M	—	—
	3	10-100	480	125/250	—	20M (18M)	15M (14M)	—	10M	—	—
NFJ	2,3	70-225	600	250	—	25 (22)	20 (18)	15M (14M)	10M	Sí	—
NJL	2,3	70-500	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Sí	—
NM	2,3	125-1000	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Sí	Sí
INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.											
HEF	2,3	15-100	600	250	—	75M (65M)	30M (25M)	20M (18M)	10M	Sí	—
HFJ	2,3	70-225	600	250	—	75M (65M)	30M (25M)	20M (18M)	10M	Sí	—
HJL	2,3	70-500	600	250	—	75M (65M)	40M (35M)	30M (25M)	20M	Consultar con la fábrica.	
HM	2,3	125-1000	600	250	—	75M (65M)	40M (35M)	30M (25M)	20M	Sí	Sí

+ Los valores simétricos son iguales a los valores asimétricos.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva



Corte del interruptor marca NPF de manija rotatoria.

CIRCUITOS DE MOTORES Y SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Aunque los interruptores se pueden aplicar para protección de sobrecorriente de motores, cuando se cumple con los requerimientos del Artículo 430 del N.E.C., esas aplicaciones no son recomendables para interruptores del Tipo AB. Por lo tanto, las siguientes recomendaciones están limitadas al uso de un interruptor, como protector de un circuito.

Para la mayoría de las aplicaciones, especialmente aquellas donde el comportamiento de arranque del motor no se conoce, las reglas máximas del N.E.C. se deben seguir.

Ocasionalmente se pueden usar interruptores de más baja capacidad con buenos resultados, cuando las características del motor son bien conocidas.

Los requerimientos del interruptor termomagnético varían, dependiendo de si hay uno o varios motores en el circuito.

CIRCUITO CON UN SOLO MOTOR: El interruptor debe tener una capacidad continua de no menos de 115% de la corriente a plena carga del motor. Sección N.E.C. 4347.) Antes de aplicar un interruptor de una capacidad igual o cercana al 115% de la carga completa del motor, revise para determinar el efecto de cualesquiera de las siguientes condiciones: alta temperatura ambiental, calentamiento dentro de la cubierta del interruptor debido al agrupamiento de dispositivos que consumen corriente, arranque frecuente de motores y aceleración de los motores durante un periodo largo. Los motores con letras de código que no sean las letras de la "A" a la "J", pueden ocasionar disparos magnéticos instantáneos del interruptor cuando se seleccione con la norma de 115%, por lo tanto se deben consultar las curvas del interruptor para evitar esos disparos innecesarios.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Hoja descriptiva

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

TABLA 2

AMPERES A PLENA CARGA DEL MOTOR
Valores promedio para todas las velocidades y frecuencias.

HP	Monofásico C.A.			Polifásico C.A. (tipo de inducción) jaula de ardilla y rotor devanado								Corriente directa		
	115 volts	230 volts	440 volts	110 volts		220 volts		440 volts		550 volts		115 volts	230 volts	550 volts
				3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos			
1/6*	3.2	1.6												
1/4*	4.5	2.3												
1/2*	7.4	3.7		4	4	2	2	1	1	.8	.8	4.6	2.3	1.4
3/4*	10.2	5.1		5.6	4.8	2.8	2.4	1.4	1.2	1.1	1	6.6	3.3	1.8
1*	13	6.5		7	6.4	3.5	3.2	1.8	1.6	1.4	1.3	8.6	4.3	2.6
1 1/2	18.4	9.2		10	8.8	5	4.4	2.5	2.2	2	1.8	12.6	6.3	3.4
2	24	12		13	11.2	6.5	5.6	3.3	2.8	2.6	2.2	16.4	8.2	5
3	34	17				9	8	4.5	4	4	3.2	24	12	8.3
5	56	28				15	13	7.5	7	6	6	40	20	12
7 1/2	80	40	21			22	19	11	9	9	8	58	29	16
10	100	50	26			27	24	14	12	11	10	76	38	23
15						40	34	20	17	16	14	112	56	31
20						52	45	26	23	21	18	148	74	38
25						64	55	32	28	26	22	184	92	46
30						78	67	39	34	31	27	220	110	61
40						104	88	52	44	41	35	292	146	75
50						125	106	63	54	50	43	360	180	90
60						150	130	75	65	60	52	430	215	111
75						185	158	93	79	74	63	536	268	

Estos valores de corriente de carga plena son para motores trabajando a velocidades usuales para motores con bandas y motores con características de par normal. Los motores construidos para velocidades especialmente bajas o de alto par pueden requerir corrientes normales más altas, en este caso se debe considerar la corriente indicada en la placa.

* Para proteger motores de un caballo o menos, ver Sección 430-32 NEC.

La corriente en el conductor común de un sistema de 2 fases, 3 hilos, será de 1.41 veces el valor dado.

Para las corrientes a carga plena de motores de 208 a 200 volts, aumente la corriente a carga plena del motor a 220 volts en un 6 ó 10% respectivamente. Para corrientes a carga plena de motores a 208 y 200 volts, aumente la corriente a carga plena del motor a 230 volts en un 10 y 15% respectivamente.

TABLA 3

CAPACIDADES DEL INTERRUPTOR AB PARA CIRCUITOS DERIVADOS DE MOTORES

Tipo de motor y método de arranque	Capacidad máxima del interruptor en porcentaje de la corriente del motor a plena carga para selección del interruptor.	Seleccione la capacidad del interruptor de la tabla No. 4 - Ver la columna
Para motores marcados con la letra de código		
Todos los motores monofásicos C.A. y los polifásicos de tipo jaula de ardilla y síncronos, con arranque a voltaje pleno con resistencia o reactor)		
Letra de código A	150	1
Letras de código B a E	200	2
Letras de código F a V	250	3
Todos los motores de C.A. del tipo de jaula de ardilla y síncronos de arranque con autotransformador:		
Letra de código A	150	1
Letras de código B a E	200	2
Letras de código F a V	200	2
Para motores que no están marcados con letra de código		
Monofásicos de todos los tipos.		
Motores tipo jaula de ardilla y síncronos (arranque a tensión plena con resistor y reactor)	250	3
Motores tipo jaula de ardilla y síncronos (arranque con autotransformador)	250 200	3 2
Tipo jaula de ardilla de alta reactancia:		
no más de 30 amps	250	3
más de 30 amps	200	2
Rotor Devanado	150	1
Corriente Directa	150	1

Las tolerancias anteriores se pueden aumentar hasta un 400 o/o de la corriente del motor de carga plena si se encuentra que no son satisfactorias para el arranque. A menudo se pueden usar valores más bajos, hasta llegar a un mínimo de 115 o/o de la carga plena del motor.

TABLA 4

CAPACIDADES MAXIMAS DE INTERRUPTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.

Corriente a plena carga del motor (Amp.)	Corriente máxima del interruptor del motor (Amperes) Columna		
	150 o/o	200 o/o	250 o/o
1 a 6	15	15	15
7	15	15	20
8	15	20	20
9, 10	15	20	30
11, 12	20	30	30
13	20	30	40
14, 15	30	30	40
16	30	40	40
17 a 20	30	40	50
22, 24	40	50	70
26	40	70	70
28	50	70	70
30, 32	50	70	100
34	70	70	100
36 a 40	70	100	100
42 a 48	70	100	125
48, 50	100	100	125
52 a 60	100	125	150
62	100	125	175
64, 66	100	150	175
68, 70	125	150	175
72, 74	125	150	200
76 a 80	125	175	200
82	125	175	225
84, 86	150	175	225
88, 90	150	200	225
92 a 100	150	200	250
105, 110	175	225	300
115	175	250	300
120	200	250	300
125	200	250	350
130	200	300	350
135, 140	225	300	350
145, 150	225	300	400
155, 160	250	350	400
165	250	350	500
170, 175	300	350	500
180 a 200	300	400	500
210 a 230	350	500	600
240	400	500	600
250	400	500	
260	400	600	
270 a 300	500	600	
320	500		
340 a 400	600		

CALIBRE DE LAS ZAPATAS

Interruptor tipo.	Rango en Amperes.	Calibre máximo del conductor
NB	15-70	No. 14- No. 4
	100	No. 6- No. 1/0
NEF, HEF	10-50	No. 4
	70-100	No. 1/0
NFJ, HFJ	10-50	No. 1/0
	70-225	No. 4/0
NJL	70-225	350MCM
	250-350	600MCM
HJL	500	1-250MCM 1-500MCM
NM, HM	125A-400A	1-600MCM
	500-600A	2-500MCM
	700-1000A	3-500 MCM

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva

RAZONES POR LAS CUALES LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA NO SE CLASIFICAN EN CABALLOS

A diferencia de los interruptores de navajas los interruptores termomagnéticos no se clasifican por el número de caballos que son capaces de maniobrar, porque pueden interrumpir con toda seguridad corrientes que exceden en mucho el valor a rotor bloqueado de cualquier motor al que se apliquen. Esta característica ha sido demostrada por los pruebas de los Underwriters' descritas en boletín Clase 1400, página 3. Un interruptor debe pasar una prueba de sobrecarga preparada por los Underwriters' Laboratories, Inc. que consiste en una apertura de corriente de 600 o/o de su valor nominal 50 veces. Como las capacidades de los interruptores para derivacion de motores, generalmente son del 125 o/o — 250 o/o de las corrientes del motor a carga plena, esta prueba establece la capacidad del interruptor para interrumpir corrientes con rotor bloqueado.

Después de la prueba de sobrecarga y de otras que se hacen, se exige al interruptor que interrumpa satisfactoriamente su corriente nominal de corto circuito, de acuerdo con su tamaño. Debido a que por su propia definición un interruptor debe "abrir en condiciones anormales... sin dañarse", el interruptor debe continuar en condiciones de operar después de la prueba.

ESPECIFICACIONES TIPICAS DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA DE TIPOS NORMAL Y DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Los circuitos eléctricos serán protegidos por interruptores termomagnéticos en caja moldeada, como los fabricados por Federal Pacific Electric (o aprobados como iguales). Cada interruptor proporcionará protección contra sobrecarga a tiempo inverso e instantáneo contra cortocircuitos por medio de un elemento termomagnético.

Cuando se usa en centros de control, la manija del interruptor será saliente, proyectándose a través de la puerta y ninguna palanca operadora externa de manija se aplicará. Los interruptores de dos o tres polos tendrán un dispositivo que permita el uso de candados, hasta candados en la posición de "Abierto" o en la de "Cerrado", con puerta "Abierta" o "Cerrada" y tendrá un dispositivo para interconexión con la puerta, de modo que dicha puerta no pueda ser abierta cuando el interruptor está en la posición de "Cerrado" a menos que se libre el bloqueo.

Los interruptores termomagnéticos deben ser de cierre y apertura ultra rápida, con disparo mecánico libre de modo que los contactos no puedan mantenerse "Cerrados" en caso de una sobrecarga o de un corto circuito. El disparo será indicado por medio de la manija en su posición de "Disparado". Los interruptores termomagnéticos serán totalmente cubiertos por una caja moldeada y la parte del interruptor que cubre los elementos calibrados de protección serán sellados en la fábrica para evitar que los toquen personas no autorizadas. La capacidad en amperes será visible claramente al frente del interruptor. Los contactos serán de aleación de plata no fundibles.

APLICACION DE LOS INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA EN SERIE CON FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE "ECONOLIM" FEDERAL PACIFIC

Si el calculo de la corriente de falla demuestra que dicha corriente excede la capacidad de los interruptores normales, los interruptores Linea "H" de alta capacidad y los Interruptores Fusematic, los cuales coordinan el mecanismo del interruptor con los limitadores de corriente, se deba considerar la conveniencia de aplicar Fusibles Limitadores de Corriente Economlim en serie con interruptores normales en caja moldeada.

La aplicación de fusibles limitadores de corriente montados en serie con interruptores del tipo normal o Linea "H" (de alta capacidad interruptiva) no debe confundirse con la instalación de Interruptores en Caja Moldeada FPE Fusematic.

Los fusibles limitadores de corriente Economlim se han diseñado sobre la base de un principio enteramente nuevo que permite una reacción extremadamente corta a corrientes de falla muy altas. Debido a la velocidad a la que operan los Fusibles Economlim, se limita la magnitud y la duración de la corriente de falla a una fracción de su posible valor. Esta característica permite el uso de fusibles y de interruptores en combinaciones, cuando las corrientes de falla pueden llegar hasta 100,000 amperes simétricos. R.C.M.

Los tamaños mínimos de los fusibles son aquellos cuya curva característica no cruza la curva del interruptor en un punto donde los fusibles se quemarían frecuentemente en forma repetitiva convirtiéndose en una molestia innecesaria.

La Tabla Nº 6 muestra las capacidades máximas de limitación para los lados de línea y de carga. El limitador del lado de la línea nunca debe colocarse en el lado de carga del interruptor. A veces es posible agrupar varios interruptores con un solo juego de limitadores. En ningún caso, el limitador puede ser mayor que:

1. El limitador máximo del lado de línea del interruptor de más baja capacidad en el grupo, ni tampoco
2. El limitador máximo que se puede instalar en el lado de carga del interruptor que controla el grupo.

El total de carga del circuito en un grupo, incluyendo el factor de diversidad, no debe exceder la capacidad del limitador. Los limitadores instalados en el lado de la línea se deben acompañar de un desconectador para la reposición de limitadores.

Más de un limitador usualmente funcionan en fallas elevadas de 3 fases, aunque no siempre es ésta el caso. En la mayoría de las veces la energía de de la corriente de fuga es suficiente para operar el interruptor, evitando la operación monofásica, sin embargo, es posible que el interruptor no se abra.

Para evitar operaciones innecesarias de los limitadores, se recomienda usar el máximo de capacidades que se muestran en la página 12

ESPECIFICACIONES TIPICAS PARA USO DE FUSIBLES ECONOLIM EN SERIE CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

En los casos en que las corrientes de falla calculadas excedan a las capacidades de los Interruptores normales o de alta capacidad Linea "H", se instalarán Fusibles Limitadores de Corriente Economlim de la Federal Pacific, en serie con los interruptores termomagnéticos Federal Pacific con capacidades interruptivas de 100,000 amperes simétricos R.C.M. Los fusibles serán de un diseño que evite la sustitución por diferentes capacidades en el futuro.

Los fusibles cumplirán con todos los requerimientos de NEMA, Pub. — FU-1-1959. Los Interruptores termomagnéticos normales y de alta capacidad Linea "H" en caja moldeada usados cumplirán con las especificaciones que aparecen en la Tabla Nº 6.

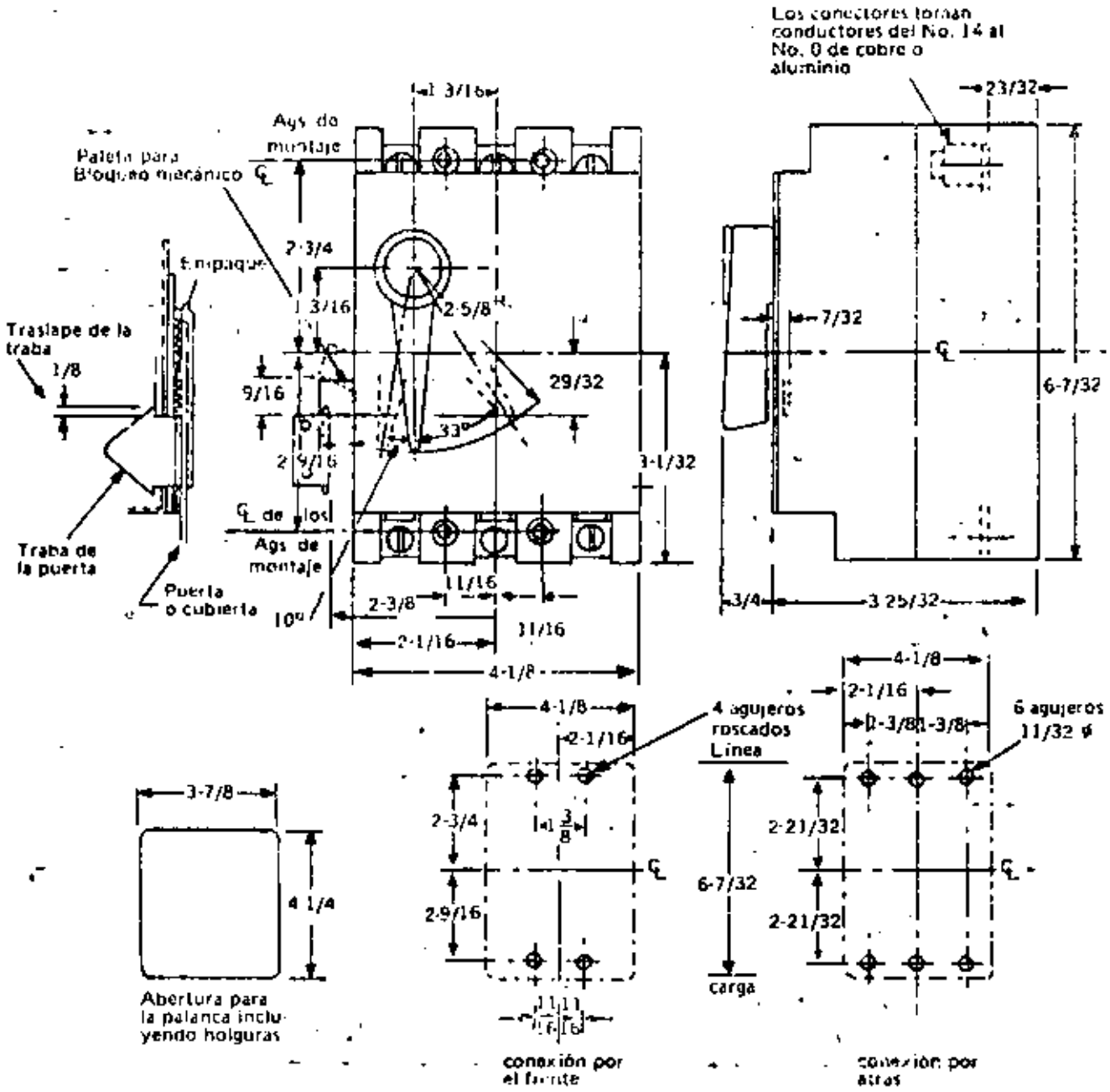
APLICACION EN CAPACITORES

Para aplicaciones normales en capacitores el interruptor con capacidad 150 o/o mayor que la capacidad de corriente del capacitor será el que se recomiende. Este factor permite las sobrecorrientes armónicas y otros factores similares. Esta selección cumple con los requerimientos del N.E.C. 460-8 que establece que el desconectador debe ser de no menos de 135 o/o de la capacidad del capacitor. Debido a componentes armónicas, las corrientes de operación pueden exceder de 135 o/o, en cuyo caso se hará necesario el uso de un interruptor de mayor capacidad. La temperatura ambiente también se debe tomar en consideración para la selección.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos NEF y HEF (Rotatorio), 3 Polos, 15-100 Amp. 480 V. C-A, 125/250 V. C-C

Hoja de Dimensiones



Dimensiones para montar interruptores termomagnéticos NEF de 3 polos con palanca rotatoria.

Dimensiones sujetas a cambio sin previo aviso

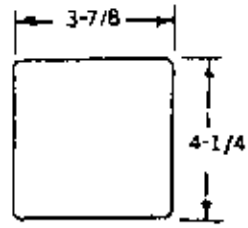
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos NJL y HJL (Rotatorio), 2 y 3 Polos, 70-500 Amp. 600 V. C-A, 250 V. C-C

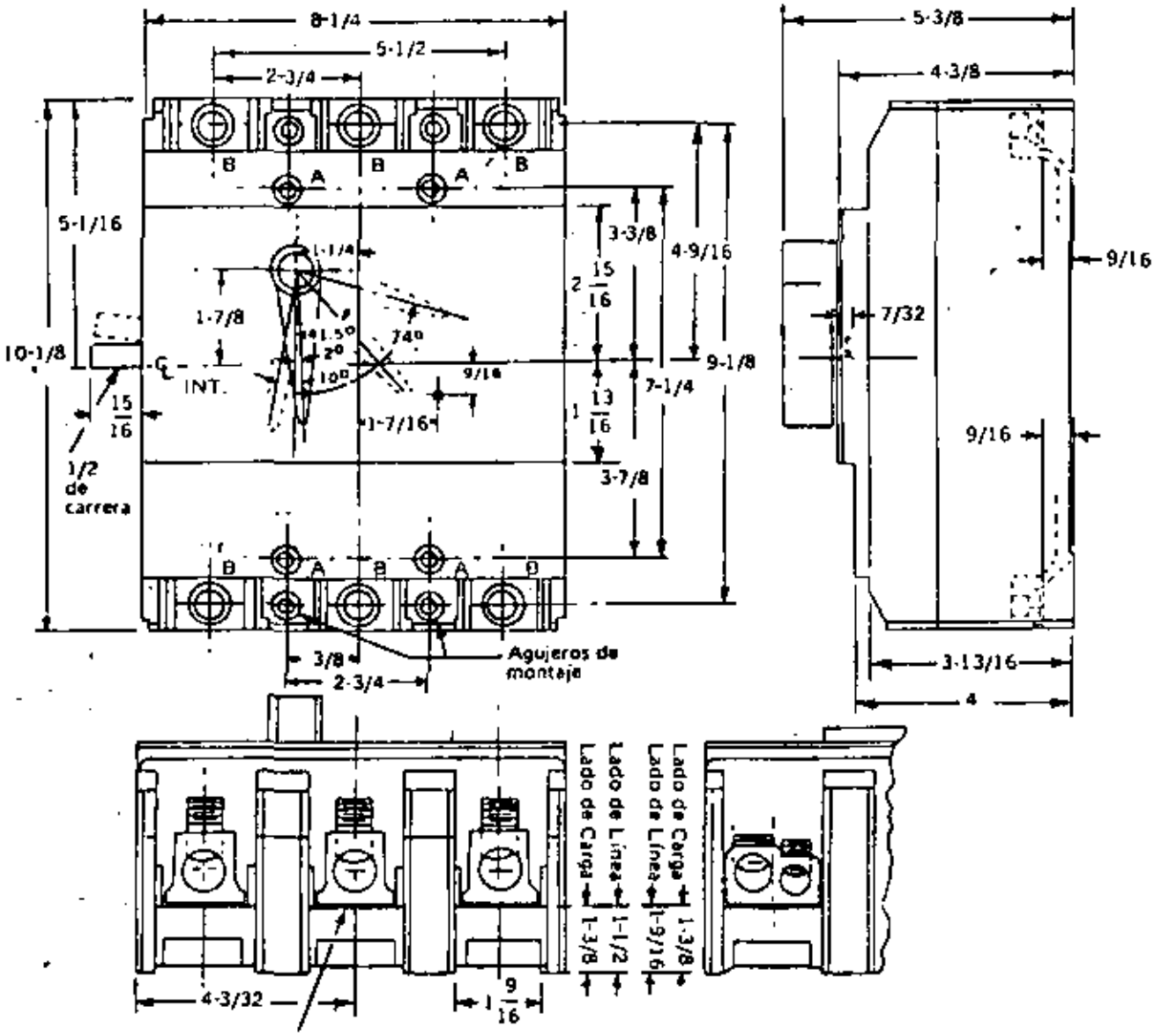
Hoja de Dimensiones

Para montajes del interruptor con conexión por el frente, taládrese haciendo coincidir los agujeros con los marcados "A" (4) ags. 6/16". El interruptor deberá conectarse a tierra mediante el conector provisto.

Para montar el interruptor con conexión posterior, taladrese haciendo coincidir los agujeros con los marcados "B" 9/16" de diametro, para 70 a 225A y 13/16" de diametro para capacidades arriba de 225A.



Dimensiones de aberturas para la palanca incluyendo holguras.



Dimensiones sujetas a cambio sin previo aviso.

I) EFECTOS FISIOLOGICOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Los efectos biológicos de la electricidad son primariamente una función del amperaje aplicado y no del voltaje.

Efectos de una corriente eléctrica de 60 hertz en el ser humano promedio al atravezar el tronco del cuerpo.

Intensidad de la corriente, mA (contacto de 1 segundo)	Efecto fisiológico
1	Umbral de la percepción
5	Máxima intensidad de corriente aceptada como inofensiva
10-20	Contracciones musculares involuntarias; a intensidades de corriente más altas empiezan las contracciones musculares sostenidas.
50	Dolor, agotamiento y posible desfallecimiento. Las funciones del corazón y del aparato respiratorio continúan.
100-300	Empieza la fibrilación ventricular, pero las funciones respiratorias se mantienen intactas.
6000	Contracción sostenida del miocardio seguida por ritmo normal del corazón. Parálisis respiratoria temporal. Quemaduras si la densidad de corriente es alta.

Como nos muestra la tabla anterior a medida que la corriente que circula por el cuerpo humano alcanza valores mayores a 1 mA aparecen el dolor y las contracciones musculares involuntarias; a valores de 100 mA la fibrilación cardiaca puede ocurrir. Es interesante hacer notar, sin embargo, que con corrientes mayores a 100 mA, hay una tendencia a que las contracciones musculares sean tan rápidas y violentas que la persona es involuntariamente arrojada lejos del contacto con la fuente de energía eléctrica.

A su paso por el cuerpo humano, la corriente tomará camino por los tejidos de más baja resistividad, siendo éstos los más afectados naturalmente. La resistencia total de ese camino puede variar desde valores ligeramente menores a 1000 ohms, hasta valores alrededor de 100,000 ohms, dependiendo principalmente de la presencia de humedad en mayor o menor grado.

Lo anterior nos da una idea del grave peligro que afronta un individuo que, con piel, ropa o zapatos mojados, entra en contacto, voluntaria o accidentalmente, con dos o más puntos de un sistema eléctrico (conductores, bastidores, corazas, tierras, etc.) entre los que existe una diferencia de potencial mayor de 75 volts.

II) SISTEMAS DE DISTRIBUCION

El término sistema aislado de tierra se usa para identificar un sistema en el cual no hay conexión intencional entre los conductores del sistema y la tierra. Sin embargo, existe un acoplamiento capacitivo entre los conductores del sistema y la tierra.

Cuando el neutro de un sistema no está conectado a tierra es posible que aparezcan sobrevoltajes transitorios, de varias veces el normal, durante las maniobras normales de los interruptores del circuito, al ocurrir una falla de línea a tierra.

Ventajas del sistema conectado a tierra:

1.- Reducción de gastos de operación y mantenimiento:
   a) Reducción en magnitud de los sobrevoltajes transitorios.
   b) Mejora en la protección contra descargas atmosféricas.
   c) Simplificación de localización de fallas a tierra.
   d) Mejora de la protección contra fallas del sistema y del equipo.

2.- Mejora de la confiabilidad del servicio.

3.- Más seguridad para el personal y el equipo.

III) EQUIPO CONECTADO A TIERRA

La puesta a tierra del equipo de un sistema consiste en conectar a tierra las partes metálicas (que no llevan corriente) del alambrado y aparatos conectados al sistema.

El objetivo principal de esta conexión a tierra es limitar la diferencia de potencial entre las partes metálicas del sistema, que no llevan corriente y entre estas partes y tierra, a un valor seguro bajo cualquier condición de operación, normal o anormal, del sistema.

Para lograr este objetivo es necesario construir un sistema de tierra, que mantenga un potencial uniforme en todas las partes metálicas de estructuras y aparatos, y que permita al personal estar siempre al mismo potencial.

El segundo objetivo de la conexión a tierra del equipo es proporcionar un retorno de baja impedancia para la corriente de falla a tierra.

El peligro al personal existe al tiempo que ocurre una falla a tierra. El forzar a la corriente a circular a través de una conexión de alta impedancia puede crear una diferencia de potencial peligrosa.

La importancia de un circuito continuo metálico de baja impedancia en el paso de retorno de la corriente de tierra, se ilustra en la Figura 1.

La Figura 1 . muestra un sistema monofásico 120/240 con el neutro del transformador conectado a tierra a través de un electrodo de tierra, el cual tiene una resistencia a tierra de 10 ohms. El tubo conduit está conectado a tierra a través de un electrodo de tierra separado, el cual mide 20 ohms a tierra. Una falla ocurre entre el conductor B y el conduit; la corriente de falla será igual a:

$$I = \frac{120}{20 + 10} = 4 \text{ amp.}$$

Diferencia de potencial entre el conduit y tierra:

$$V = 4 \times 20 = 80 \text{ volts}$$

Este voltaje no es necesariamente fatal.

La figura 1-b muestra el mismo sistema con un circuito continuo metálico. La corriente de falla tendrá un valor muy elevado debido al paso de baja impedancia, lo cual causa que operen los dispositivos de protección. Por la resistencia de 25 ohms circula una corriente muy pequeña y el potencial del tubo conduit se mantiene muy cercano al de tierra.

En grandes subestaciones la resistencia del bus de tierra no debe exceder de 1 ohm. En pequeñas estaciones no debe exceder de 5 ohms. En residencias la resistencia debe ser menor a 25 ohms.

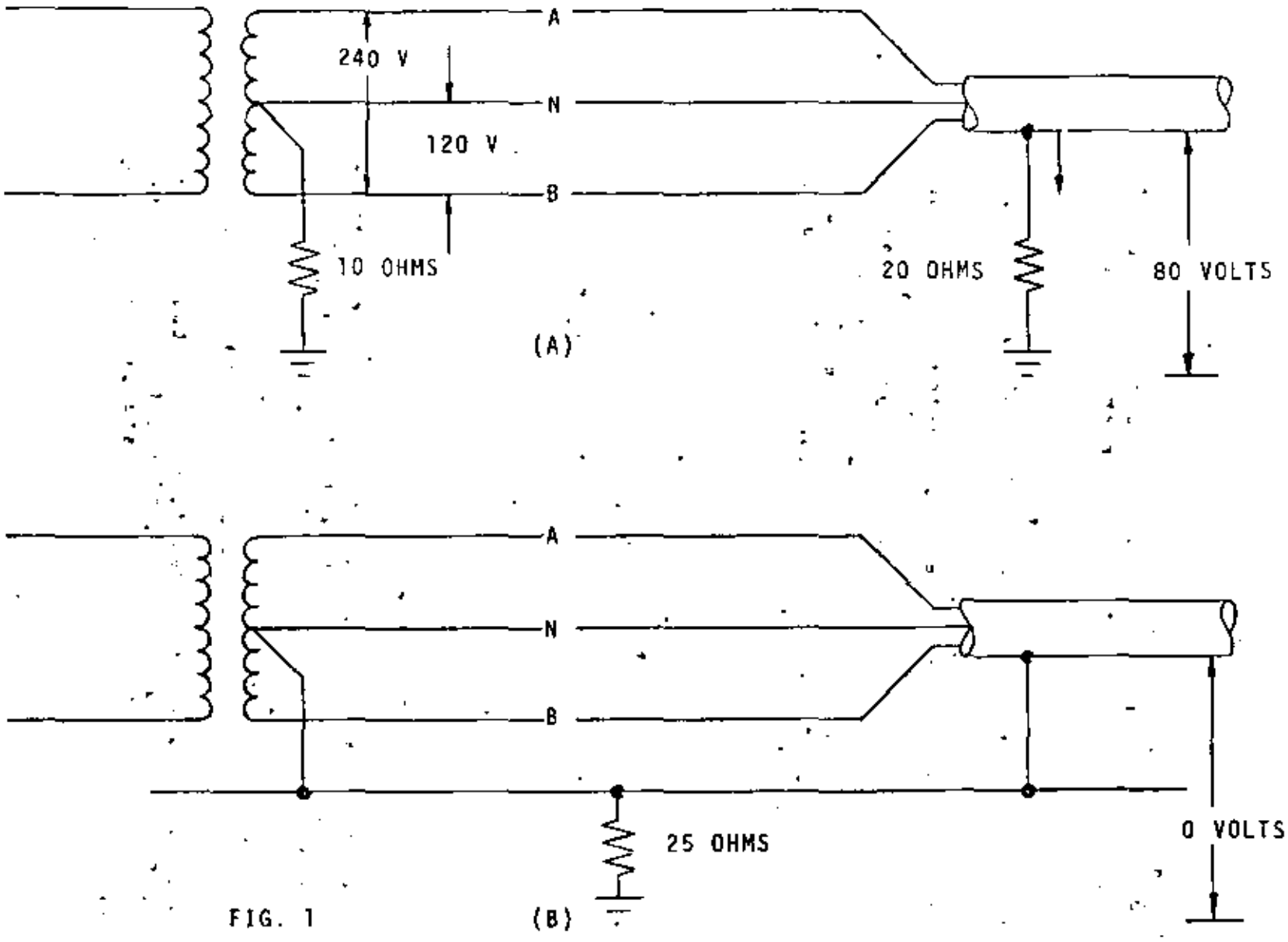


FIG. 1

Importancia del paso metálico continuo de tierra de baja impedancia.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SELECCION DE PROTECCION

a) Protección de Conductores
b) Protección de Cargas

MEDIOS DE CONTROL

a) Diapositivos de Control para Alumbrado
b) Circuitos Alimentadores
c) Dispositivos de Control para Fuerza

ING. NOE ARMAS MORALES

9 NOVIEMBRE, 1979.

0

ING. JOL ARMAS MORALES.

OCTAVA SESION.- Martes 18 de julio.

VI.-

DISEÑO DE PROTECCION

1).- CAPITULO II - R.O.I.E - Proyecto y Protección de Canalizaciones Electricas (Conductores).

3.1.- Se consideran separadamente las disposiciones referentes a:

a) Lineas de servicio para suministro de energía.

b) Conductores alimentadores de las canalizaciones.

c) Circuitos derivados.

Línea de servicio (2.1 ROIE).- Los conductores y equipo que se usen para el suministro de energía eléctrica, desde las lineas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta los medios principales de desconexión y protección contra sobre corriente de la instalación servida.

3.2.- Conductores alimentadores.- Son aquellos comprendidos entre los medios principales de desconexión y protección contra sobre corriente y los medios de protección contra sobre corriente de los circuitos derivados.

3.3.- Circuito derivado.- Es la parte de conductor o canalización que se extienda después del último dispositivo de protección contra sobre corriente del lado de la carga que proteja a esa parte.

Los arrancadores de motores con protección contra sobre corriente y otros dispositivos semejantes no se deben considerar como la protección de sobre corriente de un circuito derivado.

4.0.- Identificación de conductores conectados a tierra.

4.1.- Cuando una canalización tenga un conductor conectado a tierra, se identifique este con un color blanco o gris.

5.0.- Circuitos derivados.

5.1.- Son los conductores alimentadores que abastecen cargas de alumbrado o de aparatos domesticos o comerciales o a combinaciones cuando se conecten motores o aparatos accionados por motores u otras cargas especiales es necesario aplicar los artículos del NOIE para esas cargas.

5.2.- La clasificación de los circuitos derivados para cargas indefinidas es por medio de la protección contra sobre corriente de

15 amps.

20 amps.

30 amps.

50 amps.

Las cargas individuales mayores de 50 amps. deberán alimentarse por circuitos derivados individuales.

5.3.- Circuito derivado multifilares.- Dos ó más conductores a diferente potencial entre si y de un conductor que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los otros conductores.- Ejem.- 4 hilos, 3 fases.

5.4.- Colores normales de identificación.

Trifilar _ negro, blanco y rojo.

Tetrafilares _ negro, blanco, rojo y azul.

Pentafilares _ negro, blanco, rojo, azul y amarillo.

5.5.- Voltaje:

Los circuitos derivados que abastezcan porta lamparas, aparatos ó contactos de 15 amps. ó menos no deberán exceder de 150 volts. a tierra; excepciones:

a) Establecimientos industriales hasta 300 volts a tierra en circuito de alumbrado que esten colocados a mas de 2.40 mts. de altura sobre el piso y que no tengan interruptores integrados.

b) Sistemas ferroviarios se aplica 2-10.

c) Calefacción industrias infrarroja se aplica 27-8.

5.6.- Circuitos derivados para distintas clases de carga.

a) Alumbrado y aparatos pequeños. Relojes, radios.

b) Aparatos de mas de 3 amps. Planchas, parrillas, refrigeradores.

5.7.- Calculo de la carga.- Para obtener la capacidad de los circuitos derivados se consideran las cargas a conectarse con los minimos siguientes.-

a) Alumbrado y aparatos pequeños, por metro cuadrado del -

area del piso.

LUGAR	CARGA WATTS POR METRO CUADRADO
Anfiteatros	10
Bancos	20
Bodegas ó almacenes	2
Casa habitación	20
Clubes	20
Edificiones industriales	20
Oficinas	20
Escuelas	30
Locales comerciales chicos	5
Hospitales	20
Hoteles (sin aparatos electricos para cocinar)	20
Iglesias	5
Peluquerias y salas de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30

b) Aparatos de mas de 3 amps.- Se considera cargas no menor - 5 amps., si hay varios contactos en un solo cuarto que no se usan simultaneamente la carga se calcula de 5 amps., - por cada tres contactos.

c) Hilo neutro.- Si hay hilo neutro en un circuito derivado - la carga que se considera para el neutro, no debe ser -- menor que el desequilibrio maximo de la carga en el circuito.

5.8.- Conductores de circuitos derivados.

a) Calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado cumpliendo en (6-2, caida voltaje 3% alumbrado, - 4% aparatos y motores)

b) Sección minima.

Minimo No. 14 circuito alumbrado y aparatos pequeños.

Minimo No. 12 circuito que alimentan aparatos de mas de 3 amps.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos que se usen para conectarlos a la salida de los circuitos derivados pueden ser de menor sección cumpliendo con, (11-5)

	CIRCUITOS DERIVADOS	CORRIENTE MINIMA
ALAMBRE no. 18	15 amps.	5 tw
no. 16	20 amps.	7 tw
no. 14	30 amps.	15 tw
no. 12	50 amps.	20 tw
no. 10	-	25 tw

5.9.- Protección contra sobre corriente.- Conductor no conectado a tierra de un circuito derivado, se debe protejer contra --- corrientes excesivas por medio de dispositivos.

La capacidad de estos dispositivos deben cumplir lo siguiente

a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los -- conductores del circuito.

b) Si el circuito abastece únicamente a un sólo aparato con - capacidad de 10 amps. ó más la capacidad ó ajuste de sobre corriente no deberá exceder del 150% de la capacidad del - aparato.

c) Los alambres y cordones (5-8) se consideran protegidos por el dispositivo contra sobre corriente del circuito derivado.

5.10.-Dispositivos de salida.

a) Porta lumparas.- No menor a la carga a servir, mayores de 20 amps., sean de servicio pesado.

b) Contactos.- No menor a la carga a servir; cuando este con 2 ó más salidas tengan las capacidades siguientes.

CAPACIDADES CIRCUITO	CAPACIDADES CONTACTO
15 amps.	no mayor de 15 amps.
20 amps.	20 amps.
30 amps.	20 ó 30 amps.
50 amps.	50 amps.

6.0.-

6.1.- Conductores alimentadores.- No deben ser de calibre mas delgado (11-4 tabla de la corriente permitida en los conductores) y cumplir con (6.3 cálculo de la carga)

6.2.- Caida de voltaje.

3% de alumbrado.

4% de motores y aparatos.

6.3.- Cálculo de la carga.- La carga para los conductores alimentadores no deberá ser menor que la suma de todas las cargas de

TABLA NUMERO 2

CORRIENTE EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS DENTRO DE DUCTOS

Basada en temperatura ambiente de 30°C y no más de 3 conductores en un ducto

(Para otros casos véase la Fracción II-4)

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	Sección Transversal en milímetros cuadrados.	Temperatura permisible y material del aislamiento: 60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	85°C Papel, Termoplástico y asbesto, Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar
14	2.081	15	15	25	30	30	30
12	3.309	20	20	30	35	40	40
10	5.261	30	30	40	45	50	55
8	8.366	40	45	50	60	65	70
6	13.30	55	65	70	80	85	95
4	21.15	70	85	90	105	115	120
3	26.67	80	100	105	120	130	145
2	33.63	95	115	120	135	145	165
1	42.41	110	130	140	160	170	190
0	53.48	125	150	155	190	200	225
00	67.43	145	175	185	215	230	250
000	85.03	165	200	210	235	265	285
0000	107.22	195	230	245	275	310	340
250	126.67	215	255	270	305	335	...
300	152.01	240	285	300	345	380	...
350	177.35	260	310	325	390	420	...
400	202.69	280	335	360	420	450	...
500	253.36	320	380	405	470	500	...
600	303.03	355	420	455	525	545	...
700	354.70	385	460	490	560	600	...
750	380.04	400	475	500	580	620	...
800	405.37	410	490	515	600	640	...
900	456.04	435	520	555	...	...	...
1000	506.71	455	545	585	680	730	...
1250	633.39	495	590	645	...	...	...
1500	760.07	520	625	700	785	...	...
1750	886.75	545	660	735	...	...	...
2000	1013.42	560	665	775	840	...	...

FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE DE MAS DE 30°C.

Temperatura Ambiente — Factor Corrigendo —	Temperatura permisible y material del aislamiento: 60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar	85°C Papel, Termoplástico y asbesto, Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.95	....
45	0.71	0.82	0.85	0.90	0.92	....
50	0.58	0.75	0.80	0.87	0.89	...
55	0.41	0.67	0.74	0.83	0.86	....
60	....	0.58	0.67	0.79	0.83	0.91
70	....	0.35	0.52	0.71	0.76	0.87
75	....	....	0.44	0.66	0.72	0.86
80	....	....	0.30	0.61	0.69	0.84
90	....	....	....	0.50	0.64	0.80
100	....	....	....	....	0.51	0.77
120	....	....	....	....	....	0.69
140	....	....	....	....	....	0.59

TABLA NUMERO 3

CORRIENTE MAXIMA EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS EN LINEA ABIERTA

Basada en temperatura ambiente de 30°C. Para temperatura ambiente mayor apliquense los factores de corrección dados en la Tabla Número 2.

Véanse las disposiciones de la Fracción 11-4

TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intemperie.	85°C Papel, Termoplástico y abierto. Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
14	20	20	30	30	40	40	45
12	25	25	40	40	50	50	55
10	40	40	55	55	65	70	75
8	55	65	70	70	85	90	100
6	80	95	100	100	120	125	135
4	105	125	130	135	160	170	180
3	120	145	150	155	180	195	210
2	140	170	175	180	210	225	240
1	165	195	205	210	245	265	280
0	195	230	235	245	285	305	325
00	225	265	275	285	330	355	370
000	260	310	320	330	385	410	430
0000	300	360	370	385	445	475	510
250	340	405	410	425	495	530	....
300	375	445	460	480	555	590	....
350	420	505	510	530	610	655	....
400	455	545	555	575	665	710	....
500	515	620	630	660	765	815	....
600	575	690	710	740	855	910	....
700	630	755	780	815	940	1005	....
750	655	785	810	845	980	1045	....
800	680	815	845	880	1020	1085	....
900	730	870	905	940	....	....	....
1000	780	935	965	1000	1165	1240	....
1250	890	1065	....	1130	....	....	....
1500	980	1175	1215	1260	1450	....	....
1750	1070	1280	....	1370	....	....	....
2000	1155	1385	1405	1470	1715	....	....

los circuitos derivados abastecidos por dichos conductores - (5-7 cargas por metro cuadrado).

En los casos siguientes se podrá aplicar a la carga computada el factor de demanda siguiente:

a) Casas habitación 30% al excedente 2500 watts.

b) Edificios de oficinas 70% al excedente 20000 watts.

c) Escuelas 50% al excedente sobre 15000 watts.

d) Hospitales 40% hasta 50000 watts y 20% al excedente.

e) Hoteles 50% hasta 20000 watts y 35% al excedente.

f) Motores.- La carga se calcula de acuerdo con (28-10 y -- 28-12)

g) Cuando haya hilo neutro en el circuito alimentador la carga que se considere para el neutro no debe ser menor que el desequilibrio máximo de la carga.

6.4.- Circuitos alimentadores con neutro común.- Se puede usar un hilo neutro para dos ó más circuitos alimentadores multifilares siempre que estos esten dentro de una misma canalización (10-14 inducción).

7.0.- Líneas de servicio.

7.9.- Medios de desconexión.

7.10.-Conexiones antes de los medios de desconexión.

7.11.-Apertura simultanea.

7.12.-Tipos permitidos.

7.13.-Indicación de posición.

7.14.-Accionamiento exterior.

7.15.-Capacidad de interruptores de servicio.

Voltaje-amperaje.

7.16.-Protección contra sobre corriente.

a) Conductores no conectados a tierra. Capacidad según 11-4 tabla de corrientes.

b) Motores 28-25, 28-32, 28-33.

c) Fusibles ó interruptores automáticos 8-3

d) La protección contra sobre corriente puede estar formado por uno ó varios interruptores automáticos ó juegos de - fusibles.

8.0.- Protección contra sobre corriente.

8.3.- Conductores - corriente permisible según 11-4.

a) Fusibles.- Si la corriente permisible no corresponde a un fusible de capacidad normal, puede usarse el de capacidad inmediata superior si no excede del 150% - no usar fusibles tipo tapón ó de rosca en circuito mayores de 150 volts. a tierra.

La rosca debe estar en el lado de la carga.

b) Interruptores automáticos de disparo no ajustables.- Capacidad nominal de acuerdo a la corriente permisible de los conductores ó al inmediato superior siempre que no pase del 150% de la corriente permisible.

c) Interruptores automáticos ajustables.- Deben ajustarse para que no operen a más del 150% y debe tomarse en cuenta el ajuste por temperatura.

28.0.- Motores y controladores.

28.1.- Las disposiciones contenidas en las fracciones 28-2 a 28-8 comprenden algunas disposiciones miscelaneas para motores y controladores.

28.2.- Sobrecalentamiento por acumulación de polvo.

28.3.- Identificación de los motores.

28.4.- Identificación de los controladores.

Cuando un controlador esta construido como parte integrante de un motor ó de un motor generador, el controlador no necesita estar marcado separadamente, ya que los datos necesarios deben aparecer en la placa del motor.

28.5.- Identificación de terminales (motores y controladores).

28.6.- Espacio para conexiones en cubierta.

28.7.- Cubiertas.

28.8.- Ubicación de motores (mantenimiento).

28.9.- Calibre de conductores para circuitos de motores. Conductores aptos de conducir la corriente del motor, sin sobrecalentamiento y bajo condiciones que se especifiquen. Para caida de voltaje en el circuito veáse 6-2.

28.10.-Motores individuales.

La corriente permisible de acuerdo a la tabla 11-4 en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante no será menor del 125% de la corriente nominal a carga plena del motor.

Cuando la carga sea variable, el calibre de los conductores podrá fijarse considerando una corriente menor que el 125% nominal a carga plena del motor según el régimen del trabajo que se trate, pero no menor del 85%; especialmente cuando el motor arranca con frecuencia es necesario instalar más grandes.

28.11.- Secundario del motor con rotor devanado. Los conductores que conecten el secundario de un motor para corriente alterna con rotor devanado, a su controlador deben ser de calibre para una corriente no menor del 125% de la corriente secundaria del motor, a carga plena, si es para régimen de trabajo continuo. Para otro régimen de trabajo que no sea continuo se aplica el 28-10.

28.12.- Conductores que abastecen a varios motores.
Los conductores que alimentan a 2 ó más motores deberán ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el 125% de la corriente a carga plena del motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a carga plena de los demás motores de grupo. Cuando los motores no funcionen simultaneamente a carga plena, se aplicará el factor de demanda que corresponda al régimen de operación.

28.13.- Carga mixta.
Los conductores alimentadores que abastezcan carga de motores y también de alumbrado y/o aparatos de acuerdo con el artículo 6, deberán ser de calibre suficiente para la carga total del alumbrado y/o de aparatos más la corriente que corresponda a la carga de motores.

28.14.- Protección contra sobrecorriente de motores.
Se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a protejer motores, aparatos de control de motores y conductores de circuitos derivados que los abastezcan contra el calentamiento excesivo debido a sobrecarga de los motores.

28.15.- Motores para servicio continuo.
Cada motor deberá protegerse contra sobrecarga de la manera siguiente:.

a) De más de 1 caballo de potencia.- La protección deberá asegurarse haciendo uso de uno de los medios siguientes.
   - Un dispositivo de sobrecorriente separado, que actúe por efecto de la corriente del motor.- La capacidad ó ajuste de este dispositivo no deberá ser mayor del 140%

nominal a carga plena.

- Un dispositivo protector incluido en el motor que actúe por efecto de la corriente ó de la corriente y la temperatura.

b) De 1 Caballo de potencia ó menor, arrancado manualmente. Cada motor que se arranque manualmente podrá considerarse protegido contrasobrecorriente por el dispositivo de --- sobrecorriente que proteje a los conductores del circuito derivado.

c) De 1 caballo de potencia ó menor, arrancado automáticamente. Deberá protegerse contra sobre corriente en la misma forma que los motores de más de 1 caballo de potencia, -- como se indica en a.

d) Secundarios de motor con rotor devanado.
Los circuitos secundarios de motor de corriente alterna - con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores resistencias, etc. Se consideran protegidos contra sobre- corriente por el dispositivo de sobrecarga del circuito - primario del motor.

28.16.- Servicio intermitente.- Un motor que lleve carga intermitente ó variable se considera protegido contra sobre corriente por el dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado, - si este se protege a no más de 400% de la corriente nominal a plena carga del motor como se indica en 28-25.

28.17.- Periodo de arranque.
Si es arrancado manualmente, la protección contra sobre carga puede excluirse del circuito durante el periodo de arranque siempre que el dispositivo que lo excluya no pueda dejarse en la posición de arranque. El motor podrá considerarse - protegido contra sobre corriente, durante el arranque, si se colocan en el circuito fusibles ó interruptores automáticos de acción retardada, con capacidad ó ajuste no mayor de 400% La protección contra sobre carga del motor no deberá suprimirse durante el periodo de arranque si el motor se --- arranca automáticamente.

28.18.- Fusibles.
Si se usan fusibles para la protección de sobrecarga del motor deberán intercalarse en cada conductor no conectado a - tierra.

28.19.- Dispositivos que no sean fusibles. La tabla siguiente señala en número mínimo de unidades de sobrecorriente, tales como -- bobinas de disparo, relevadores ó elementos térmicos, que se permiten y su colocación.

CLASE DE MOTOR	SIST. DE ABASTECIM.	NO. Y COLOCACION DE LAS UNIDADES - DE SOBRECORRIENTE
Monofásico ó de C.D.	Bifilar, monofásico ó de C.D. no conectado a tierra.	Uno, en cualquier conductor.
Monofásico ó de C.D.	Bifilar, monofásico ó de C.D. un conductor conectado a --- tierra.	Uno, en el conductor no conectado a tierra.
Monofásico ó de C.D.	Trifilar, monofásico ó de -- C.D., neutro conectado a --- tierra.	Uno, en cualquiera de los dos conductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico no conectado a tierra.	Dos, en dos con - condustores cualesquiera.
Trifásico	Trifilar, trifásico, un con-- ductor conectado a tierra.	Dos, en los con-- ductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos, en dos con-- ductores cualesquiera.
Trifásico	Tetrafilar, trifásico, neutro conectado ó no a tierra.	Dos, en dos con-- ductores cualesquiera, excepto - el neutro.

28.20.- Número de conductores desconectados por el dispositivo de -- sobrecorriente. Los dispositivos de sobrecarga del motor que no sean fusibles ó interruptores térmicos no polares, deberán desconectar simultaneamente todos los conductores no conectados a tierra.

28.21.- Arrancador de motor como protección contra sobre carga. Un arrancador de motor también puede servir como dispositivo de protección contra sobrecarga, si el número de unidades de sobrecorriente concuerda con lo indicado en la tabla de 28-19

28-22.- Protección contra corto circuito. El dispositivo que se use para proteger a un motor contra sobre carga, tal como un interruptor ó relevador térmico, no está construido para interrumpir un corto circuito, deberá protegerse instalando, además, fusibles ó un interruptor automático con capacidad ó ajuste de no más de 400% la corriente nominal a plena carga del motor, a menos que el dispositivo de que se trate - este construido y aprobado para protegerse por fusibles ó - interruptor automático de mayor capacidad.

28.23.- Motores en circuitos con lámparas ó contactos. Cumplir con el art. 5, 28-26a, 28-15, 28-22.

28.24.- Protección contra sobrecorriente de circuitos derivados para motores. Disposiciones modifican ó complementan a las -- disposiciones del art. 5.

28.25.- Capacidad ó ajuste para motor individual. El dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado para un motor deberá - ser capaz de soportar la corriente de arranque, pero su -- ajuste no deberá exceder del 400% de la corriente a carga - plena del motor, exceptuando los motores de 4 amps. de -- corriente de plena carga, que se consideran protegidos por un dispositivo de protección contra sobre corriente del -- circuito derivado de 15 amps.

28.26.- Varios motores en un circuito derivado. Dos ó más motores - pueden conectarse al mismo circuito derivado, bajo las condiciones siguientes:

a) En un circuito derivado de menos de 600 volts, entre conductores, protegido a no más de 20 amperes, se pueden -- conectar varios motores de no más de 1 caballo de potencia y de corriente nominal a carga plena que no exceda - de 6 amperes. La protección individual contra sobrecarga no es necesaria para dichos motores, a menos que su -- arranque sea automático, como se indica en la fracción - 28.15.

b) Dos ó más motores de cualquier potencia, cada uno con su protección contra sobrecarga, pueden conectarse a un circuito derivado, siempre que se cumpla con todas las condiciones siguientes:

b) Dos ó más motores de cualquier potencia, cada uno con su protección contra sobrecarga, pueden conectarse a un circuito derivado, siempre que se cumpla con todas las condiciones siguientes:

I.- El circuito derivado debe estar protegido por fusibles que tengan una capacidad que no exceda de la especificada en la fracción 28-25 para el motor más grande conectado al circuito derivado, más las corrientes nominales a carga plena, de todos los demás motores conectados al circuito.

II.- Cada dispositivo de sobrecarga y cada controlador de motor necesita será apropiado para instalarse con la protección contra sobrecorriente del circuito derivado, de acuerdo con la fracción 28-22.

III.- Los conductores de cualquier derivación que abastezcan a un solo metro, no necesitan tener protección individual, siempre que cumplan con cualquiera de los requisitos siguientes: (1) que la corriente permisible en los conductores que vayan al motor no menor que la de los conductores del circuito derivado, ó (2) que la longitud de los conductores de la derivación no exceda de 10 metros, y que su corriente permisible no sea menor que la requerida para el motor según la fracción 28.10, ni menor que un tercio de la corriente permisible en el circuito derivado.

28-27.—*Protección combinada contra sobrecorriente.* La protección contra sobrecorriente, tanto del circuito derivado como la de sobrecarga del motor, pueden combinarse en un solo dispositivo de sobrecorriente, si la capacidad o el ajuste del dispositivo proporciona la protección contra sobrecorriente especificada en la fracción 28-15.

28-28.—*Dispositivos de sobrecorriente. Conductores en los que se colocan.* Deberá instalarse un dispositivo de sobrecorriente en cada conductor no conectado a tierra, de acuerdo con lo dispuesto en la fracción 6-5.

28-29.—*Capacidad de los interruptores automáticos.* Los interruptores automáticos para la protección de circuitos derivados para motor, deberán tener capacidad para conducir continuamente no menos del 115 por ciento de la corriente nominal a carga plena de los motores.

28-30.—*Derivaciones en puntos inaccesibles.* Si el punto de conexión de un circuito derivado para motores, a los conductores alimentadores, no es accesible, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede colocarse donde sea accesible, siempre que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

a).—Que los conductores entre el punto de derivación y el dispositivo de sobrecorriente no sean más delgados que los alimentadores; o

b).—Que la longitud de los mismos conductores no sea mayor de 10 metros y su corriente permisible no sea menor de un tercio de la de los alimentadores.

Protección contra sobrecorriente de los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores

28-31.—*General.* Las disposiciones siguientes se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores, contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos o a tierras.

28-32.—*Capacidad o ajuste para cargas de motores solamente.* Los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan a varios motores deberán tener una protección contra sobrecorriente que no sea mayor que la capacidad o ajuste del dispositivo protector del circuito derivado que tenga la protección mayor, más la suma de las corrientes a carga plena de los motores en los demás circuitos derivados.

Si la capacidad obtenida de acuerdo con el párrafo anterior no corresponde a un fusible o dispositivo de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior.

Si dos o más motores de un grupo necesitan arrancarse simultáneamente, puede ser necesario instalar conductores alimentadores de mayor sección y consecuentemente aumentar la capacidad o ajuste de la protección de sobrecorriente de los alimentadores.

28-33.—*Capacidad o ajuste para cargas de motores y de alumbrado o aparatos.* Si los conductores alimentadores abastecen cargas de motores y de alumbrado o aparatos, el dispositivo protector de sobrecorriente de los alimentadores no deberá exceder de la capacidad o ajuste suficiente para llevar la carga de alumbrado y/o aparatos, determinada de acuerdo con los artículos 5 y 6, más la capacidad que corresponda a los motores, de acuerdo con las fracciones 28-25 y 28-32, según se trate de un solo motor o de dos o más motores.

Circuitos de control a distancia

28-34.—*General.* Las modificaciones siguientes a los requisitos generales de este reglamento están destinadas a cubrir las condiciones peculiares que rigen a los circuitos de control a distancia.

28-35.—*Protección contra sobrecorriente.* Los conductores de control pueden considerarse protegidos contra sobrecorriente por dispositivos que no sean del tipo de acción retardada y que tengan capacidad o ajuste no mayor que el 500 por ciento de la corriente permitida en los conductores según la fracción 11-4. Estos conductores pueden considerarse también protegidos por los dispositivos de sobrecorriente del circuito derivado, si se cumple con cualquiera de las condiciones siguientes:

a).—Que la capacidad o el ajuste del dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado no sea mayor que el 500 por ciento de la corriente permitida en los conductores del circuito de control;

b).—Que el dispositivo controlado y el punto o puntos desde los cuales se controla (botones de arranque y parada, control de presión, de temperatura, etc.), se encuentren sobre la misma máquina, o bien, que la distancia entre el dispositivo controlado y el punto o puntos de control no sea mayor de 15 metros;

c).—Que la apertura del circuito de control implique un peligro, como por ejemplo, el circuito de control de motores de bombas de incendio.

28-36.—*Protección mecánica de los conductores.* Donde un daño mecánico a un circuito de control a distancia constituya un peligro, todos los conductores de dicho circuito deberán instalarse dentro de ductos, o protegerse adecuadamente contra daño mecánico.

Se recomienda que los circuitos de control se dispongan de tal modo que una tierra accidental no origine el arranque del motor.

28-37.—*Desconexión.* Los circuitos de control deberán disponerse de tal modo que se desconecten de toda fuente de abastecimiento cuando el medio de desconexión a que se hace referencia en la fracción 28-47 esté en la posición de abierto, excepto cuando se use un interruptor separado para el circuito de control. Si se usa un transformador u otro dispositivo para obtener un voltaje reducido para los circuitos de control, dicho transformador o dispositivo deberá conectarse del lado de la carga de los medios de desconexión.

Arrancadores

28-38.—*General.* En general, todo motor de más de 10 caballos de potencia deberá estar provisto de un arrancador que reduzca su corriente de arranque, tal como un arrancador a voltaje reducido, o un controlador conectado al secundario del motor cuando éste sea del tipo de rotor devanado. Sin embargo, si porque los motores sean del tipo de baja corriente de arranque, o porque arranquen en vacío o con carga muy ligera y porque el sistema de alimentación lo permita, se encuentra que motores de más de 10 Cp. pueden arrancar a voltaje completo, sin producir trastornos o molestias para el propio sistema de alimentación ni para otros servicios suministrados del mismo sistema, podrán instalarse los motores para arranque directo a la línea, previo acuerdo entre el usuario y la empresa suministradora.

Cuando el arranque de motores a voltaje completo dé lugar a serios trastornos en la operación del sistema suministrador o en la calidad del servicio para otros usuarios (véase la fracción 2-18), motores de más de 2 Cp. podrán requerir un arrancador que reduzca la corriente de arranque.

En caso de desacuerdo entre el usuario y la empresa suministradora, se estará a lo que sobre el particular resuelva la Secretaría de Economía.

Para los efectos de este artículo, el término *arrancador* incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y parar un motor.

28-39.—*Capacidad.* Cada arrancador deberá ser capaz de arrancar y parar el motor que controla y, para un motor de corriente alterna, deberá ser capaz de interrumpir la corriente a rotor frenado:

a).—*Motor fijo de ½ de caballo de potencia o menos.* Para un motor fijo de ½ de caballo de potencia o menos, que normalmente se deje en marcha y que esté construído de tal modo que no pueda ser dañado por sobrecarga o falla en el arranque, como por ejemplo los motores de relojes y otros semejantes, puede servir como arrancador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado;

b).—*Motor portátil de ½ de caballo de potencia o menos.* Para un motor portátil de ½ de caballo de potencia o menos, el arrancador puede ser una clavija y contacto;

c).—*Interruptor automático como arrancador.* Un interruptor automático puede usarse como arrancador. Cuando dicho interruptor automático se use también para protección contra sobrecorriente, deberá cumplir con las disposiciones de este artículo, referentes a la protección contra sobrecorriente.

28-40.—*No necesitan interrumpir todos los conductores.* Excepto cuando sirve también como medio de desconexión (véase la fracción 28-53), el arrancador no necesita interrumpir a todos los conductores conectados al motor.

28-41.—*En conductores conectados a tierra.* Un polo del arrancador puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, siempre que este polo no pueda abrirse sin interrumpir simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-42.—*Ubicación del arrancador.* Cada motor y la maquinaria que impulse, deberán poderse ver desde la ubicación del arrancador, a menos que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

a).—Que el medio de desconexión del arrancador pueda asegurarse en la posición de abierto;

b).—Que se coloque un interruptor accionable manualmente, que impida el arranque del motor, visible desde la ubicación de éste. Cuando se use control a distancia para el arranque del motor, el interruptor mencionado puede colocarse en el circuito de control a distancia.

Una distancia de más de 15 metros se considera equivalente a no estar visible.

28-43.—*Número de motores servidos por cada arrancador.* Cada motor deberá proveerse de un arrancador individual, excepto que para motores de 600 volts o menos, un solo arrancador puede servir a un grupo de motores, bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

a).—Si varios motores mueven una sola máquina o aparato, como máquinas para trabajar metales y maderas, grúas, montacargas y aparatos semejantes,

b).—Si un grupo de motores está bajo la protección de un dispositivo de sobrecorriente, de acuerdo con el inciso 28-20a);

c).—Si varios motores están colocados en un solo local y son visibles desde la ubicación del arrancador.

Una distancia de más de 15 metros se considera equivalente a no estar visible.

28-44.—*Motores de velocidad variable.* Los motores de velocidad variable, si son controlados por medio de regulación del campo, deberán equiparse y conectarse de tal modo que no puedan arrancarse con un campo debilitado, a menos que el motor esté construído para ese arranque.

28-45.—*Limitación de velocidad.* Las máquinas de los tipos siguientes deberán estar provistas de dispositivos limitadores de velocidad, a menos que las características inherentes de las máquinas, del sistema, o de la carga, sean tales que limiten con seguridad la velocidad; o a menos que las máquinas estén siempre bajo el cuidado de un operador idóneo:

a).—Motores de corriente directa excitados separadamente;

b).—Motores de corriente directa con excitación en serie;

c).—Motogeneradores y convertidores, que puedan ser impulsados a velocidad excesiva del lado de corriente directa.

28-46.—*Capacidad de portafusibles.* La capacidad de una combinación de portafusibles y de interruptor, que se use como arrancador de motor, deberá ser tal que el portafusibles admita el tamaño de fusible adecuado para la protección contra sobrecorriente del motor.

Medios de desconexión

28-47.—*General.* Los motores y arrancadores deberán tener medios de desconexión, capaces de desconectarlos del circuito de acuerdo con las fracciones 28-48 a 28-57 siguientes.

28-48.—*Tipo.* El medio de desconexión deberá ser un interruptor manual, un desconectador o un interruptor automático, exceptuándose lo permitido en los incisos siguientes.

Se recomienda que en los desconectadores para motores, que no sean capaces de interrumpir la corriente a rotor frenado, se indique claramente: "No se abra con carga".

a).—*½ de caballo de potencia o menos.* Para motores fijos de ½ de caballo de potencia, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede servir como el medio de desconexión;

b).—*Motores portátiles.* Para motores portátiles una clavija y contacto puede servir como el medio de desconexión.

28-49.—*Capacidad normal.* El medio de desconexión deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la corriente nominal a plena carga del motor.

28-50.—*Conductores conectados a tierra.* Un polo del medio de desconexión puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, si este polo no puede abrirse sin desconectar simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-51.—*Indicación de posición.* El medio de desconexión deberá indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.

28-52.—*Debe desconectar tanto al motor como al arrancador.* El medio de desconexión deberá desconectar tanto al motor como al arrancador, de todos los conductores de abastecimiento no conectados a tierra. El medio de desconexión puede estar junto con el arrancador y aun dentro de una misma cubierta.

28-53.—*Interruptor como arrancador y medio de desconexión.* Un interruptor que cumpla con las disposiciones de la fracción 28-39 puede servir como arrancador y como medio de desconexión a la vez, si cumple con los siguientes requisitos:

a).—Si interrumpe a todos los conductores no conectados a tierra que alimenten al motor;

b).—Si está protegido por un dispositivo de sobrecorriente que (puede consistir de los fusibles del circuito derivado) interrumpa a todos los conductores no conectados a tierra, y

c).—Si es de uno de los tipos siguientes:

I.—Un interruptor en aire accionable a mano.

II.—Un interruptor automático accionable a mano.

III.—Un interruptor en aceite para no más de 600 volts entre conductores ni más de 100 amperes, o de mayor capacidad si está bajo vigilancia experta.

Los interruptores automáticos y de aceite especificados, pueden ser accionables tanto manualmente como por algún otro medio auxiliar; pero en este último caso, deberán poderse asegurar en la posición de abiertos.

El dispositivo de sobrecorriente que proteja el arrancador puede formar parte del mismo arrancador, o puede estar separado.

Un arrancador de tipo compensador no queda incluído en lo anterior y requerirá un medio de desconexión separado.

28-54.—*Interruptor de servicio como medio de desconexión.* Si una instalación consta de un solo motor, el interruptor del servicio puede servir como medio de desconexión, con tal de que cumpla con los requisitos de este artículo y que sea visible desde la ubicación del arrancador.

Una distancia de más de 15 metros se considera como no estar visible.

28-55.—*Ubicación del medio de desconexión.* El medio de desconexión deberá poderse ver desde la ubicación del arrancador, o deberá poderse asegurar en la posición de abierto.

28-56.—*Motores servidos por un solo medio de desconexión.* Cada motor deberá proveerse de un medio de desconexión individual, con las siguientes excepciones para motores de 600 volts o menos en que un solo medio de desconexión puede servir a un grupo de motores:

a).—Si varios motores mueven una sola máquina o aparato, como máquinas para trabajar metales u madera, grúas, montacargas, etc.;

b).—Si un grupo de motores se encuentra protegido por un juego de dispositivos de sobrecorriente, como lo permite el inciso 28-26a);

c).—Si varios motores están en un solo salón, visibles desde la ubicación del medio de desconexión.

El medio de desconexión que sirva a un grupo de motores, deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores del grupo.

28-57.—*Accesibilidad.* El medio de desconexión deberá colocarse donde sea fácilmente accesible.

(N. del E.—Véase grabado a la vuelta.)

Motores de más de 600 volts

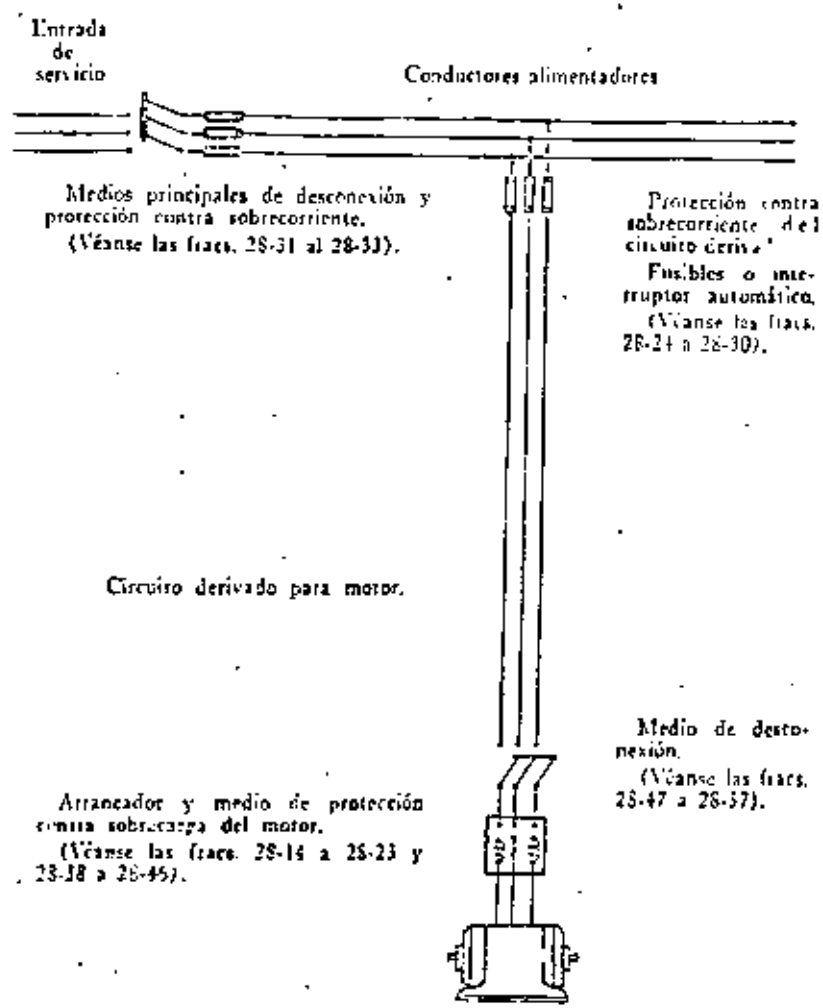
28-58.—*Requisitos para más de 600 volts.* Para motores de más de 600 volts entre conductores se aplicarán las disposiciones del presente artículo y las del capítulo X, en lo que les sea aplicable.

Conexión a tierra

28-59.—*Motores fijos.* Las armazones de motores fijos deberán conectarse a tierra, si existe cualquiera de las condiciones siguientes:

DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LA FORMA MAS COMUN DE CONECTAR UN MOTOR

(Para otras formas permitidas en diversos casos, véase el artículo 28).



a).—Si están situados en un lugar húmedo y no están protegidos por distancia o por resguardos;

b).—Si están en un local peligroso, véase el artículo 30;

c).—Si el motor funciona con cualquier terminal a más de 150 volts a tierra.

28.60.—*Motores portátiles.* Las armazones de motores portátiles que funcionen a más de 150 volts a tierra deberán estar resguardadas o conectadas a tierra. Véanse las fracciones 9-19 y 9-25.

Se recomienda que las armazones de motores que funcionen a menos de 150 volts a tierra, se conecten a tierra.

28.61.—*Método de conexión a tierra.* Donde se requiere la conexión a tierra, ésta deberá hacerse en la forma especificada en el artículo 9.

SISTEMAS DE PROTECCION

2).- PROTECCION DE CARGAS.

El sistema de distribución de energía eléctrica debe proporcionar lo siguiente:

1.- Energía eléctrica aprovechable.-

Los equipos que usan energía eléctrica, pueden tener características muy variadas que requieren condiciones de suministro definidas, tales como tensión, frecuencia, número de fases, corriente alterna ó corriente directa, regulación de tensión, etc.

2.- Capacidad diseñada para suministrar energía en condiciones máximas de consumo.-

El sistema de distribución de energía eléctrica debe tener la capacidad necesaria para manejar la demanda máxima de la planta; por tanto, debe considerarse el incremento de la demanda debido a ampliaciones y cargas futuras.

3.- Energía donde se requiere.-

Se usan ductos ó barras aisladas, así como también cable y conduit para distribuir la energía eléctrica a los puntos de consumo. Debe considerarse la adaptabilidad necesaria en estos componentes para tomar cargas futuras y para permitir cambios en la localización de dichas cargas.

4.- Energía cuando se requiere.-

Se usan ductos ó barras aisladas, así como también de seguridad, así como contactores, también magnéticos, como las "valvulas" del sistema de distribución, para alimentar ó interrumpir la energía.

5.- Protección para el personal de operación y mantenimiento.-

Es muy importante tomar en cuenta, al proyectar un sistema de distribución, la protección adecuada contra errores de operación, así como defensas que eviten el contacto accidental del personal con conductores y parte vivas de los elementos del sistema.

6.- Protección automática a los circuitos para condiciones anormales de funcionamiento.-

Los dispositivos de protección de circuitos deben ser seleccionados de modo que interrumpan las sobrecargas ó cortos circuitos que pudieran presentarse.

I.- PROPORCIONAR ENERGIA ELECTRICA APROVECHABLE

Las compañías suministradoras, generalmente, entregan la energía al cliente industrial en la forma en que esta es más económica para transmitirse. Muy a menudo la tensión de transmisión es mas elevada que la que el cliente puede usar. Una ventaja de la alta tensión de transmisión es que ocasiona perdidas de transmisión mínimas. Además, la tensión de transmisión alta representa otra ventaja para la C.F.E. y Cía. de Luz así como para el cliente: reduce la variación de tensión en el punto de utilización (la diferencia entre la tensión cuando no hay carga y la tensión cuando hay carga plena en el sistema).

Cuando se conectan las cargas al sistema, la tensión del mismo "cae". El bajo voltaje ocasiona que los motores se sobrecalienten y, por esa razón, fallen prematuramente. También es cierto que los equipos electrónicos funcionen erraticamente y, así mismo, da lugar a una baja eficiencia del alumbrado.

Por otro lado, cuando se desconectan las cargas del sistema, la tensión sube. El sobrevoltaje causará mayores exigencias en el mantenimiento del equipo electrónico, así como una reducción en la vida útil de las lámparas. Al conectar y desconectar las cargas al sistema, habrá variación en el voltaje. Estas variaciones causan cambios molestos en el nivel de alumbrado, aumentan el porcentaje de rechazo en las etapas de producción, así como otros efectos indeseables en el control de los procesos. Por consiguiente, una de las caracteristicas principales que la energía eléctrica debe tener para que sea aprovechable, es que sea suministrada con una estabilidad adecuada de su tensión.

II.- PROPORCIONAR CAPACIDAD ADECUADA PARA SUMINISTRAR ENERGIA A CONDICIONES FLEXIBLES DE USO.

El sistema de distribución debe tener suficiente capacidad para satisfacer la demanda máxima. Sin embargo, un sistema que tiene como la capacidad necesaria en la actualidad será, muy probablemente, insuficiente en un futuro cercano. Puesto que las provisiones necesarias para el equipo del sistema de distribución y los circuitos correspondientes se incorporan al diseño del edificio, el cuál, una vez construido, es difícil modificar el pasar por alto la capacidad requerida en el futuro puede ser una omisión sumamente cara.

El uso de la electricidad en los edificios comerciales y en las plantas industriales está creciendo a un ritmo muy acelerado, sin que puedan apreciarse signos de que decrezca en el futuro. Mayores cargas de alumbrado, nuevas máquinas de oficina y el equipo de aire acondicionado necesario para eliminar el calor adicional disipado en un edificio, contribuyen al crecimiento de la demanda en edificios comerciales.

Asimismo, el ritmo de crecimiento de la densidad de carga eléctrica, en areas de manufactura es bastante similar, debido a las prácticas modernas de alumbrado con mayores niveles de iluminación, a máquinas más rápidas y al crecimiento de la automatización. La carga en las plantas industriales varia considerablemente, dependiendo del tipo de manufactura y grado de avance en los procesos; ya que al aumentar la productividad del trabajador, se aumentan las necesidades de energía eléctrica, resultando mayores demandas en las areas de manufactura.

Un sistema con capacidad insuficiente es la causa de una mala regulación de voltaje, lo cuál ocasiona un alumbrado defectuoso, mayor mantenimiento, baja productividad del personal y del equipo y reducción en la vida útil del sistema de distribución y de las máquinas electricas. Además, la capacidad inadecuada de un sistema limita lastimosamente las posibilidades de modernizar las instalaciones y de usar equipo y máquinas modernas.

VII.- PROPORCIONAR LA ENERGIA DONDE SE REQUIERE.

Se usan ductos y cables en conduit para llevar la energía eléctrica a los aparatos que la usan. Los ductos se usan, principalmente, en sistemas de baja tensión, y el cable se emplea ampliamente en todos los niveles de tensión usados en sistemas de distribución.

Las Cías. suministradoras transmiten la energía eléctrica desde puntos distantes en alta tensión entre los dos extremos de la línea. Los clientes industriales pueden reducir a menudo la caída de tensión ventajosamente en una manera similar, dividiendo la planta ó el edificio en "area de carga" y distribuyendo la energía a cada una de dichas areas.

Como ya se ha dicho, las necesidades futuras deben preverse cuando se proyecta un sistema de distribución. En la misma forma, los cambios probables en la localización de las cargas debidos a modificaciones de los procesos de manufactura, así como a nuevas máquinas que representan cargas adicionales, deberán ser previstos. Una manera conveniente de proporcionar la flexibilidad necesaria en un sistema de modo que satisfaga los cambios en forma económica.

e).- PANEL DE CONTROL. 1) Dispositivos de control para alumbrado. Circuitos alimentadores.

IV.- PROPORCIONAR ENERGIA CUANDO SE REQUIERE.

La "valvula" del sistema eléctrico de distribución es el interruptor ó el contactor. Con objeto de suministrar la energía eléctrica cuando se necesita, estos dispositivos deben llenar las siguientes funciones:

A) Conducir la corriente normal del circuito sin sobre calentarse.

B) Desconectar sin peligro el circuito bajo condiciones normales ó anormales a voluntad del operario.

CONDUCCION DE LA CORRIENTE.-

La capacidad normal de un dispositivo de conducir la corriente del circuito está determinada, principalmente, por el límite de temperatura de operación permitida para dicho dispositivo. Los aparatos para protección de circuitos son también conductores y, por tanto, actúan como tales; la corriente que fluye por ellos eleva su temperatura. Puesto que los cambios instantaneos de la intensidad de la corriente que circula por los dispositivos no producen a su vez cambios instantáneos en la temperatura de los mismos, los aparatos de protección de circuitos pueden manejar sobrecargas momentaneas. Es por esta razón por lo que estos aparatos pueden satisfacer las condiciones de sobrecarga que exceden su capacidad de trabajo continuo las cuales se presentan debido al arranque de los motores, características de los ciclos de operación de los motores y a la corriente inicial de lámparas ó dispositivos electromágneticos. Desde el punto de vista de operación, los incrementos momentaneos de corrientes, debidos a las causas anteriores, se consideran normales y el dispositivo de protección del circuito debe tener la capacidad suficiente para manejarlos.

INTERRUPCION DE LA CORRIENTE.-

Normalmente, en todos los circuitos eléctricos, la corriente no deja de fluir en el instante en que el interruptor se abre. La inductancia del circuito obliga a la corriente a continuar circulado a través del claro formado por los -

contactor del interruptor en la forma de un arco eléctrico. - Conforme los contactos del interruptor se abren, el arco se - hace más largo y, finalmente, se extingue debido a que la tensión es insuficiente para sostenerlo.

El interruptor básico de navajas se abre y se cierra a - una velocidad que depende de la rapidez con que lo accione el operario. A pesar de que a este tipo de interruptor se le clasifica con una capacidad de conducción continua de corrientes este no tiene clasificación ó especificación de corriente al cerrar ó al abrir las cuchillas. Los dispositivos que pueden - abrir y cerrar con carga, se diseñan generalmente de modo que sus contactos abran ó cierren a una velocidad que es independiente de los movimientos del operario. Para lograr este efecto, los mecanismos de dichos dispositivos se llaman "contacto rápido, apertura rápida", ó mecanismos de "energía acumulada" La acción del mecanismo se lleva a cabo acumulado energía en un resorte, la cuál es entonces liberada cuando se requiere - para abrir ó cerrar los contactos rápidamente.

El contactor para arrancadores mágneticos debe ser capaz de llevar a cabo su operación en forma rápida, confiable y - repetidamente. Hay a menudo, debe abrir y cerrar sus contactos bajo carga eléctrica muchos miles de veces durante su -- vida útil. Este tipo de contactor debe soportar interrupciones de corriente que sean hasta seis veces la corriente normal de trabajo que es lo que ocurre cuando el motor que controla se sobrecarga ó se atora.

En el caso del interruptor de "contacto rápido" y apertura rápida, la velocidad de cierre y de apertura de los contactos del arrancador magnético son también independientes del - operario. En los arrancadores mágneticos, el cierre rápido se obtiene por medio de un conjunto electromágnetico y en los - arrancadores manuales por un mecanismo de resorte, semejante al que se usa en un apagador ordinario. La operación rápida - en estos arrancadores manuales se obtiene liberando la energía de un resorte ó por la acción de dicho mecanismo usado en los apagadores.

El interruptor termomágnetico ó el interruptor de cuchillas que se usan en un arrancador combinado no es normalmente accionado por el operario para cerrar ó abrir el circuito del motor que controla. En este caso los dispositivos mencionados se usan para desconectar el circuito de carga cuando se va a hacer una reparación al equipo, dando así protección al electricista. Asimismo su función es proporcionar, además, la protección del circuito contra cortos circuitos. Sin embargo, el interruptor termomágnetico ó de cuchillas puede ser cerrado por algún descuido bajo condiciones de corto circuito y rápidamente abrirlo antes de que el fusible haya tenido tiempo de fundirse. También puede ocurrir que el dispositivo sea abierto bajo condiciones, tales como circuito de alumbrado, es normal que los interruptores abran y cierren con carga, por lo que en dichas aplicaciones existe también la posibilidad de que el interruptor se cierre ó se abra bajo condiciones de sobrecarga ó corto circuito. En todos estos casos, el interruptor termomágnetico ó de cuchillas debe ser capaz de operar satisfactoriamente y con seguridad, sin riesgo alguno de daños al equipo ó a los operarios. Los dispositivos de protección de circuitos que han sido satisfactoriamente probados y que pueden satisfacer las condiciones de trabajo arriba indicadas, son los siguientes:

Interruptores termomágneticos en caja moldeada.

Combinaciones de interruptores termomágneticos y fusibles.

Limitadores de corriente.

Interruptores de cuchillas combinados con fusibles.

I.- PROPORCIONAR PROTECCION PARA EL PERSONAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.-

La satisfacción de los cuatro fundamentos de la seguridad en las aplicaciones de equipo eléctrico reducirán grandemente el número de accidentes que resultan en quemaduras y electrocuciones.

Dichos fundamentos son los siguientes:

A) El uso de equipo de interrupción con capacidad adecuada para interrumpir el suministro de energía a todos los circuitos bajo cualquier condición normal ó de emergencia que pudiera presentarse. Algunos dispositivos de interrupción, tales como interruptores de dos vías, de transferencia, etc., pueden ser usados, aunque no tienen capacidad interruptiva, siempre y cuando sean dotados de un enclavamiento ó entrelazado adecuado que no permita la apertura de estos dispositivos bajo carga.

B) Póngase todas las partes dentro de un gabinete metálico, el cuál debe estar conectado a tierra.

C) Póngase a tierra todas las coraazas de las máquinas y aparatos eléctricos.

D) No se haga ningún trabajo en equipo eléctrico que este energizado, cualquiera que sea la tensión.

Los primeros dos fundamentos de seguridad se satisfacen automáticamente cuando se especifica el equipo adecuado y se instala nuevo. Para satisfacer la tercera norma, se requiere poner en práctica los procedimientos adecuados de instalación. Y, para satisfacer la cuarta regla, basta con definir y poner en práctica reglas y procedimientos de mantenimiento adecuados.

VI.- PROPORCIONAR PROTECCION AUTOMATICA A LOS CIRCUITOS AL OCURRIR CONDICIONES ANORMALES DE FUNCIONAMIENTO

Las dos condiciones anormales más comunes son:

a) Sobrecarga

b) Corto circuito

Una sobrecarga ocurre cuando el equipo toma demasiada corriente durante un periodo de tiempo demasiado largo. Esta condición puede ser ocasionada por la operación defectuosa del equipo (tal como un motor con su rotor bloqueado), ó por la operación simultánea de un número anormal de aparatos eléctricos en un sistema de distribución.

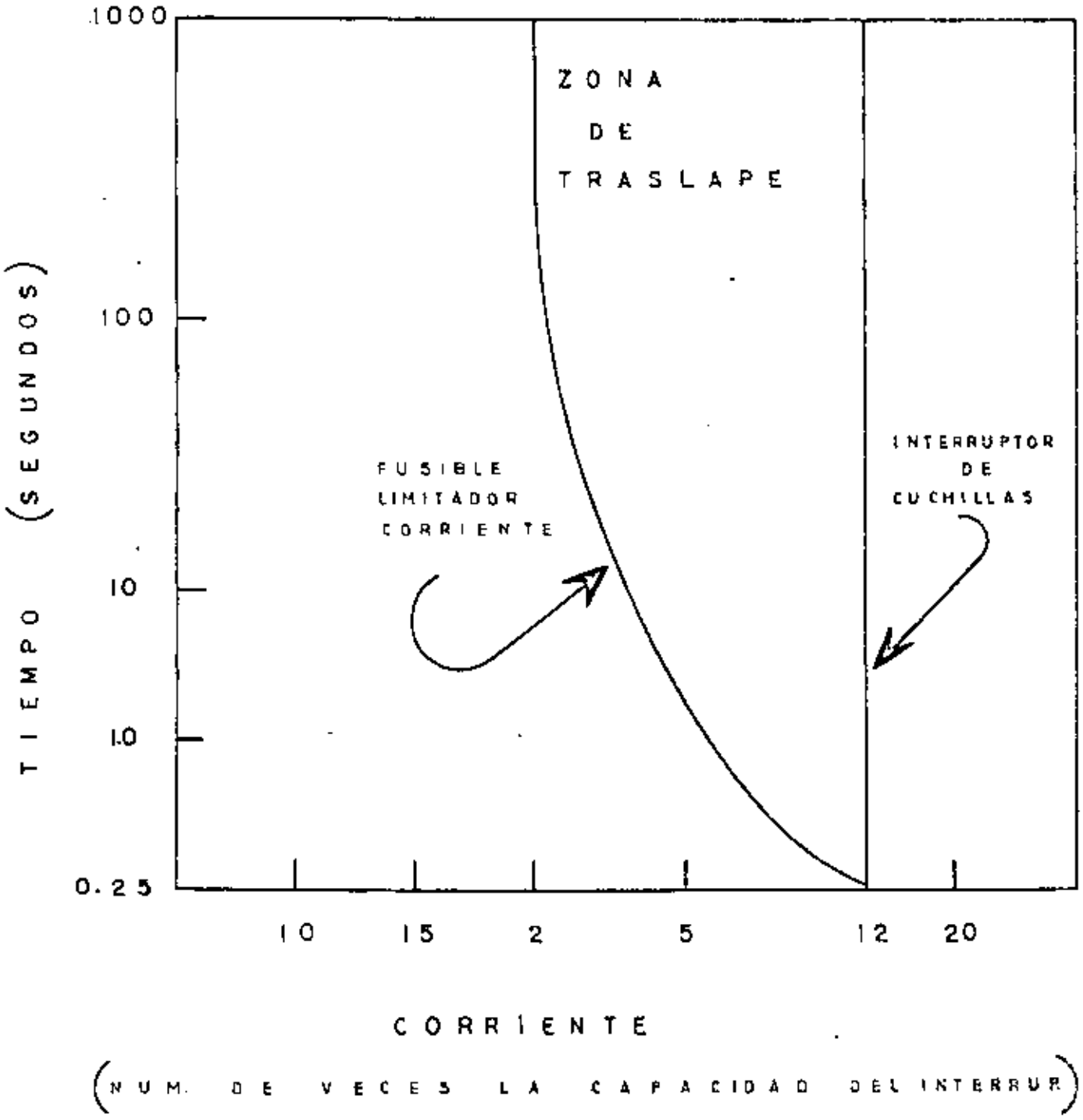
Un corto circuito se presenta cuando una falla de aislamiento entre conductores ó entre un conductor y tierra. Se ha mencionado que los interruptores se usan para conectar y desconectar la energía eléctrica a voluntad del operario. Los interruptores termomagnéticos se usan también para proteger automáticamente contra condiciones anormales a los circuitos que alimentan. Puesto que los interruptores de cuchilla son operados exclusivamente por el personal, es natural que no abran automáticamente bajo condiciones anormales del circuito. Por consiguiente, normalmente se usan fusibles conjuntamente con este tipo de interruptores, los cuales proporcionan la protección automática requerida.

El interruptor ó los fusibles, cuyas capacidades son insuficientes, pueden ser precisamente la causa de consecuencias que pueden ser más serias que la falla eléctrica, tales como un incendio, destrucción del equipo ó lesiones al personal. Por tanto, en tratandose de dispositivos de protección de circuitos, es esencial seleccionarlos con características adecuadas. El dispositivo de protección de circuitos, cuyas características no satisfacen los requerimientos del circuito, puede ser comparado con los frenos defectuosos de un automóvil, pueden ser capaces de funcionar correctamente en días normales, pero en caso de una emergencia verdadera, la destrucción y el daño que pueden causar son enormes.

La cantidad de energía involucrada cuando un dispositivo de protección de circuitos no es capaz de interrumpir la corriente de corto circuito ó de sobrecarga puede ser tan grande que haga estallar en pedazos al dispositivo mismo dando lugar a un desastre.

En un interruptor termomágnetico, electromágnetico, ó sumergido en aceite, los contactos que abren y cierran la corriente normal son los mismos que interrumpen las sobrecargas y las corrientes de corto circuito. En la combinación de un interruptor de seguridad de cuchillas y de fusibles, el interruptor se usa de ordinario para las operaciones normales y los fusibles se encargan exclusivamente de la protección automática. Sin embargo, el interruptor puede estar sujeto a sobrecargas considerables. Considerese, por ejemplo, que ocurre un corto circuito en un ramal cuyo alimentador esta abierto. Al cerrar el interruptor del alimentador, el operario se da cuenta de la falla y abre el interruptor antes de que el fusible se funda. El operario debió permitir al fusible liberar la falla usando su buen juicio, sin embargo en tal emergencia el personal puede actuar instintivamente en forma incorrecta. Puede ser también que el operario no este enterado sobre que hacer en esa emergencia. En los interruptores con mecanismos de "energía acumulada" ó de "acción rápida", el tiempo minimo de reacción del operario que transcurre para cerrar y abrir el interruptor es de aproximadamente un cuarto de segundo. Durante este lapso de tiempo, algunos fusibles pueden dejar pasar hasta quince veces su capacidad de corriente antes de que su elemento llegue a la temperatura de fusión. En este caso, las cuchillas del interruptor más bien que los fusibles, han interrumpido el corto circuito.

Cuando un interruptor de cuchillas tiene esta capacidad, se conoce con el nombre de interruptor desconectador. Un interruptor desconectador combinado con fusibles es un equipo que está debidamente coordinado.



CAP. INT. MAX. 200000 AMPS. RMS/SIM

FIG- Nº 1

Como se ilustra en la fig. 1, la capacidad interruptiva de las cuchillas del interruptor excede al valor máximo de la corriente que debe interrumpir, puesto que el fusible limitador operará con corrientes por abajo de dicha capacidad.

Debido a que las diferentes clases y marcas de fusibles tienen características diferentes, deben usarse únicamente equipos combinados que hayan sido debidamente aprobados por sus manufactureros. Un interruptor combinado que no esta debidamente coordinado puede estallar al ser operado en tal emergencia, cuando el operario esta parado precisamente enfrente de el.

En otros casos se usan interruptores termomagnéticos combinados en forma coordinada con fusibles, con objeto de suministrar protección completa a bajo costo a aquellos sistemas que requieren una gran capacidad interruptiva. El interruptor termomagnetico interrumpe cortos circuitos de pequeña cuantia, mientras que los fusibles se hacen cargo de los grandes cortos circuitos según se muestra en la figura 2.

Los interruptores automáticos, así como los fusibles deben ser adecuadamente seleccionados para que puedan interrumpir con seguridad las sobrecargas y los cortos circuitos que puedan presentarse. Estos dispositivos tienen dos capacidades de corriente, debiendo verificarse ambas al ser seleccionados:

A) Capacidad continúa de corriente. Esta determinada por la carga normal máxima.

B) Capacidad interruptiva. Esta determinada por la capacidad de corto circuito disponible en el punto del sistema en que se instala el interruptor.

La capacidad interruptiva (capacidad de corto circuito) que debe tener el dispositivo protector esta determinada por el sistema de distribución y no por la carga. Un tubo de agua que se ha roto es semejante a un corto circuito (FIG. 3). El gasto del agua que escapa es una función de la capacidad del deposito, de la presión del agua y del diámetro y la longitud del tubo que llega a la rotura. En un sistema eléctrico de

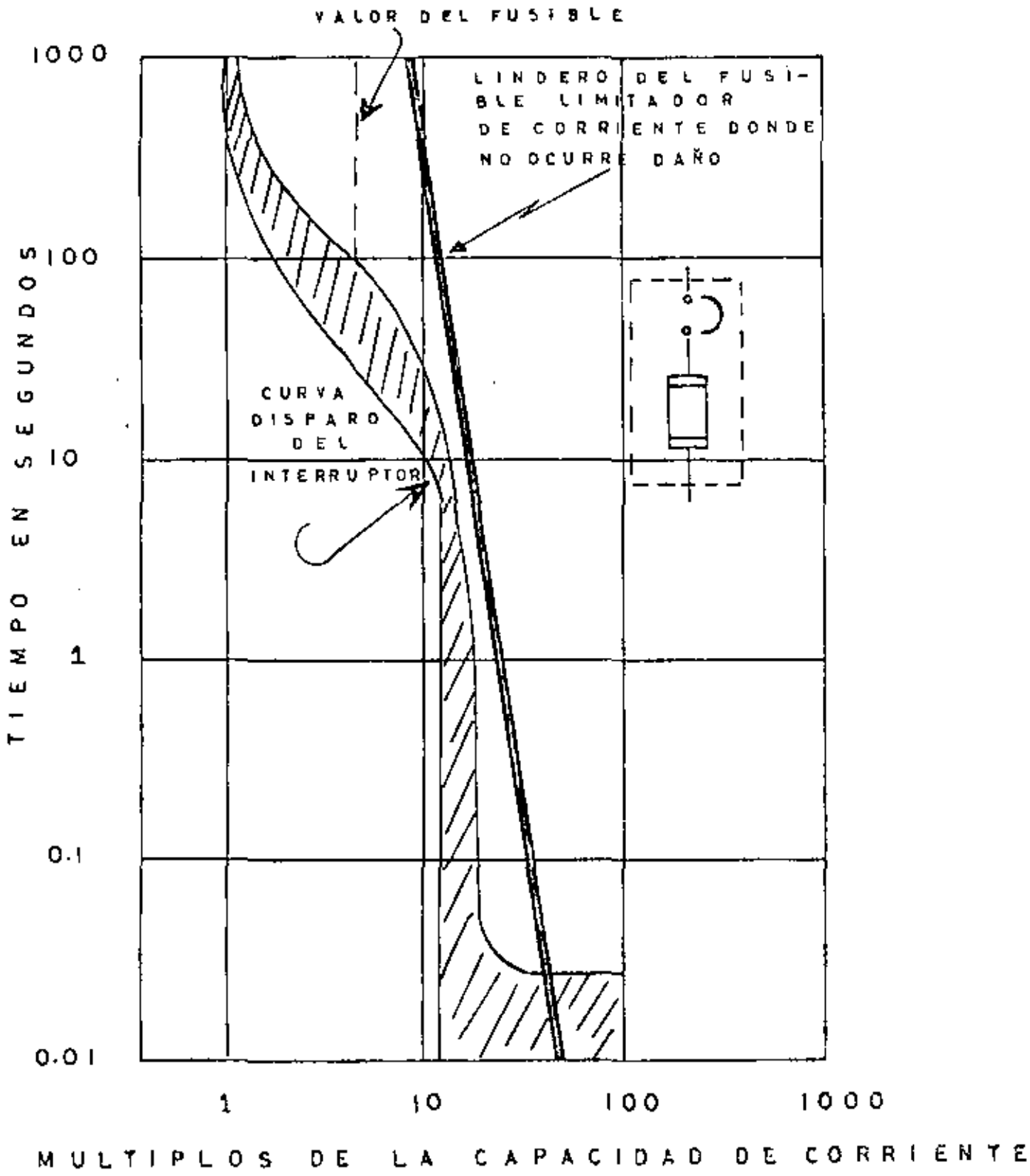
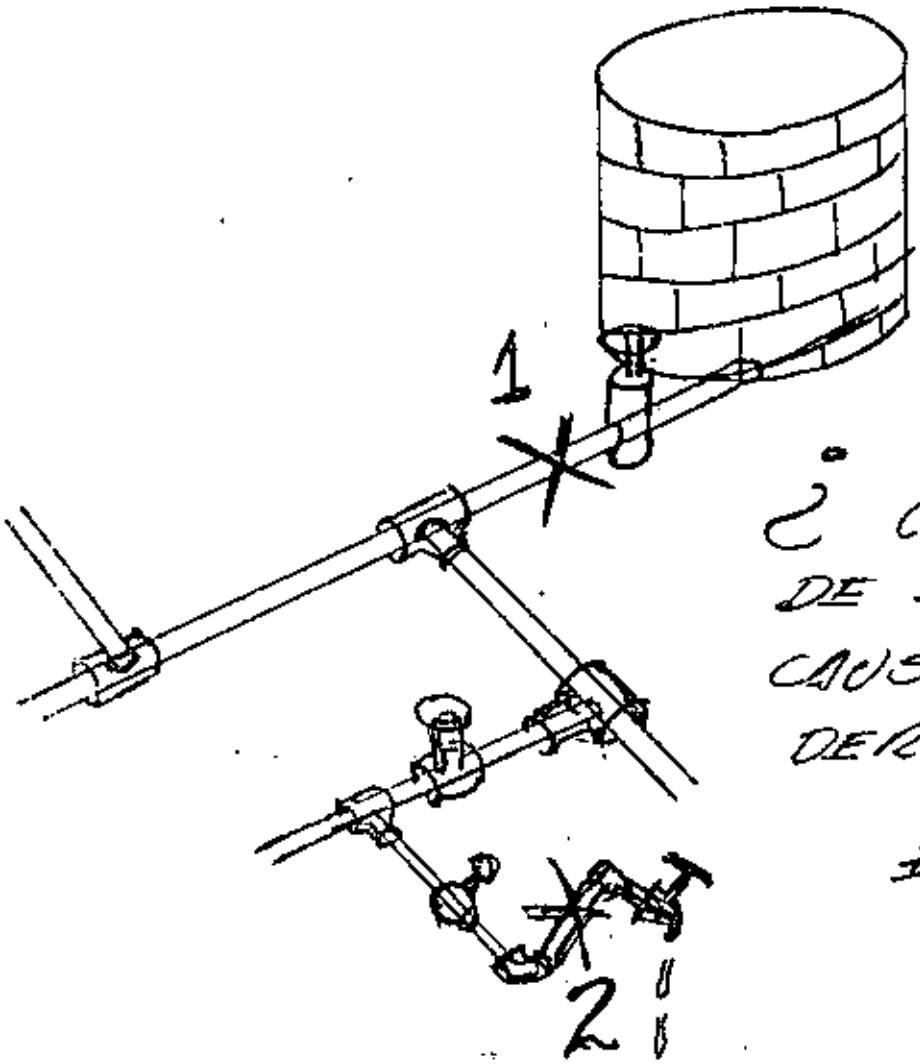

VALOR DEL FUSIBLE
LINDERO DEL FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE DONDE NO OCURRE DAÑO
CURVA DISPARO DEL INTERRUPTOR
1000
100
10
1
0.1
0.01
TIEMPO EN SEGUNDOS
1
10
100
1000
MULTIPLOS DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE

FIG Nº 2



¿CUAL ROTURA DE LA TUBERIA CAUSARA EL MAYOR DERRAME DE AGUA? EN "1" O "2"?

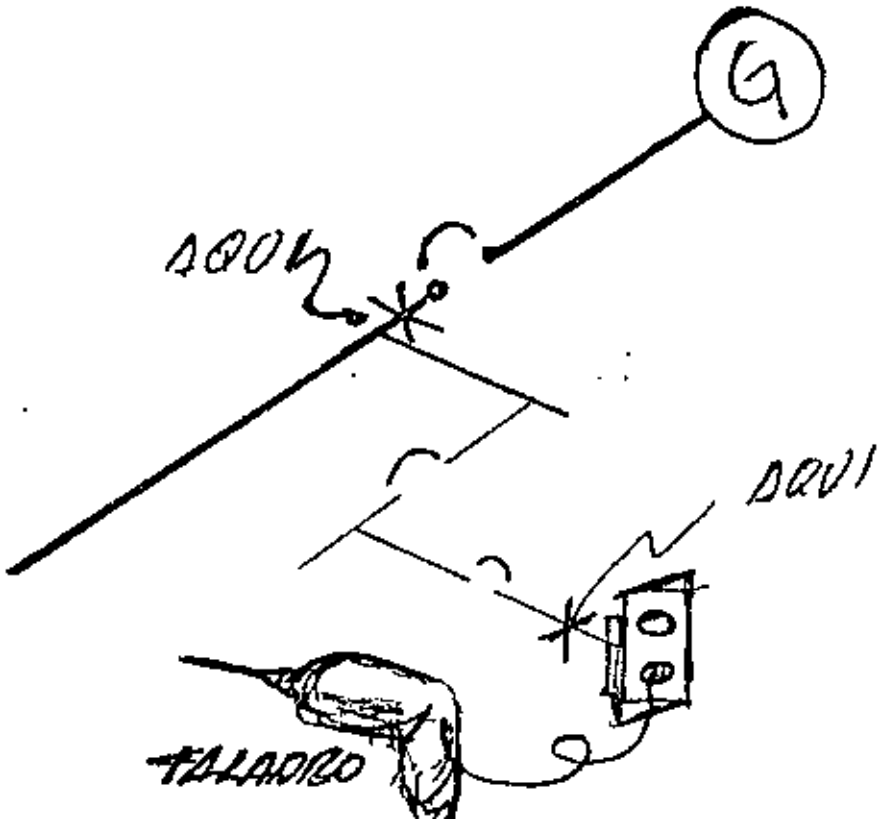


FIG. Nº 3

distribución la magnitud posible de la corriente de corto circuito está determinada por la capacidad del sistema de distribución, de la tensión eléctrica (PRESION), del tamaño de los equipos (tales como ductos, cables, transformador) y la longitud física de los ductos y los cables (largo de la tubería) hasta el punto del corto circuito. Por tanto en los sistemas eléctricos la capacidad interruptiva requerida se determina por la corriente de corto circuito disponible en el lugar en que se encuentra instalado el dispositivo de protección del circuito.

Como un ejemplo sencillo, considérese la figura 4. Las cifras que se muestran en dicha figura han sido seleccionadas para facilitar el cálculo, más bien que como ejemplos de características reales en sistemas de distribución.

La impedancia que limita el flujo de la corriente de carga normal es principalmente la impedancia corriente del motor cuyo valor es 20 OHMS. Al ocurrir un corto circuito en el punto "F", la única impedancia que límite el flujo de la corriente de corto circuito es la impedancia del transformador de 0.1 OHMS comparada con 20 OHMS del motor. Por consiguiente, la corriente de corto circuito es:

20/0.1 = 200 veces la corriente normal = 1000 Amps.

A menos de que el interruptor "A" sea capaz de interrumpir 1000 Amps., la corriente de corto circuito continuará circulando, causando grandes perjuicios.

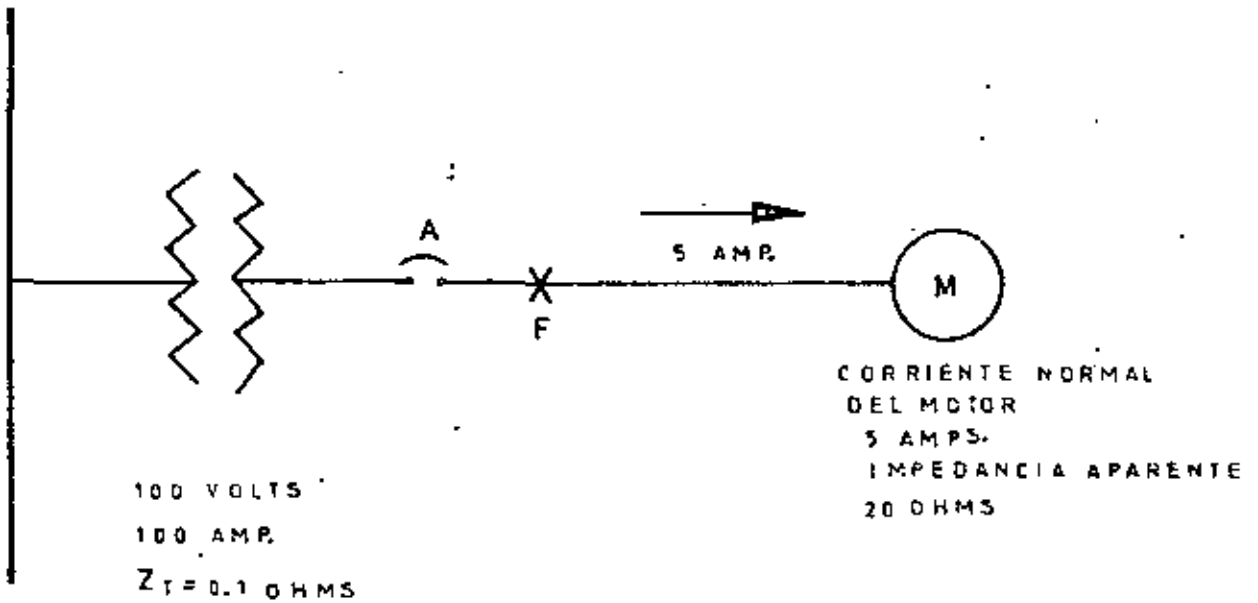
DE DONDE SE ORIGINAN LAS CORRIENTES DE CORTOS CIRCUITOS

Cuando se calcula el corto circuito disponible, es de extrema importancia que todas las fuentes que contribuyen al corto circuito se toman en cuenta y que asimismo, las reactancias de estas fuentes sean determinadas.

Hay tres fuentes básicas que contribuyen a la corriente total de corto circuito:

1.- Generadores.

2.- Motores sincrónicos, condensadores sincrónicos y convertidores sincrónicos.



LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO $\frac{20}{0.1} = 200$ VECES LA CORRIENTE NORMAL 200X5 = 1000 A.C.C.

$\frac{E}{Z_T} = \frac{100}{0.1} = 1000$ AMPS.

SI EL INTERRUPTOR "A" ES CAPAS DE INTERRUMPIR 1000 AMPS. CORTARA EL CIRCUITO Y NO CAUSARA DAÑOS

FIG. No 4

3.- Motores de inducción.

PROTECCION DE SOBRECARGAS

Como ya se mencionó anteriormente, en la mayoría de los casos, la principal función protectora de un dispositivo protector de circuito es precisamente la de proveer protección adecuada a los elementos del mismo. El interruptor termomágnetico de un arrancador mágnetico para motores, por ejemplo, se provee principalmente para dar protección de corto circuito. Sin embargo, se incluye comunmente otro dispositivo de protección que evita que el equipo de utilización se dañe debido a sobrecargas. El arrancador de un motor, por ejemplo, lleva incorporados unos relevadores térmicos de sobrecarga, generalmente del tipo que tienen un elemento bimetálico. Cuando el motor sufre una sobrecarga, la corriente que toma aumenta excesivamente, la cuál, al circular por los relevadores de sobrecarga, calentar el elemento bimetálico después de cierto tiempo, a la temperatura que hace que este abra los contactos del relevador, deteniendo en esta forma el funcionamiento del motor. Con objeto de que la protección contra sobrecarga del motor sea efectiva, esto debe ocurrir antes de que el aislamiento del motor llegue a una temperatura que lo perjudique. Es un sistema de distribución, los motores, los arrancadores y los cables se seleccionan con capacidad suficiente para manejar las corrientes de trabajo normales, sin sobrecalentarse. La corriente normal de trabajo normales, sin sobrecalentarse. La corriente normal de trabajo no esta limitada al valor máximo continuo del motor ó de cualquier otra carga, sino que incluye ciertos incrementos en exceso de la corriente normal, tales como los que ocurren durante el arranque del motor. Puesto que los motores toman apróximadamente seis veces su corriente normal durante el arranque, pueden sobrecalentarse y dañarse si por alguna razón no pueden arrancar, ó aún si su período de aceleración resulta demasiado largo, a menos de que sean desconectados del sistema. Asimismo, los elementos del circuito que alimenta el motor se sobrecalientan, lo cuál puede ocasionar daños a los aislamientos, dando lugar a cortos circuitos e incendios a menos de que la carga sea desconectada.

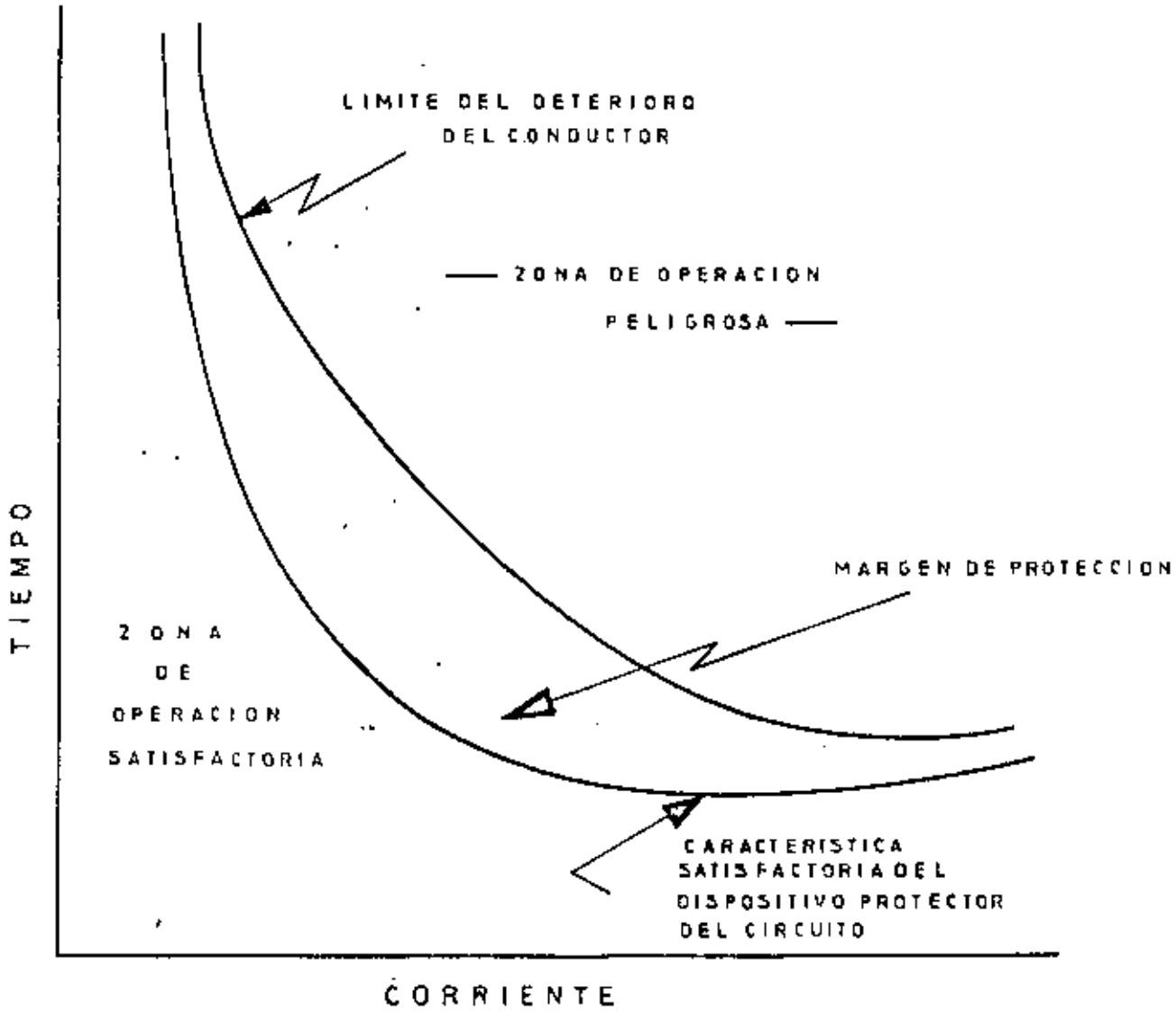

LIMITE DEL DETERIORO
DEL CONDUCTOR
ZONA DE OPERACION
PELIGROSA
MARGEN DE PROTECCION
ZONA
DE
OPERACION
SATISFACTORIA
CARACTERISTICA
SATISFACTORIA DEL
DISPOSITIVO PROTECTOR
DEL CIRCUITO
TIEMPO
CORRIENTE

FIG. No 5

Cuando un circuito alimenta varias cargas, este puede -- sobrecalentarse si todas ellas experimentan su demanda máxi-- ma al mismo tiempo. Esta condición es semejante a la que se - presentaría si se conectarán demasiados aparatos domesticos - simultáneamente a los enchufes de una casa. Los circuitos no se calculan normalmente con capacidad suficiente para manejar todas las condiciones extraordinarias de carga, tales como -- las que se han mencionado debido al costo adicional que ten-- drian. Por consiguiente, el circuito debe estar protegido con tra la posibilidad de que dicha contingencia se presente y, - como resultado, la característica de disparó por sobrecorrien te. Esta caracteristica debe caer al lado izquierdo de la cur va de operación segura de los conductores del circuito, como se muestra en la figura 5, de modo que el circuito, se desco- necte precisamente antes de que sus conductores se sobreca--- lienten.

Una función muy conveniente que debe darse al proteger - un circuito es la de proveer "una segunda línea de defensa", la cuál deberá operar en caso de que la protección primaria - no funcione, ó en el caso de que la corriente exceda la capa- cidad de la protección primaria. Un interruptor que se combi- na con un arrancador mágnetico, proporciona esta función de - protección secundaria. Por ejemplo, su caracteristica de tiem de disparo ó de funsión se selecciona de modo que interrumpa la sobrecorriente del motor solamente en caso de que el rele- vador térmico de sobrecarga no funcione. Este tipo de protec- ción es la de que este no dispare innecesariamente.

El hecho de que ocurran disparos innecesarios puede ser causado por que se ha usado un dispositivo protector de cir-- cuitos cuya capacidad continua de corriente no es adecuada - para conducir la corriente a plena carga del circuito en tem- peraturas ambientes más elevadas que la temperatura ambiente de calibración original. También puede presentarse esta condi ción como resultado de la falta de coordinación de las carac- terísticas de disparo ó de función de los dispositivos protec tores usados.

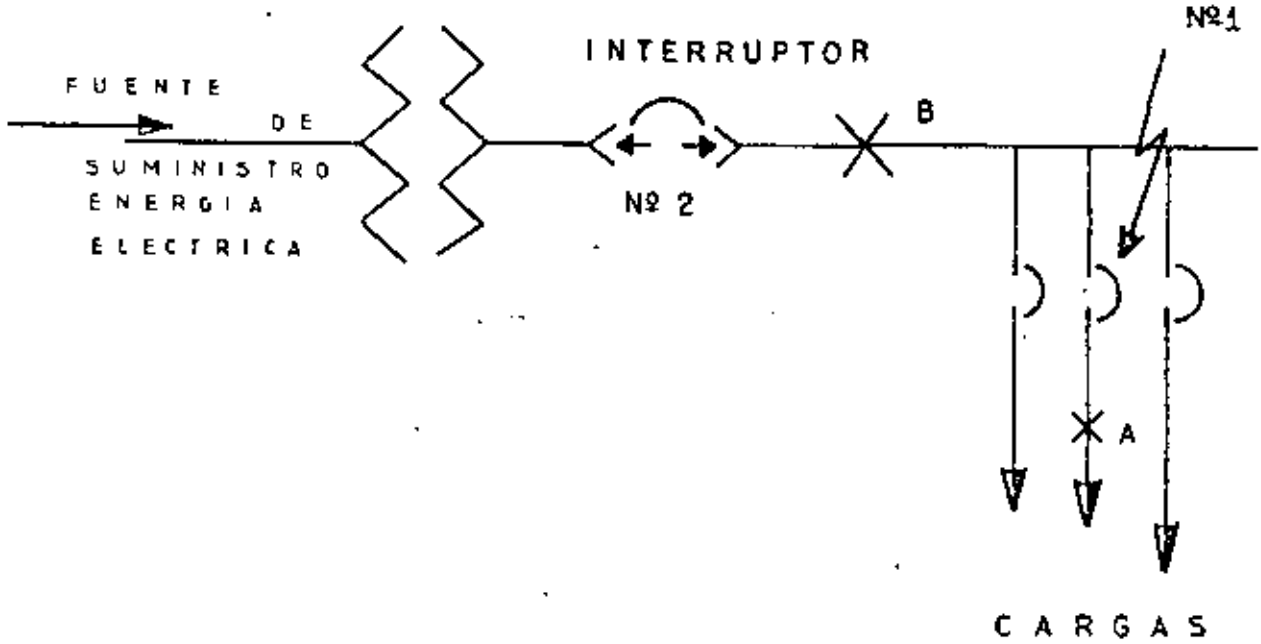


DIAGRAMA UNIFILAR DE UN ALIMENTADOR Y SUS CIRCUITOS DERIVADOS

FIG-Nº 6

En este último caso, tomese como ejemplo el arreglo de los interruptores mostrado en la fig. 6. El interruptor No. 1 se ha seleccionado con la capacidad suficiente para interrumpir una falla en "A". Por consiguiente, el interruptor No. 2 deje tener una caracteristica tal que no abra al ocurrir dicha falla en "A", excepto si es necesario que opere como protección de respaldo, de modo que la energía continuará siendo alimentada a los circuitos que no tienen falla. Pero una falla en "B", el interruptor No. 2 debe interrumpirla. Cuando este interruptor abre como se explica en este ejemplo, se dice que es "selectivo" y por consiguiente, que esta coordinado con el interruptor No. 1

La coordinación entre interruptores es más comprensible cuando las curvas características de tiempo y corriente, que pueden obtenerse de los fabricantes, se comparan gráficamente.

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.-

En la figura 7 se muestran equipos y aparatos que comunmente se usan en edificios comerciales y plantas industriales A simple vista, puede solamente apreciarse una porción relativamente pequeña del total de las componentes que forman el sistema de distribución. Ocultos en las paredes, bajo el piso y en los techos se encuentran los cables y los ductos que conducen la energía eléctrica a las diferentes partes del sistema. Los gabinetes metálicos de las instalaciones modernas dificultan en cierto grado la identificación de los varios dispositivos que se encuentran instalados dentro de los mismos. Es por tanto necesario para el Ingeniero el contar con algún esquema ó cuadro que muestre el arreglo del circuito, el número de fuentes de energía, el tipo y tamaño de los alimentadores, la capacidad de los motores, los niveles de tensión eléctrica y otros muchos datos que describen con toda precisión a los sistemas eléctricos. Dicho "cuadro" da las respuestas a preguntas tales como, "¿Qué equipo será desenergizado cuando este interruptor se abre?" ó así mismo "¿Puede alimentarse este motor desde otra fuente de energía?".

El "cuadro" ó esquema que permite al Ingeniero entender el sistema de distribución se conoce con el nombre de diágrama unifilar. Se le llama "unifilar", debido a que en el todos los conductores de cada circuito se representan con una sola línea, independientemente de que se trate de un sistema monofásico ó de uno trifásico. Se usan diferentes simbolos en los diagramas unifilares, los cuales identifican en forma especifica a los equipos electricos del sistema.

La línea que llega desde la fuente de energía término en una mufa de donde pasa a un transformador a tráves de un interruptor desconectador. Del secundario del transformador, un interruptor deslizante alimenta a cuatro interruptores en aire también deslizantes, uno de los cuales es de reserva. De la izquierda a la derecha el primer alimentador suministra energía a un centro de control para motores, en el cuál se encuentran agrupados varios arrancadores mágnetico combinados El segundo alimentador esta conectado a dos tableros de alumbrado por medio de un ducto, uno de dichos tableros, por medio de un interruptor fusible y, el otro, a tráves de un interruptor fusible y un transformador.

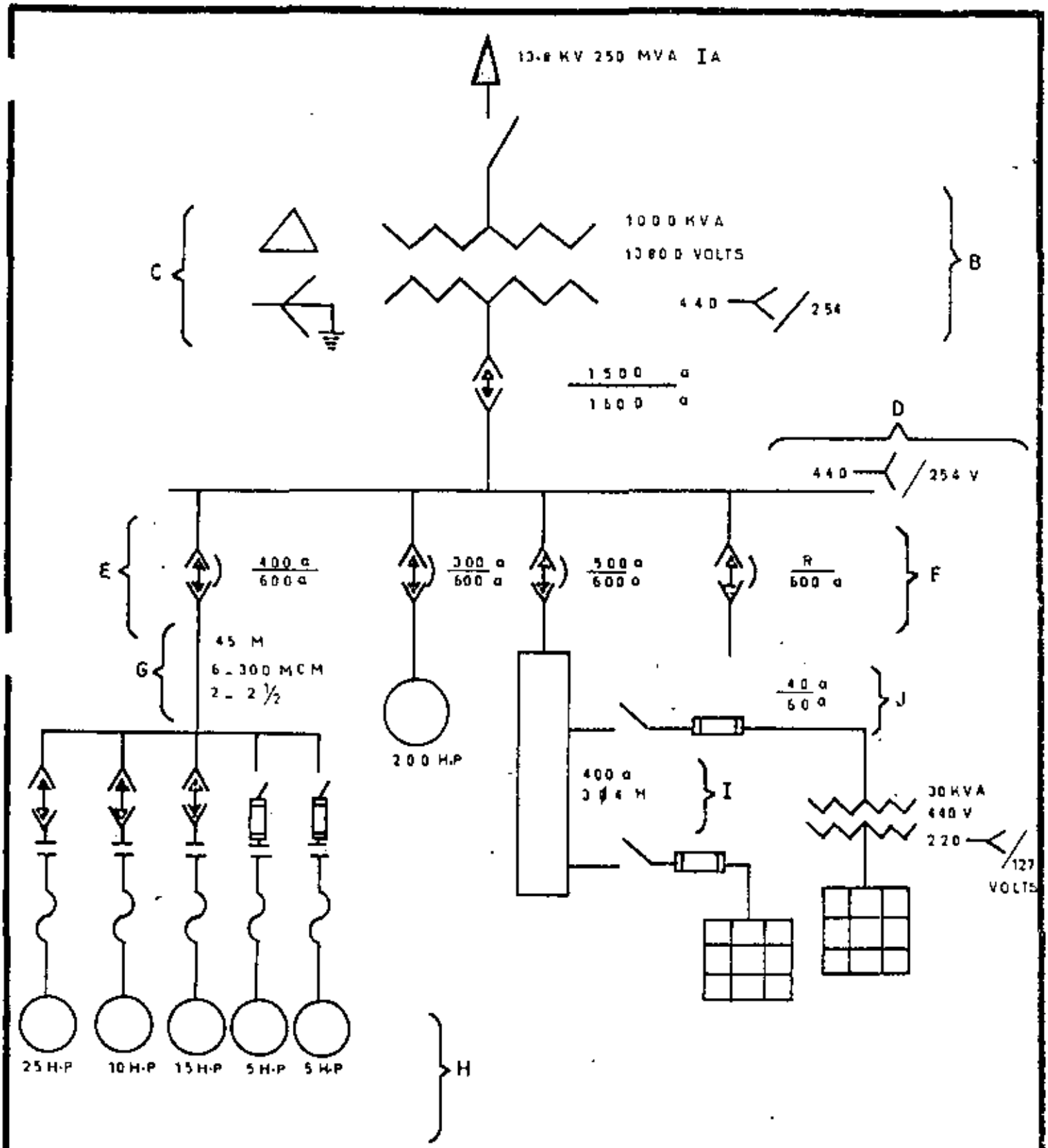


DIAGRAMA UNIFILAR

FIG. No 7

A.- Esta nota indica que el nivel de la tensión eléctrica de la -- 46
fuente de energía es 13.8 kv (13,800 voltios) y que al ocurrir un corto circuito firmemente entre las tres fases del alimentador de 13.8 kv, se presentará una energía de corto circuito - con valor de 250 mva (250,000 kva) disponible en el sistema de alimentación. Este valor corresponde apróximadamente a 10,500 amperios en 13.8 kv. Está información determina la selección - de los dispositivos de protección en ambos lados del transformador.

B.- Estas cifras definen las características del transformador -- siendo este de 1,000 kva, con primario de 13.8 kv. Y secundario de 440 voltios entre líneas conectado en estrella y con - 254 voltios entre línea y neutro.

C.- Estos símbolos indican que el transformador está conectado en delta en el primario y estrella en el secundario, cuyo neutro está conectado FIRMEMENTE a tierra.

D.- Estas cifras identifican el nivel de tensión eléctrica del sistema.

E.- Estas designaciones identifican la capacidad de los interruptores. La cifra 600, abajo de la línea, indica el tamaño del marco del interruptor y la cifra 400a, arriba de la línea, indica el valor de la corriente de disparo del elemento de operación. Debido a que hay considerable superposición entre las características disponibles de corriente para los distintos tamaños - nominales de interruptores en el mercado, mbas cifras se requieren para dar una descripción completa de los interruptores usados.

F.- Este es un interruptor de reserva, con un marco de 600 amperios, para el cuál las bobinas de disparo no ha sido seleccionadas.

G.- Este es un alimentador que consiste en seis cables de 300 MCM, 47
dos por fase, en dos conduits de 2 1/2 pulgada. El alimentador es de 45 MTS. de largo.

H.- Indica las capacidades de los motores.

I.- Indica la capacidad del ducto la cuál es de 400 amperios, tres fases, cuatro hilos.

J.- Está anotación da la capacidad del fusible (40 amps.) y la del interruptor es, normalmente, la inmediata superior estandar - con respecto al fusible, a menos de que pueda obtenerse un -- interruptor cuya capacidad sea la misma que la del fusible.

2).- DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA FUERZA. CIRCUITOS ALIMENTADORES: EL ARRANCADOR.

ARRANCADOR MAGNETICO.

El arrancador magnético está formado por un contactor que permite abrir y cerrar respectivamente los circuitos, millones de operaciones en condiciones normales y anormales en caso de sobrecorriente que no sobrepase el valor de corriente a rotor bloqueado: 10 veces la corriente nominal.

Si al contactor se le adaptan portablemente y elementos térmicos de protección de sobrecarga a fin de interrumpir ó abrir los contactos cuando la corriente del motor sobrepasa la nominal en el valor ajustado que protege al motor evitando se queme, procediendo a verificar y corregir la anomalia que causa la sobrecarga.

El arrancador magnético puede ser accionado manualmente a través de una estación de botones, dispositivo piloto; termostato, presostato, electronivel, etc. Así mismo mediante una protección de sobrecarga, bajo voltaje, alto voltaje, rele direccional, de falla de fase, protección de tierra, etc a fin de proteger el circuito, el motor contra estos problemas.

Se pueden clasificar:

A) Funcionamiento.- Manual, autómatico a tensión plena a voltaje reducido.

B) Forma de extinguir el arco.- En aire, aceite, gas a presión ó en vacio.

C) Finalidad.- De protección, seccionar, selector de mando.

D) Medio ambiente.- En tablero, en gabinete; a prueba de polvo de agua, corrosión ó explosión.

1.- Arrancador a tensión plena.- Bajo condiciones apropiadas de carga, tamaño de motor, tensión, se puede utilizar para arrancar el motor.

El motor puede soportar una corriente de arranque de 800% y procederá a girar, pero hay que considerar los problemas que puede causar a la máquina por accionar, si está puede dañarse y causar disturbios en la línea en cuyo caso un arrancador a

voltaje reducido será más adecuado y necesario. Por lo tanto no solo nos limita la capacidad del motor que sea mayor de -- 10 HP, para considerarlo.

2.- Arrancadores manuales.- Adecuados para motores de hasta 7.5 - HP, 3 fases, que operan continuamente ó tienen pocas interrupciones. No tiene protección de no voltaje y por lo tanto el - sobrecalentamiento del motor por está causa, no lo protegerá. Así mismo las interrupciones del suministro de la energía por parte de la Cía. de Luz al normalizarse: arrancarán al motor y sí es peligroso para el personal, reglamentar su operación ó evitarlo. Para ventiladores y equipos que conviene que -- operen continuamente es ideal.

3.- Arrancadores a voltaje reducido:

A) De resistencias.- Se tiene perdida de energía.

B) Tipo autotransformador.- Limita la corriente en el arran-- que y da lugar a mayores pares de arranque (en estrella ó en delta abierta). Pudiendo ajustarse según el caso para - reducir el voltaje en un 80%, 65 ó 50%.

C) Devanado de partido.- Para cargas ligeras: la aceleración es suave.

D) Estrella/delta.- Limitado, equivalente al 57% del tipo -- autotransformador y se proporciona un 33% del par de arran que.

4.- Elementos térmicos.- Que se utilizan para dar la protección - de sobrecarga, se tienen de varios tipos:

A) De aleación que al sobrecalentarse y fundirse, mueve un - engrane que suelta el trinquete.

B) Tipo de resistencia.

C) Tipo de bimetálico.- Directo ó indirecto.

Normalmente su ajuste máximo es de 125% de la corriente no minal del motor. Considerando que el motor está diseñado para un factor de servicio de 1.15 y una sobre elevación de temperatura de 40°C.

Para otro tipo de motores es recomendable ajustar los elementos térmicos a 115%.

Al seleccionar los elementos térmicos es de considerar - el factor de potencia al cuál opera y si se instala l capacitor para corregirlo al lado de la carga deberá tenerse cuidado que el factor de potencia no se aumente a más de la unidad conveniente 95%.

En el caso de arrancadores a voltaje reducido no deberán instalarse del lado de la carga por el peligro que presenta - la viación de voltaje.

Ver figura No. 9 .

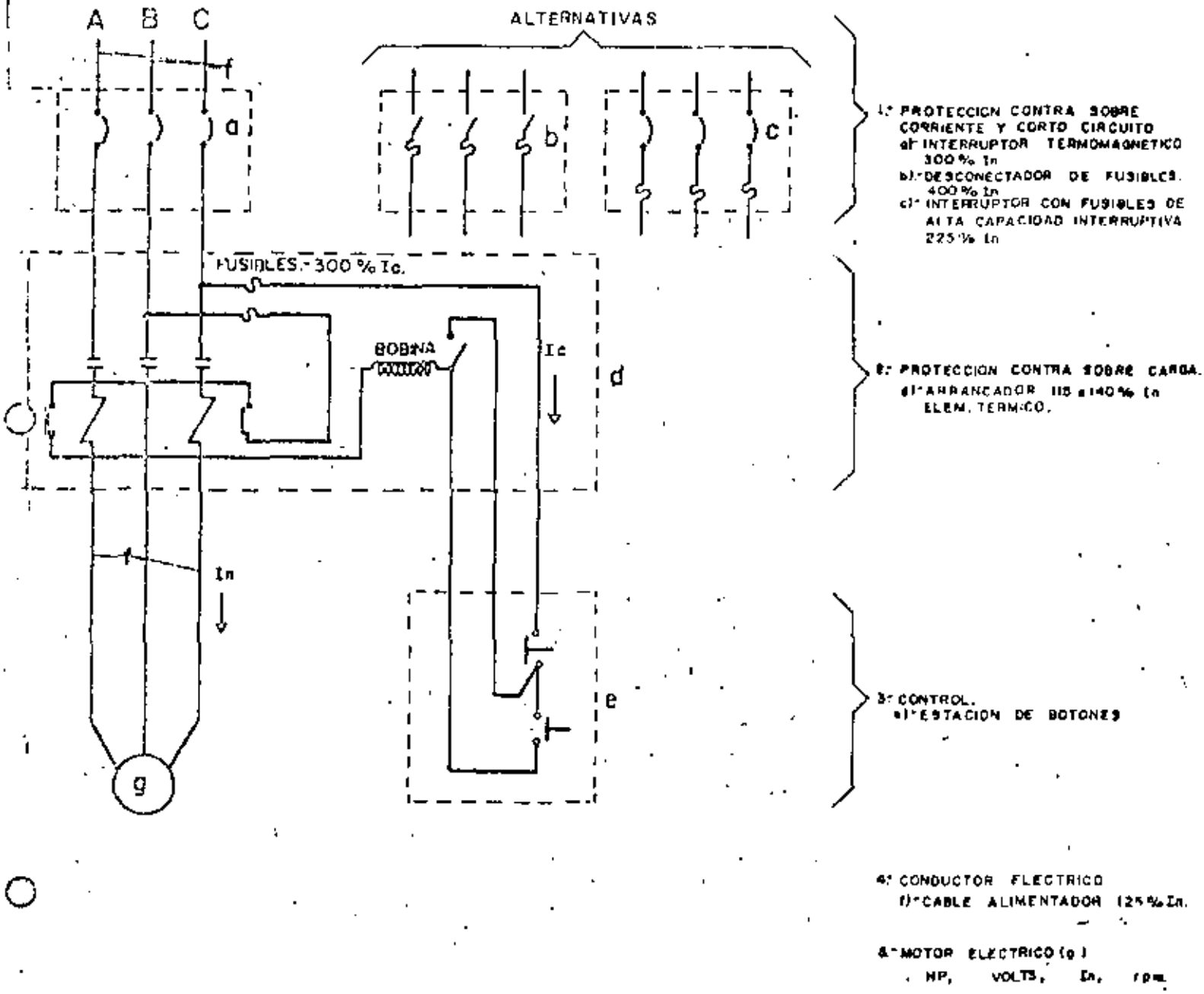


DIAGRAMA ELECTRICO FIG. Nº 9
PROTECCION DE UN MOTOR ELECTRICO.
CORTOCIRCUITO - SOBRE CORRIENTE - SOBRECARGA.

DIAGRAMA DE CONECCION DE UN MOTOR TRIFASICO PROTEGIDO CON UN ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION COMPLETA

Ver la figura No. 10

Secuencia de la operación .-

Sí apretamos el botón de arrancar (A), instantaneamente se cierra el contacto de sello (C.S.), se energiza la bobina (B), se cierran los contactos de la bobina (C.B.) quedando el motor conectado a la línea.

El motor quedará protegido por:

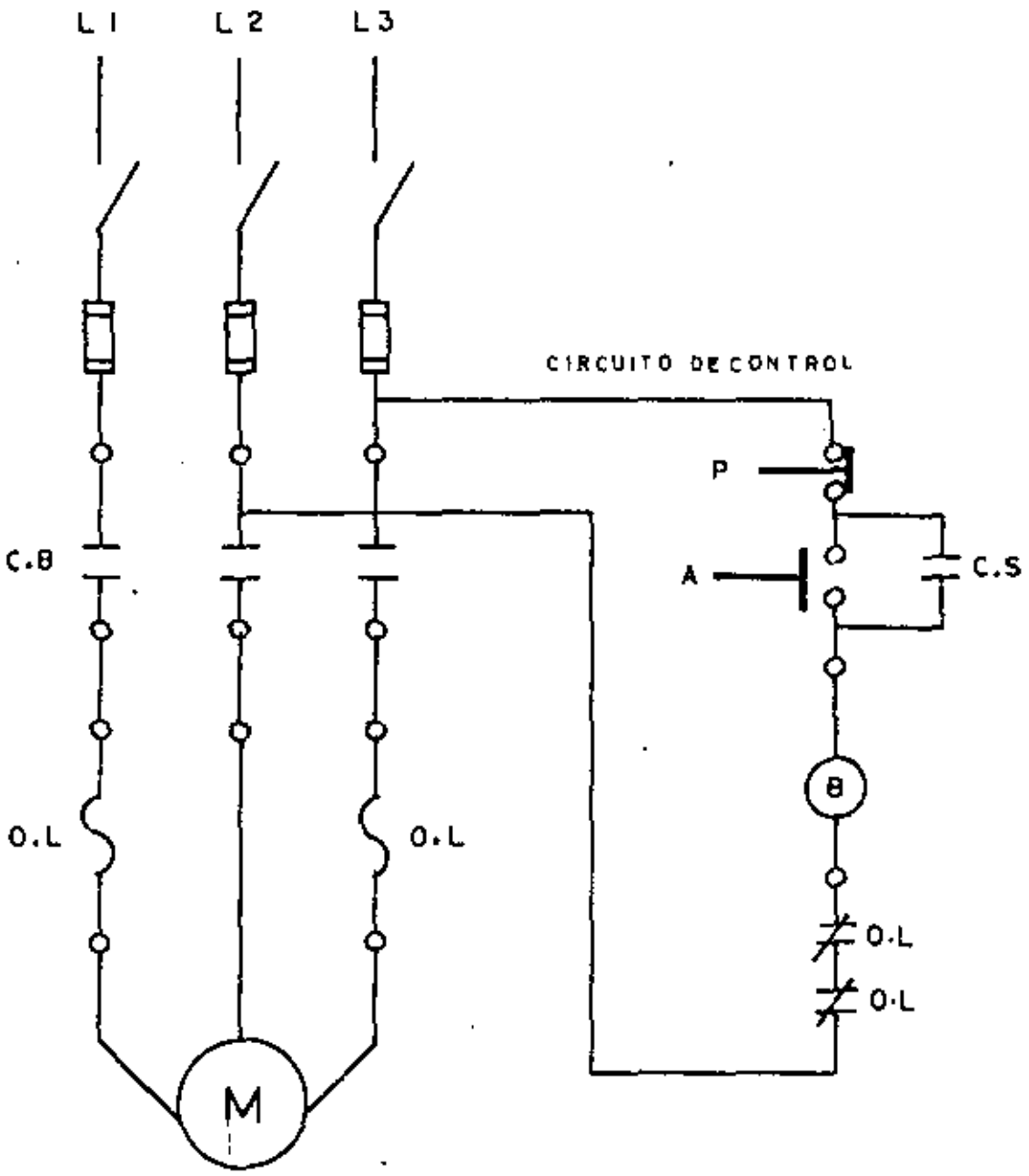
Elementos térmicos de los relevadores de sobrecarga -- (OVER LOAD) (OL).

DIAGRAMA DE CONECCION DE UN MOTOR TRIFASICO PROTEGIDO CON ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION REDUCIDA

Ver la figura No. 11

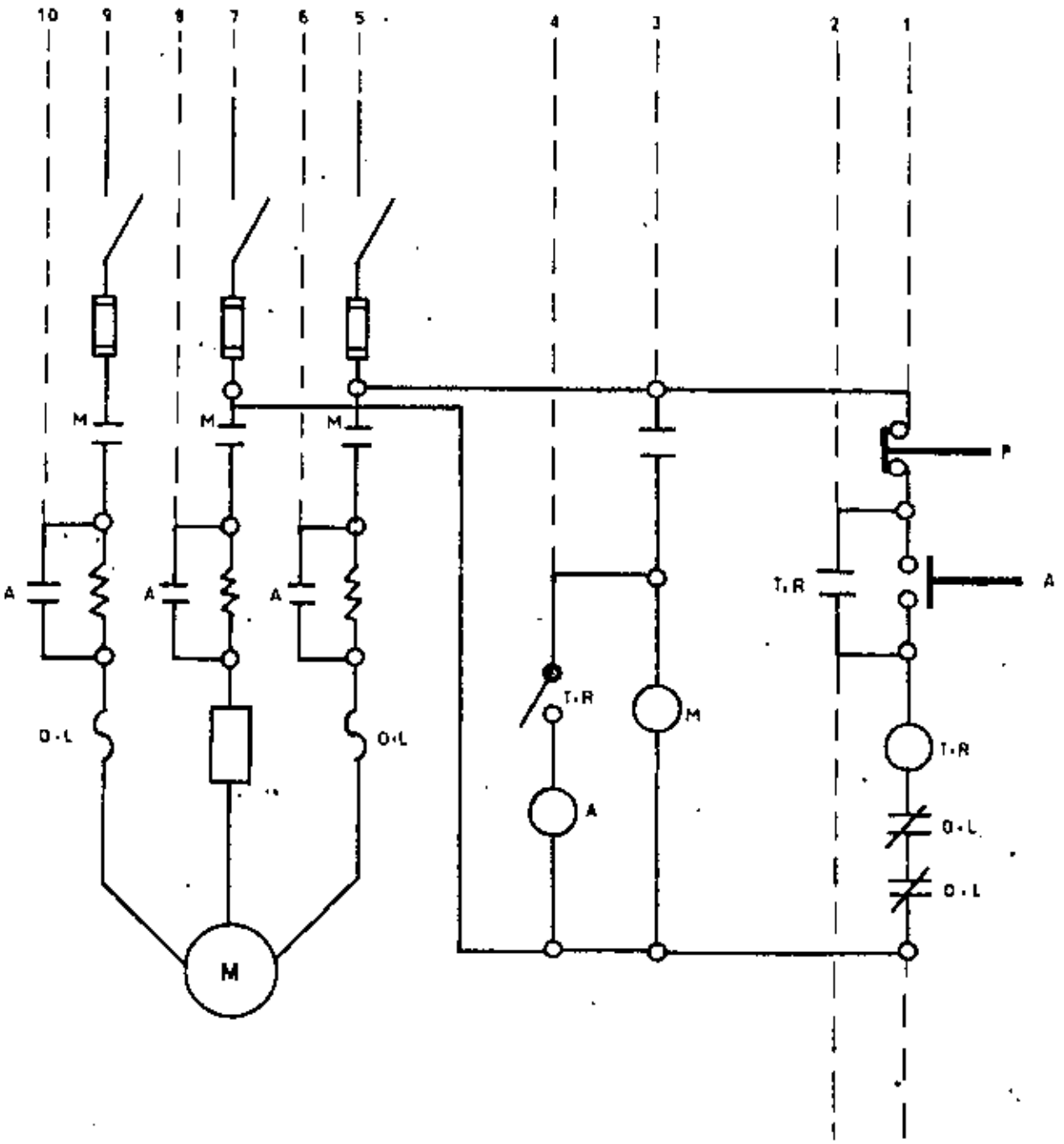
Secuencia de la operación.-

Al oprimir el botón de arranque, (A), se energiza la bobina (TR) en el eje 1, la cuál cierra los contactos instantaneos (TR) en los ejes 2,3, el contacto en 2 es de sello 6 en clave, el contacto en 3 energiza la bobina (B), la que -- cierra sus contactos en 5,7 y 9 quédando el motor alimentado a tráves de las resistencias, las que provocan una caida de tensión haciendo que el motor quede alimentado a tensión reducida. El mismo contacto en el eje 3 deja preparado el circuito para que el contacto (TR) en el eje 4 que es el contacto de tiempo retardado del relevador de tiempo, al cerrar -- energiza a la bobina (A) la que a su vez cierra sus contactos (A) en los ejes 6,8 y 10 quedando así el motor alimentado a la tensión de la línea.



ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION PLENA

FIG. No 10



ARRANCADOR MAGNETICO
A TENSION REDUCIDA

FIG. No II

APLICACION TIPICA DEL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS

La familiarización y la comprensión cabal del reglamento de obras e instalaciones eléctricas, así como del "NATIONAL ELECTRICAL CODE" requiere mucho estudio de dichos documentos, el cuál está fuera del proposito de este curso. Sin embargo, es conveniente tener un concepto general de la forma como estos reglamentos se aplican, por lo que el siguiente ejemplo se presenta con este propósito. Debe recordarse que ambos documentos contienen solamente las provisiones básicas y mínimas que se consideran necesarias para operación de los sistemas y aparatos eléctricos con un grado de seguridad satisfactorio.

Supóngase que un cliente ha adquirido un motor de inducción de 20 caballos de potencia, el cuál deberá operar en 440 voltios, 3 fases, 60 ciclos. Puesto que este motor deberá conectarse al sistema de distribución, deberán seleccionarse los conductores, la protección contra sobrecarga de motor y la protección para el circuito mismo.

En vista de que la selección apropiada de estos componentes es necesaria para proteger al personal de los riesgos que el uso de la eléctricidad presenta, el reglamento de obras e instalaciones eléctricas así como el "NATIONAL ELECTRICAL CODE indican los requerimientos mínimos para el alambrado y la protección de este circuito.

1.) CARACTERISTICAS DEL MOTOR

El primer paso consiste en determinar ciertas características del motor, las cuales se encuentran en su placa de datos.

A) Potencia del motor: 20 Cp.

B) Tensión del motor: 440 voltios, 3 fases, 60 ciclos.

C) Diseño del motor: GE tipo F, diseño nema B, par de arranque normal, corriente de arranque normal.

D) Corriente a plena carga: 25.8 amps.

2.) TIPO DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO

El segundo paso incluye la determinación de los conductores que el cliente desea usar en el circuito. El cliente ha especificado en este caso lo siguiente:

A) Tres conductores de cobre, con aislamiento termóplastico, en tubo conduit.

B) Temperatura ambiente máxima: 40°C.

3.) CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO

A) El artículo 11 del reglamento de obras e instalaciones eléctricas trata sobre los conductores adecuados y las condiciones bajo las cuales van a ser usados. Por otro lado, en la fracción 28-10 se específica que "la corriente permisible en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante, no será menor de 125% de la corriente nominal a carga plena del motor."

Capacidad del circuito derivado = 1.25 x 25.8 = 32.2 amp. (min).

B) La tabla No. 2 del reglamento de obras e instalaciones eléctricas muestra las capacidades de los conductores a una temperatura ambiente de 30°C. Para su uso en ambiente de 40°C, la continuación de la misma tabla muestra los factores de corrección para temperaturas mayores de 30°C, el cuál es de 0.82 para nuestro caso. Usando la columna No. 3 para conductores con aislamiento termóplastico seleccionamos un conductor de calibre No. 8 AWG.

Corriente permitida = 40 amp. x 0.82 = 32.8 amp. (adecuado)

C) Compruébese la caida de tensión en el alimentador cuando el motor opera a plena carga. En el artículo 6, inciso 2 del reglamento de obras e instalaciones eléctricas, se específica que, "la caida de voltaje desde la entrada del servicio hasta el último punto de la canalización correspondiente, la carga no deberá ser mayor de 4% para cargas de aparatos y motores". Si la caida de tensión calculada resulta mayor de este valor, considerese un calibre más grande para los conductores.

4.) REGLAMENTO DE SOBRECARGA

A) El reglamento de obras e instalaciones eléctricas en su inciso 28-15, parráfo a-I indica que "la capacidad ó el ajuste de este dispositivo (de sobrecorriente) no deberá ser mayor del 140% de la corriente nominal a plena carga "Sin embargo, este porcentaje indica la tolerancia máxima que puede aceptarse siendo normalmente aceptado por los fabricantes de los motores con 40°C, de sobre elevación de temperatura, que el dispositivo de sobrecarga no dispare a más de 125% de la corriente a plena carga del motor. Está misma cifra se menciona también en el nec, artículo 430-32.

Capacidad de sobrecarga = 1.25 x 25.8 = 32.2 amps. (máximo).

5.) SELECCION DE LA PROTECCION CONTRA SOBRE-CORRIENTE PARA UN ALIMENTADOR QUE SUMINISTRA A MOTORES.

A) A partir de la fracción 28-24, el reglamento de obras e instalaciones eléctricas especifica la forma en que debe protegerse los circuitos que alimentan a varios motores. La fracción 28-25 se refiere a la capacidad ó ajuste del "dispositivo protector de sobrecorriente del circuito derivado para un motor deberá ser capaz de soportar la corriente de arranque; pero su capacidad ó ajuste no deberá exceder del 400% de la corriente a carga plena del motor..."

B) El código nacional eléctrico de los EE.UU. (NEC) es más estricto al respecto, aunque sólo especifica la capacidad mínima y máxima del dispositivo de protección contra corto circuito permitiendo el diseñador la selección dentro de ambos límites de la capacidad requerida.

Capacidad mínima: El artículo 430-57, indica que, "el interruptor ... deberá tener una capacidad continua de 115% de la corriente nominal del motor a plena carga"

Capacidad mínima del interruptor = 25.8 x 1.15 = 30 amp.

Capacidad máxima: Puede obtenerse está cifra de dos maneras: en la tabla 430-146, en la línea de 26 amps. Y bajo la columna 4, la capacidad máxima del interruptor es 70 amps. El otro modo es por medio de la tabla 430-152 del mismo nec. Para motores con letra código F (la cuál aplica a los motores tipo K), polifásicos, de inducción, con arranque a pleno voltaje, la capacidad máxima del interruptor es de 250% de la corriente a carga máxima ó la capacidad estandar inmediata superior.

I max. = 25.8 x 2.5 = 65 amps.

Capacidad máxima del interruptor = 70 amps.

Cualquiera de las capacidades normales en que se fabrican los interruptores, es decir, 30, 40, 50 ó 70 amps., puede seleccionarse para esta aplicación de acuerdo con el nec. Sin embargo, debido a que los interruptores termomágneticos de caja moldeada son sensibles a la temperatura ambiente, y a que sus capacidades nominales son establecidas a una temperatura ambiente de 25°C, debe considerarse la temperatura ambiente a la cuál el interruptor estará sometido y también los efectos de la caja ó cubierta dentro de la cuál pueda hallarse instalado con objeto de evitar disparos innecesarios del interruptor.

INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES

VER FIGURA 8

CORRIENTE A PLENA CARGA:

ES LA CORRIENTE QUE CONSUME UN MOTOR CUANDO ESTA DESARROLLANDO SU POTENCIA NOMINAL A LA VELOCIDAD NORMAL Y POR LO TANTO INFLUYEN LAS PERDIDAS MECANICAS POR FRICCION, LAS PERDIDAS MAGNETICAS POR HISTERESIS Y LAS PERDIDAS ELECTRICAS EN EL COBRE POR EFECTO JOULE.

A) CIRCUITO DERIVADO DEL MOTOR.- LOS CONDUCTORES SE CALCULAN PARA UN 25% DE SOBRECARGA O SEA PARA 1.25 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA.

B) PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO.- LOS FUSIBLES E INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA PROTEGER EL CIRCUITO DERIVADO CONTRA CORTO CIRCUITO DEBEN RESISTIR LA CORRIENTE DE ARRANQUE DEL MOTOR QUE ES VARIAS VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA. FUSIBLES 300%

INTERRUPTOR AUTOMATICO 250%

C) DESCONECTADOR DEL MOTOR.- ESTE SIRVE PARA DESCONECTAR EL MOTOR Y SU CONTROL, PARA REVISIONES O REPARACIONES Y DEBE ABRIRSE DESPUES DE QUE SE HAYA PARADO EL MOTOR. SU CAPACIDAD SE CALCULA TOMANDO 1.15 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA.

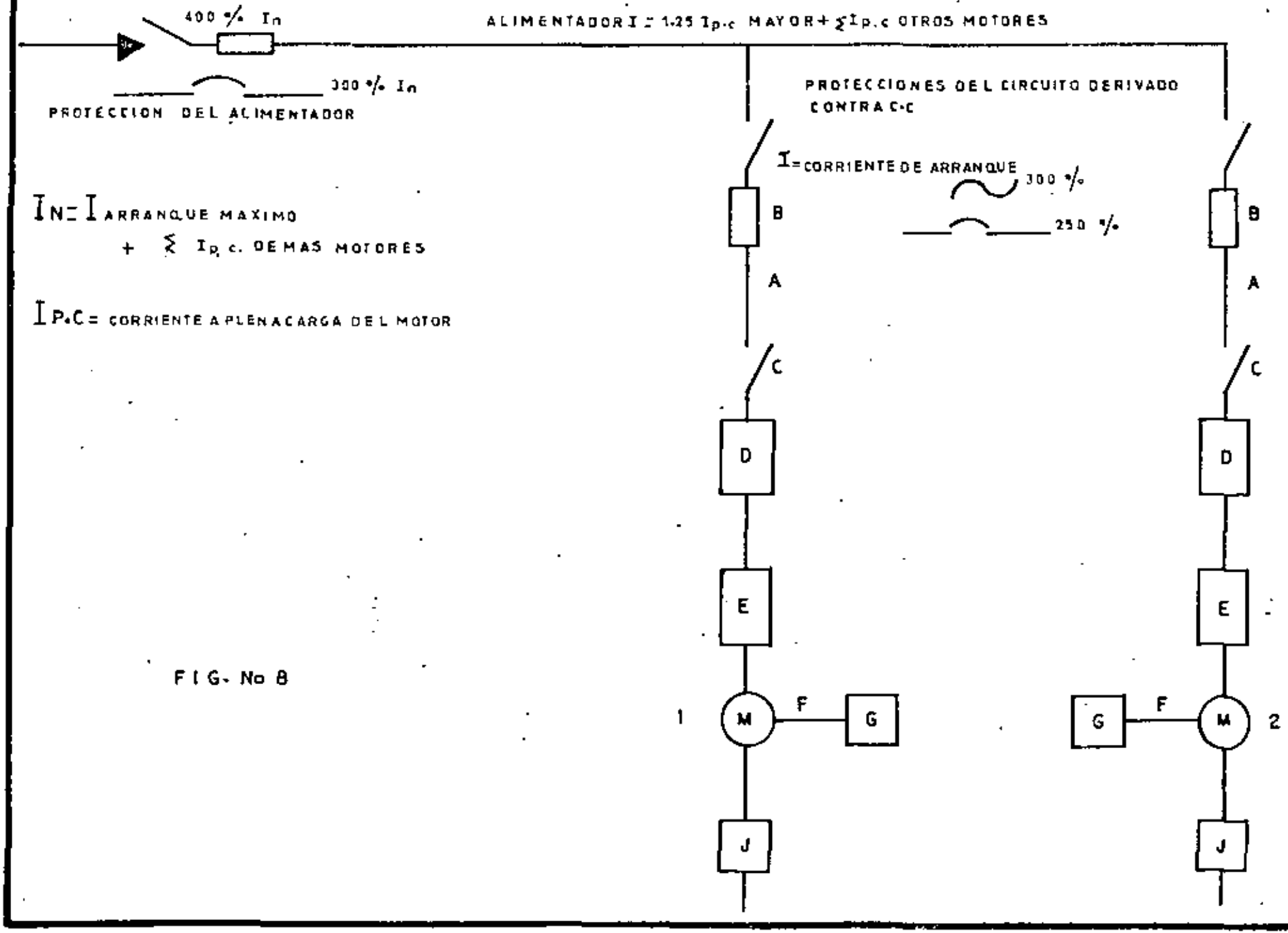
D) PROTECCION DEL MOTOR CONTRA SOBRECARGA.- LOS ELEMENTOS TERMICOS DE ACCION RETARDADA SE CALCULAN PARA UNA SOBRECARGA DEL 25% OSEA 1.25 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA. SIENDO DE ACCION RETARDADA, RESISTEN LA CORRIENTE DE ARRANQUE MOMENTANEA DEL MOTOR.

E) CONTROL DEL MOTOR .- ESTE APARATO SIRVE PARA ARRANCAR Y PARAR EL MOTOR Y GENERALMENTE INCLUYE LOS ELEMENTOS TERMICOS. (D) PARA LA PROTECCION DEL MOTOR.

G) CONTROL REMOTO DEL MOTOR.- EL CONTROL (E) DEL MOTOR PUEDE OPERARSE DESDE OTROS LUGARES POR MEDIO DE UNA ESTACION DE BOTONES (G) CONECTADO POR MEDIO DE LOS CONDUCTORES (F).

J) CONTROL SECUNDARIO.- PARA MOTORES CON ROTOR DEBANADO Y ANILLOS ROZANTES, EL MOTOR SE CONTROLA POR MEDIO DE UN REOSTATO QUE PUEDE ESTAR CERCA O LEJOS DEL MOTOR, EL CUAL SIRVE PARA ARRANCAR Y VARIAR SU VELOCIDAD

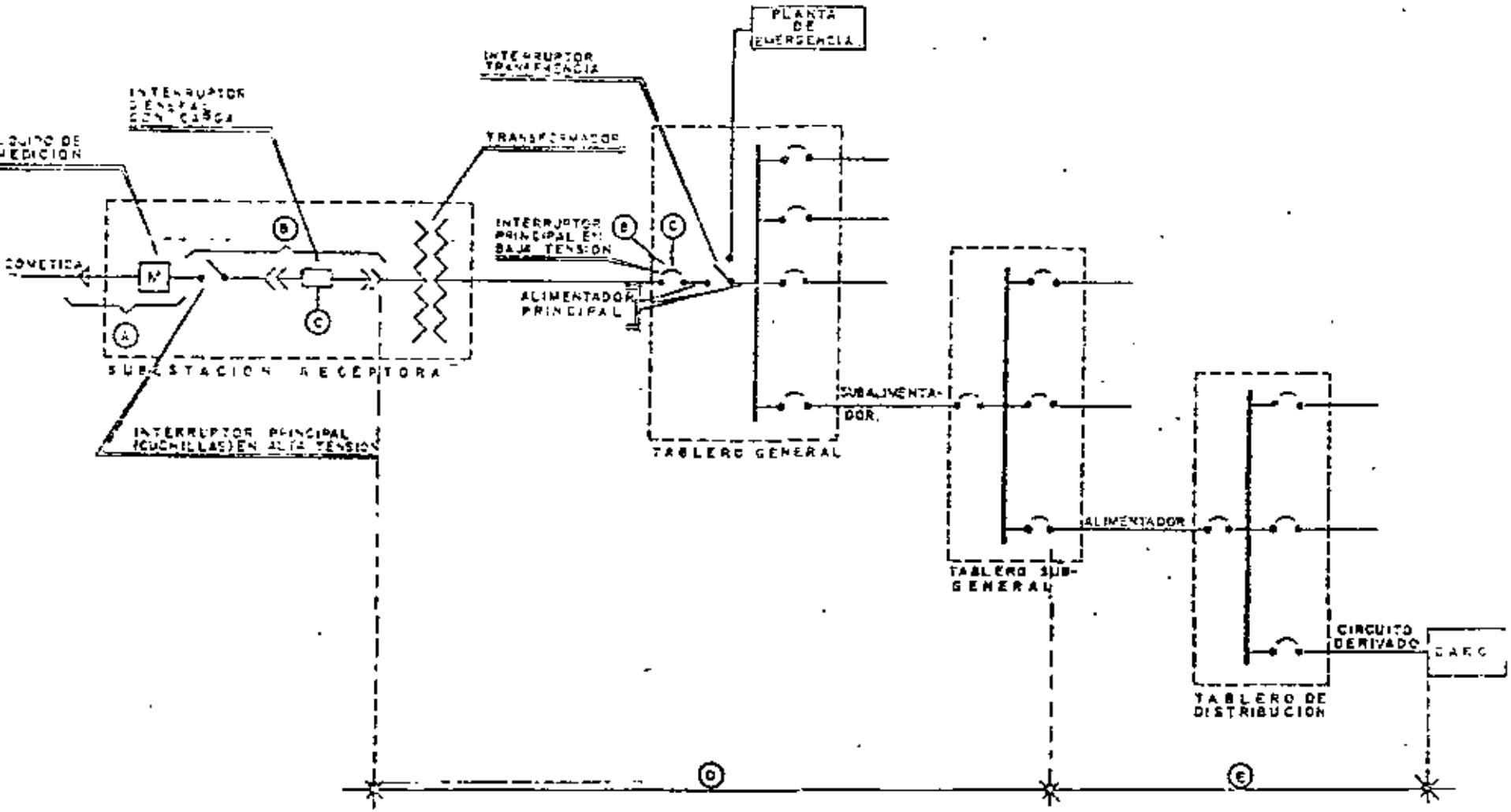
INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES



$I_N = I_{ARRANQUE\ MAXIMO} + \Sigma\ I_{P.C.}$ DE MAS MOTORES

$I_{P.C}$ = CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR

FIG. No 8



(A) DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA.

(B) DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE DESCONEXION.

(C) DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE PROTECCION.

(D) SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO.

(E) SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIO.

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO.

A.- DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA.-

LOS DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA ESTAN FORMADOS POR LAS "LINEAS DE SERVICIO", QUE SON LOS CONDUCTORES Y EL EQUIPO QUE SE USAN PARA EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA DESDE LAS LINEAS O EQUIPOS INMEDIATOS DEL SISTEMA GENERAL DE ABASTECIMIENTO, HASTA LOS MEDIOS PRINCIPALES DE DESCONEXION Y PROTECCION DE LA INSTALACION SERVIDA. QUEDAN PUES FORMADAS POR LA "ACOMETIDA" Y POR EL "EQUIPO DE MEDICION" DE LA CIA. DE LUZ.

B Y C.- DISPOSITIVOS DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL.

EL 2o. Y 3er. ELEMENTO NORMALMENTE ESTAN INTEGRADOS EN UN SOLO DISPOSITIVO, DE ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES DE LOS ARTICULOS 7-9 Y 7-16 DEL R. DE O. E I. E. TODA ENTRADA DE SERVICIO DEBE DE TENER UN DISPOSITIVO QUE PERMITA DESCONECTAR A TODOS LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACION SERVIDA, ASI COMO UN MEDIO DE PROTECCION CONTRA SOBRE-CORRIENTE.

D Y E.- SISTEMA DE DISTRIBUCION.

EL 4o. ELEMENTO, O SEA EL SISTEMA DE DISTRIBUCION SE ACOSTUMBRA DIVIDIR EN PRIMARIO Y SECUNDARIO, DE ACUERDO CON LA CONDICION DE QUE EL VOLTAJE DE SUMINISTRO SE TRANSFORME O NO EN LA INSTALACION SERVIDA O AUN DE ACUERDO CON LOS DIFERENTES PASOS QUE SE PLANEEN EN LA DISTRIBUCION. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION ESTA INTEGRADO POR:

VII.- CENTROS DE DISTRIBUCION.

Es el que alimenta, protege, interrumpe, mide y transfiere circuitos primarios.

Clasificación: De acuerdo con la tensión los tableros pueden ser de alta tensión y de baja tensión.

TABLEROS DE BAJA TENSION: Deben cumplir con el art. 25 de ROEI.y 75

a) TABLEROS PRINCIPALES:

Tienen por objeto alimentar, distribuir y controlar la energia electrica dentro del area, donde se genere o utilice.

Cuando un tablero este mejor diseñado a los usos a que se destine, se obtendra un mejor aprovechamiento de la energia electrica, permitiendo economias en su consumo, continuidad en el servicio, proteccion a las personas y propiedad, a un costo minimo del propio tablero.

Un tablero puede ser pequeño, para ser usado en una casa habitacion, con capacidad de unos 1000 watts, o bien, puede ocupar una area de varios metros cuadrados para grandes instalaciones industriales, donde se manejen muchos millones de watts.

Un tablero puede estar formado por una seccion o varias para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidas formaran un solo conjunto.

a.1) Componenetes de un tablero.

- Los gabinetes son cajas metalicas o blindaje que tienen por objeto: montar el equipo electrico, de conexion, desconexion, medicion y control: conectar interiormente ese equipo; protegerlo de la intemperie, del polvo o de golpes: proteger las

personas y a la propiedad de descargas electricas accidentales. Los gabinetes se clasifican en dos tipos segun la radica a que se sometan exteriormente.

TIPO INTERIOR: Son los tableros colocados en el interior de un edificio, bajo cubierta, sin que se vean afectados por la lluvia, la humedad, o cualesquiera otros agentes fisicos que los perjudiquen. Se fabrican con lamina de 2.1 mm. (1/16'') de espesor.

TIPO EXTERIOR O INTEMPERIE: Para ser montados a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuestos a la lluvia, al sol, al polvo y a golpes ocasionales. Se fabrican con lamina gruesa, de 3.2 mm. (1/8''), con techos inclinados, puertas con empaque de hule y sin dejar expuestos los aparatos.

- Barras. Las barras son los elementos de conexion entre el interruptor principal o general y los derivados. En sistemas trifasicos se compone de tres barras, rectangulares de cobre electrolitico, con una conductividad electrica minima de 99%. Las barras se calculan para una elevación de temperatura, a plena carga, de 30°C, sobre el ambiente de 40°C máximo. Además de las barras principales, que van aisladas, a lo largo del tablero, en la parte inferior, se coloca otra barra de tierra, firmemente unida sin aislamientos, a los gabinetes. Esta barra tiene por objeto, evitar poener en peligro de un choque electrico al operador que toque un gabinete cuando haya una falla de aislamiento. El tamaño de las barras y su número por cada polo se indican a continuación:

CAPACIDAD MAXIMA AMPS.	DIMENSIONES EN MM. Y PULG.		NUM. DE BARRAS EN PARALELO
200	6.3x25.4	1/4x1	1
400	6.3x38.0	1/4x1 1/2	1
600	6.3x50.8	1/4x2	1
800	6.3x50.8	1/4x2	1
1200	6.3x76.0	1/4x3	1
1600	6.3x101.6	1/4x4	1
2000	6.3x76.0	1/4x3	2
3000	12.6x76.0	1/2x3	2
4000	12.6x101.6	1/2x4	2

INTERRUPTORES: Los interruptores son la parte principal de un tablero. De la calidad y de su correcta aplicación depende la bondad del tablero. En México hay tres tipos de interruptores, que han ganado la aceptación de los usuarios: el termomagnetico en caja de plastico; ele electromagnetico, y el de navajas con fusibles de alta capacidad interuptiva. Los interruptores termomagneticos son los más practicos por el pequeño espacio que ocupan, por poderse acomodar y conectar uno al lado del otro, y por ser economicos dentro de su funcionamiento seguro y eficiente. Se fabrican de 1 a 3 polos hasta 100 A. y de 2y3 polos hasta 2500A. Universalmente se usan como interruptores derivados y en muchos casos, cuando la selectividad de disparo del interruptor, no es factor muy importante, se usan como interruptores principales o generales.

Los interruptores electromagneticos son mas robustos, capaces de un numero mayor de operaciones sin reparaciones y susceptibles de

ajuste del tiempo de apertura para permitir que en sobrecargas severas o cortos circuitos se abran primero los interruptores derivados que alimentan el circuito donde exista la falla. Estos interruptores son mucho más caros que los termomagneticos.

Y se fabrican hasta capacidades de 6000 amps. y 100000 amps. asimetricos.

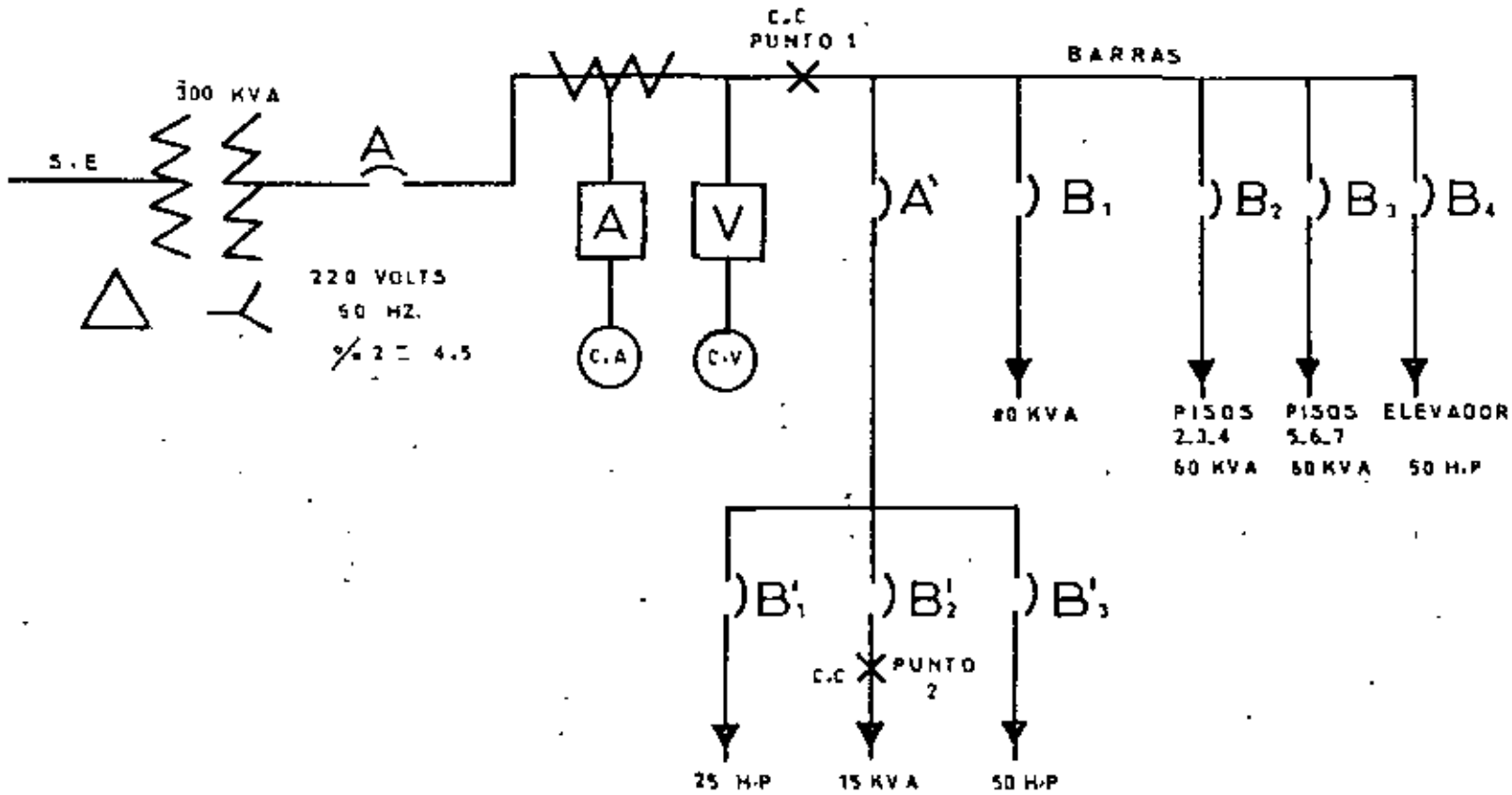
Los interruptores con fusibles de alta capacidad interruptiva son economicos, pueden abrir corto circuitos de 200000A., pero tienen la desventaja de no poder discriminar el circuito de falla, sin embargo, resuelven algunos casos, cuando los interruptores se colocan o derivan de fuentes o bloques de gran capacidad.

INSTRUMENTOS: Un tablero, para llenar su función, basta con tener los componentes descritos anteriormente: gabinetes, barras e interruptores. Sin embargo algunas veces para un mejor control o mantenimiento cuando las instalaciones son importantes o que generan la electricidad, conviene medir las características principales de la energía electrica.

Los instrumentos industriales necesitan para su conexion dispositivos auxiliares. Generalmente en tensiones hasta 240 V. son para conexion directa, pero para 440 V., son necesarios transformadores de potencial (T.P.). Cuando las corrientes exceden de 50A., se usan transformadores de corriente (T.C.). Cuando es necesario, con un solo instrumento, medir los tres aspectos que tiene un sistema trifasico se usan conmutadores (CM) aplicables para los ampermetros y los voltmetro .

Ampermetros, voltmetro, wattmetro, varmetro, frecuencimetro, medidor ó watthorimetro.

DIAGRAMA UNIFILAR DE UN TABLERO



DISEÑO DE UN TABLERO PRINCIPAL:

a) Haga un diagrama unifilar, con los componentes del tablero, según las necesidades electricas del edificio.

b) Calculese las capacidades normales en amperes del interruptor general y de los derivados.

c) Calculese el corto circuito aproximado, en el punto 1 de la figura.

$$Icc = \frac{In(transformador) \times 100}{\%Z}$$

$$In = \frac{KVA \times 1000}{1.73 \times 220} = \frac{300 \times 1000}{1.73 \times 220} = 790. \text{amps.}$$

$$Icc = \frac{790 \times 100}{4.5} = 17{,}600 \text{ amps. de capacidad interruptiva.}$$

d) Calcular el corto circuito en el punto 2: aún es más desfavorable cuando contribuyen a aumentar el corto circuito los motores que juntos suman 125 hp. (310 amps), que con una impedancia del 20% darían:

$$Icc = \frac{310 \times 100}{20} = 1550 \text{ amps.}$$

El corto circuito total para el punto 2 será de:

$$Icct = 17{,}600 + 1550 = 19150 \text{ amps.}$$

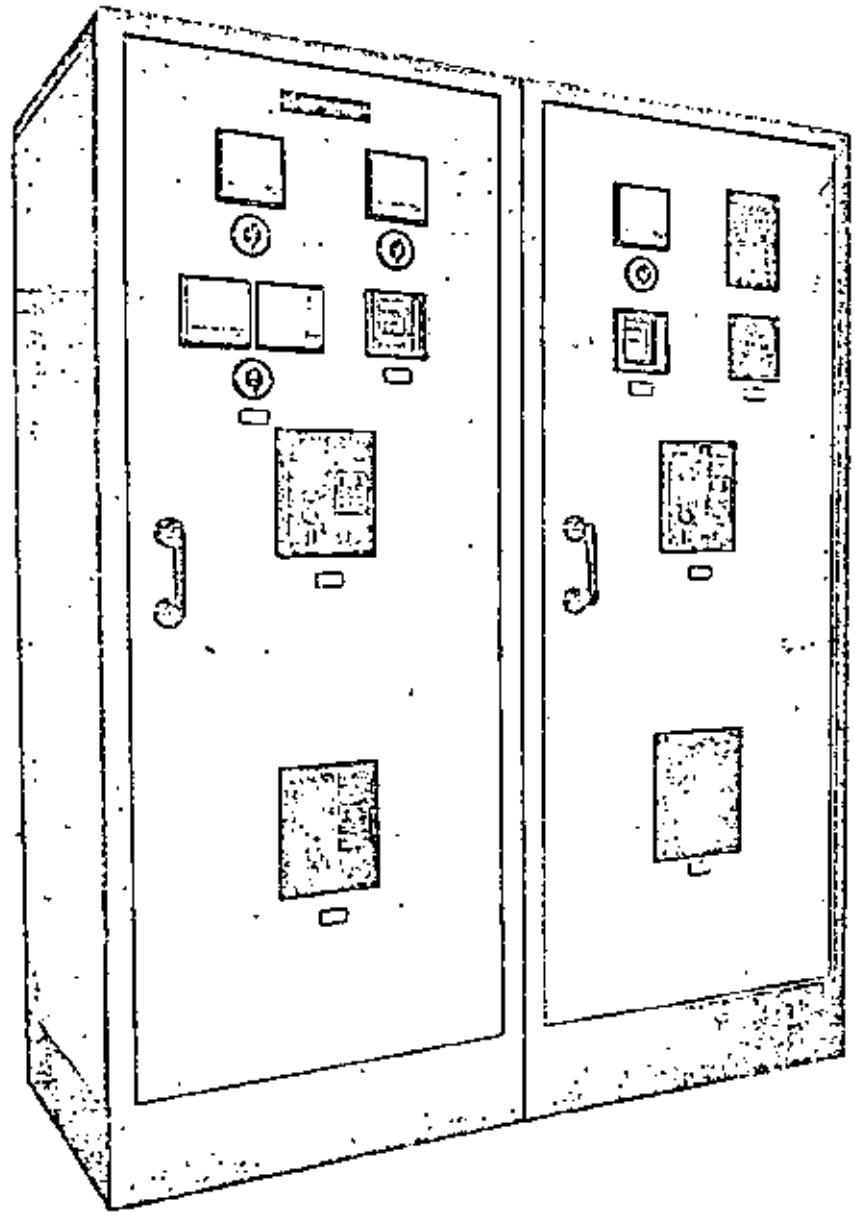
e) Los interruptores seleccionados seran:

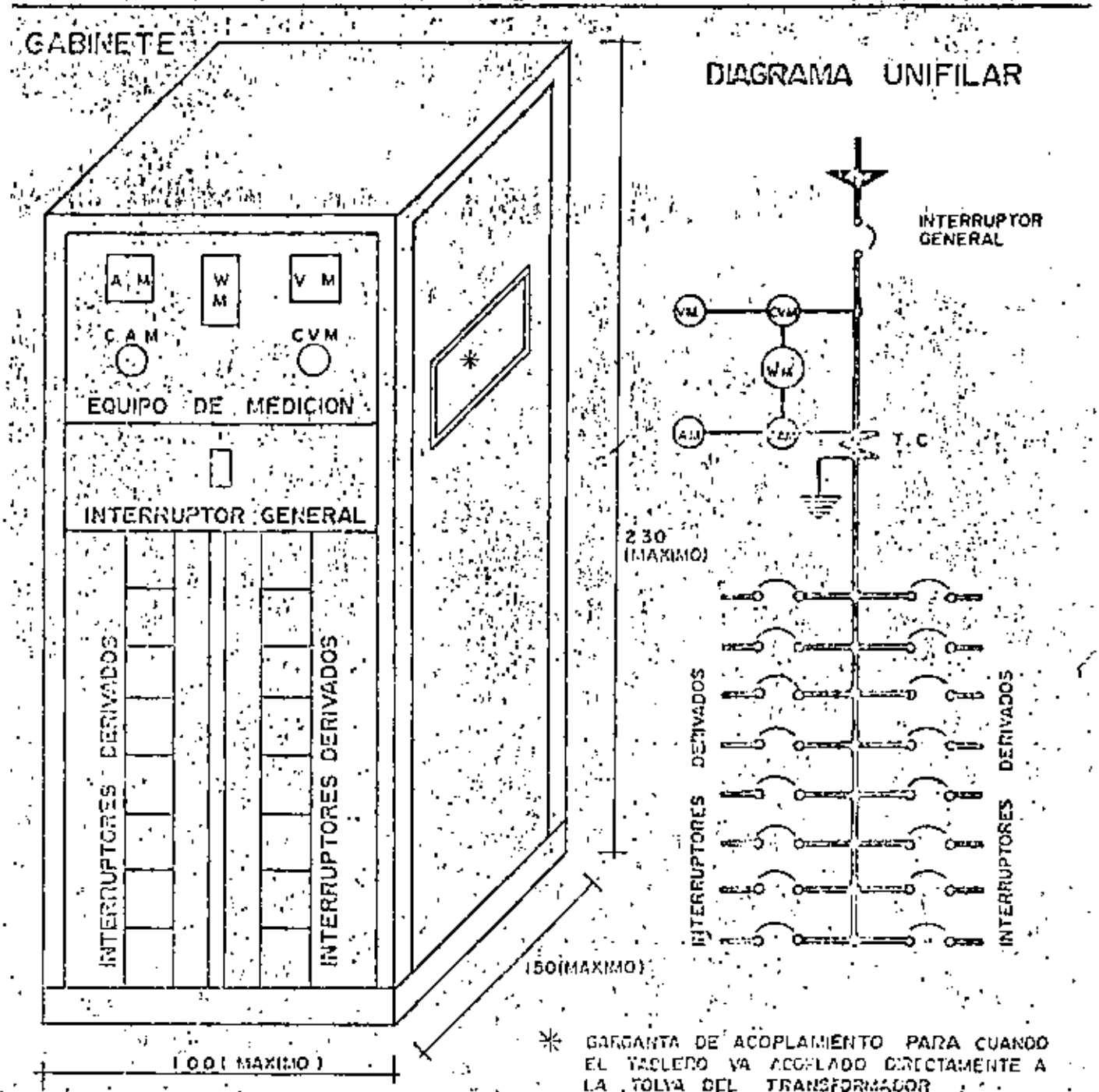
INTERRUPTOR	CORR. NORMAL	TIPO	C.I. 240 V.	C.I. CALCULADA
A	1000	NM	42,000	17,600
A'	300	NJL	42,000	17,600
B	225	NEJ	25,000	17,600
B_1	175	NFJ	25,000	17,600
B_2	175	NFJ	25,000	17,600
B_3	200	NFJ	25,000	17,600
B_4				
B'	200	NFJ	25,000	19,150
B'_2	50	NEF	18,000	19.150
B'_3	300	NJL	42,000	19,150

INTERRUPTOR	CARGA	AMPS. NORMALES	CALIBRACION AMPERES.
A	300KVA	$\frac{300x100}{1.73x220} = 790$	
		790x1.25 = 987.5	1000 amps.
A'	15.0 KVA		
25 HP = $\frac{25x0.746}{Cos\ \emptyset}$ =	23.4 KVA		
50 HP = $\frac{50x0.746}{Cos\ \emptyset}$ =	46.8 KVA		
25% x 46.8 =	11.7 KVA	$\frac{96.9 \times 1000}{1.73 \times 220} = 254$	300 amps.
SUMA	96.9KVA		
B_1	80 KVA.	$\frac{80 \times 1000}{1.73 \times 220} = 216$	225 amps.
B_2	60 KVA.	$\frac{60 \times 1000}{1.73 \times 220} = 158$	175 amp.
B_3	60 KVA.	" " = 158	175 amps.
B_4 Motor devanado	50 HP.	Ver tabla	200 amps
B'_1 Motor jaula de ardilla T.C.	25 HP	Ver tabla	200 amps.
B'_2	15 KVA.	$\frac{15 \times 1000}{1.73 \times 220} = 39.5$	50 amps.
B'_3 Motor jaula de ardilla T.R.	50 HP	Ver tabla	300 amps.

En la tabla, se da la calibracion aproximada para diferentes motores trifásicos. Se supone para un motor al que se le aplica directamente la tension de la linea que este toma un 250% de la corriente normal. Con un arrancador a tension reducida (TR) toma 200% de la tension normal. Por último, para un motor con rotor devanado, con arrancador de resistencias se tendra solo una corriente 150% de la normal

TABLA No. 8	APLICACION DE INTERRUPTORES EN MOTORES				
A TIPO JAULA DE ARDILLA, ARRANQUE A T.C. B " " " " " " T.R. C " DEVANADO, ARRANQUE A T.R.					
H.P.	VOLTS.	AMPERES	Calibración del Interruptor en amperes		
			A	B	C
1 ½	200	5.0	15	15	15
	440	2.5	15	15	15
2	220	6.5	15	15	15
	440	3.3	15	15	15
3	220	9.0	20	20	15
	440	4.5	15	15	15
5	220	15.0	40	30	20
	440	7.5	20	15	15
7 ½	220	22	50	40	30
	440	11	30	20	15
10	220	27	70	50	40
	440	14	40	30	20
15	220	40	100	100	70
	440	20	50	50	30
20	220	52	125	100	100
	440	26	70	50	50
25	220	64	200	125	100
	440	32	100	70	50
30	220	78	200	150	125
	440	39	100	100	70
40	220	104	225	200	150
	440	52	125	100	70
50	220	125	300	225	200
	440	63	150	125	100
60	220	150	400	300	225
	440	75	200	150	125
75	220	185	500	400	300
	440	93	250	200	150
100	220	246	600	500	400
	440	123	300	225	200
125	220	310	800	600	500
	440	155	400	300	225
150	220	360	1000	800	500
	440	180	500	400	225
200	220	480	1200	1000	800
	440	240	600	500	400





CLAVE

VM — VOLMETRO
CVM — CONMUTADOR DE FASES PARA VOLMETRO
WM — WATTMETRO (PUEDE SER TAMBIEN CUALQUIER OTRO APARATO O APARATOS DE MEDICION INDICADOR, INTEGRADOR)
AM — AMPERMETRO
CAM — CONMUTADOR DE FASES PARA AMPERMETRO
T.C. — TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
— INTERRUPTOR

SUBESTACIONES UNITARIAS

Transformador trifásico en KVA y por ciento de impedancia	Corriente de corto circuito maximo en KVA disponible del sistema primario	Corriente normal de plena carga en amperes	Corriente total de corto circuito RMS amperes simétricos			Tamaño mínimo de interruptor electromagnetico recomendado						
						Sistema de plena capacidad		Sistema cascada		Sistema selectivo		
			Transformador solo	100% carga de motores	Combinado	M Interruptor principal	F Interruptor derivado	M Interruptor principal	C † Interruptor derivado	M S Interruptor principal	F Derivado tipo cap. plena	S Derivado tipo selectivo
240 VOLTS–3 FASES												
300 (4.5%)	50,000	722	14,300	2900	17,200	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 600A
	100,000		15,100		18,000							
	150,000		15,400		18,300							
	250,000		15,700		18,600							
	500,000		15,900		18,800							
	Ilimitado		16,100		19,000							
500 (5.0%)	50,000	1203	20,100	4800	24,900	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A 600A 600A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A 600A 600A	Marco 1600A
	100,000		21,900		26,700							
	150,000		22,600		27,400							
	250,000		23,100		27,900							
	500,000		23,500		28,400							
	Ilimitado		24,100		28,900							
750 (5.75%)	50,000	1804	24,900	7200	32,100	Marco 3000A	Marco 600A	Marco 3000A	Marco 225A	Marco 3000A	Marco 600A	Marco 1600A
	100,000		27,800		35,000							
	150,000		28,900		36,100							
	250,000		29,800		37,000							
	500,000		30,600		37,800							
	Ilimitado		31,400		38,600							
1000 (5.75%)	50,000	2406	31,100	9600	40,700	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A 1600A 1600A	Marco 3000A	225A 225A 225A 225A 600A 600A	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A 1600A 1600A	1600A 3000A 3000A 3000A 3000A 3000A
	100,000		35,700		45,300							
	150,000		37,500		47,100							
	1,000		39,100		48,700							
	2 0,000		40,500		50,100							
	Ilimitado		41,900		51,500							
1500 (5.75%)	50,000	3609	41,300	14400	55,700	Marco 4000A	1600A 1600A 3000A 3000A 3000A 3000A	Marco 4000A	Marco 600A	Marco 4000A	1600A 1600A 3000A 3000A 3000A 3000A	3000A 3000A 4000A 4000A 4000A 4000A
	100,000		49,800		64,200							
	150,000		53,500		67,900							
	250,000		56,900		71,300							
	500,000		59,700		74,100							
	Ilimitado		62,500		77,200							
480 VOLTS–3 FASES												
300 (4.5%)	50,000	361	7,200	1400	8,600	Marco 600A	Marco 225A	Marco 600A	Marco 225A	Marco 600A	Marco 225A	Marco 225A
	100,000		7,600		9,000							
	150,000		7,800		9,200							
	250,000		7,840		9,240							
	500,000		7,900		9,400							
	Ilimitado		8,000		9,450							
500 (5.0%)	50,000	601	10,000	2400	12,400	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	225A 225A 225A 600A 600A 600A
	100,000		10,900		13,300							
	150,000		11,300		13,700							
	250,000		11,600		14,000							
	500,000		11,800		14,200							
	Ilimitado		12,000		14,400							
750 (5.75%)	50,000	902	12,500	3600	16,100	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 600A
	100,000		13,900		17,500							
	150,000		14,400		18,000							
	250,000		14,900		18,500							
	500,000		15,300		18,900							
	Ilimitado		15,700		19,300							
1000 (5.75%)	50,000	1203	15,500	4800	20,300	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A 600A 600A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A 600A 600A	600A 1600A 1600A 1600A 1600A 1600A
	100,000		17,800		22,600							
	150,000		18,800		23,600							
	250,000		19,600		24,400							
	500,000		20,200		25,000							
	Ilimitado		20,900		25,700							
1500 (5.75%)	50,000	1804	20,600	7200	27,800	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A 1600A 1600A	Marco 3000A	225A	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A 1600A 1600A	Marco 1600A
	100,000		24,900		32,100							
	150,000		26,700		33,900							
	250,000		28,400		35,600							
	500,000		29,800		37,000							
	Ilimitado		31,400		38,600							
2000 (5.75%)	50,000	2406	24,700	9600	34,300	Marco 3000A	1600A 1600A 1600A 1600A 1600A 3000A	Marco 3000A	225A 225A 600A 600A 600A 600A	Marco 3000A	1600A 1600A 1600A 1600A 1600A 3000A	1600A 1600A 3000A 3000A 3000A 3000A
	100,000		31,100		40,700							
	150,000		34,000		43,600							
	250,000		36,700		46,300							
	500,000		39,100		48,700							
	Ilimitado		41,900		51,500							

† DEBEN SER INTS. DE OPERACION ELECTRICA.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS

a) Subestaciones Receptoras

b) Subestaciones Derivadas

ING. NOE ARMAS MORALES

12 NOVIEMBRE, 1979.

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS.

a).- SUBESTACIONES RECEPTORAS.

b).- SUBESTACIONES DERIVADAS.

En el empleo de Energía Eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial interviene una gran cantidad de máquinas y equipo electrico.

Un conjunto de equipo eléctrico es lo que se conoce con el nombre de "SUBESTACION ELECTRICA", Cumpliendo con todos los arts. del 65 al 76 del Cap. X que trata sobre Plantas generadoras y Subestaciones. (R.O.I.E.)

DEFINICION Y CLASIFICACION DE SUBESTACIONES.

Como se ha visto con anterioridad una subestación eléctrica - no es mas que una de las partes que intervienen en el proceso de generación - consumo de energía eléctrica por lo cual podemos dar la siguiente definición.

DEFINICION.

Una subestación eléctrica no es mas que un conjunto de elementos o dispositivos que nospermiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc), tipo C.A. a -- C.C.,o bien conservarla dentro de ciertas características.

RELACION ENTRE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS, LINEAS DE TRANSMISION Y CENTRALES GENERADORAS.

Los voltajes de generación en las Centrales Generadoras por razones técnicas.(aislamiento, enfriamento, etc) son relativamente bajos en relación a los voltajes de transmisión, por lo que si la - energía electrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarían antieconómicos debido a la gran --

caida de voltajes que se tendria, de aqui se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas economicas.- Por ejemplo si se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que esta situado a 1000 Km. de distancia será necesario elevar el voltaje de generación que suponderemos de 13.8 Kv. a otro de transmisión mas conveniente que suponderemos de 110 kv. como se ilustra en la -- fig. 1.

Para poder elevar el voltaje de generación de 13.8 kv. al de - transmisión de 110 kv. se hace necesario el empleo de una S.E. "A".

Suponiendo que la caida de voltaje en la linea de transmisión fuera cero volts tendriamos en el centro de consumo 110 kv., es claro que este voltaje no es posible emplearlo en instalaciones industriales y aun menos en comerciales y residenciales, de aqui se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 kv. a otro u otros mas convenientes de distribución en centros urbanos o de consumo, por tal razón será necesario emplear otra subestación eléctrica B como se ilustra en la fig. 3.

De lo anteriormente estudiado se puede observar que existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, lineas de -- transmisión y centrales generadoras.

FIGURA Nº 1

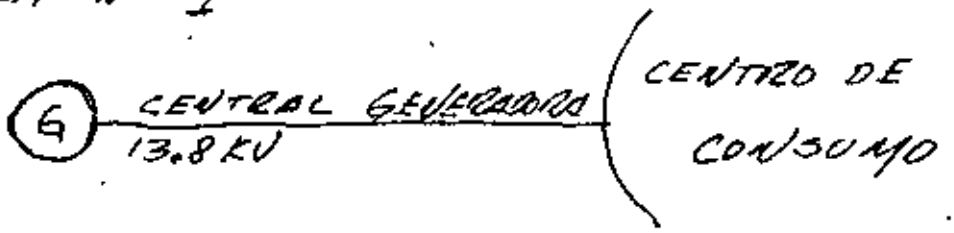


FIGURA Nº 2

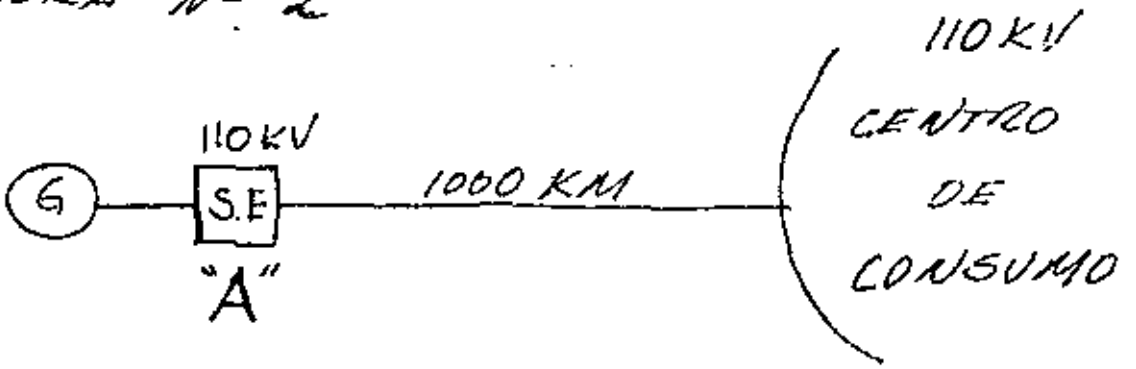
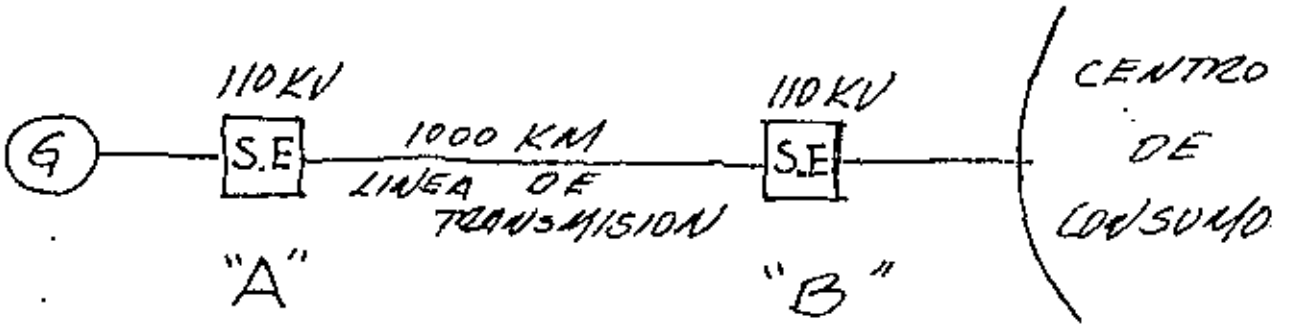


FIGURA Nº 3



CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Es dficil hacer una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas pero de lo anteriormente estudiado, podemos hacer la siguiente clasificación.

a) POR SU OPERACION. 1.- De corriente alterna
2.- De corriente continua

b) POR SU SERVICIO. 1.- Primarias: Elevadores
Receptoras Reductoras
De enlace o distribución
De Swtcheo
Convertidoras o
Rectificadoras.

2.- Secundarias: Receptoras: Reductoras
Elevadoras
Distribuidoras
De enlace
Convertidoras o
Rectificadoras.

c) POR SU CONSTRUCCION. 1.- Tipo Intemperie
2.- Tipo Interior
3.- Tipo Blindado.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION.

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

ELEMENTOS PRINCIPALES.

1.- Transformador.

2.- Interruptor de Potencia

3.- Restaurador

4.- Cuchillas fusible

5.- Cuchillas Desconectadores y Cuchillas de Prueba

6.- Apartarrayos

7.- Tableros

8.- Condensadores

9.- Transformadores de Instrumento

ELEMENTOS SECUNDARIOS.

1.- Cables de Potencia

2.- Cables de Control

3.- Alumbrado

4.- Estructura

5.- Herrajes

6.- Equipo contra incendio

7.- Equipo de filtrado de Aceite

8.- Sistema de Tierras

En nuestro caso hablaremos sobre las subestaciones usadas principalmente en las instalaciones para los edificios.

Subestaciones compactas, para servicio interior o intemperie.

Las subestaciones eléctricas, tienen por objeto transformar, la alta tensión que las compañías suministradoras de energía (C.F.E. y/o Cía de Luz) proporcionan a un precio más barato, a tensiones usuales en la industria, las instituciones o el comercio.

Antiguamente las subestaciones eran un dispositivo molesto, tronoso, ocupaban mucho espacio, eran peligrosas y generalmente al usuario le repugnaban. Actualmente se usan las subestaciones unitarias, que son compactas, no presentan peligro, son faciles de instalar, de mover de lugar, ampliar y tienen un valor de recuperación mayor que las del tipo antiguo. (subestaciones abiertas).

El costo actual aproximado de una subestación compacta es del 50 a 75% del valor de una subestación abierta del tipo antiguo.

Las subestaciones unitarias se fabrican en secciones o partes, para facilitar su transporte y montaje, pero una vez instaladas forman un solo conjunto. Cada sección o parte llena una función; mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc. Los aparatos o equipos y sus conexiones se encierran o blindan en gabinetes metalicos de manera de proteger los propios aparatos, la propiedad y las personas encargadas de su manejo.

Las diferentes partes que componen una subestación normal son:

ACOMETIDA.- Es el lugar en que se hace la conexión en alta tensión a la subestación. En esta seccion, cuando se compra energia a la C.F.E. y/o Cía de Luz, se hace la medición del consumo.

VERIFICACION DE MEDIDORES.- SECCION DE VERIFICACION.- Es la seccion que sirve para comprobar el buen funcionamiento de los medidores de la cia. suministradora. Esta sección anteriormente, a la mexicanización de las compañías era obligatoria, por pedirlo así la Dirección General de Electricidad (de la S.C.). En la actualidad se hace como en otro paises más adelantados: se verifican los aparatos de medición antes de instalarlos o se comprueba el consumo y la demanda máxima en baja tensión, agregando un 2% por perdidas en los transformadores. Por las razones expuestas, ahora se hace la comprobacion de medidores solmanete a solicitud del usuario, asi como incluir en la subestación la seccion de verificación es opcional por parte del cliente, siempre que este acepte por escrito, que en caso de comprobación de los medidores se le in errumpa el servicio unos 20 ó 30 minutos. Con la sección de verificación, no es necesaria esta interrupcion, ya que se cuenta con cuchillas desconectadoras que transfieren la linea normal a un circuito donde se instalan previamente aparatos de medición, sin necesidad de interrumpir el servicio.

Cuando quitamos la celda de verificación que normalmente consta de 3 juegos de cuchillas tripolares operacion sin carga; dos de estas cuchillas tripolares son para la verificación, y la otra cuchilla tripolar es para mantener le continuidad o aislar la continuidad en la subestación eléctrica. Como se vera para cumplir con el reglamento de obras e instalaciones en vigor nunca debe suprimirse esta cuchilla tripolar operacion en grupo sin carga, llamado cuchilla de paso.

En una temporada fue usual suprimirla, pero cuando se deseaba darle mantenimiento al resto de la subestación nos encontrabamos con el problema de estar solicitando libranzas a las compañías suministradoras; y al suprimirla estabamos violando infrantemente el reglamento (R.O.I.E.).

INTERRUPTORES.- Esta sección tiene por objeto que el ususario pueda interrumpir en un momento dado, ya sea manualmente o automaticamente la totalidad del servicio eléctrico. La interrupción puede ser voluntaria para ampliaciones, reparaciones o en accidentes, o bien, puede ser automatica por sobre cargas o cortos circuitos que pueden ser dañinos para los transformadores y el resto del equipo.

DESCONECTADORES.- Los desconectadores, son para abrir un circuito, con fines de separarlo o modificarlo. No tienen protección de sobrecarga ni corto circuito, ni tienen capacidad de apertura con carga, por eso, antes de abrir un desconectador, hay que quitar la carga. Los desconectadores naturalmente son más baratos que los interruptores.

FUSIBLES.- Cuando un circuito se requiere proteger por sobrecarga, se usan los fusibles. Por ejemplo: a una subestación con varios transformadores, se le puede colocar un interruptor general y derivado de este, se ponen varios juegos de 3 fusibles para proteger cada transformador. Este procedimiento, aunque abarata la instalación tiene el inconveniente, de que una falla o desconexión voluntaria del interruptor general, paraliza todo el sistema.

ESPACIOS LIBRES.- Estos son gabinetes vacios o que en algunas ocaciones se dejan instaldos las barras alimentadoras. Se usan, cuando

don o más transformadores grandes se ponen a atras de los gabinetes y hay que ampliar los espacios requeridos. En otras ocasiones son en reserva de algun otro equipo que en el futuro se desee montar.

Si los transformadores se montan en el mismo eje de la subestación, el arreglo entre las celdas de interrupción con su transformador, a la otra celda de interrupción con su transformador se hace por medio de ductos horizontales.

TRANSFORMADORES.- Como su nombre lo indica es la seccion donde se convierte la energia suministrada en alta tensión para los voltajes nominales 6, 13.2, 20/23 y 34.5 kv., a los cuales se les denomina respectivamente de clase 7.5, 15, 25 y 34.5 kv. en alta tensión, a baja tensión, utilizable en los aparatos de consumo 440,220/127.5 volt. Los transformadores tienen bovinas que son aisladas y enfriadas por el aceite contenido en un tanque provisto de radiadores. Son trifasicos, conexion en alta tension en delta y baja tensión en estrella con neutro accesible, para los circuitos de alumbrado. En el circuito de alta tensión o primario se instalan derivaciones, que pueden cambiarse por medio de una palanca, sin estar energizado en transformador; las derivaciones son para poder ajustar en alta tensión las diferencias que puede haber en los voltajes suministrados por las compañias suministradoras; son normalmente dos derivaciones del 2 1/2 % de la tensión no inal para ajustar arriba y dos para ajustar abajo. Como todo aparato eléctrico, que se alimenta con electricidad, el transformador sufre un calentamiento. Este calentamiento normal es de 55°C sobre una temperatura ambiente maxima de 40°C.

El enfriamiento es más efectivo en regiones con presiones barométricas altas. Los transformadores normalizados está diseñados para regiones de 1000 metros sobre el nivel del mar (1000 M.S.N.M.) Esto naturalmente no quiere decir que no funcionen bien en otros lugares, sino hay que tomar un punto de referencia estandarizado, ya que sería imposible diseñar transformadores para cada lugar de la tierra con diferentes temperaturas y presiones barométricas. Los transformadores normalizados en México son para 60 ciclos por segundo.

Para subestaciones unitarias los transformadores vienen dotados con gargantas o ductos laterales en los lados opuestos, donde se alojan las terminales tanto de alta como de baja tensión.

La capacidad de los transformadores se mide en Kilovoltamperes.

Pueden fabricarse transformadores con características diferentes de las normales anteriormente indicadas, pero resultan mucho más caros y con frecuencia las alteraciones o innovaciones son inútiles.

CLASIFICACION GENERAL DE SUBESTACIONES COMPACTAS NORMALIZADAS

Las subestaciones compactas normalizadas, de una manera general, se fabrican con las siguientes características:

INTERIOR.- Para ser montadas en el interior de un edificio, bajo cubierta sin que se vean afectadas por la lluvia, la humedad o cualesquiera otros agentes físicos que la perjudiquen. Se fabrica como lámina de 2.1 mm. (1/16'') de espesor.

EXTERIOR (O INTEMPERIE).- Para ser montadas a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuesta a la lluvia, el sol y polvos ocasionales. Se fabrica con lámina más gruesa, de

3.2 mm. (1/8''), con techos inclinados, puertas con empaque de hule y sin dejar expuestos aparatos o elementos de control.

FRECUENCIA.- En la República Mexicana tenemos 60 Hz. normalizados.

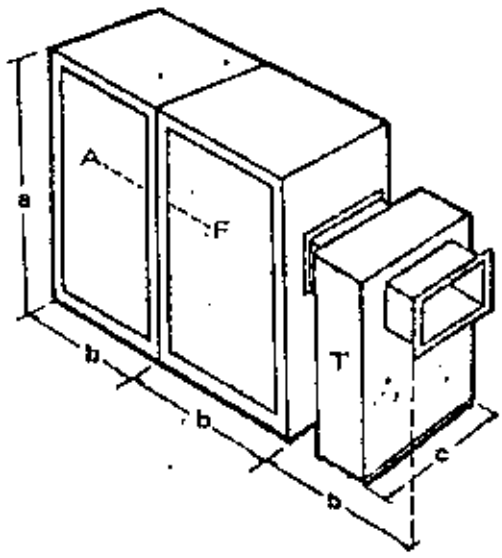
TENSIONES.- Las tensiones a las que tienden a normalizar las compañías suministradoras son 13.2, 22.9 y 34.5 kv., sin embargo aún hay otras tensiones que poco a poco van a desaparecer, como son 6,000 volts. Las tensiones 2.4, 4.16 y 6 kv. se usan para distribución industrial de carácter privado.

CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo estándard.

TABLA No. 1.—COMPONENTES NORMALES Y OPCIONALES DE UNA SUBESTACION COMPACTA.

COMPONENTE.	ESPECIFICACIONES		GABINETE
	NORMAL	OPCIONAL	
ACOMETIDA.	Para Conexión y Medición de la Cía. de Luz.	Apartarrayos Mufa Pasamuros.	A
VERIFICACION DE MEDIDORES.	Para poder comprobar, a solicitud del Cliente, los Medidores sin interrumpir el servicio.	Aparatos de Medición. Transformadores de Potencial y Corriente.	B
INTERRUPTOR.	Interruptor en Aire, apertura con carga, fusibles de A.C.I., Operación manual.	Interruptor en Aceite. Operación Eléctrica. Operación por relevadores.	C
DESCONECTADORES.	Desconectador en aire, tripolar, operación manual.	Cuchillas desconectadoras, operación por pértiga.	D
FUSIBLES.	Fusibles de alta capacidad interruptiva (ACI). Operación manual por pértiga.	Fusibles de baja capacidad interruptiva. Operación por pértiga.	E
ESPACIO.	Gabinete que se deja libre para futura ampliación o permitir una adecuada separación de los transformadores.	Especificar el equipo.	F
TRANSFORMADOR.	Trifásico, enfriamiento por aceite, 4 derivaciones de 2.5%, elevación de temperatura 55/40°C a 1000 M.S.N.M. Ductos laterales.	Tipo Seco. Contactos para señales. Ventilación forzada.	T

TABLA No. 2.—DIMENSIONES DE GABINETES Y TRANSFORMADORES.						
GABINETE	DIMENSIONES EN CENTIMETROS					
	2.4 a 15 KV.			HASTA 25 KV.		
	a ALTO	b ANCHO	c FONDO	a ALTO	b ANCHO	c FONDO
A	240	110 /150	120 /150	260	200	200
B	240	150/150	120/150	260	150	200
C	240	130/150	120/150	260	150	200
D	240	110/150	120/150	260	150	200
E	240	110/150	120/150	260	150	200
F	240	Variable	120	260	Variable	200
T	TRANSFORMADORES.					
45-112.5 KVA MAXIMO	150	145	145	200	150	170
150-500 KVA MAXIMO	170	160	225	200	170	240
750-1000 KVA MAXIMO	180	180	260	230	190	260



3.—SIMBOLOS PARA DIAGRAMAS UNIFILARES.

ACOMETIDAS:	
Por medio de muro.	
Por medio de pasamuros.	
Por medio de tubo	

INTERRUPTORES:	
Interruptor sin fusibles	
Interruptor con fusibles	
Fusibles solos	

Operación eléctrica	E
Operación por relevador	R
DESCONECTADOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS.	
MEDICIONES	
Equipo de Medición de la Cia. de Luz	M
Wattmetro	WM
Watthorimetro (Medidor)	WHM

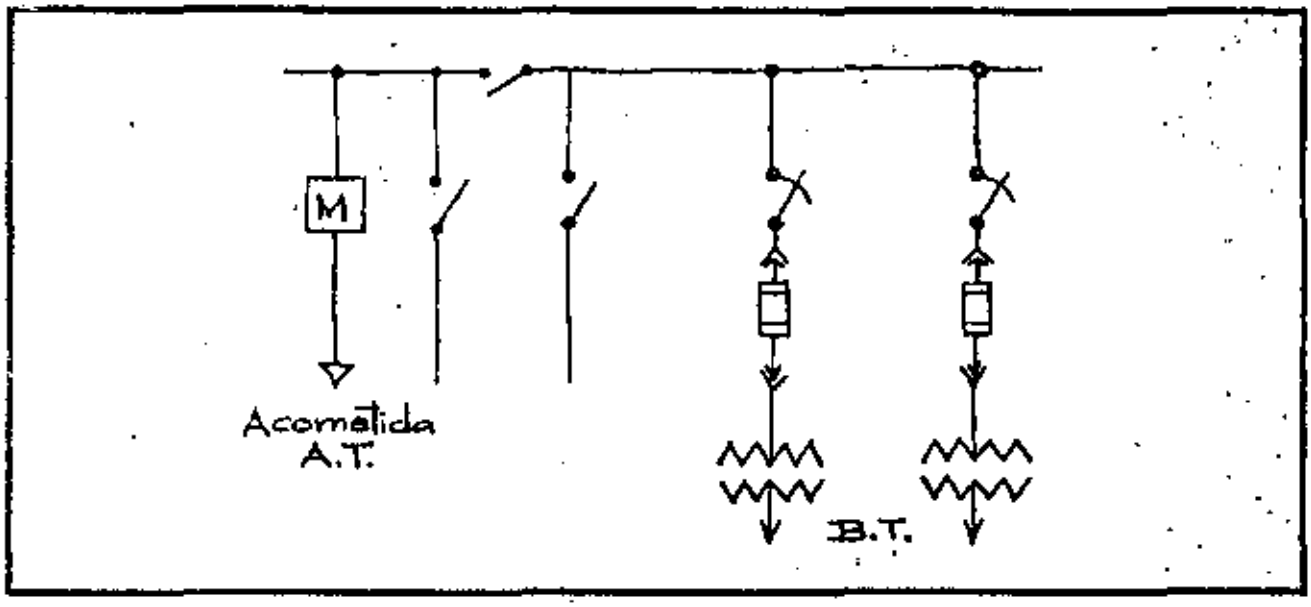
Ampérmetro	AM
Vóltmetro	VM
Transformador de Corriente (El número indica la cantidad de transformadores)	2
Transformador de Potencial (El número indica la cantidad de transformadores)	2
Conmutador.	Cm
TRANSFORMACION.	
Transformador de Distribución o de Potencia. (Los números indican sus principales características)	500 KVA 13.2 KV 440 v 60 Hz

TABLA No. 3.—CARACTERISTICAS ELECTRICAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES NORMALES.

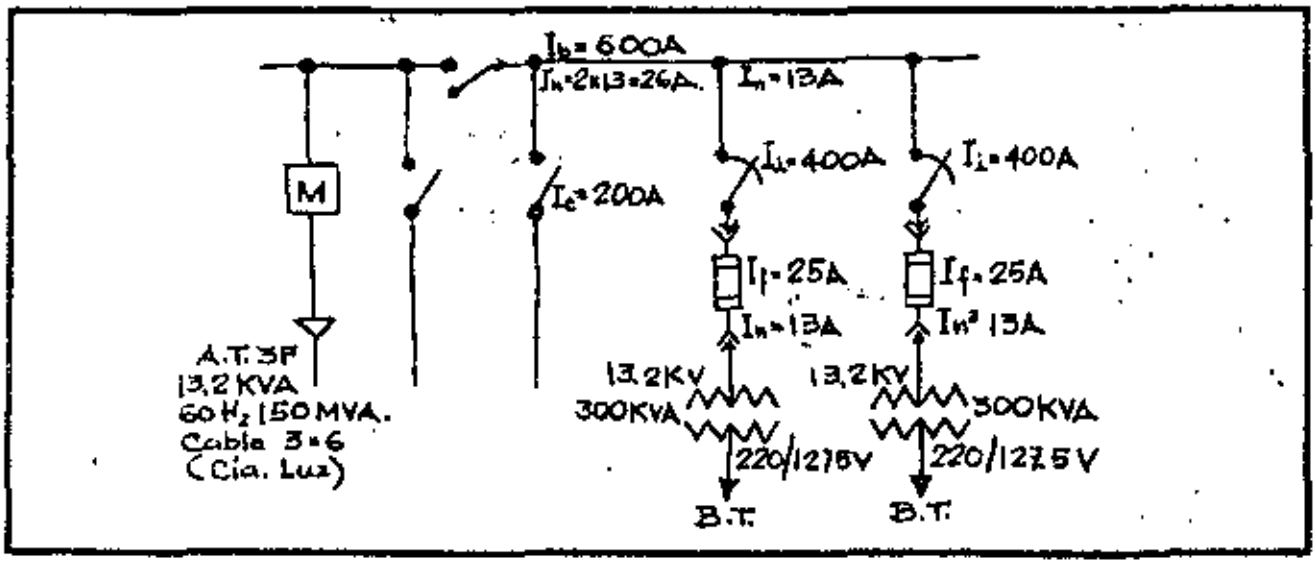
TRANSFORMADOR			INTERRUPTOR		BARRAS
KVA	KV	AMP.	MVA	AMP. FUS.	AMP.
50	2.4	13	100	25	400
	4.16	11	100	25	
	6	5	150	10	
	13.2	2	150	6	
	23	1	1000	4	
75	2.4	18	100	40	400
	4.16	10	100	25	
	6	7	150	16	
	13.2	3	150	6	
	23	2	1000	4	
112.5	2.4	27	100	63	400
	4.16	16	100	40	
	6	11	150	25	
	13.2	5	150	10	
	23	3	1000	6	
150	2.4	36	100	63	400
	4.16	21	100	40	
	6	15	150	40	
	13.2	7	150	16	
	23	4	1000	10	
225	2.4	54	100	100	400
	4.16	31	100	63	
	6	22	150	40	
	13.2	10	150	25	
	23	6	1000	16	
300	2.4	72	100	100	600
	4.16	42	100	100	
	6	29	150	63	
	13.2	13	150	25	
	23	8	1000	16	
500	6	48	150	100	600
	13.2	22	150	40	
	23	13	1000	25	
750	6	72	150	100	600
	13.2	33	150	63	
	23	19	1000	40	
1000	6	96	150	160	600
	13.2	44	150	100	
	23	25	1000	63	

4.—COMO DISEÑAR UNA SUBESTACION UNITARIA.

1°—Haga un diagrama unifilar sencillo de la subestación tal como la tenga pensada.



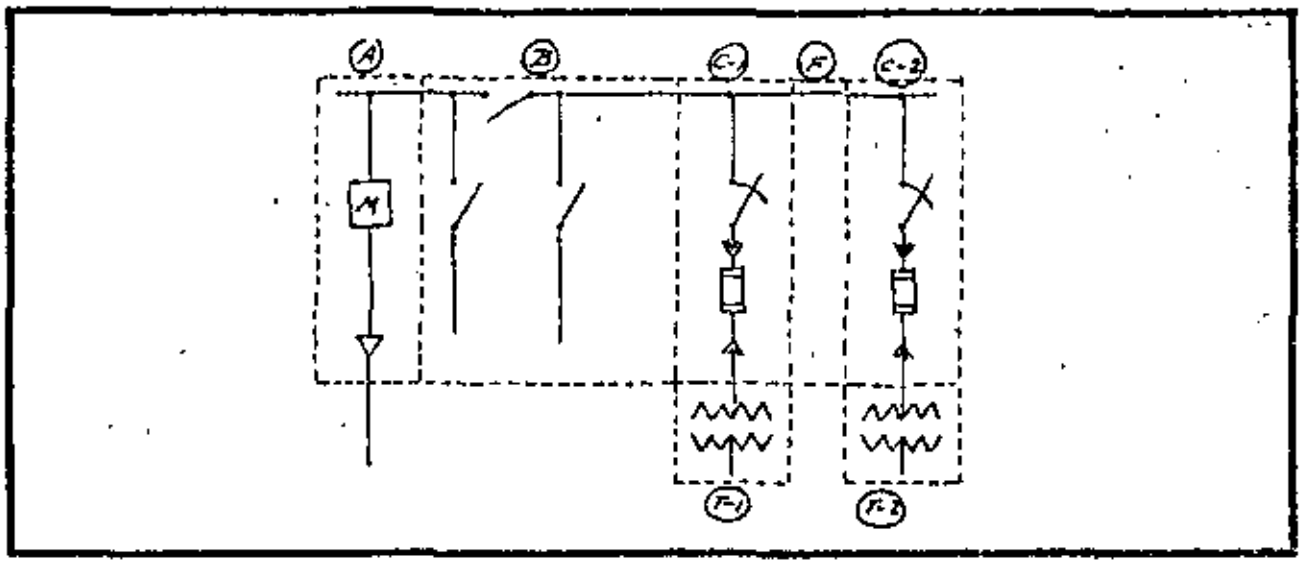
2°—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cía de Luz y los valores normales del equipo (Ver Tabla No. 3).



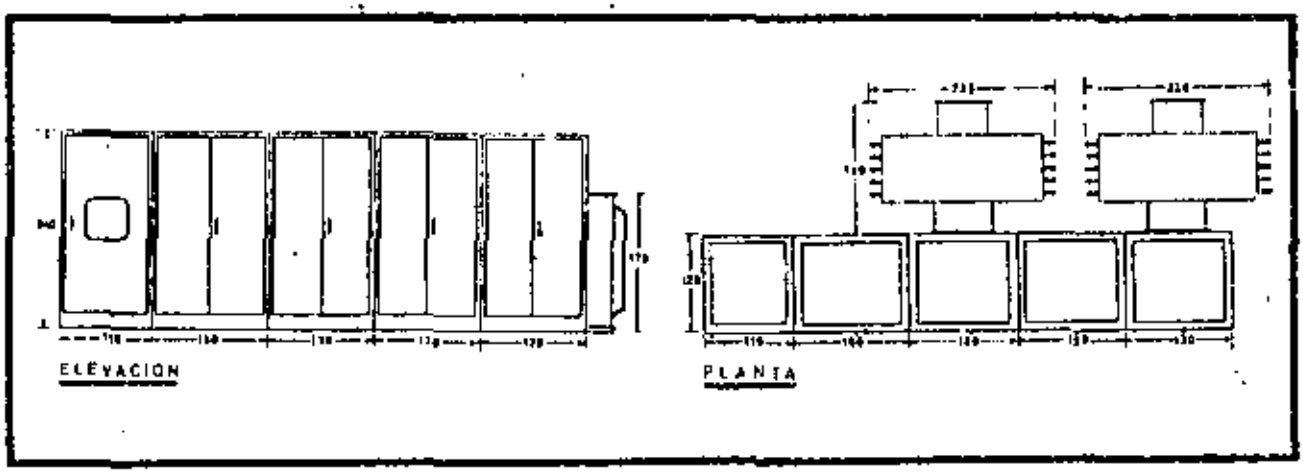
La capacidad de las cuchillas, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que las corrientes normales, para asegurar, según su construcción (separación entre fases y aisladores), que los esfuerzos mecánicos no serán perjudiciales en caso de cortos circuitos. La capacidad de los desconectadores generalmente es de 200A., la de los interruptores de 400A. y de las barras de 400, 600 ó 1200A. según el tamaño de la subestación.

3°—Elija el gabinete normal para cada componente de la subestación, encerrando con rectángulos cada grupo (Ver Tabla No. 1).

Póngase una letra y un número, si el mismo equipo se repite. En nuestro ejemplo sería A, B, C-1, F, C-2, T-1, T-2.



4°—Con los elementos anteriores pueden darse medidas a la subestación completa, segun la Tabla No. 2.



5°—Hay componentes que son opcionales, que no son esenciales para el buen funcionamiento de la subestación, pero que en determinados casos son útiles. Entre otros, se encuentran los instrumentos de medición, la operación eléctrica y disparo automático con diversos relevadores de los interruptores. Los apartarrayos son útiles en subestaciones a la intemperie, cuando la Cía. de Luz no los pone en su poste de acometida. En la tabla No. 1, está el equipo opcional, correspondiendo a la sección de la subestación en que generalmente se instalan. Cuando se instalan instrumentos de medición en la sección de Verificación de Medidores, lo normal es que ya no se pongan las cuchillas de prueba.

DOS MANERAS MAS BARATAS DE OBTENER ENERGIA ELECTRICA MAS BARATA EN SU INDUSTRIA O EN SU EDIFICIO.

I.- Las compañías suministradoras tienen dos tarifas: una a baja tensión; tarifa no. 2 Servicio general hasta 40 kw. de carga - conectada o la tarifa no. 3 Para servicio general para más de 40 kw. de carga conectada.

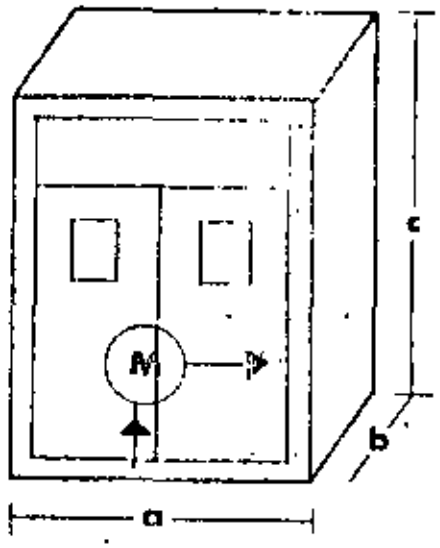
Y la otra a alta tensión que puede ser la tarifa no. 8 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

II.- Manteniendo en sus instalaciones un factor de potencia igual o mayor de 85%.

Si este factor que mide mensualmente la compañía suministradora es menor, le cobrara al usuario un sobrecargo que resulta de dividir 85% entre el factor de potencia medido; el cociente aunque sea mayor de 7 como máximo será esta cantidad la que multiplique al costo de la factura. Para librarnos de este recargo se necesita instalar un banco de capacitores.

Las tarifas generales de las compañías suministradoras ya sea que las soliciten a las mismas o se adquiera el diario oficial del 15 de noviembre de 1976; también recomendamos al solicitar un nuevo servicio o aumento de carga aparte del costo de la obra electrica que realizan las compañías suministradoras hay que pagar una cantidad - por el llamado regimen de cuotas que varía según las zonas del país (I, II, III) y la tarifa que se aplique al servicio.

SECCION I-MEDICION.-



GABINETE .-

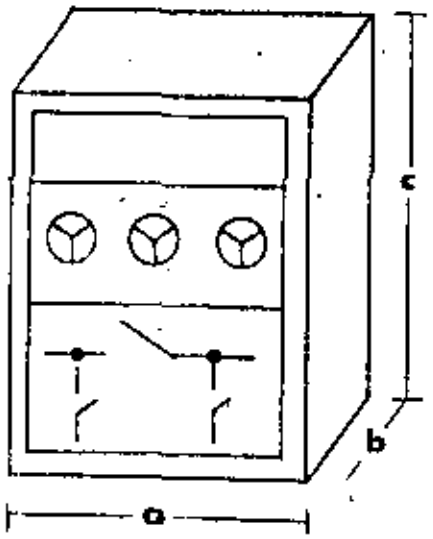
Esta sección denominada MEDICION, está destinada a alojar el equipo de medición en alta-tensión de la compañía suministradora de energía eléctrica. Esta sección es la que recibe la acometida y la tomamos como punto de partida para definir el SENTIDO de la subestación denominandolas IZQUIERDAS ó DERECHAS cuando las subsecuentes secciones se vayan adosando al costado izquierdo de ésta sección ó vice-versa en el segundo caso.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	200	200	260
34.5	280	280	300

EQUIPO.-

Este gabinete se suministra vacío de fábrica con objeto de alojar el equipo de medición indicando anteriormente y unicamente se proporcionan las zapatas en los buses de las fases y barra de tierra para poder efectuar las conexiones correspondientes.

SECCION II- VERIFICACIONES.-



GABINETE.-

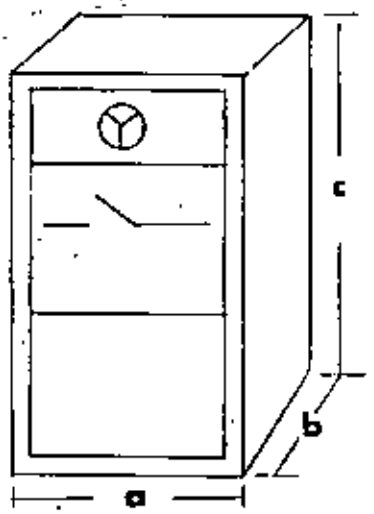
Esta sección denominada VERIFICACION, está destinada a alojar el equipo que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas de su equipo de medición sin tener necesidad de interrumpir el servicio al usuario.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	150	200	260
34.5	280	280	300

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fabrica con tres - juegos de cuchillas tripolares de operación en - grupo sin carga montadas y conectadas de acuerdo con el diagrama unifilar.

SECCION II-C.- CUCHILLA



GABINETE.-

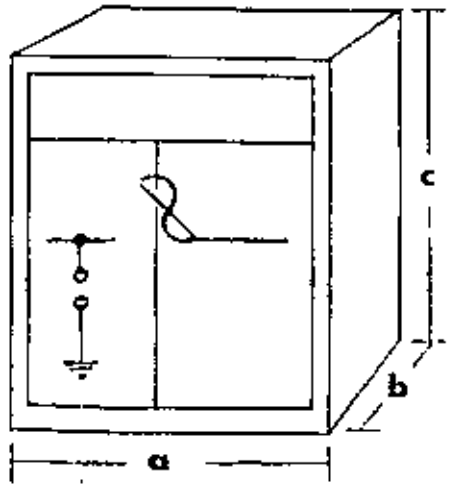
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero no cesariamente con la interrupción del servicio.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	50	150	240
25	50	200	260
34.5	150	280	300

EQUIPOS.-

Esta sección se suministra de fábrica con un juego de cuchillas tripolares de operación en grupo sin carga, montado y conectado de acuerdo con - el diagrama unifilar.

SECCION III-S.- INTERRUPTOR



GABINETE.-

Esta sección denominada INTERRUPTOR, está destinada a alojar el equipo de protección en alta tensión

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

5

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	150	200	260
34.5	280	280	300

Tres apartarrayos tipo autoválvula
Un Seccionador en aire baja carga, tripolar operación manual, montaje fijo, servicio interior,- completo con tres fusibles de alta capacidad interruptiva con mecanismo de disparo en los tres polos automaticamente al fundirse cualquiera de los fusibles, con tres relés de sobrecorriente y palanca de operación, marca SIEMENS, tipo H251.

SECCION III-D.- INTERRUPTOR

GABINETE.-

Esta sección es similar a la anterior variando unicamente el tipo de seccionador, las dimensiones del gabinete coinciden con las de la III-S.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

Tres apartarrayos tipo autoválvula
Un seccionador en aire bajo carga, tipo autoneumático, tripolar de operación manual, montaje fijo, servicio interior, completo con tres fusibles de alta capacidad interruptiva, con mecanismo de disparo automático en — los tres polos al fundirse cualquiera de los fusibles, con tres relés de - sobrecorriente y palanca de operación, marca DELLE, tipo RF6 ó similar.

SECCION III-M. INTERRUPTOR

GABINETE.-

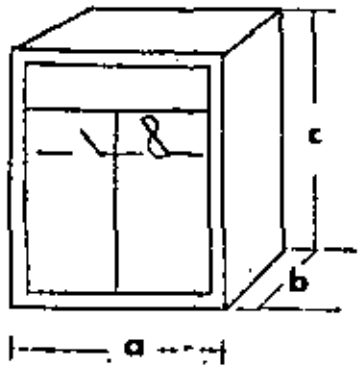
Esta sección es similar a la anterior variando unicamente en el equipo de protección el cual UNICAMENTE se puede ofrecer para las subestaciones en - 25 KV, las dimensiones del gabinete coinciden con las de la III-S.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

Tres apartarrayos tipo autoválvula
Un interruptor en volumen reducido de aceite montaje fijo, marca MECSA, fabricado bajo licencia de MAGRINI M.S.M., tipo 20MB/750/800, con 750 MVA - de capacidad interruptiva a voltaje nominal, 800 amperes con mando tipo — B-14 manual, provisto de dos relés tipo SA de la capacidad adecuada, con - disparo voluntario con bobina de envío de corriente ó disparo automático - con bobina de no voltaje, completo con palanca de operación.

SECCION IV-CUCHILLAS-FUSIBLES



GABINETE.-

Esta sección denominada CUCHILLAS-FUSIBLES, está destinada a alojar el equipo de protección en alta tensión para circuitos derivados siempre y — cuando exista un interruptor general.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	150	200	260
34.5	200	280	300

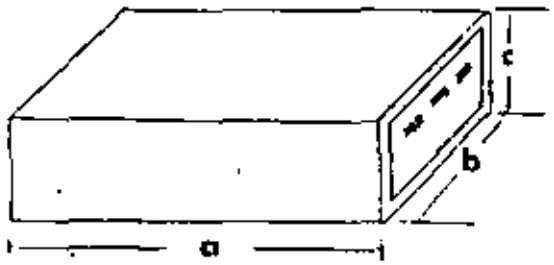
EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo, montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

Un juego de cuchillas tripolares, de operación en grupo sin carga

Tres bases portafusibles, unipolares, con sus respectivos fusibles de alta capacidad interruptiva. (Fusible mayor de 50 AMP. consultar a M.E.C.S.A.)

SECCION V-A.- ELECTRODUCTO AEREO



GABINETE.-

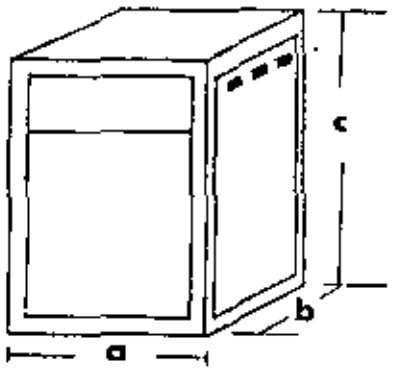
Esta sección denominada ELECTRODUCTO AEREO, está destinada a interconectar secciones que estén acopladas a otros equipos que por tener un ancho mayor que la sección impiden el acoplamiento directo.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	X	85	45
25	X	100	50
34.5	X	160	100

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica unicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.

SECCION V-P.- ELECTRODUCTO DE PISO



GABINETE.-

Esta sección denominada ELECTRODUCTO DE PISO, tiene la misma función que la sección anterior, excepto que, con la variante de que es autosoportada directamente sobre el piso y sus dimensiones de fondo y altura coinciden con las de las secciones a las cuales va acoplada.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	X	150	240
25	X	200	260
34.5	X	280	300

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica unicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.

COMBINACIONES USUALES DE LAS SECCIONES

Las Subestaciones marca MECSA, estan formadas por la combinación de las secciones descritas anteriormente de acuerdo con las necesidades particulares de cada cliente.

Con objeto de poder identificar las subestaciones de acuerdo con las combinaciones más usuales de las secciones, se han establecido nomenclaturas formadas también por una combinación de digitos y letras en la siguiente forma:

(1) Los primeros digitos indican el voltaje nominal de operación de la subestación por la cual unicamente pueden ser: 15, 25 ó 34.5

(2) La siguiente letra nos indica el sentido de la subestación, según vayan aumentando las secciones a partir de la acometida, ya sea hacia la izquierda ó hacia la derecha, por lo cual ésta letra unicamente puede ser I ó D respectivamente.

(3) El (los) siguiente (s) digito (s) nos indica el número de secciones de que se compone la subestación.

(4) La siguiente letra nos inuica si la subestación es NORMAL o ESPECIAL, de MEDICION, VERIFICACION e INTERRUPTOR, siendo la ESPECIAL la que constituida por cualquier otra combinación, por lo que ésta letra unicamente puede ser N ó E

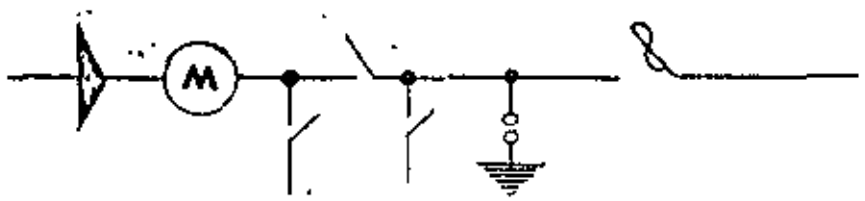


DIAGRAMA UNIFILAR

(5) Las letras finales nos indican el tipo de servicio de la subestación, que unicamente puede ser INTERIOR ó EXTERIOR, por lo que, éstas letras serán SI ó SE según el caso.

Como ejemplo ilustrativo de lo anteriormente descrito, vamos a identificar una subestación normal para 25 KV, con 3 secciones, con sentido derecho para servicio exterior:

25	D	3	N	SE
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

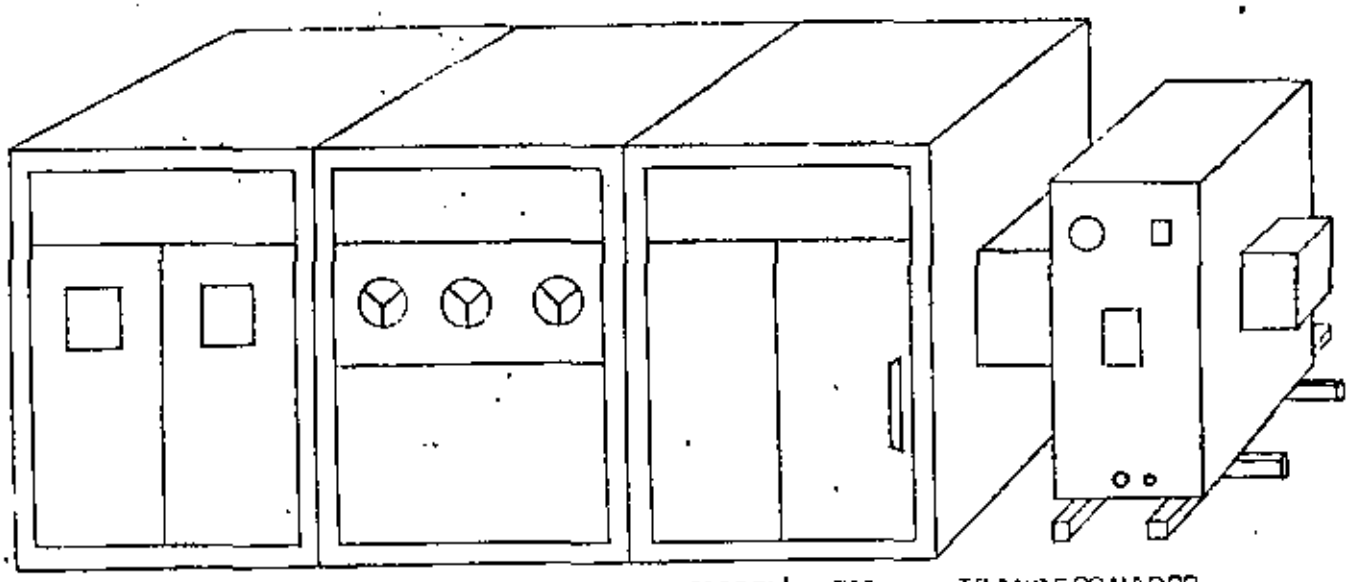
TABLA DE SELECCION DE FUSIBLES Y RELEVADORES

	SECCIONADOR CON FUSIBLES SIEMENS				RUPTO FUSIBLES MARCA "DELLE"						INTERRUPTOR "MECSA".	
POTENCIA NOMINAL SUB-EST.	TENSION DE SERVICIO 13.2 KV	CAPACIDAD INTERRUPTIVA S.	TENSION DE SERVICIO 20/23 KV.	CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIMETRICA.	TENSION DE SERVICIO 13.2KV CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO 20/23 KV, CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO 13.2 KV	TENSION DE SERVICIO 20/23 KV
K.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-C.I.S	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-C.I.S	AMP-RELE	AMP-RELE
100	16	1000	16	1000	10/14	10	500	6.3/10	63	1000	5/10	5/10
125	25	1000	25	1000	16/22.4	16	500	10/13	10	1000	5/10	5/10
150	25	1000	25	1000	16/19.2	16	500	16/25.6	16	1000	5/10	5/10
200	25	1000	25	1000	16/25.6	16	500	16/25.6	16	1000	10/20	5/10
250	25	1000	25	1000	20/28	20	500	16/25.6	16	1000	10/20	10/20
300	40	1000	25	1000	20/28	20	500	16/25.6	16	1000	10/20	10/20
400	40	1000	25	1000	25/37.5	25	500	20/26	20	1000	20/40	10/20
500	40	1000	40	1000	32/44.8	32	500	20/32	20	1000	20/40	10/20
600	63	1000	40	1000	32/44.8	32	500	25/40	25	1000	20/40	20/40
750	63	1000	63	1000	40/56	40	500	32/51.2	32	1000	40/80	20/40
1000	100	1000	63	1000	63/88.2	63	500	40/64	40	1000	40/80	20/40
1250	100	1000	63	1000	80/112	80	500	50/65	50	1000	40/80	40/80
1600	160	1000	100	1000	100/150	100	500	63/100.8	63	1000	80/160	40/80

NOTAS:

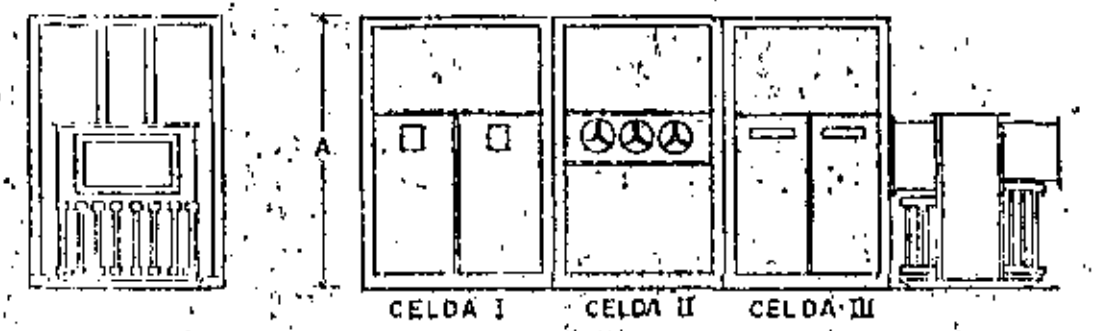
1.- El seccionador SIEMENS no lleva relevadores de sobrecorriente primarios, solo tres fusibles con C.I.S., de 1000 MVA
2.- El portafusible DELLE lleva tres relevadores primarios de sobrecorriente y tres fusibles con C.I.S., de 500 MVA ó 1000 MVA
3.- El interruptor en bajo volúmen de aceite MECSA, lleva dos ó tres relevadores primarios de sobrecorriente, no necesita fusibles, ya que no los requiere para su operación, se surte con una bobina de apertura a control remoto ó una bobina de apertura por bajo voltaje a tensiones 127/220/254/440 volts.
También se puede surtir totalmente automático (consultar precio) 20MG/750 MVA simétricos, 800 Amps.nominales

C.I.S. - Capacidad Interruptiva Simétrica
Interruptor "MECSA" Interruptor en bajo volúmen de aceite tipo 20MG/750 MVA simétricos, 800 Amps. nominales.


SECCION I
SECCION II
SECCION III
TRANSFORMADOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1989
	HOJA 7 DE 26

G A B I N E T E S



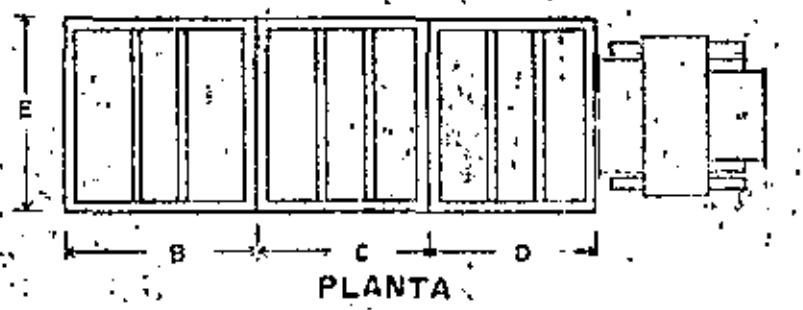
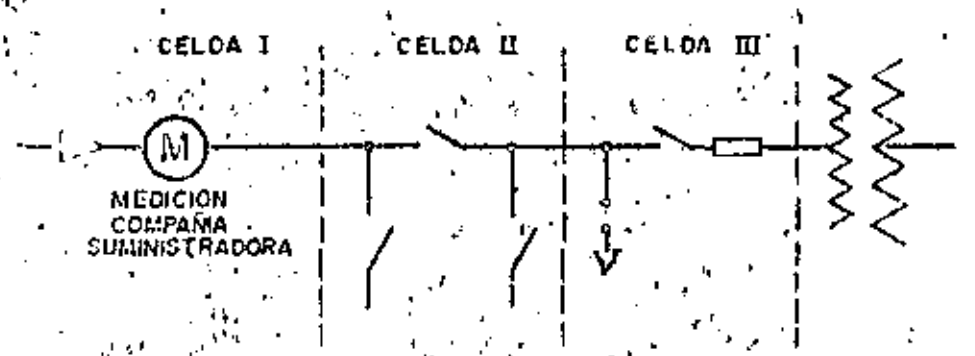


DIAGRAMA UNIFILAR

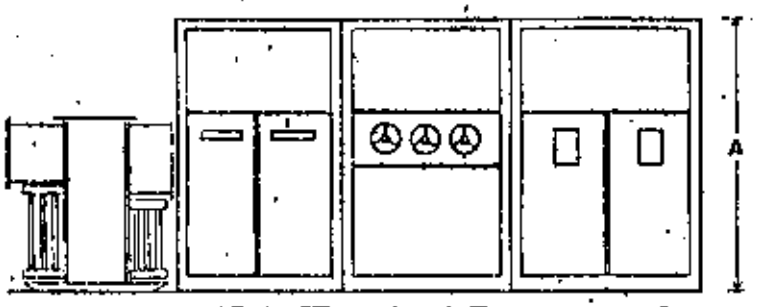


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

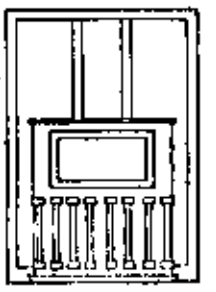
MODELO * ID3NTLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 8 DE 26

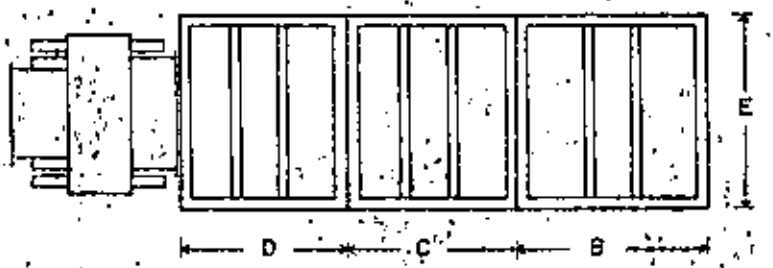
G A B I N E T E S



FRENTE

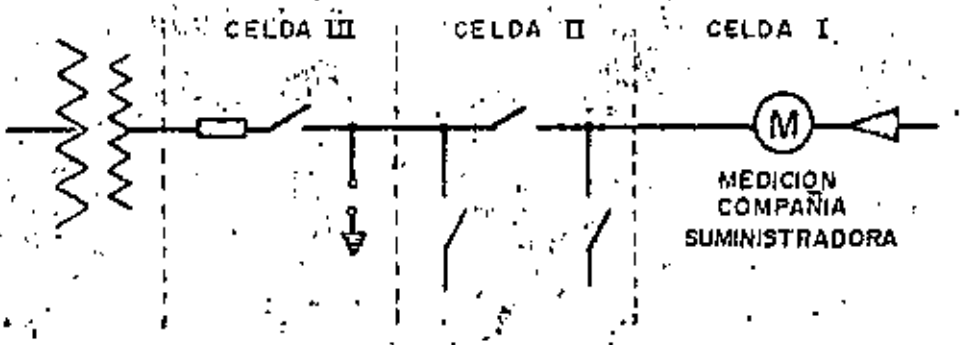


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

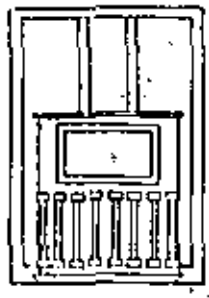


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

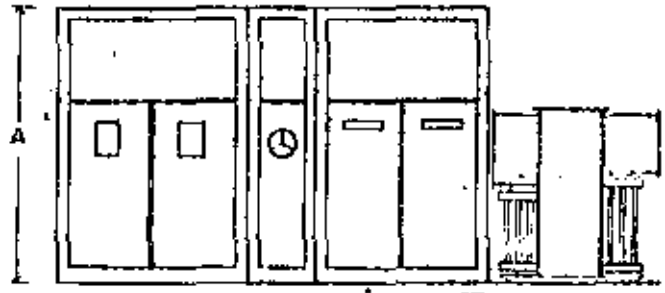
MODELO * DI3NTLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 Y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1999
	HOJA 9 DE 26

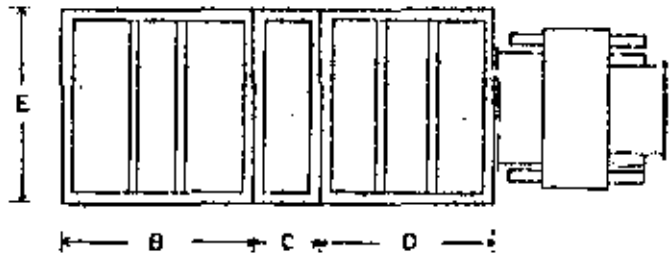
G A B I N E T E S



PERFIL

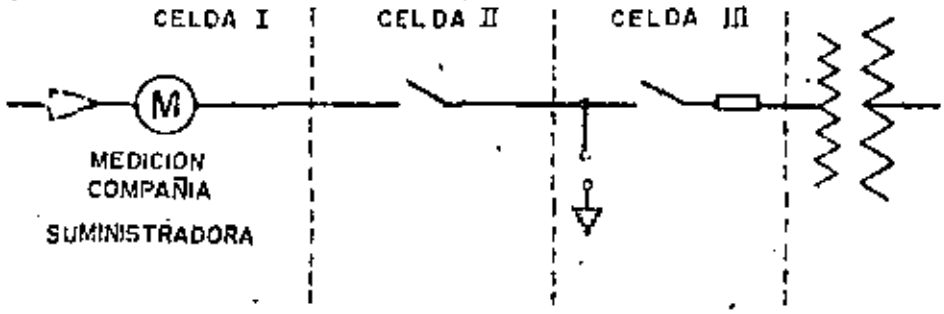


FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

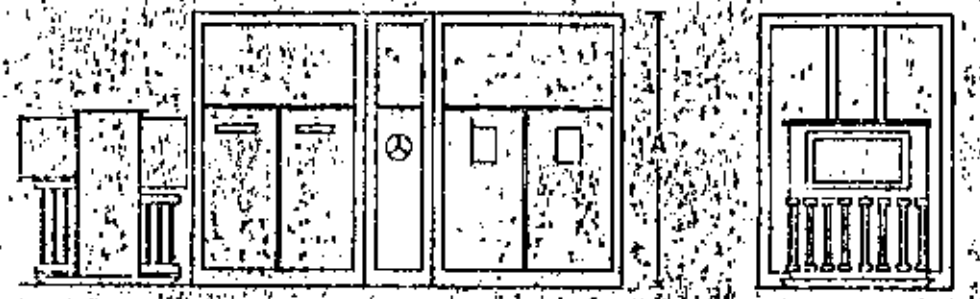


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3ETLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

	SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
		HOJA 10 DE 26

G A B I N E T E S

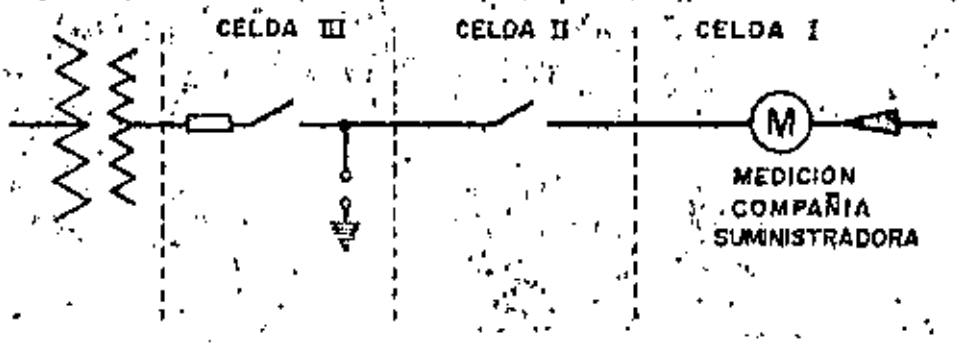


FRENTE

PERFIL

PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

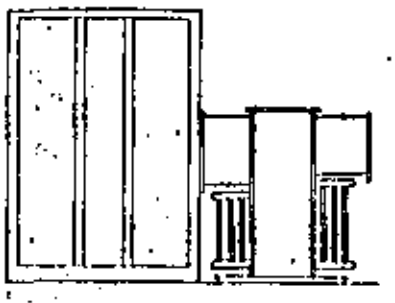


* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES.

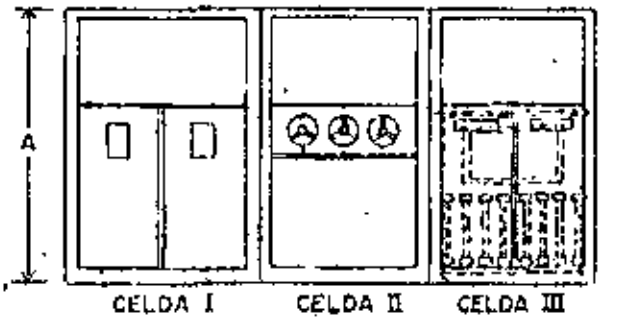
MODELO * DI3ETLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

	SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
		HOJA II DE 26

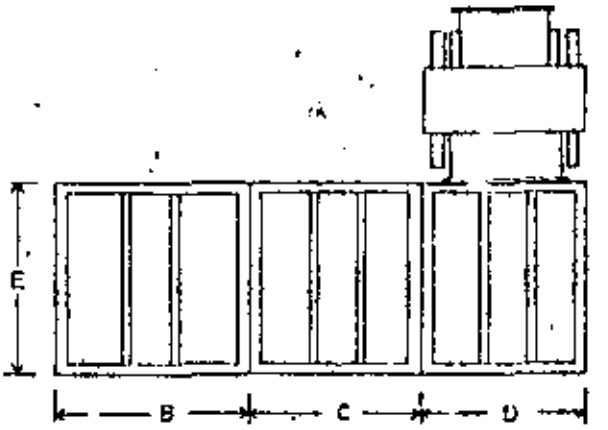
G A B I N E T E S



PERFIL

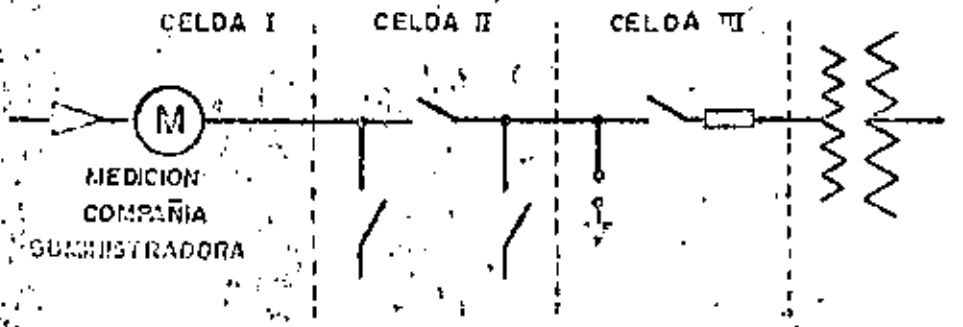


FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

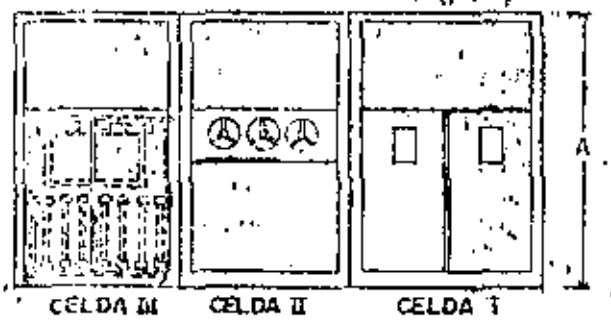


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

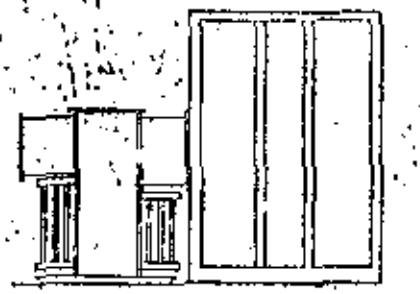
MODELO * IDNTPSI		ACOTACIONES EN HOJAS No. 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MODELO DIBNTPSI DECSA, PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1990 HOJA 12 DE 26

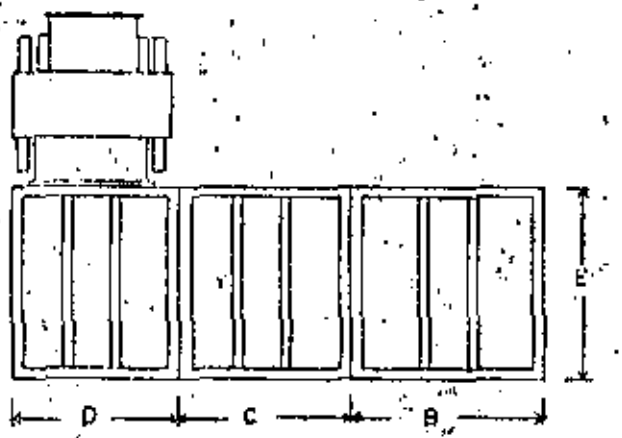
G A B I N E T E S



FRENTE

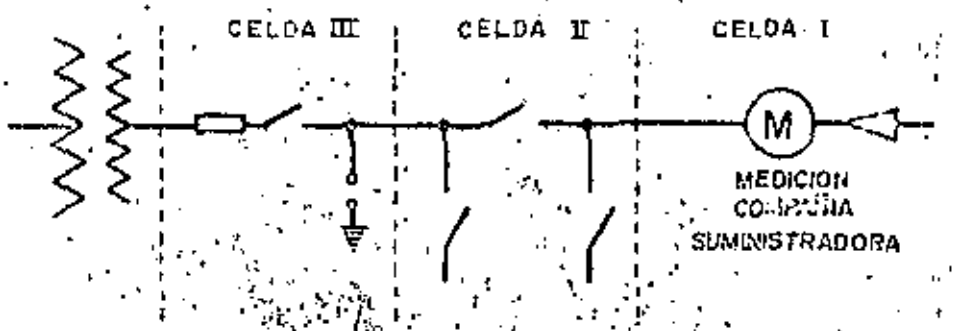


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

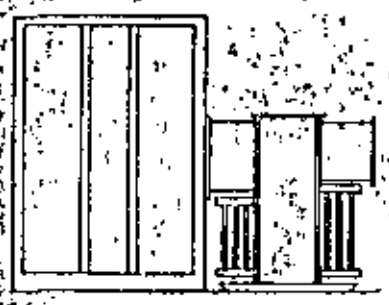


* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

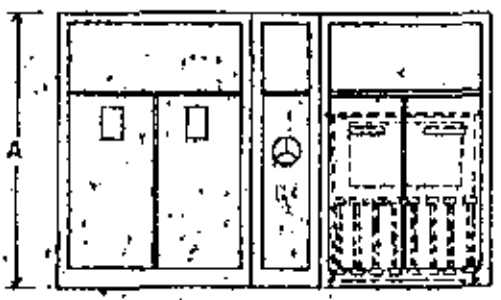
MODELO * DIBNTPSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 13 DE 26

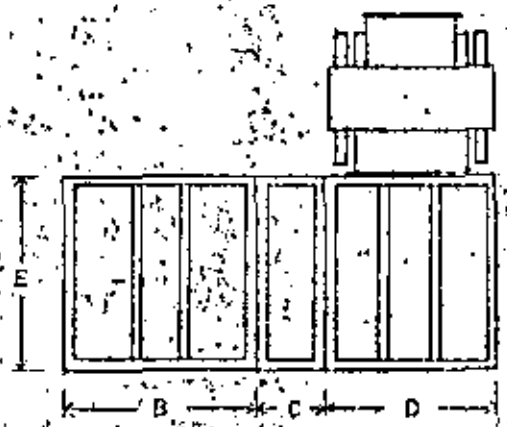
G A B I N E T E S



PERFIL

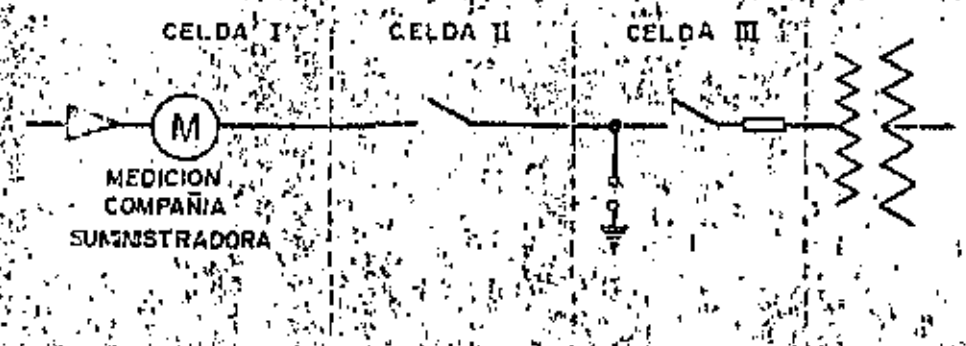


FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



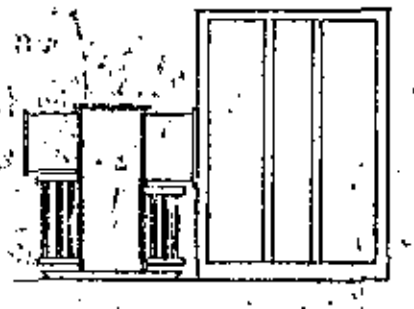
* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3ETPSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 Y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

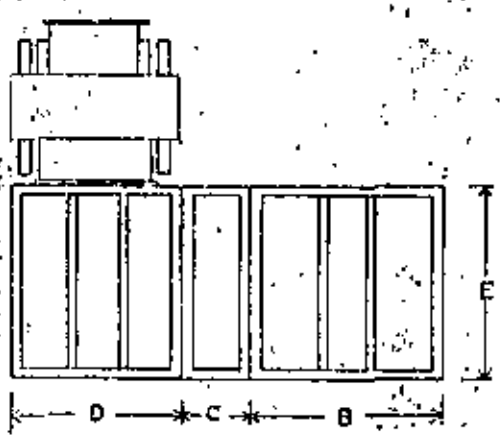
SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 14 DE 26

C A B I N E T E S

FRENTE

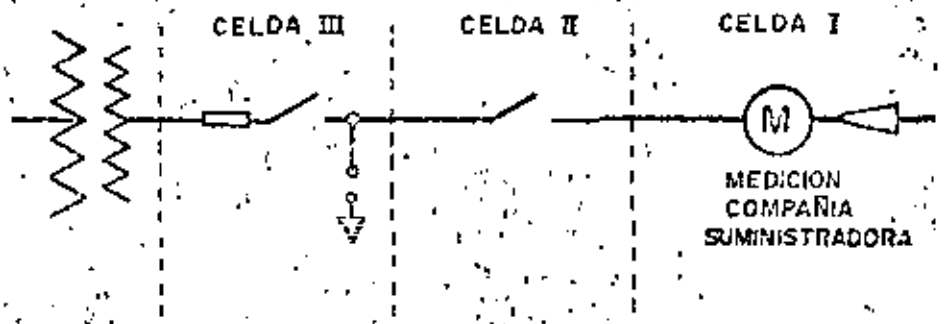


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

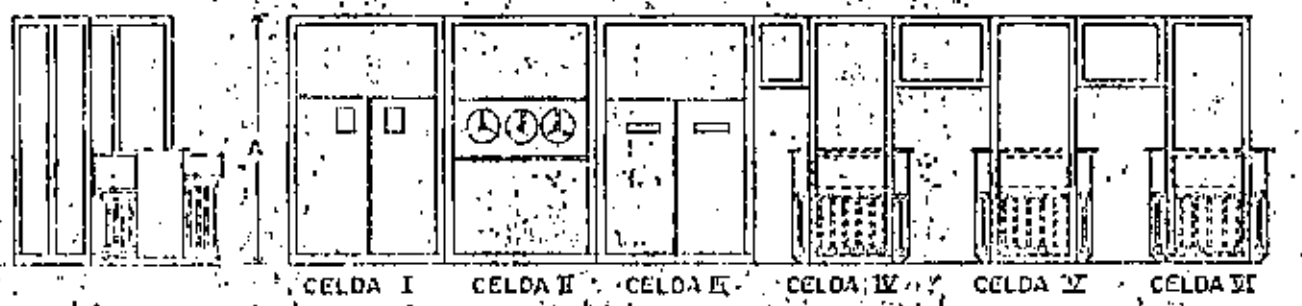


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DISETPSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

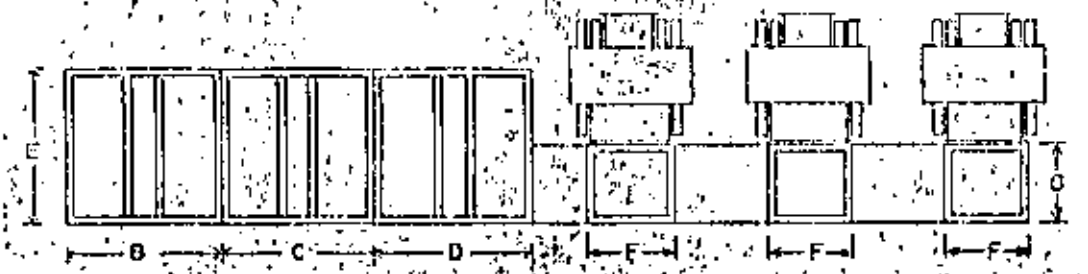
SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1969
	HOJA 15 DE 26

G A B I N E T E S



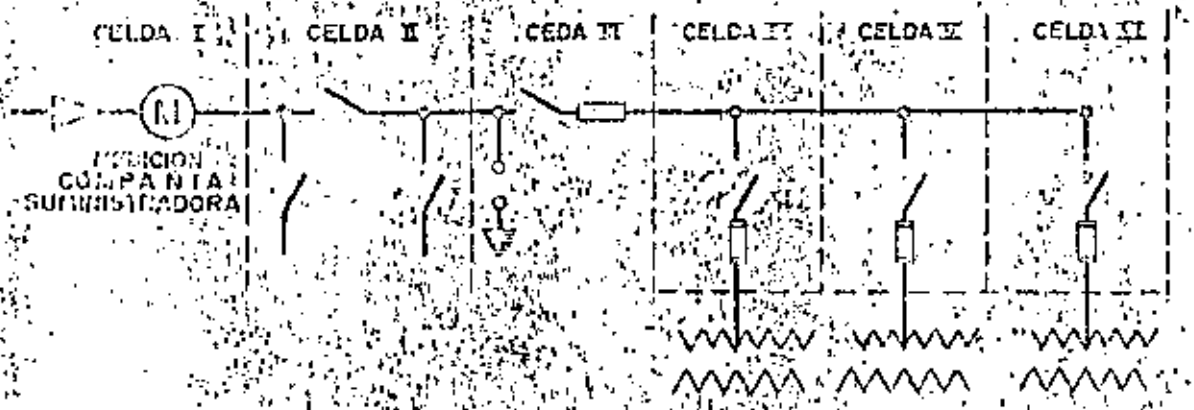
PERFIL

FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

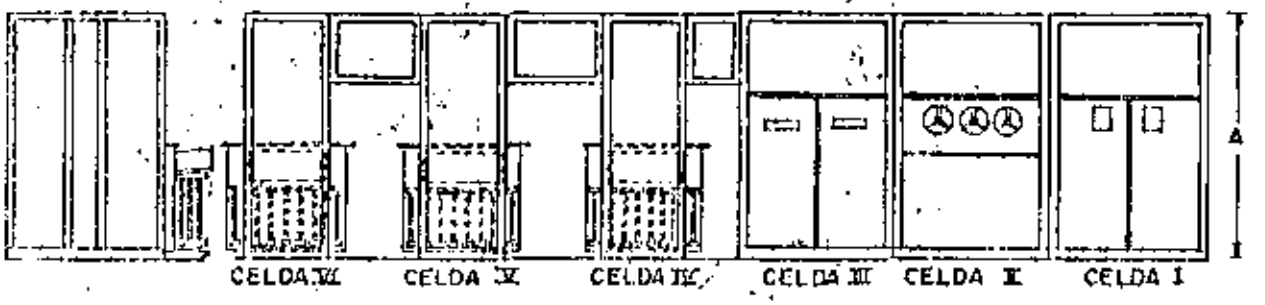


* SE AJUSTAN LOS KV NOMINALES

MODELO MD3N3TLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 y 5	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEALES

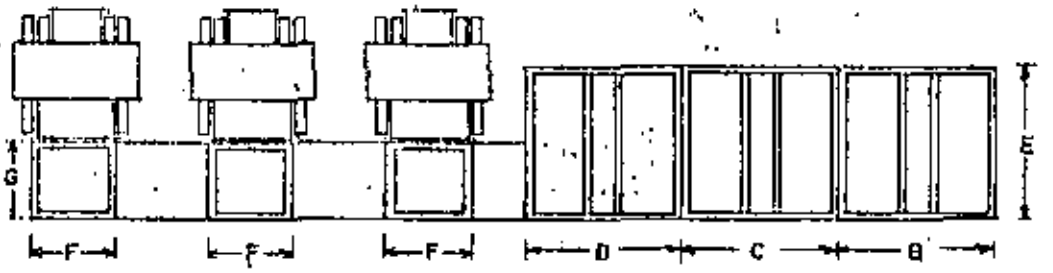
SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 16 DE 26

G A B I N E T E S



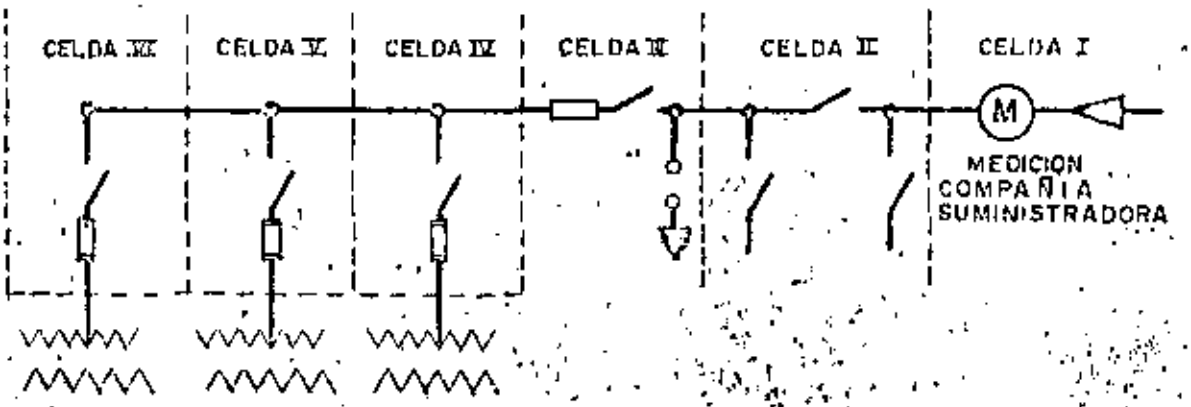
PERFIL

FRENTE



PLANTA

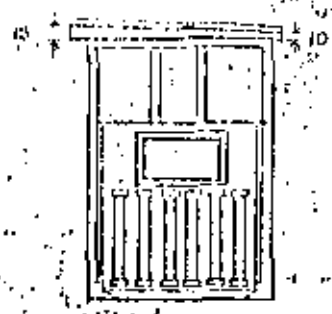
DIAGRAMA UNIFILAR

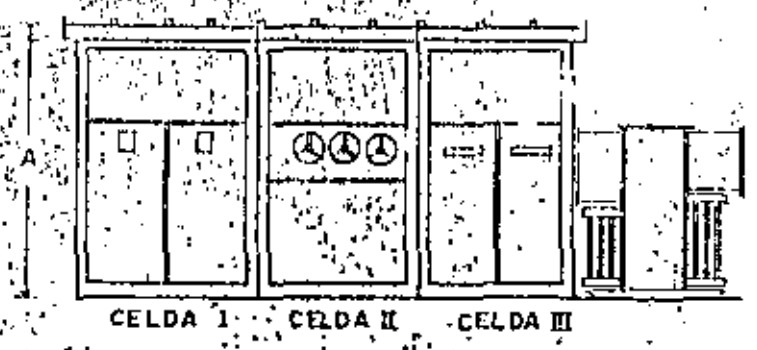


SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO DI3N3TLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 y 5	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEALES

G A B I N E T E S





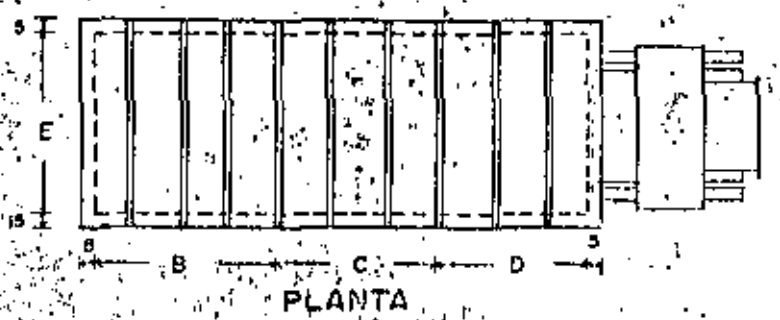
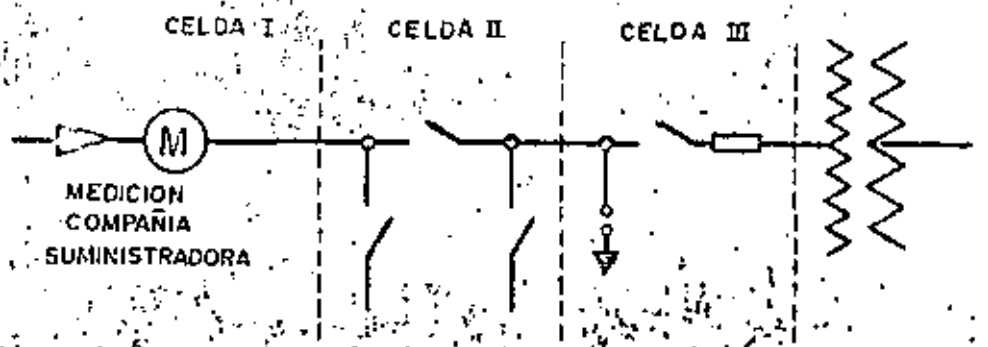


DIAGRAMA UNIFILAR

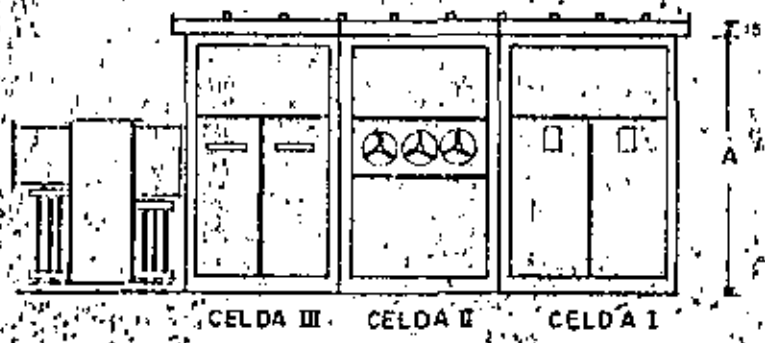


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

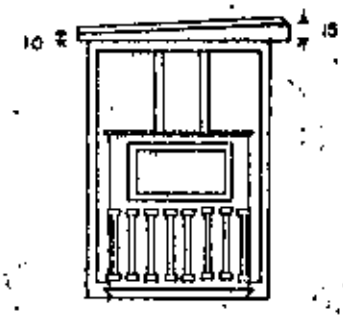
MODELO * IDSNTLSE	ACOTACIONES EN HOJAS No. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 18 DE 26

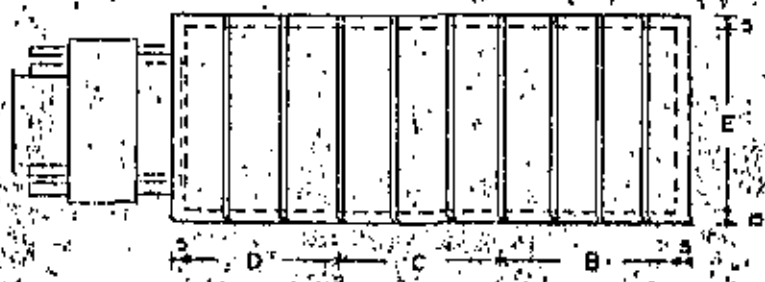
G A B I N E T E S



FRENTE

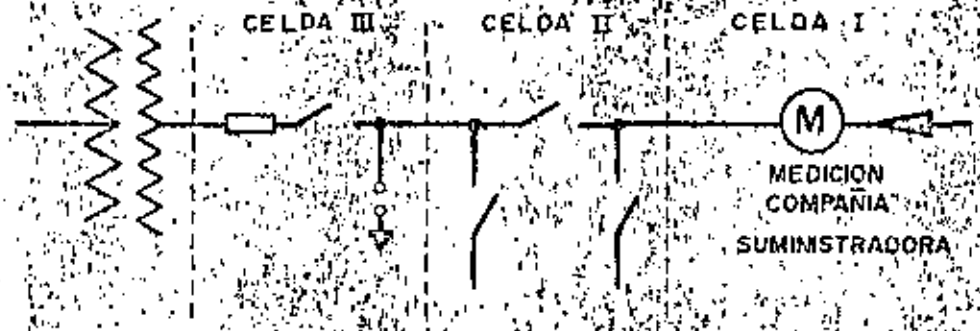


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



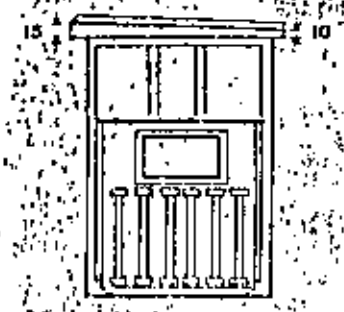
* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3NTLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 Y 4

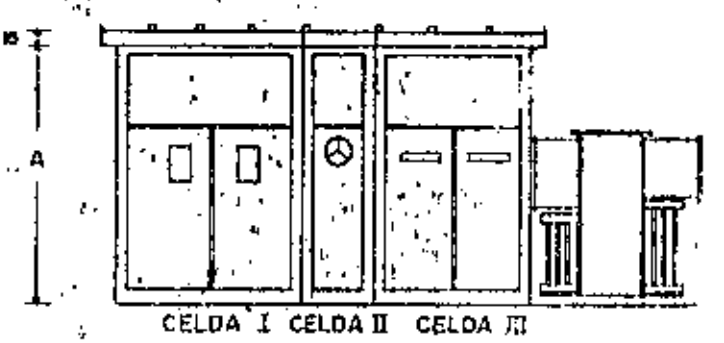
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 19 DE 26

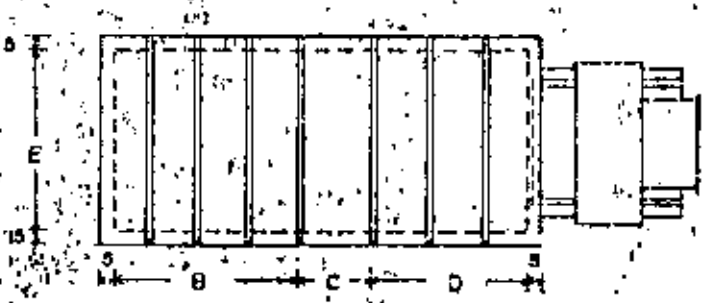
G A B I N E T E S



PERFIL

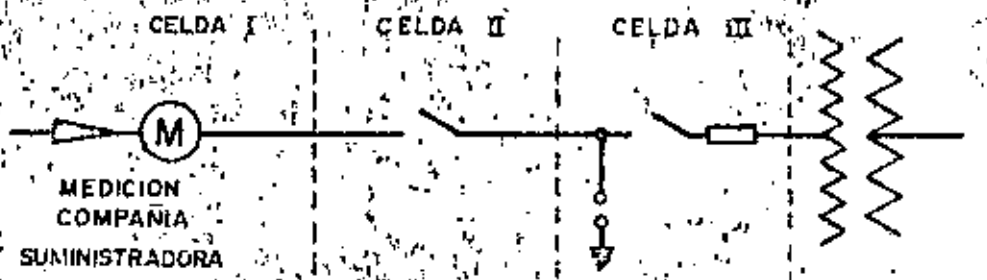


FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

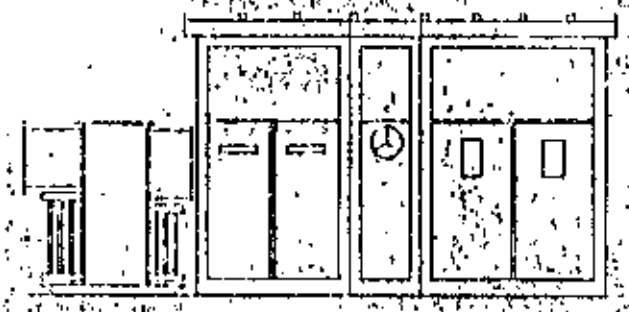


✳ SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

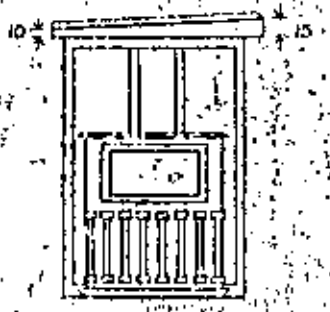
MODELO ✳ ID3ETLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 Y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1969
	HOJA 20 DE 26

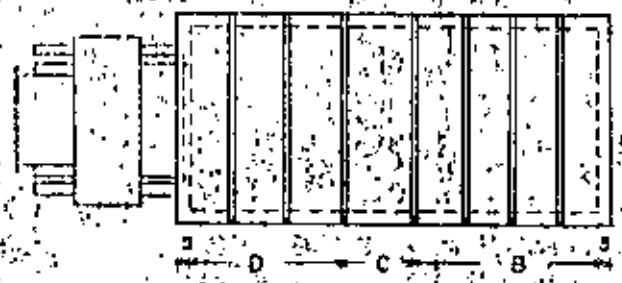
G A B I N E T E S



FRENTE

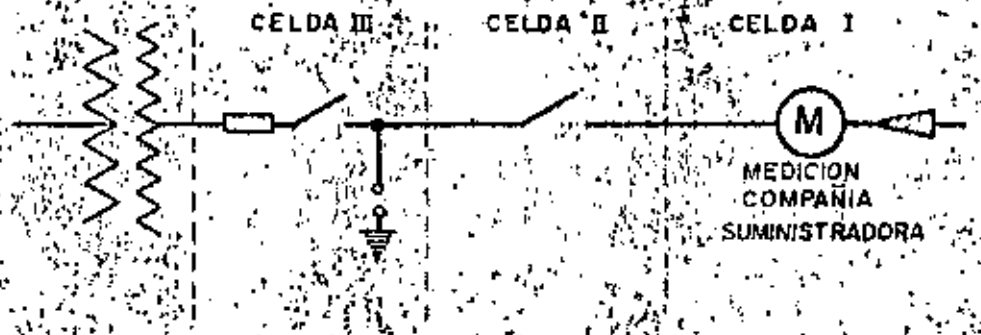


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3ETLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 Y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1969
	HOJA 21 DE 26

G A B I N E T E S

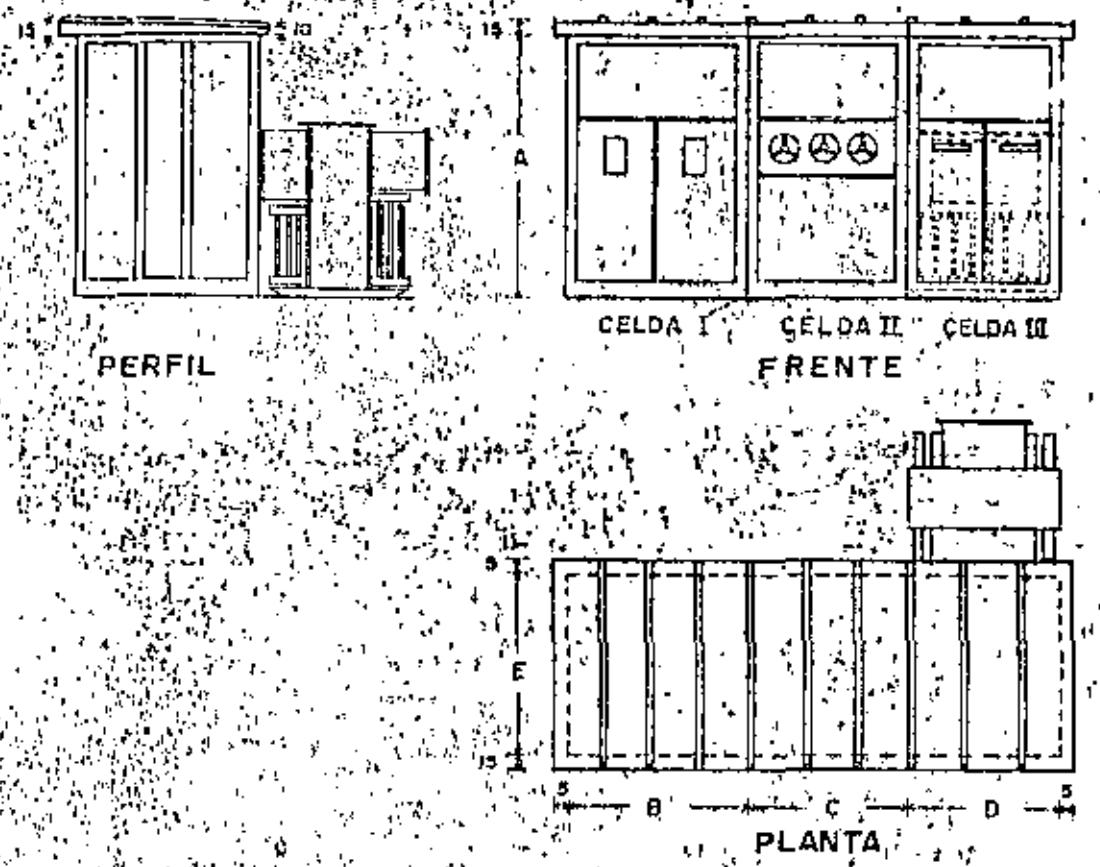
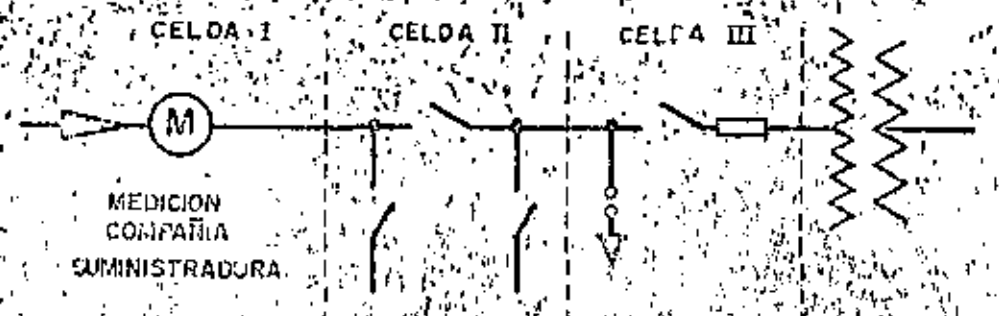


DIAGRAMA UNIFILAR



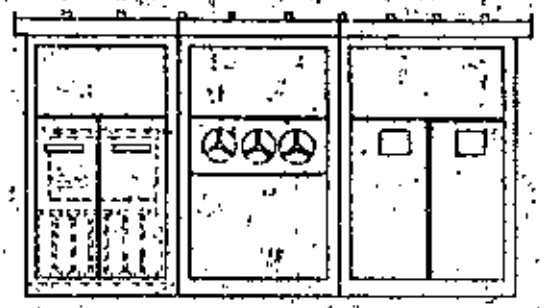
* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3NTPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

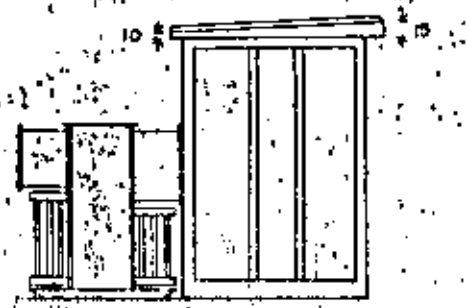
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25, 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 22 DE 26

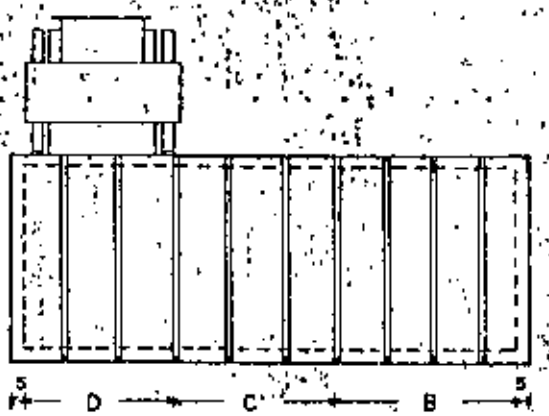
G A B I N E T E S



FRENTE

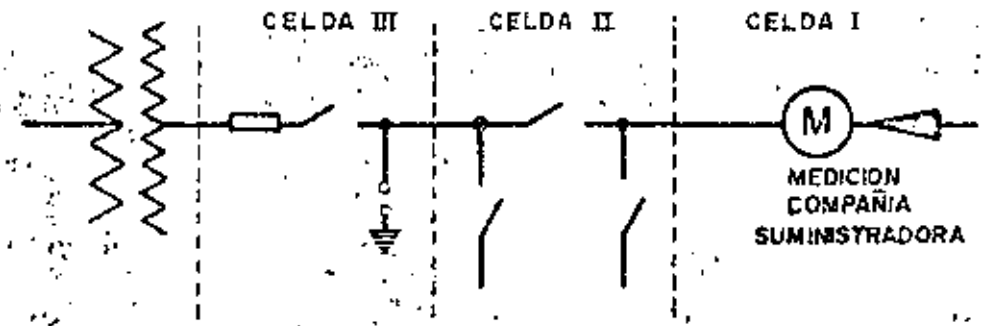


PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

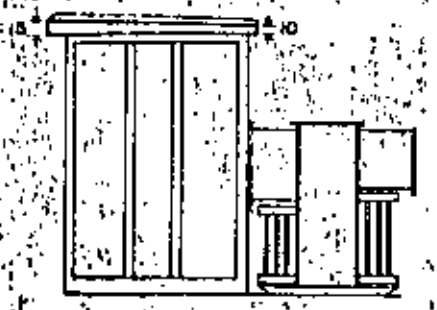


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

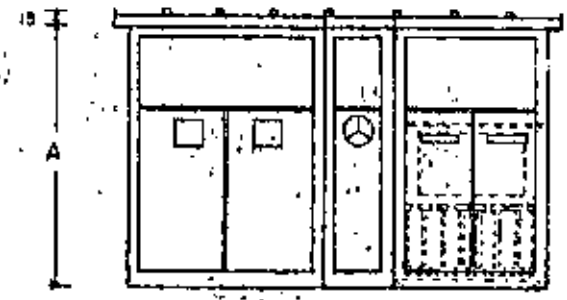
MODELO * DI3NTPSE		ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

	SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5KV	JULIO DE 1969
		HOJA 23 DE 26

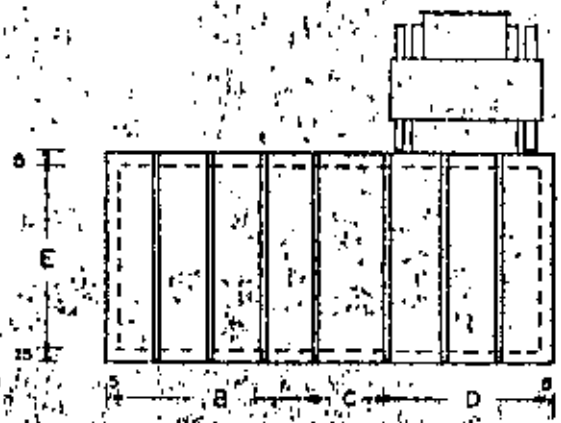
G A B I N E T E S



PERFIL

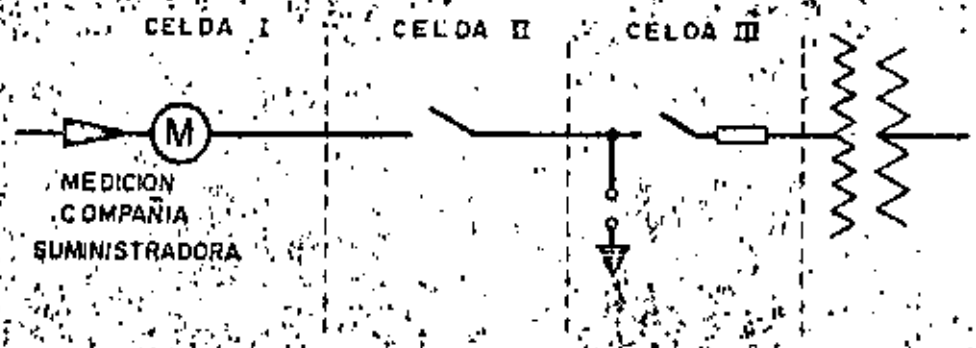


FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3ETPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1960
	HOJA 24 DE 26

G A B I N E T E S

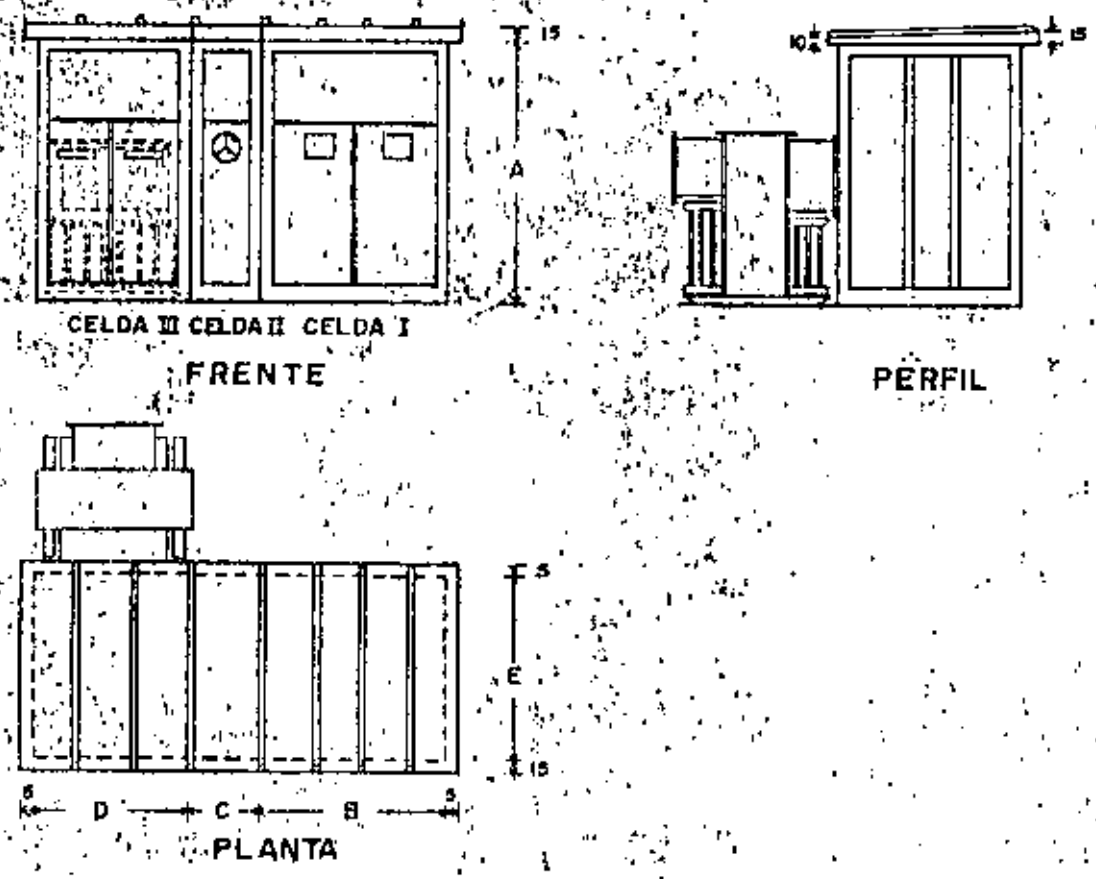
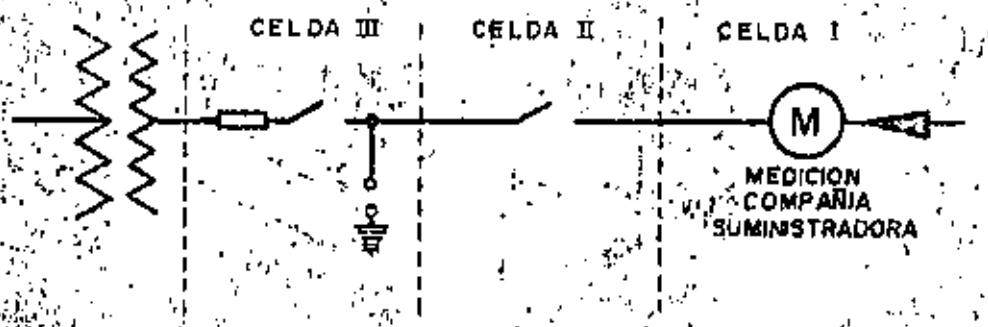


DIAGRAMA UNIFILAR.

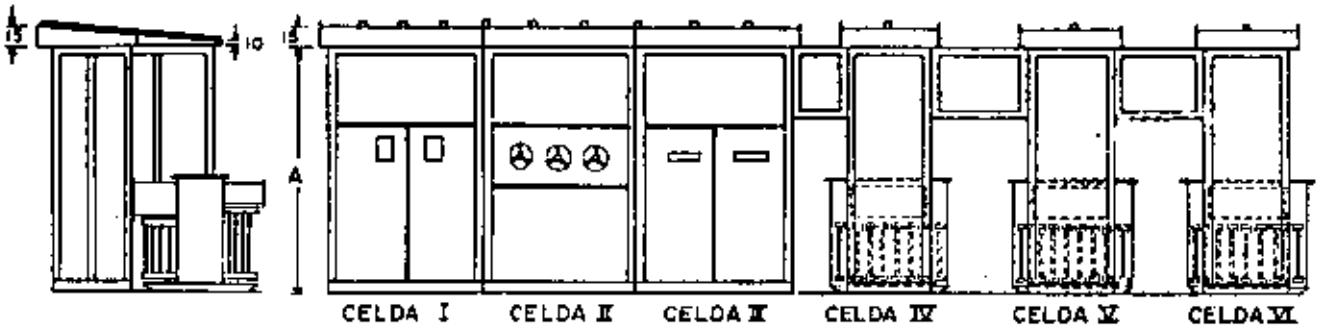


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3ETPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 Y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

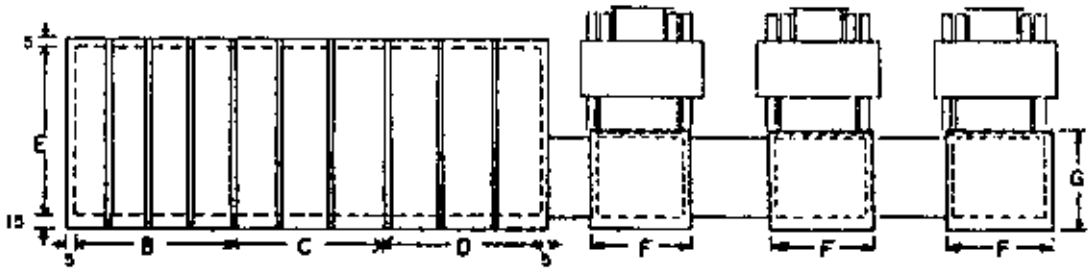
SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 25 DE 26

G A B I N E T E S



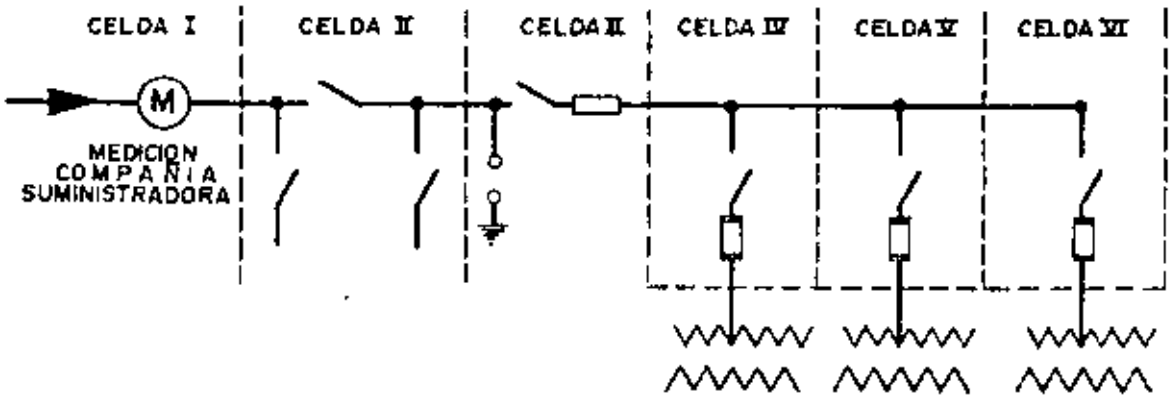
PERFIL

FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

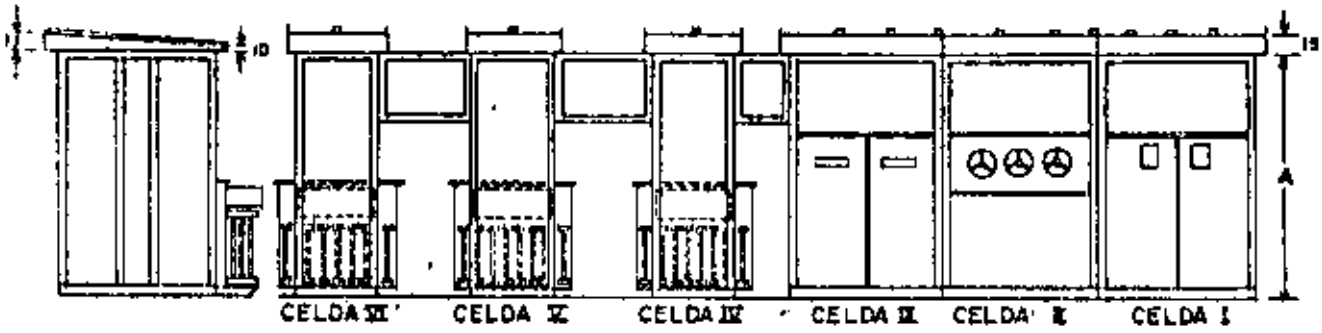


* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

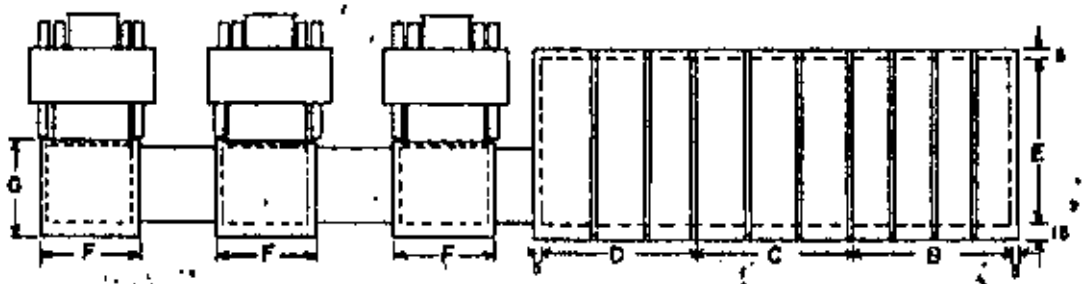
MODELO * ID3NTLSE		ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 Y 5
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEALES

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 26 DE 26

G A B I N E T E S

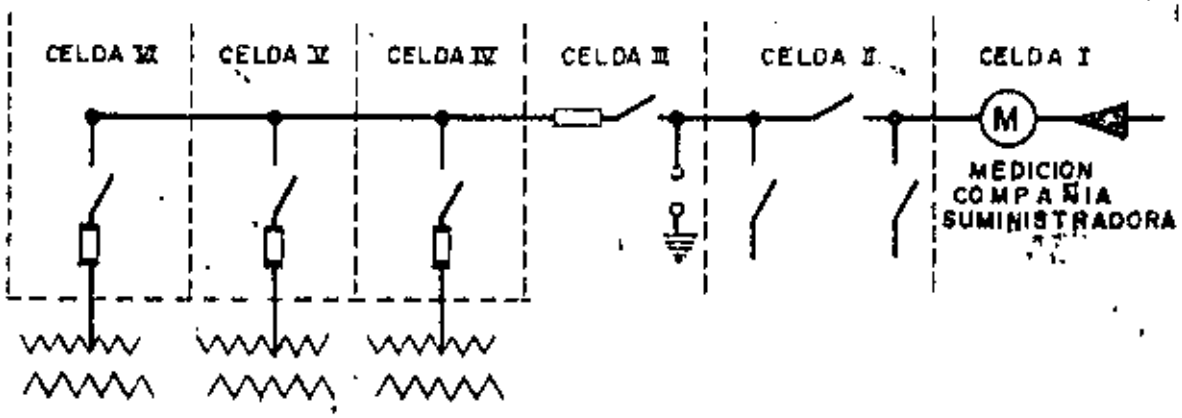


PERFIL FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



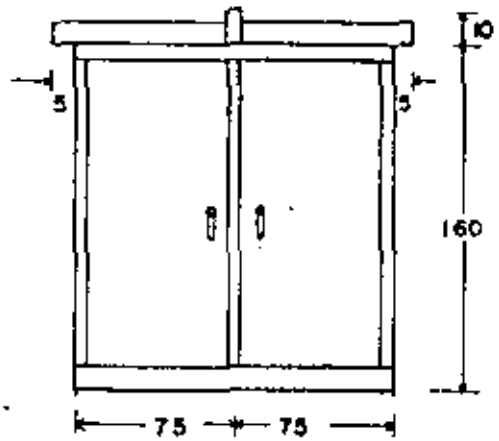
* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * D13N3TLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 Y 5	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEALES

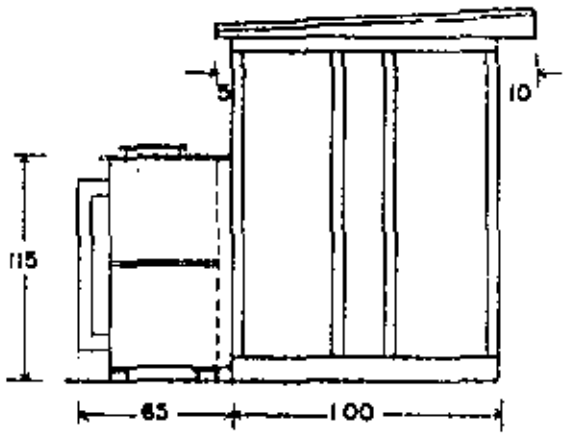
mecsa DIVISION INDUSTRIAL, S. A.	SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 15 KV	ABRIL DE 1970
		HOJA 4 DE 4

MEMORIA DESCRIPTIVA

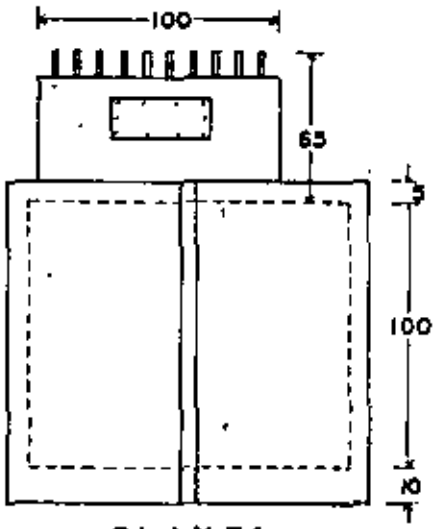
GABINETE



FRENTE

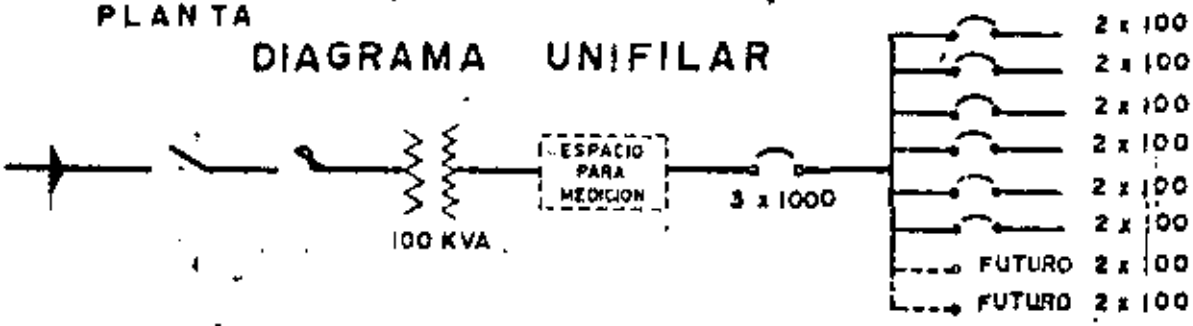


LATERAL



PLANTA

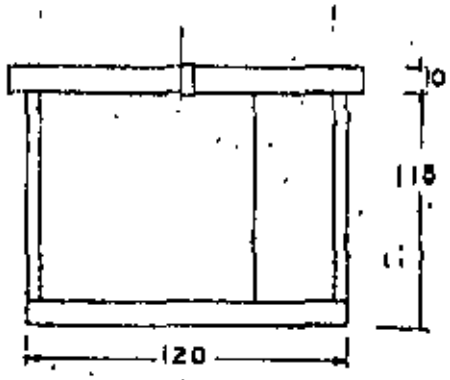
DIAGRAMA UNIFILAR



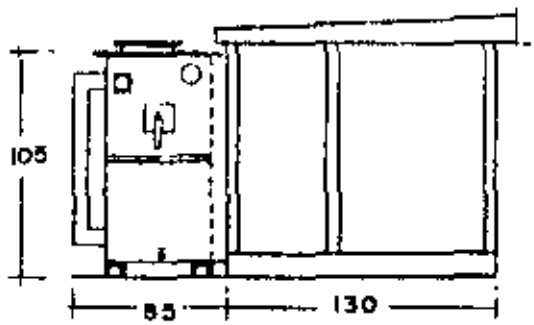
MODELO "MECSAPAQ 100"	ACOTACIONES EN CENTIMETROS	
SERVICIO		TRANSFORMADOR
INTEMPERIE		POSTERIOR

	SUBESTACION MECSAPAQ-R PARA 15 KV	JUNIO DE 1970
		HOJA 3 DE 3

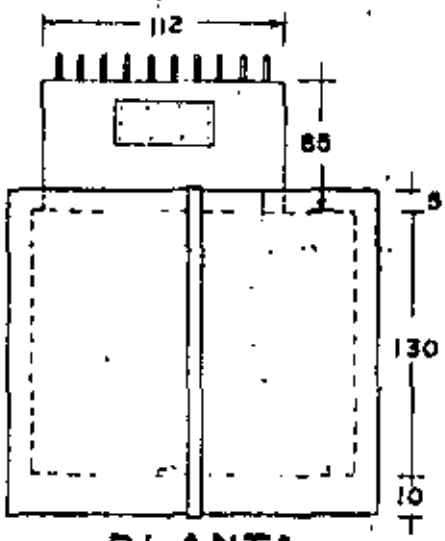
MEMORIA DESCRIPTIVA



FRENTE



LATERAL



PLANTA

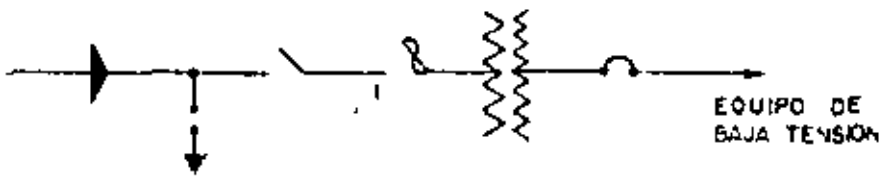
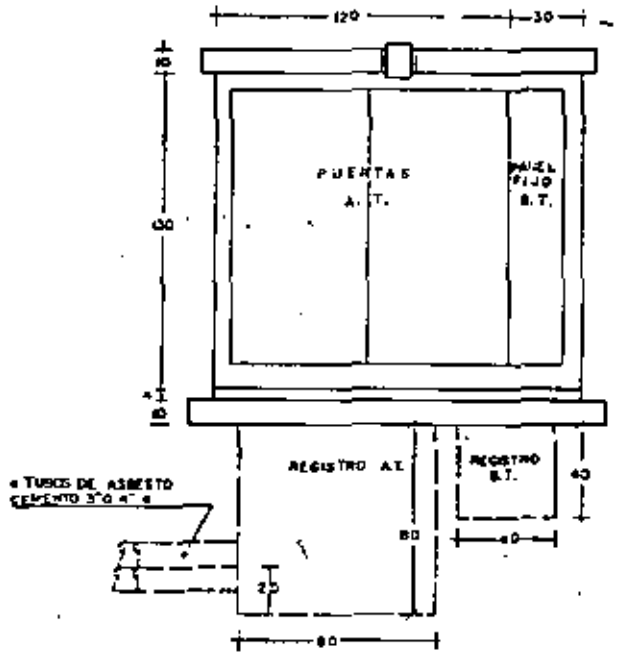
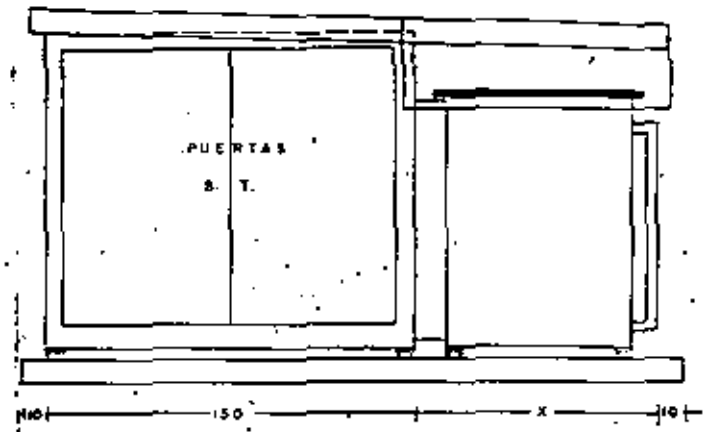


DIAGRAMA UNIFILAR

MODELO MECSAPAQ	ACOTACIONES EN CENTIMETROS	
SERVICIO		TRANSFORMADOR
INTEMPERIE		POSTERIOR



ELEVACION FRONTAL



ELEVACION LATERAL

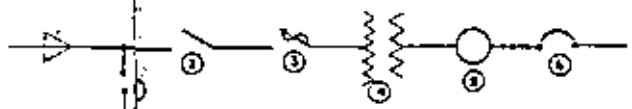
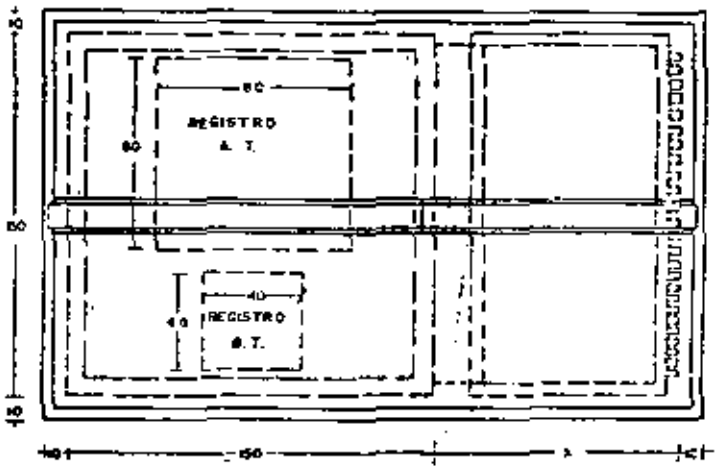


DIAGRAMA UNIFILAR



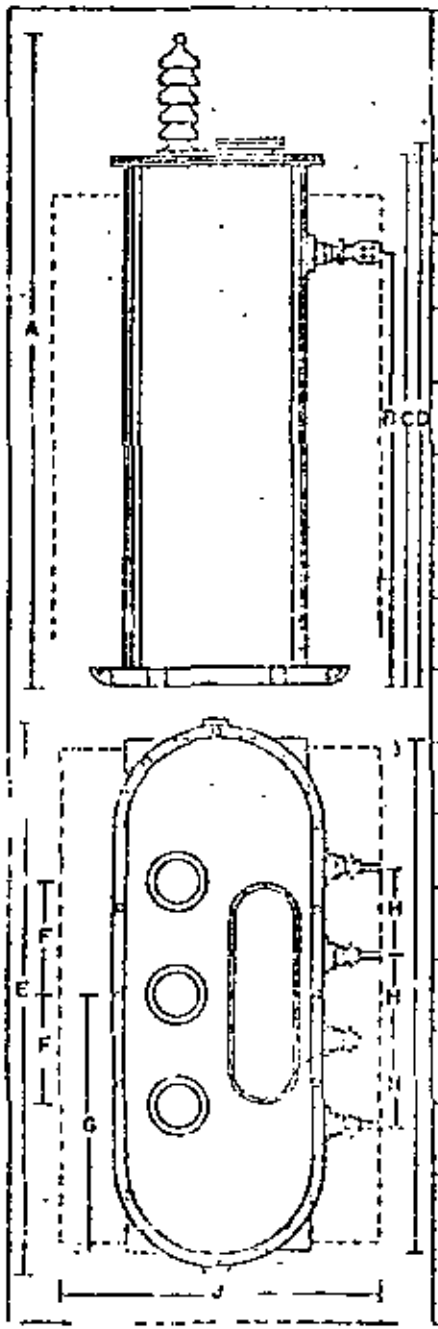
PLANTA

MATERIAL Y EQUIPO

1.- APARTARRAYOS PARA 25 KV
2.- JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES OPERACION EN GRUPO SIN CARGA 25 KV 400 AMPERES
3.- FUSIBLES MARCA SIEMENS 20/23 KV
4.- TRANSFORMADOR MARCA MECSA 20/23 KV 220/127 VOLTS.
5.- EQUIPO DE MEDICION EN BAJA TENSION
6.- TERMOMAGNETICO

DIMENSIONES DE A Y CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		
KVA	X	TERMOMAGNETICO
150	76	3x400 A.
75	69	3x300 A
50	70	3x200 A
45	69	3x200 A
30	67	3x125 A
ACOT. EN CM.		

	SUBESTACION MECSAPAQ R— 25 KV	P.G.— 170
		12 / E / 72

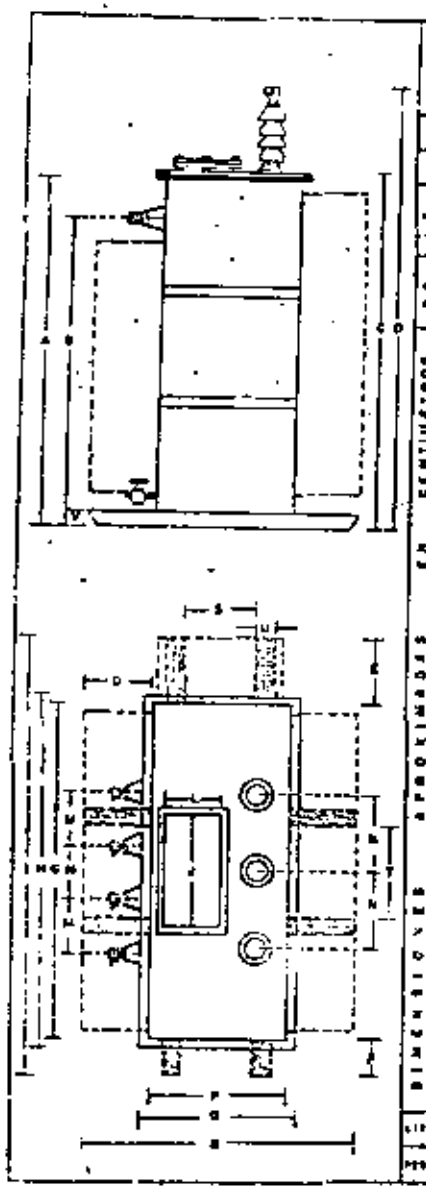


DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz.

TIPO TANQUE OVALADO

MANUFACTURAS ELECTRICAS CAMARENA S.

KVA	ALTA TENSION			BAJA TENSION		DIMENSIONES APROXIMADAS EN CMS.										LITROS DE ACEITE	PESO
	KV	CONEX	DERIVACIONES	VOLTS	CONEX	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
5	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	101	595	68.5	72.5	67	19.5	28	8	56	47	50	21
10	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	102	60.5	67.5	71.5	75	20	32	8	64	51	70	25
15	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	109.5	67.5	76.5	80.5	78	23	35.5	8.5	67	52	90	30
20	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	100	66	73	77	83	23	36	8.5	72	53	95	33
25	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	81.5	69.5	76.5	80.5	84	23	38.5	8.5	73	54	110	35
30	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	105	63.5	75.5	79.5	82	23	38.5	9.5	77	56	120	37
45	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	112.5	70.5	77.5	81.5	95	23	40.5	8.5	81	53	170	[illegible]
50	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	117	74	82	86	100	23	43	10.5	88	53	153	[illegible]
60	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	124	81	89	93	107	24	40.5	10	81	53	183	50
75	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	124	81	89	93	[illegible]	23	42.5	10.5	87	45	196	60
	23/20	DELTA	± 2 de 2.5/2.87%	220/127	ESTRELLA	135.5	81	103	107	123	23	43.5	10.5	87	[illegible]	253	80
100	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	128	85	95	97	130	23	47	11	[illegible]	63	[illegible]	74
	23/20	DELTA	± 2 de 2.5/2.87%	440/220/127	ESTRELLA	131.5	[illegible]	100	103	130	35	52	12	101	7	[illegible]	[illegible]
112.5	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	129	[illegible]	94	98	129	24	50	12	100	[illegible]	[illegible]	90
150	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	140	95	105	109	123	23	43.5	12	97	60	303	[illegible]
	23/20	DELTA	2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	102.5	110	[illegible]	[illegible]	139	34	55.5	12	113	76	150	[illegible]
200	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	113	102	114	119	110	24	37	115	114	75	230	130



DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz. TIPO TANQUE RECTANGULAR

MANUFACTURAS ELECTRICAS CANADIENSE S. A.

KVA		200		225	250		300		500
KV		[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
A.T.	CONEXION	DELTA	DELTA		DELTA		DELTA		DELTA
	DERIVACIONES	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
B.T.	VOLTS	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	CONEXION	ESTRELLA	ESTRELLA		ESTRELLA		ESTRELLA		ESTRELLA
DIMENSIONES APROXIMADAS EN CENTIMETROS	A	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	B	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	C	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	D	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	E	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	F	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	G	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	H	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	I	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	J	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	K	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	L	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	M	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	N	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	O	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	P	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	Q	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	R	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	S	[illegible]			[illegible]		[illegible]		[illegible]
	T	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	U	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
	V	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
LITROS DE ACEITE		[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]
PESO APROX. EN KG.		[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]

DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz CON GARGANTAS LATERALES EN AT. y BT.

K.V.A.	150		200		250		300		500		750		1000	
K.V.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
CONEXION	DELTA	DELTA	DELTA	DELTA		DELTA	DELTA	DELTA	DELTA	DELTA	DELTA	DELTA		DELTA
DERIVACIONES	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
VOLTS	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
CONEXION	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA		ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA		ESTRELLA
A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
B	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
C	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
D	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
E	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
F	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
G	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
H	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]		B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]		B.T. [illegible] A.T. [illegible]
I	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
J	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
K	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
L	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]		B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]	B.T. [illegible] A.T. [illegible]		B.T. [illegible] A.T. [illegible]
M	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
N	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
R	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
O	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
P	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
Q	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
R	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
S	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
T	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
U	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
W	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
X	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
Y	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
Z	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
LTS. DE ACEITE	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
PESO APROX. Kg	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]

DIMENSIONES APROXIMADAS EN CENTIMETROS

TABLA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD MAXIMA EN AMPERES POR FASE A QUE DEBEN SUJETARSE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA LIBERAR DE SOBRE CARGA, EL CIRCUITO PRIMARIO DE BANCOS TRIFASICOS DE TRANSFORMACION.

K.V.A. del BANCO	2 400 volts.		4 160 volts.		6 900 volts.		11 500 volts.		13 200 volts.		22 000 volts.		33 000 volts.		44.000 volts.	
	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.
4.5	1.08	3	0.63	1.5	0.38	1	0.23	1	0.20	1						
7.5	1.80	3	1.04	2	0.63	1.5	0.38	1	0.33	1	0.20	1				
9	2.17	5	1.25	3	0.75	1.5	0.45	1	0.39	1	0.24	1	0.16	1		
10	2.41	5	1.39	3	0.84	2	0.50	1	0.44	1	0.26	1	0.17	1		
15	3.61	7	2.08	5	1.26	3	0.75	1.5	0.66	1.5	0.39	1	0.26	1	0.20	1
22.5	5.41	10	3.12	7	1.88	5	1.13	2	0.98	2	0.59	1.5	0.39	1	0.30	1
25	6.01	15	3.47	7	2.09	5	1.26	3	1.09	2	0.66	1.5	0.44	1	0.33	1
30	7.22	15	4.16	10	2.51	5	1.51	3	1.31	3	0.79	2	0.52	1	0.39	1
37.5	9.02	15	5.20	10	3.14	7	1.88	5	1.64	5	0.98	2	0.66	1.5	0.49	1
45	10.83	20	6.25	15	3.77	7	2.26	5	1.97	5	1.18	3	0.79	2	0.59	1.5
50	12.03	25	6.94	15	4.18	10	2.51	5	2.19	5	1.31	3	0.87	2	0.66	1.5
75	18.04	30	10.41	20	6.28	10	3.77	7	3.28	7	1.97	5	1.31	3	0.98	2
100	24.06	40	13.88	25	8.37	15	5.02	10	4.37	10	2.62	5	1.75	5	1.31	3
112.5	27.06	40	15.61	25	9.41	15	5.65	10	4.92	10	2.95	7	1.97	5	1.48	3
150	36.08	50	20.82	30	12.55	20	7.53	15	6.56	15	3.94	7	2.62	5	1.97	5
200	48.11	65	27.76	40	16.73	25	10.04	20	8.75	15	5.25	10	3.50	7	2.62	5
225	54.13	80	31.23	50	18.83	30	11.29	20	9.84	20	5.90	10	3.94	7	2.95	7
300	72.17	100	41.64	65	25.10	40	15.06	25	13.12	20	7.87	15	5.25	10	3.94	7
450			62.45	80	37.65	50	22.59	30	19.68	30	11.81	20	7.87	15	5.90	10
500			69.40	100	41.84	65	25.10	40	21.87	40	13.12	20	8.75	15	6.56	15
690					57.74	80	34.64	40	30.18	50	18.11	30	12.07	20	9.05	15
750					62.76	80	37.65	50	32.80	50	19.68	30	13.12	20	9.84	20
1 000							50.20	65	43.74	65	26.24	40	17.50	25	13.12	20
1 500							75.31	100	65.61	100	39.36	50	26.24	40	19.68	30
2 000											52.49	65	35.00	50	26.24	40

A.P.C.= AMPERES A PLENA CARGA DEL BANCO DE TRANSFORMACION.
A.D. = AMPERES DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION

PARA BANCOS CUYA CORRIENTE PRIMARIA SEA SUPERIOR A LAS INDICADAS EN ESTA TABLA, LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CORRESPONDIENTES, DEBERAN SUJETARSE AL 125 % DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL PROPIO BANCO COMO MAXIMO.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE CANALIZACION

Anexo

ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO

NOVIEMBRE, 1979.

TUBERIA CONDUIT

AREA UTILIZABLE

DIAMETRO NOMINAL (MM)	AREA-INTERIOR NOMINAL (MM2)	AREA UTIL (40%)
13	132.73	53.00
19	283.59	113.41
25	490.87	196.35
32	804.24	321.699
38	1,134.11	453.651
51	2,042.82	817.13
63	3,117.25	1,246.90
76	4,536.47	1,814.58
90	6,361.74	2,544.69
100	7,854.00	3,141.60
127	12,667.71	5,067.08
150	17,671.50	7,058.60
200	31,416.00	12,566.40

COSTO - ANALISIS COMPARATIVO TUBERIA CONDUIT

mm (pulg)	13 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	38 (1 1/2)	51 (2)	63 (2 1/2)	76 (3)	102
P.G. ESM	100	125	194	250	325	445	944	1,188	1,750
P.G. GALV.	112	142	221	284	369	505	1,067	1,345	1,952
P.D. ESM	67	93	164	178	249	313			
P.D. GALV	78	108	188	255	287	361			
P.E.D. ESM.	46	63							
P.E.D. GALV.	56	77							
FLEX. NORM	76	110	145	227	278	536	615	690	1,437
FLEX. IMP.	202.4	293	410	630	813	1,368	4,229	5,919	8,376
ALUM: P.G.	1,248	1,594	2,333	3,205	3,835	5,117	8,271	10,824	15,169
PL. RIG. LIG.	38	50	65	108	132	191			
PL. RIG. PES.	57	76	96	125	158	239	333	415	559
L. FLEX (POLYD.).	10	19	30	45	52	73		191	
SB. CEM.							235	270	357
EMENTO.									195

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

PLANTAS ELECTROGENAS

1a. Su utilización

2da. Componentes

3ra. Selección

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

NOVIEMBRE, 1979.

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

PLANTAS ELECTROGENAS

1a. Su utilización

2a. Componentes

3a. Selección

* Ing. Sergio Ordóñez Lezama *
Proyectos Industriales, S.A.
Miembro de Americ, A.C.

I PLANTAS ELECTROGENAS

1.- SU UTILIZACION

De acuerdo con la forma de operar de las plantas electrógenas, éstas pueden dividirse en tres grupos:

a) Plantas de Emergencia

b) Plantas de Servicio Continuo

c) Sistemas de Servicio Ininterrumpible de Potencia (UPS)

a) PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA

Como su nombre lo indica, el suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se pierda o dañe una producción determinada o porque se pongan en peligro vidas, otros bienes, etc.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un Salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no solo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran acusiocidad y esmero todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia esta diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas y, por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar solo unas cuantas horas por año, aún sumándole los tiempos de ejercitación semanal que se aconsejan.

En otras ocasiones, la operación es más intensa, pero aún así, el diseño de una planta de emergencia es básicamente diferente a la de servicio continuo.

b) PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía eléctrica para:

a) venta y distribución del fluido

b) accionar equipos eléctricos particulares en lugares donde no existe el suministro público o éste es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que requieren.

Para las primeras que se citan, generalmente se requieren estudios y características muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetos a una serie de normas y requerimientos gubernamentales para asegurar, no solo la continuidad y suficiencia del servicio, sino la buena calidad del mismo y detalles que en el presente estudio sería imposible agotar, sin embargo, al describir las segundas, se esbozan algunas características y estudios que, para el primer caso sería necesario ampliar.

Una planta de servicio continuo es aquella en que la operación de la misma se requiere por un período largo, ya sea a plena carga o parcialmente y, dependiendo de ésto, las condiciones del calentamiento y desgaste del motor primo, así como, el consumo y aprovechamiento de combustible o energía mecánica, deben estudiarse en forma particular.

Aquí la características COSTO DE GENERACION/KILOWATT-HORA, tiene una influencia importante en la selección del equipo.

El costo de generación depende del costo de combustibles, vapor, etc., que se consuman y del costo de operación, mantenimiento, reparación, así como, de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre éstos, permite escoger áquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

4

c) SISTEMA DE SERVICIO ININTERRUMPIBLE DE POTENCIA (UPS)

Esto es un sistema de generación eléctrica de servicio constante que combina las características de una planta de emergencia y sistema normal de suministro eléctrico.

El objetivo principal de estos sistemas es que, en ningún momento desaparezca el suministro eléctrico en la carga, aún cuando falle la fuente que los abastece.

Estos requirimientos generalmente se presentan en cargas menores muy especiales como: instrumental médico, aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad principalmente:

a) CA - CD dependiente de batería (alumbrado de emergencia).

b) Sistema de M - G con volante.

c) Sistema M - G volante y motor primo.

d) Conversión - Batería - Inversión.

e) Generación Continua, con suministro Normal como Emergencia.

Posteriormente se analizan estos sistemas con mas detalle.

2.- COMPONENTES

UNA PLANTA ELECTRICA, consta de las siguientes partes principales:

a) Motor primo,

b) Generador,

c) Controles e Interruptor General,

d) Interruptor de Transferencia o doble tiro (Planta de Emergencia) y

e) Accesorios.

a) El Motor Primo puede ser cualquier elemento que entregue energía mecánica adecuada al generador, pero entre los principales, para el presente trabajo, consideramos los siguientes con fines de emergencia:

Motor a gasolina

Motor diesel

Motor a gas

Turbina de gases

b) El Generador Eléctrico es, generalmente, un alternador de 2, 4 ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.

En motores a gasolina, con potencias relativamente bajas, comunmente se usa una velocidad de operación de 3000 a 3600 RPM (50 ó 60 Hz, respectivamente), o sea la velocidad síncrona correspondiente a un generador de 2 polos.

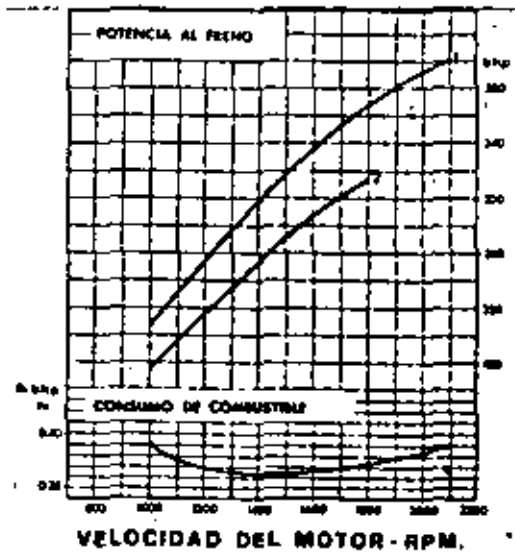
En el caso de turbinas de gases y, dada su alta velocidad de operación, también se usan generadores de 2 polos.

La potencia en este último caso, es relativamente alta.

En aplicación para equipos de aviación, generalmente se usa frecuencia de 400 Hz o sean 24000 RPM con 2 polos, 12000 RPM con generadores de 4 polos, 8000 con 6 polos, etc.
Esto permite el uso de equipo mas compacto.

En ampliaciones de motor diesel, la velocidad común es de 1500 - 1800 RPM o sean 4 polos en el generador, pero para aplicaciones de servicio continuo, se recomienda el uso de generadores de 6 u 8 polos, o sean 1000 - 1200 RPM ó 750 - 900 RPM respectivamente, para que el desgaste de sus elementos se reduzca en proporción y la vida útil de la máquina se prolongue. Esto, sin embargo, repercute es una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor.

CARACTERISTICAS DE MOTORES



Por lo mismo, debe tenerse especial cuidado en la selección del equipo, para que corresponda a la mejor inversión, de acuerdo con su aplicación.

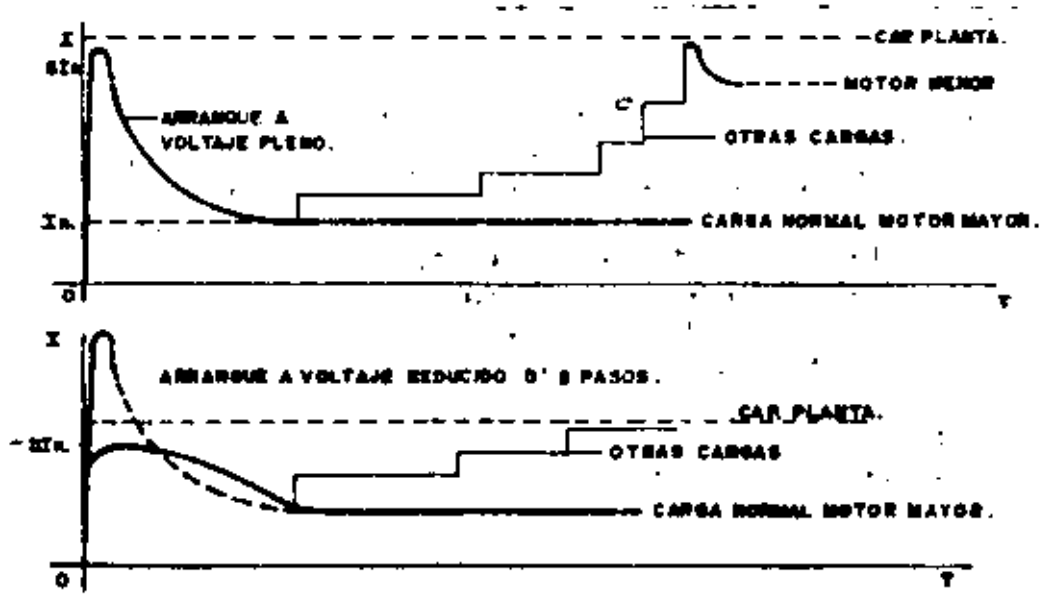
También cabe señalar que, a igualdad de velocidad, la potencia que se le puede sacar a una máquina en servicio continuo es entre 85% y 90% de la correspondiente a aplicaciones de emergencia o con cargas intermitentes, dado que, el calentamiento y desgaste por períodos prolongados, reduce considerablemente la vida del motor.

En el caso de motores a gas, su selección depende de la potencia y de otras características, pudiendo usarse motores de ciclo Otto, o sea, con encendido eléctrico por bujías o de ciclo Diesel, o sea, enriqueciendo la mezcla aire - combustible, en cuyo caso, el encendido sigue haciendose con la inyección de combustible líquido en la cabeza de los cilindros.

3.- SELECCION

El punto de partida para seleccionar un motor de combustión interna, es definir la potencia útil que se va a necesitar y en las circunstancias y condiciones del lugar de trabajo.

La potencia eléctrica que necesitaremos, a su vez, es la suma de las cargas totales, más la correspondiente al arranque de motores, dependiendo ésto, del tipo de arrancador empleado.



Una vez analizado el valor y la secuencia de arranque de los motores mas grandes, se verá cual es la potencia requerida en el generador y la que comercialmente se fabrica.

Para evaluar la potencia en la flecha a partir de la potencia eléctrica (en los cables de salida), debe considerarse la eficiencia del generador; que generalmente está entre 95% y 85% y esto ya nos puede llevar a calcular la potencia requerida en la flecha del motor.

$$HP = \frac{KW}{0.85 \times 0.746}$$

A su vez, la potencia en HP en la flecha del motor puede calcularse partiendo de las curvas de comportamiento del motor y a la velocidad en que va a trabajar.

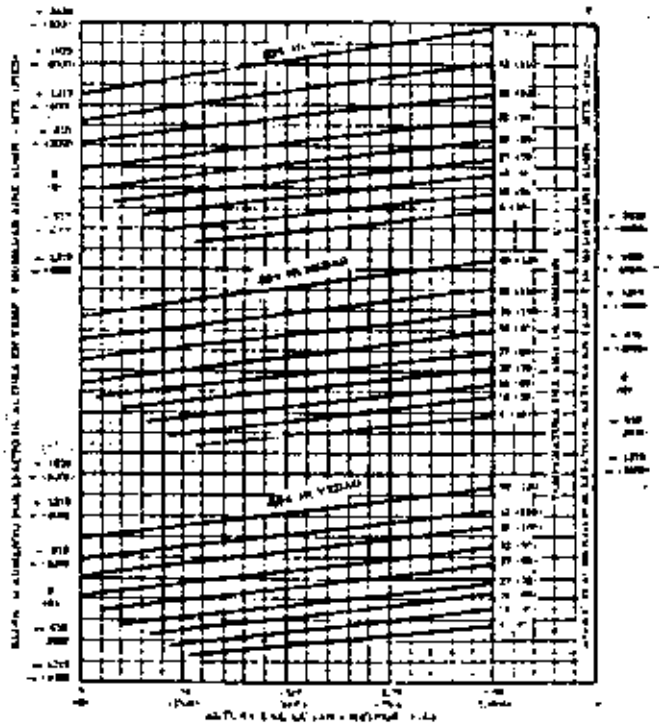
A esto deberán deducirsele las pérdidas por altitud en el lugar de trabajo a razón de aproximadamente 1% por cada 100 m.s.n.m., si es de aspiración natural, o menos, si tiene la ayuda de un turboalimentador compensador, en cuyo caso puede reducirse esta pérdida, según su propio diseño.

A esta potencia todavía deben hacersele deducciones por:

Consumo en HP del ventilador,
Pérdidas en el escape,
Pérdidas en bombas y ventiladores u otros equipos auxiliares, como: Radiador, intercambiador de calor, torre de enfriamiento, etc.,
Pérdida por temperatura ambiente.
Arriba de 15°C se pierden aproximadamente 1% por cada 6°C.

La humedad relativa del aire influye igualmente teniendo que recurrirse a tablas de comportamiento para su ajuste.

GRAFICA QUE ILUSTRA LA CORRECCION PARA LA ALTURA EN EL LUGAR DE PRUEBA PARA OBTENER LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE DE ADMISION



G E N E R A D O R

En cuanto al generador, el primer punto de partida es escoger la capacidad en KVA del generador, de acuerdo con la frecuencia necesaria y la velocidad y potencia en KW correspondientes del motor de combustión interna.

Generalmente el factor de potencia es 0.8, que es el diseño normal.

También es necesario conocer la altitud de trabajo, ya que a mayor altitud se pierde ventilación, o sea, disipación del calor motivado por las pérdidas, y por lo tanto, disponibilidad de potencia efectiva.

Cabe mencionar, que a un factor de potencia menor de 0.8, puede sobrecargarse el generador sin que el motor se "siente".

Ejemplo:

	HP	KW	KVA	FP	A	% Carga Eléctrica	% Efecto Joule
Normal	150	100	125	0.8	327.5	100	100
Bajo FP	150	100	200	0.5	524	160	256

Con 0.5 FP, siendo igual la potencia mecánica del motor (150 HP) la carga reactiva del generador provoca un calentamiento en sus devanados de 256% o sea, con peligro de quemar los devanados.

Claro está que un Interruptor adecuado limitaría esa carga anormal, pero debe tomarse el FP en cuenta y corregirse en su caso.

I N T E R R U P T O R

Desde luego, para evitar el problema de sobrecarga, el Interruptor debe ser escogido de acuerdo con la carga máxima del generador a FP = 0.8.

Aqui la protección contra circuito corto, debe revisarse únicamente para la capacidad interruptiva; de acuerdo con la impedancia del sistema.

C O N T R O L E S

Los controles de la planta pueden ser muy sencillos o llegar a un grado de sofisticación exagerado, pero nos limitaremos a tomar en cuenta lo recomendable.

Primeramente deben considerarse Vóltmetro, Ampérmetro y Frecuencímetro, como unidades elementales para conocer el funcionamiento del equipo y los límites dentro de los cuales puede trabajar, tanto la máquina generadora como el equipo eléctrico que alimenta.

Un Wattmetro no es indispensable si la máquina trabaja individualmente, pero es escencial si se va a poner a trabajar en paralelo con otra máquina o con la red de suministro.

Para operación en paralelo de máquina, se requiere además, una serie de dispositivos automáticos o manuales para sincronización como: ménsula con sincronoscopio o luces de sincronización, vóltmetros dobles, frecuencímetros dobles, y de preferencia, control remoto de velocidad de motores diesel y de interruptores generales.

El Contador de Horas es necesario para llevar un control de mantenimiento del equipo.

Para la protección del motor primo, es necesario contar con indicadores visuales de presión de aceite, temperatura de la máquina y carga de baterías, pero mejor aún, es contar con dispositivos automáticos de paro del motor por falla, o sea, cuando la temperatura del motor o la presión del aceite están fuera de sus límites recomendables, éstos deben actuar y dejar alguna indicación de la causa y de ser necesario, también sonar una alarma.

En máquinas de arranque y paro automático, además de lo anterior, es necesario un dispositivo programador de arranques de la marcha con intervalos de 4 ó 5 segundos, para evitar que la batería se descargue o se dañe antes de lograr el arranque.

En estos casos es necesario contar con un relé de tiempo para diferir el inicio de arranque cuando falla el suministro eléctrico momentáneamente y vuelve normal.

Entre 3 y 5 segundos es tiempo suficiente para cerciorarse de ello, pero en casos especiales puede disminuirse o aumentarse.

El control que ordena el arranque de la planta de emergencia es un relé sensitivo de voltaje, preferentemente trifásico, con ajustes generalmente a 80% y 120% del voltaje normal.

Para el paro de la máquina, cuando el suministro normal ha regresado, se requiere también un relé de tiempo para diferir el retorno de la carga al servicio normal y ésto puede hacerse en dos formas:

1a. Dejar que la máquina trabaje de 1 a 10 minutos antes de que transfiera la carga al servicio normal y pare al momento de hacerlo.

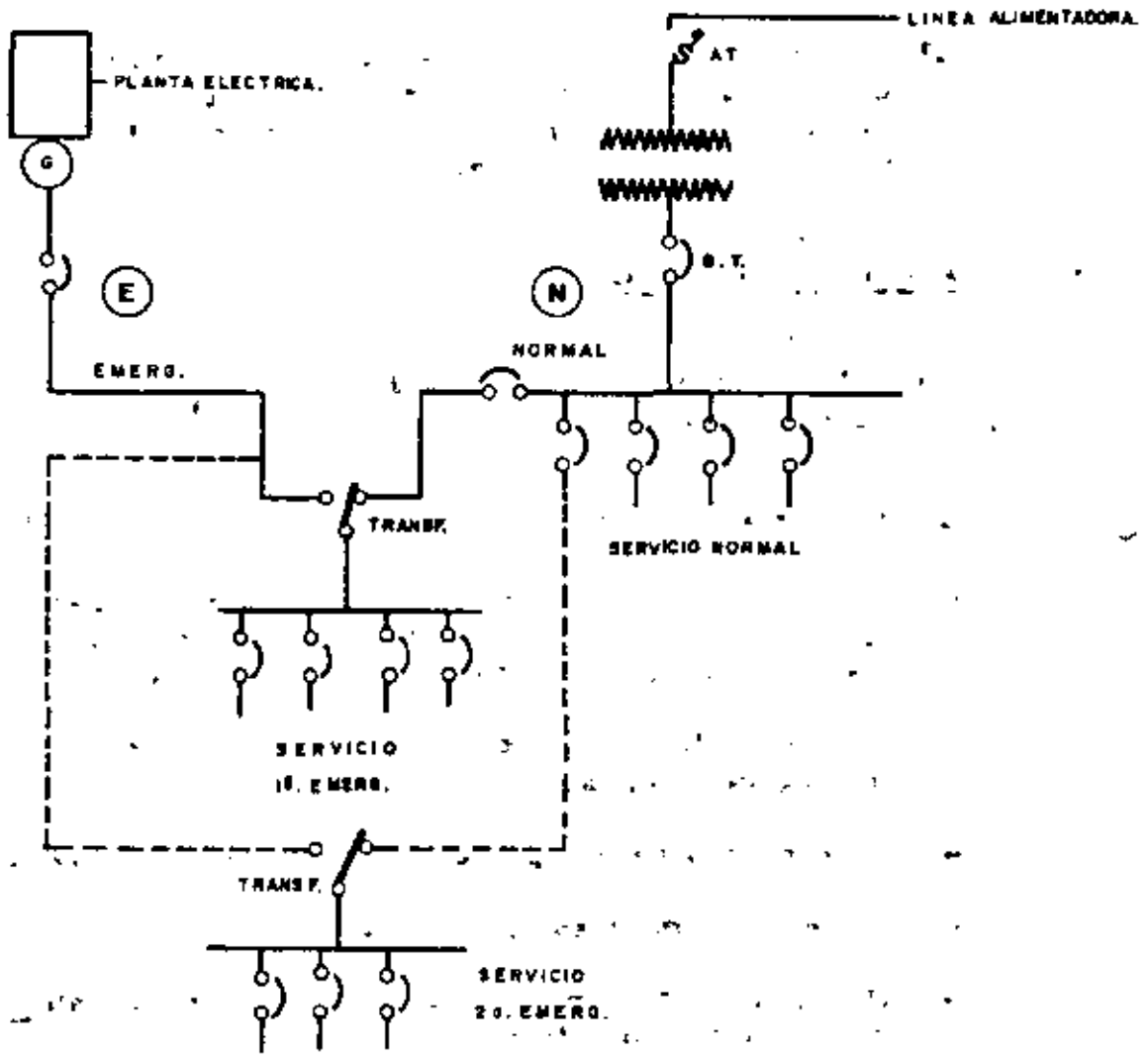
Esto, además asegura que en una operación corta, la batería alcance a recargarse, si es que no existe cargador adicional, sino únicamente mantenedor de carga.

2a. Dejar que la máquina trabaje con carga los mismos 1 a 10 minutos aproximadamente, haga la transferencia de ésta y siga en vacío otros 3 ó 5 minutos para enfriar el motor primo, principalmente cuando la carga es de 60% o más de la capacidad.

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O DOBLE TIRO

Cuando una carga eléctrica se alimenta alternadamente de un suministro Normal o de Emergencia, si falla el Normal, es indispensable contar con un medio de conexión fácil, pero que, al mismo tiempo, asegure que nunca se conecte la planta de emergencia al sistema alimentador, pues puede resultar altamente peligroso para los linieros cuando la línea de suministro este siendo reparada o para el equipo por quedar en circuito corto o fuera de sincronía.

13



Si una planta de emergencia tiene sistema automático de arranque y paro, no se concibe que el doble tiro sea manual y por consiguiente es necesario un Interruptor Automático de Transferencia que reconozca siempre una alimentación preferente.

Existen muchos diseños de Interruptores de Transferencia, pero cabe señalar que es muy necesario escoger un equipo confiable y que requiera un mantenimiento mínimo,

pues el 100% del tiempo permanece en uso, alimentado por servicio Normal o por Emergencia.

El tiempo de transferencia automática debe ser muy corto (alrededor de 0.5 segs.) pero no menor de 8 Hz (0.13 segs.) entre abrir un circuito y cerrar el otro, para evitar un circuito corto.

A C C E S O R I O S

Entre los accesorios se puede hablar de muchos equipos, pero los principales son:

- Radiador o intercambiador de calor.
- Silenciador que absorba el máximo de ruido, pero que no resuene a la velocidad normal ni provoque una contrapresión (aproximadamente 4-6" agua).
- Tubo flexible para absorber las vibraciones entre la máquina y el silenciador.
- Tubo o codo de escape con protección contra lluvia.
- Protección antichispa para lugares peligrosos.
- Bases flexibles para que no se transmitan las vibraciones al piso o estructura.
- Tanque de día con nivel, válvulas de paso y desfogue, respiración y válvula de flotador (en su caso).
- Bomba de trasciego.
- Batería y cables de capacidades adecuadas.
- Cargador de batería o mantenedor.
- Reloj programador para ejercitación semanal.
- Interruptores para ejercitación y mantenimiento, con o sin carga.

- Precalentadores de aire y agua.

Como se vé, la selección de un equipo para generación eléctrica de servicio continuo o emergencia, no debe dejarse en manos inexpertas y es de aconsejarse que se haga un estudio para cada caso, ya que puede considerarse que las plantas son como un traje a la medida.

'lmrm.

Noviembre de 1979.

Ponencia: 14 de noviembre.

Lugar: Centro de Educación Continua.

NOTAS SOBRE LA TABLA Nº 1.

Cuando se desea una buena calidad del servicio eléctrico, la caida de tensión durante el arranque de motores debe restringirse a 5% o menos, más de 5%, principalmente en alumbrado incandescente, es un grave inconveniente, aunque sea poco frecuente.

En donde las fluctuaciones de luz no sean importantes puede tolerarse hasta un 25% de caida de voltaje durante el arranque de un motor, más allá de este límite, cuando hay otros arrancadores y/o contactores magnéticos y relés de bajo voltaje, podrían desconectarse con menos del 75% del voltaje de suministro.

En donde el arranque de un motor grande es el único factor para tomarse en cuenta, puede tolerarse hasta 40% de caida de voltaje.

Los tamaños de motores en HP anotados en la tabla anterior, están basados en motores código F, que toman una corriente de arranque de 5.5 veces la corriente de trabajo a plena carga.

Al arrancar por medio de compensador, debe tomarse en cuenta que el par motor se reduce a 64% con la derivación de 80% y a 42% con la derivación de 64%. Asegúrese de que estos pares son suficientes para arrancar la carga.

La potencia en HP anotada en la columna de "Arranque con Resistencia" supone que posiblemente el motor no arranca hasta que toda la resistencia este fuera y que el voltaje del generador se ha restablecido antes de comenzar a girar el motor.

NOTAS SOBRE LA TABLA Nº 2.

MOTORES DE FASE PARTIDA. Toman una corriente muy alta durante el arranque.
Multiplíquense por dos los valores de carga de arranque de Tabla dos.

MOTORES DE TIPO CAPACITOR. Auméntense en 25% los valores de KVA y corriente de arranque de la Tabla dos.

MOTORES TRIFASICOS. Para motores del tipo de Alto Par de Arranque, redúzcanse en 25% los valores de KVA y corriente de la Tabla dos.

MOTORES CON ROTOR DEVANADO. Los KVA de arranque son únicamente de 30 a 50% mayores que los KVA de trabajo normal.

Los valores de corriente y los KVA de arranque de la Tabla dos, son para arranque directo sobre la línea (Voltaje completo).

En donde se usa resistencia de arranque o compensador, los KVA de arranque son de 50% o menos de los indicados en la tabla.

GENERADORES COMPACTOS.		TABLA 1. POTENCIA EN HP DEL MOTOR MAYOR QUE SE PUEDE ARRANCAR SIN EXCEDER UNA DETERMINADA C. DE VOLT											
		5% DE CAIDA DE VOLTAJE.				20% DE CAIDA DE VOLTAJE.				40% DE CAIDA DE VOLTAJE			
KVA.	KW.	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR 50 %	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR 65%	ARRANQUE CON REACTORES	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR 50%	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR 65%	ARRANQUE CON REACTORES	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR. 50%	ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR. 65%	ARRANQUE CON REACTORES
2.75	3	—	—	—	—	—	1	1.5	—	1	1.5	2	
6.25	5	—	—	—	1	1	2	2	1	2	2	3	1
9.4	7.5	—	—	—	2	1.5	2	3	2	2	3	5	2
12.5	10.0	—	—	—	2	1.5	3	5	2	3	5	7.5	2
18.7	15	—	—	1	3	3	5	5	3	3	5	10.5	3
25.0	20	—	—	1.5	5	3	5	10	5	5	10	15	5
31.3	25	1	1.5	2	5	5	7.5	10	5	7.5	12.5	15	5
37.5	30	1	1.5	2	7.5	5	10	15	7.5	10	15	20	7.5
50	40	1.5	2	3	10	7.5	12.5	20	10	15.5	20	30	10
62.5	50	2	3	3	12.5	10	15	25	12.5	15	25	30	12.5
75	60	2	3	5	15	12.5	20	25	15	20	30	40	15
93.5	75	3	5	5	20	15	20	30	20	25	30	50	20
125	100	5	5	7.5	25	20	30	40	25	30	50	75	25
156	125	5	7.5	10	30	25	40	60	30	40	50	75	30
187	150	5	7.5	12.5	40	30	50	75	40	50	75	100	40

TABLA 2. CORRIENTE Y POTENCIA APROX. QUE TOMAN LOS MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA.								
	CARGA DURANTE EL TRABAJO.				CARGA EN EL ARRANQUE A VOLTAJE COMPLETO			
POTENCIA EN HP	KVA A PLENA CARGA	KVA A PLENA CARGA	AMPERES A PLENA CARGA MOTOR MONOFASICO	AMPERES A PLENA CARGA MOTOR TRIFASICO	MOTOR MONOFASICO TIPO DE DOS FASES O TRIFASICO		MOTOR TRIFASICO TIPO DE JAULA DE ARDILLA, TIPO DE DOS FASES	
					KVA.	AMPER.	KVA.	AMPER.
1/2	.8	.8	3.0	2.1	2.4	12.5		
1	1.0	1.4	5.5	3.7	4.5	20	7.7	20
2	1.9	2.4	11.0	6.3	9.0	41	12.8	33
3	2.6	3.7	17.0	9.7	13.5	66	17.0	46
5	4.5	6.0	27	15.4	20.0	90	26.5	70
7 1/2	6.4	9.1	37	21	30.0	140	43.	115
10	8.9	11.0	50	29	37.0	167	55	144
15	13.0	16.0		39			83	220
20	17.8	20.0		52			110	290
25	21.4	24.5		64			135	355
30	25.8	29.0		78			160	480
40	33.6	38.4		103			217	570
50	46.2	47.9		128			264	690
60	50.0	55.3		156			320	850
75	62.5	71.0		188			390	1020
100	83.0	95.0		244			511	1340

NOTA. LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA 2. SON PARA 220V. PARA 110V. LOS AMPERES SERAN EL DOBLE Y PARA 440V. SERAN LA MITAD DE LOS INDICADOS.

	FORMULO:	Vo. Bo. DEPTO.	APROBO:
Lic. Ing.	Ing. Operación.		Ing. Director Técnico

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería · unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

INSTALACIONES ESPECIALES

ING. PABLO ZAPIAN LECHUGA

3 / NOVIEMBRE DE 1979

Ing. Pablo Zapiain Lechuga.

INSTALACIONES ELECTRICAS ESPECIALES

INTRODUCCION :

El fin último de toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Estas metas solo pueden alcanzarse mediante el equilibrio de todos los componentes, sistemas y subsistemas que integran el conjunto y lo hacen funcional y económico a lo largo de su vida útil.

Los sistemas de "comunicaciones audio visuales", (así denominados en forma genérica) forman parte de ese conjunto y deben planearse oportunamente con una adecuada visión del futuro, habida cuenta de la natural variación y expansión de demandas y necesidades, y del acelerado progreso tecnológico que estamos viviendo.

En esta sesión, habrémos de cubrir los aspectos básicos de planeación y construcción de las instalaciones de este tipo, que con mayor frecuencia se presentan en los edificios, cuya importancia no puede soslayarse ya que constituyen los "sentidos" que permiten la operación eficaz del conjunto.

Cubriremos:

1.- Instalaciones de Comunicación:

a) Telefónicas y de Intercomunicación
b) Electroacusticas (sonorización)
c) de Televisión en C. Cerrado
d) de señalización

2.- Alarmas

a) Contra Incendio
b) Contra Robos.

1.- Instalaciones de Comunicación:

Consideraciones Generales

En primera instancia y de acuerdo con la dirección del -- proyecto, debe procederse a la definición de las necesida - des presentes y futuras para todos los tipos de instalación que pueden intervenir, a fin de no incurrir en duplicida- des u omisiones.

En muchos casos el estudio integral de necesidades, puede mostrar que es posible resolver conjuntamente las insta - laciones de teléfonos e intercomunicación ya que ambos - en esencia son para intercomunicación, y se diferencían- solamente en que las primeras, tradicionalmente se han - conceptuado como instalaciones para comunicación exter- na al edificio o unidad física y las segundas como instala- ciones solo para servicio interior.

La realidad es que en muchas ocasiones, ambos servicios pueden resolverse con un solo sistema.

En otras ocasiones, es indispensable mezclar o interconec- tar sistemas de intercomunicación interna con electroacús ticos para voceo, o con circuitos de televisión, etc.

En otras palabras, es cada día más cierto que los sistemas de comunicación, alarma y control deben ser diseñados y ejecutados integramente para cada caso específico y que en un futuro próximo deberemos tratar con sistemas centra- lizados y posiblemente computarizados.

En nuestro medio aún existe una gran resistencia a estas soluciones integrales, debido a la intervención casi obliga da de diversas empresas proveedoras, constructoras, y - operadoras de los sitemas que por razones de conveniencia o limitación técnica no facilitan las soluciones y en - torpecen con normas rígidas la posibilidad de mejores so- luciones. Estas limitaciones solo se evitan cuando el - -

director del proyecto cuenta con conocimientos técnicos y reglamentarios suficientemente amplios que lo revistan de la capacidad negociadora necesaria para lograr las mejores soluciones.

Dado que se trata de resolver integralmente, se deben determinar en esa forma, las necesidades y alcances de los servicios, para posteriormente proceder a estudiar las soluciones aplicables.

La determinación correcta de las necesidades significa conocer: Uso del edificio, usos específicos por áreas, densidad de población fija y flotante, tipo de servicio que prestará cada área o dependencia, condiciones restrictivas y de seguridad, áreas de alto riesgo, etc.

Con ese conocimiento, y en función de los programas arquitectónicos definidos, y del esquema orgánico de la empresa o entidad, se prepara un cuestionario o matriz que permita consignar las necesidades de cada área. (ejemplo).

		COMUNICACIONES				ALARMAS		
AREA	Sup. M2.	Ext.	Inter.	Sonido	CCTV	Robo	Incand.	Observs
1) Direc. Gral.	100	21	1 VA	FM	Monit	si	si	
Secretaria	30	25	- -	FM		--	--	
Auxiliar	20	1E	1 VA	- -		--	--	
2) Ofna. Admva.	50	1E	1 VA	FM	CAM.	--	--	
Caja	20	1E1L	- -	- -		si	si	
Contab.	200	5E1L	- -	- -		si	si	
3) Depto. Téc.	30	1L1E	1 VA	Mic	Cam.	--	--	
Of. A1	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	
Of. A2	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	
Of. A3	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	

Esta matriz, debidamente diseñada con sus claves, sus observaciones y notas, permitirá pasar mediante diagramas simples de flechas, bloque etc., a la solución más funcional de los sistemas.

De esas soluciones esquemáticas, se procedería a preparar planos preliminares en los que deben ubicarse con la simbología respectiva, todos los servicios requeridos, procediendo a la proposición de trayectorías de canalización y distribución más funcionales, de acuerdo con las normas generales siguientes:

1.- La distribución debe hacerse en forma escalonada y radial. Cada punto extremo de distribución, no debe exceder de 10 servicios, en el caso de servicios telefónicos.

2.- La canalización se origina en el sitio elegido para la concentración de los servicios, o sea en el "distribuidor", y de aquí se ramifica al o los edificios y sale hacia el exterior para hacer el enlace correspondiente.

3.- Para servicios telefónicos, y preferentemente en todos los tipos de instalaciones, deben existir siempre en las instalaciones primarias de distribución doble capacidad de canalización, de manera tal que siempre sea posible y expedita la introducción de cables para sustitución de otros dañados. De hecho en algunos casos debe dejarse una doble tubería.

CANALIZACIONES INTERIORES

Los diámetros mínimos a emplear en canalizaciones de tipo telefónico, son:

En tuberias horizontales secundarias:

1 a 2 pares	13 mm.
3 a 6 pares	19 mm.
7 a 10 pares	25 mm.

cuando se estime que en estas mismas canalizaciones deberán introducirse líneas para servicios intersecretariales, es indispensable que las tuberias sean de 25 mm. o de 32 mm.

En tuberias primarias verticales u horizontales, cuya función es interconectar registros de distribución, los diámetros mínimos deben ser:

10 - 30 pares	25 mm.
40 - 50 pares	32 mm.
70 - 80 pares	38 mm.
100 - 150 pares	50 mm.
200 - 300 pares	76 mm.

Los registros de muro y según sus dimensiones y aplicación, se clasifican como sigue, y deben ser robustos (lámina Núm. 18 USG) con puertas embisagradas, cierre sencillo y con fondo de madera de 1.5 cms. de espesor; para la colocación de terminales.

DIMENSIONES (cms.)	USO EN LINEAS DE TIPO	NUM. DE PARES EN PLINTOS	EMPALME
56 x 56 x 13	Principal	80	600
56 x 28 x 13	Principal	40	200
30 x 30 x 13	Secundaria	20	- -
28 x 28 x 13	Secundaria	20	- -
20 x 20 x 13	Secundaria	10	- -
15 x 15 x 13	De paso	10	- -
60 x 60 x 60	Acometidas en	- -	100
80 x 80 x 80	Banquetas	- -	200

NOTA

No deben extenderse tuberias a más de 20 m. sin registros, ni debe hacer más de dos curvas entre registros.
Los registros de muro deben colocarse en áreas públicas a una altura entre 20 y 100 cms. sobre el nivel de piso terminado, para facilitar su acceso y atención.

Ver gráficas (1) al (8) que ilustran soluciones típicas de alimentación y de distribución, construcción de registros y la simbología.

CANALIZACIONES DE RED EXTERIOR O URBANA

Estas se hacen preferentemente bajo banquetas por quedar más accesibles y sujetas a cargas menores. Las cepas se excavan con las profundidades mínimas siguientes:

1, 2 y 4 vías	55 cms. ancho x 100 cms. prof.
6 y 8 vías	75 cms. ancho x 115 cms. prof.
10, 12 y 16 vías	100 cms. ancho x 115 cms. prof.

para lograr un nivel uniforme, a pesar de los cruces de cables, debe referirse la profundidad al nivel del arroyo, y la pendiente de 1% mínimo debe darse hacia los pozos en forma alternada.

En las curvas no deben excederse del 1% de la tangente, y no debe existir más de una entre registros o pozos.

Para librar obstáculos que se encuentren al mismo nivel general de la ducteria, deben profundizarse los registros o pozos correspondientes al tramo y bajar el nivel de todo el tramo uniformemente, respetando la pendiente ya indicada.

La distancia normal entre pozos es de 50 a 110 m, pero no debe exceder esta última.

Los ductos deben asentarse sobre una cama de arena o tierra suave sin piedras de 5 cms. de espesor, previo apisonamiento del fondo de la cepa, para obtener un tendido uniformemente soportado y perfectamente alineado tanto horizontal como verticalmente. Con el auxilio del hilo, se hacen verificaciones en el tramo más largo posible, pero nunca menor de 20 m.

Los ductos deben estar limpios interiormente y se colocan poniendo una pequeña plantilla de mezcla en la junta, posteriormente se juntea la unión con mezcla de cemento.

La correcta alineación se verifica mediante los "bastones", cilindros de madera con regatones de metal de 87 mm. de diámetro y

30 cms. de longuitud que tiene un bastón de madera de 1.35 m. de largo con un tope que asegura su centrado en la junta. Estos "bastones" deben permanecer en la junta hasta terminar su unión con la mezcla de cemento, para asegurar que la unión quede limpia.

Al terminar un tramo de canalización, se verifica la continuidad de cada vía mediante un "cilindro mensajero" fabricado de tubo de acero de 85 mm. de diámetro y 25 cms. de largo con bordes redondeados, que debe tener argollas en cada extremo. Este cilindro se pasa de pozo a pozo con un cable robusto y debe atarse en ambos lados para el caso de falla del cable.

Los pozos pueden ser de dos, tres o cuatro boquillas y su construcción se ilustra en las gráficas 10, 11 y 12, pudiendo ser necesarios pozos de figura especial que en esencia se desarrollan con el mismo criterio.

Los pozos como se indica en la gráfica 10 pueden ser de tres tamaños y su uso es en función del número de vías que recibe:

Chico:	2 vías
Mediano:	4 a 8 vías
Grande:	más de 8 vías.

CABLEADOS TELEFONICOS:

Esta clase de cableados se aplican tanto en las instalaciones telefónicas como en una gran mayoría de las de intercomunicación.

De hecho, desde el punto de vista técnico todo sistema que use conmutación y receptores transmisores que operan bajo principios de telefonía es un sistema telefónico. Existen en el mercado numerosos equipos que incorporan circuitos electrónicos, como son amplificadores, filtros, bloqueadores etc., estos también se enlazan mediante cableados del tipo telefónico.

Los cableados pueden ser expuestos o visibles o bien ocultos, por tanto se cuenta con cables cuya construcción es diferente entre si y ad-hoc al servicio que deben prestar.

Los tipos más usuales son :

EKI — Con forro de PVC gris, para usos interior en edificios, en canalizaciones y eventualmente expuesto, su construcción es multifilar de -- alambres aislados con PVC, arreglados en pares identificables, en calibre 26 AWG (0.40 mm), en 10, 20, 30, 50, 70 y 100 pares.

EKE — Con forros de polietileno negro, para uso en exteriores y de mismas características de construcción eléctricas que el EKI, pero también - se construye en calibre 24 AWG (0.51 mm) en 150, 200 y 300 pares.

EKD — Es un cable con aislamiento de PVC y forro - de plomo, para usos especiales (entre planta y distribuidor en centrales) y se fabrica en - 100, 200 y 300 pares calibre 26 AWG.

ASP — Es un cable similar al EKE, con un cable de acero integrado al forro que sirve para soportarlo en líneas aereas. Se construye en calibre 26 AWG de 10 a 100 pares, en calibre 24 de 10 a 50 pares y en calibre 22 de 10 a 50 pares.

El código de colores para identificación y la -- construcción, se ilustra en la gráfica (9).

La instalación de cables telefónicos debe hacerse con gran cuidado, evitando fricciones y tensiones excesivas que pueden deteriorar el forro o romper hilos, esta es la razón por la que - las canalizaciones siempre parecen exageradas.

En la distribución, se usan los cables multipares para líneas principales en las que el número de servicios a conducir lo justifica, en la distribución de servicios a los aparatos individuales, se utiliza: un conductor torzal en 2 ó 3 hilos calibre 22 AWG denominado "Jumper" para tuberias conduit o bien un cordón paralelo de 2 ó 3 hilos cuando se trata de instalaciones expuestas o murales.

En los registros generales a que ya hemos hecho referencia, se instalan tablillas terminales denomiadas PLINTOS que cuentan con una pata posterior para soldar y dos tornillos frontales para puentear. En estos plintos se lleva a cabo la distribución por áreas y permiten hacer las pruebas de líneas.

CANALIZACIONES PARA OTRAS INSTALACIONES ESPECIALES

En el caso de instalaciones para sonido, T.V. alarmas, etc., no existen normas de canalización definidas, pero los criterios a seguir son consistentes con los ya expuestos:

1) Debe asegurarse la protección del cable o conductor alojado.
2) Debe permitir la fácil introducción o extracción sin que sufra daños.
3) Debe ser estanco a la humedad, polvo, roedores etc.
4) La instalación debe resolverse tomando en cuenta los riesgos a que está expuesta la canalización, como son cargas mecanicas, golpes, inducción electromagnética etc.
5) Cuando se tiene duda razonable de la compatibilidad de instalaciones, o por otra causa, la consulta al especialista es indispensable.
6) Deben evitarse las trayectorias tortuosas y poco claras y los registros deben ser sólidos, amplios y accesibles ya que todas las instalaciones especiales requieren algun tipo de accesorios en los registros -

además de las tablillas de terminales, como son: derivadores, amplificadores, transformadores de impedancia, relevadores auxiliares etc.

7) El dimensionamiento debe hacerse con el conocimiento de los diversos tipos de cables que se emplean.

INSTALACIONES DE SONIDO O ELECTROACUSTICAS

Determinación del objetivo del sistema y fijación de necesidades.

Un sistema de sonido Comercial, es aquel que se aplica en Instituciones como Hoteles, Restaurantes, Bares, Hospitales, Edificios de Oficinas, etc., cuyos objetivos primordiales son:

I Música de Fondo
II Llamadas a Personal (Voceo)
III Ambos

De lo anterior se puede concluir que el sistema no requiere -- forzosamente Alta Fidelidad, por lo que es mas que suficiente - contar con un equipo capaz de reproducir audio frecuencias del orden de 45 a 14000 hertz con menos de 1% de distorsión total, a un nivel normal de operación.

Un Equipo Comercial, debe ser sencillo dentro de lo posible, para que su operación y mantenimiento sean relativamente simples en función del personal disponible, y debe ser robusto ya que por lo general opera entre 8 y 16 horas diarias continuas y eventualmente recibe tratos inconvenientes.

Por lo general, los sistemas no son tan simples como en ocasiones parecen y deben resolverse en función de las condiciones - de operación por zonas como son.

No todas las áreas requieren el mismo horario de servicios, por lo que deben preveerse canales o interruptores para manejarlos independientemente.

Es posible que se requieran programas musicales o voceo diferentes en cada zona, lo que obliga a preveer amplificadores separados.

Cuando en cierta área se requieren ambos servicios, es importante decidir si el voceo se superpondrá a la música de fondo a un nivel mayor, o si al efectuar llamadas, deberá cortarse la música de fondo para dar mayor inteligibilidad a las palabras, en este último caso se requerirá un dispositivo automático de corte, actuado mediante el botón operador del micrófono de voceo.

La práctica usual en un sistema comercial con más de 10 bocinas, (por decir una cifra) es distribuir la salida de audio, mediante el sistema de voltaje constante, (70 ó 100 volts.) salida de la que están dotados los amplificadores comerciales. Esto permite evitar complicadas conexiones serie-paralelo entre las bocinas, para igualar impedancias entre el amplificador y estas.

En el sistema de voltaje constante, la conexión de bocinas se hace en paralelo aplicando transformadores de línea (primario a 70/100 V y secundario en 4, 8 ó 16 ohms) y esto simplifica enormemente los alambrados.

No obstante siempre es posible que un transformador o un ramal de la línea pueda sufrir un "corto circuito", esto conduciría a que gran parte de la energía de salida del amplificador, se perdería y el volúmen de todas las bocinas conectadas a éste se anularía. Como es de comprenderse es muy difícil determinar cual transformador se puso en "corto circuito" o a qué ramal ocurrió este, por ello es definitivamente necesario dividir el sistema en circuitos razonados que terminados en tablillas de conexión o en un tablero de interruptores, permitan detectar fácilmente la falla y aislarla sin afectar todo el sistema.

Adicionalmente en locales cuyas condiciones acústicas son críticas, como son, iglesias, auditorios, gimnasios, etc., es necesario contar con circuitos de bocinas, arreglados en tal forma, que sean suceptibles de poner en operación solamente -

aquellas bocinas que sirven a las zonas ocupadas por el público, a fin de eliminar al máximo los problemas de reverberación.

SELECCION DE EQUIPO

Clasificación de Bocinas y Cajas Acústicas (Baffles), según su construcción y servicio:

Servicio Interior	Baffle sencillo (1 bocina) Columna Sonora (varias)
Servicio Exterior	Columna Sonora Trompeta Reentrante

Se indicó que la respuesta ideal sería entre 45 y 14000 hertz, esto dependerá de las características constructivas de la bocina como son diámetro del cono, diámetro de la bobina de voz, relación entre los anteriores diámetros, densidad del flujo magnético del imán permanente, etc., en realidad depende de aplicar una bocina de buena calidad y buen diseño, lo que se podrá lograr si se recurre a fabricantes de prestigio y se revisan especificaciones mínimas.

Desde luego adicionalmente a la bocina empleada, es definitiva la influencia del baffle o caja acústica, desgraciadamente los baffles más eficientes resultan extremadamente voluminosos y no son aplicables en la generalidad de las instalaciones, esto obliga a emplear baffles de dimensiones limitadas por las condiciones de instalación, lo que tiene como consecuencia una reducción importante en la eficiencia del conjunto, y significa que se deberán usar bocinas con una potencia de salida de aproximadamente 5 veces mayor que la potencia acústica necesaria.

En el caso particular de emplear trompetas reentrantes, por su construcción se debe aceptar una respuesta de frecuencias del orden de 160-9000 hertz, que no es apropiada para reproducciones musicales pero adecuada para voceo.

La construcción de la caja acústica, independientemente del aspecto estético, debe ser robusta y con sus partes rígidamente unidas, de lo contrario se tendrán vibraciones indeseables.

Para el cálculo de potencia se deben considerar varios aspectos interdependientes que son:

La Bocina propiamente dicha.
El Baffle o Caja Acústica aplicada
Nivel de Ruido Ambiente

En relación con la bocina propiamente dicha, la potencia indicada por el fabricante, es la potencia nominal, lo que significa potencia neta de consumo de la bocina, que se denomina "Potencia de Audio" cuya unidad es el audio-watt.

Como se comprenderá, no toda esta potencia se transformará en "Potencia Acústica" que es aquella potencia transmitida al aire a frecuencias audibles, ya que dependerá de la eficiencia de la bocina, que es del orden de 5 a 15%.

Adicionalmente se deberá tomar en cuenta la caja acústica, que como se mencionó anteriormente también acarrea pérdidas.

A partir de las consideraciones aquí hechas, y del nivel del ruido ambiente, se han preparado las siguientes fórmulas empíricas aplicables, para obtener Pt ="Potencia Nominal" en watts del total de bocinas necesarias.

Para Servicio Interior : (Baffles convencionales o columnas sonoras).

$$Pt = \frac{KV}{100}$$

en que:

V = Volúmen del local en m3
K = Constante que vale :

5 para ruido ambiente bajo
8 para ruido ambiente medio
12 para ruido ambiente alto

Potencia por bocina: $\frac{Pt}{\text{Núm. de bocinas}}$

La distancia entre bocinas para lograr la mejor distribución se obtiene aproximadamente como sigue:

$$D = 2.4 (H - 1.5)$$

en que : D = Separación entre bocinas en M

H = Altura del local en M.

Para servicio exterior :

Usando Trompetas Reentrantes se tiene:

Pt60 = 0.4 D . Trompeta con radiación a 60°

Pt30 = 0.2 D Trompeta con radiación a 30°

en que :

D = Distancia en metros al oyente intermedio. (profundidad)

P = Potencia nominal de cada Trompeta en watts.

En cuanto al Núm. de trompetas a utilizar, se obtiene

$$N60 = \frac{F}{1.16\ D} \qquad y \qquad N30 = \frac{F}{0.54\ D}$$

en que:

F = Frente en metros que se pretende cubrir.

Cuando se usan trompetas, se debe considerar y muy especialmente cuando se aplican con radiación a 30°, que deben estar a cierta distancia del oyente más próximo, para evitar que este reciba demasiada intensidad, esto se resuelve elevando la trompeta sobre el nivel del auditorio, e inclinándola adecuadamente, con una tendencia a obtener una distancia uniforme con respecto a todo el auditorio. Esto es algo muy parecido a la forma en que se aplica un reflector de alumbrado.

La trompeta reentrante se debe usar cuando se trata de obtener gran penetración, o sea lograr alcances grandes.

También es aplicable con niveles altos de ruido ambiente a corta distancia.

Cuando se aplican columnas sonoras.

Se tiene que:

$$Pt = 0.8\ D$$

y

$$N = \frac{F}{2\ D}$$

El montaje de una columna, debe ser relativamente bajo y dirigido, ya que la radiación es aproximadamente de 130° en ángulo horizontal y 40° en ángulo vertical.

Adicionalmente, la columna no posee gran penetración, por lo que no se recomienda para cubrir distancias mayores de 30 m.

Al seleccionar una columna, se deben verificar ciertas condiciones como son:

- Las bocinas que la constituyen deben quedar lo más próximas posibles entre sí.
- Gabinete rígido que no vibre.
- Acabado adecuado para el uso, especialmente para intemperie, en que debe soportar lluvias, polvo, etc.

Faseado de Bocinas:

Para aclarar este concepto, debemos considerar, que el sonido es una vibración que se trasmite al medio ambiente y que como toda onda vibratoria tiene máximas y mínimas. Esto nos hace pensar en lo que sucedería si en un instante dado una bocina emitiera un impulso positivo, en tanto que otra dentro del mismo local emitiera un impulso negativo. Obviamente se estarían contrarrestando y esto es totalmente indeseable, de aquí la necesidad de conectar todas las bocinas con idéntica polaridad. Esta operación se llama "Faseado de Bocinas".

En otras ocasiones es por el contrario, deseable que operen en oposición, como cuando se han instalado frente a frente.

CONTROLES DE VOLUMEN Y SELECTORES

Controles de Volúmen:

En muchas ocasiones, es necesario controlar el volúmen de sonido por áreas o locales individuales, ya que las características entre ellos en cuanto a personal que los ocupa, acústica del local, etc., presentan un panorama demasiado heterogeneo para

admitir un control de volúmen central. Esto se resuelve mediante la aplicación de controles de volúmen, que en esencia son potenciómetros que gobiernan la entrada de energía a la bocina.

La forma de aplicarlos puede ser variada, y en ocasiones se torna compleja, por lo que solamente mencionaré aplicaciones típicas.

El control puede instalarse:

a) En la caja acústica misma con operación interna o externa en función de si el ajuste que se pretende, es eventual o continuo.

b) En algún punto del local para que el usuario controle una o varias bocinas a voluntad.

c) Varios en un tablero de control localizado estratégicamente, para desde ese punto controlar varias áreas públicas.

El control deberá ser capaz de manejar la potencia que demandarán las bocinas controladas. Esta potencia se especifica en watts, pero debe tomarse en cuenta que se refiere a watts continuos o sea valor RMS que es el caso del audio.

Normalmente es aceptable aplicar un potenciómetro, por ejemplo de 4 watts para el manejo de 4 bocinas de 5 watts sin problemas.

De ser de la. calidad, tipo de alambre, robusto y con una buena solución mecánica, ya que es un dispositivo de uso continuo y diario en muchos casos.

Resistencia Ohmica:

El valor debe seleccionarse a partir del número de controles en Paralelo conectados a un mismo amplificador, ya que significarán carga.

Este cálculo es de vital importancia, ya que de quedar corto el valor, habrá pérdidas enormes de energía endetrimento del amplificador y de la eficiencia del sistema y de quedar excedido en el valor, no se tendrá control sobre las bocinas.

En concreto, lo ideal será igualar al máximo la impedancia del circuito con la del amplificador que lo alimenta.

Para lograrlo es necesario efectuar un cálculo de circuitos en paralelo a partir de la impedancia de salida del amplificador.

En sistemas a voltaje constante (70 volts ó 100 volts) es aplicable la siguiente fórmula empírica:

$$Rp = \frac{NpZ}{4}$$

En que:

Rp = Resistencia del potenciómetro en ohms.
Np = Número de potenciómetros.
Z = Impedancia de salida del amplificador en ohms . (varía entre 90 y 120 ohms).

INSTALACIONES DE T.V. CIRCUITO CERRADO

Su diseño y construcción pueden ser de muy variable complejidad en función del servicio que se pretende deban prestar y de la dimensión del sistema.

Las aplicaciones usuales son: vigilancia, supervisión industrial, educación, publicidad, información etc.

Estos sistemas estan constituidos básicamente de cámaras que generan las señales de video y las de audio que en ocasiones se incorporan, y de una unidad receptora ligados por un cable coaxial, de no más de 300 m. Si se pretendiera aumentar la distancia o bien incrementar los receptores o monitores, tendrían que usarse amplificadores para compensar las pérdidas en la señal.

Pueden tenerse sistemas complejos con varias cámaras y receptores, conmutación, audio y video combinados etc., ser blanco y negro o color, y de muy diversas cualidades según el caso.

También es común tener accesorios especiales, como monitaje de control remoto en movimiento horizontal y vertical, rotario o de translación.

Todo lo anterior requiere una cuidadosa planeación por el especialista y de ella habrán de derivarse las preparaciones que deben dejarse en el edificio, canalizaciones, sistemas eléctricos de control, apoyos, tierras, protecciones, cabinas de control etc.

SEÑALIZACION E INFORMACION

En una gran cantidad de instalaciones en edificios las instalaciones de señalización son de importancia, por ejemplo:

Tiendas de Departamentos: Requieren llamadas audio visuales para personal ejecutivo o administrativo cuya ubicación física no es permanente dentro del edificio.

Aeropuertos: Requieren el mismo servicio citado, más los sistemas de información al público como son los tableros de vuelos.

Instalaciones Deportivas: Emplean los sistemas citados, más otros para control de eventos, como es el cronometraje.

Como se ha dicho, el oportuno conocimiento de las necesidades y la coordinación cuidadosa con los responsables de estas especialidades, es la única forma de asegurar instalaciones o preparaciones adecuadas que permitan la fácil instalación de cableados y equipos y su conservación.

No es posible entrar en el detalle de estas Instalaciones, pero basta con decir que todas se desarrollan bajo principios más o menos comunes y que utilizan al igual canalizaciones que se rigen con normas parecidas a las ya citadas y utilizan conductores cuyas características se encuentran en los catálogos de cables para telecomunicaciones, para electrónica y para fuerza, con lo que es posible dimensionar las canalizaciones.

Por otra parte, los principios de operación de estos sistemas deben ser conocidos por el instalador a efecto de que este en capacidad de interpretar apropiadamente los proyectos del especialista y auxiliarlo en la solución física del sistema, es decir, en definir trayectorias, localización de registros y controles, tomando en cuenta los posibles problemas de interferencia o incompatibilidad con los otros sistemas que integral el edificio o conjunto.

ALARMAS (Instalaciones de Seguridad)

La función de una alarma, sea contra robo o incendio u otra, es dar aviso de una anormalia y eventualmente poner en servicio dispositivos o sistemas que la supriman.

Para lograrlo, existen un sinúmero de elementos detectores de esa anomalia o falla, los que debidamente seleccionados y localizados e interconectados envían señales a uno o más tableros receptores, en los que dicha señal se interpreta y activa señales audibles y visuales para informar del hecho al personal a

cargo, y también como se dijo; para activar los sistemas restrictores. Estos sistemas también pueden actuar sobre centrales externas al edificio.

Los dispositivos se enlazan a travez de conductores convencionales o especiales, debidamente protegidos por canalizaciones que siempre son independientes de otros sistemas, y la construcción del sistema debe otorgarle gran confiabilidad, tanta que inclusive las fuentes de alimentación son especialmente seleccionadas y a veces duplicadas y con sistemas de apoyo en emergencia.

Los dispositivos detectores más usuales son:

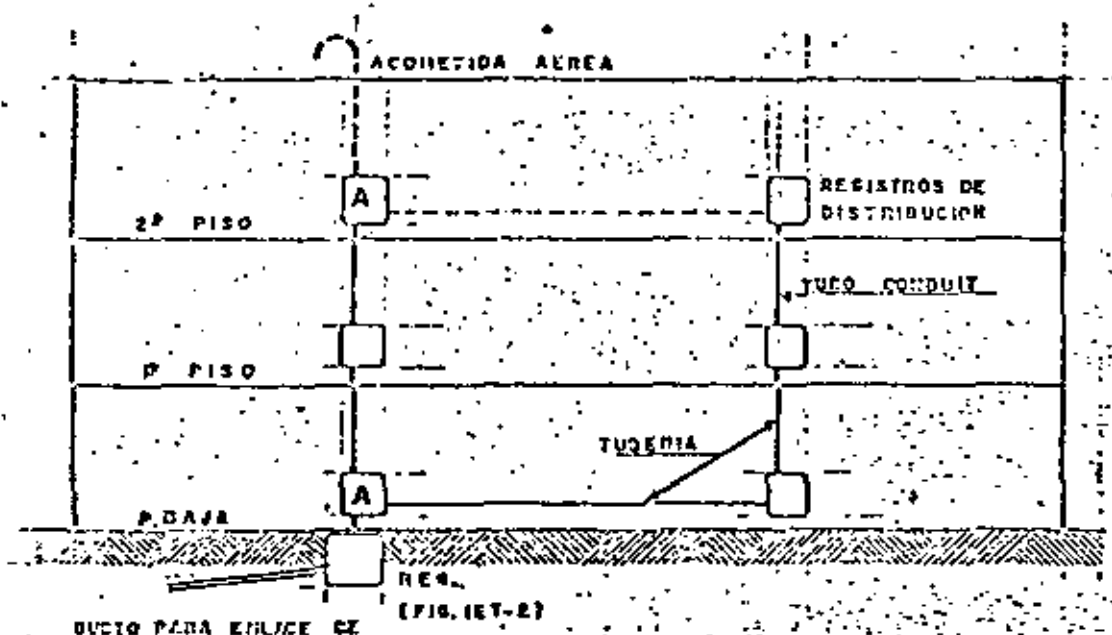
Contra Robo:

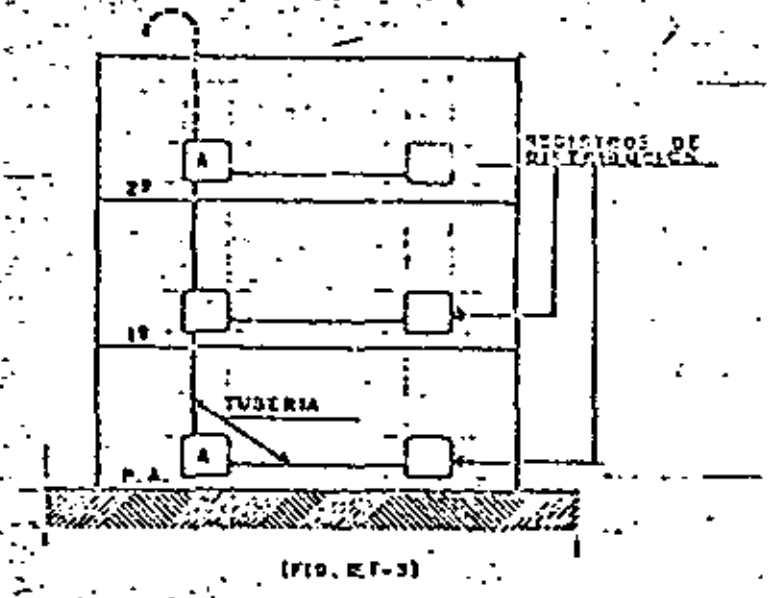
-Electromécanicos con interruptores que se instalan en puertas, ventanas, cercas etc.

-Fotoeléctricos que operan al interrumpirse en haz luminoso, simple o complejo, en luz visible o infrarroja, o bien por alteración de un campo luminoso.
-Ultrasónicos, que operan bajo el principio de que una onda sónica permanente, se altera cuando un objeto se mueve dentro de su campo. (30 khz).
-De Microondas que operan bajo un principio similar, con la única diferencia de que no se apoya en la presión causada por la onda sónica, sino en la deformación de la microonda (10,000 mhz) por efecto Doppler.
-De Proximidad que detectan a una persona u objeto por la variación del campo capacitivo.
-y las alarmas manuales.

Contra Incendio:

-Manuales: Por operador
-Térmicos, que perciben variaciones de temperatura.
-Por Ionización, que perciben los productos de la combustión.





DISPOSICION CORRECTA DE LA PENDIENTE EN DUCTOS
(FIG. IET-1)

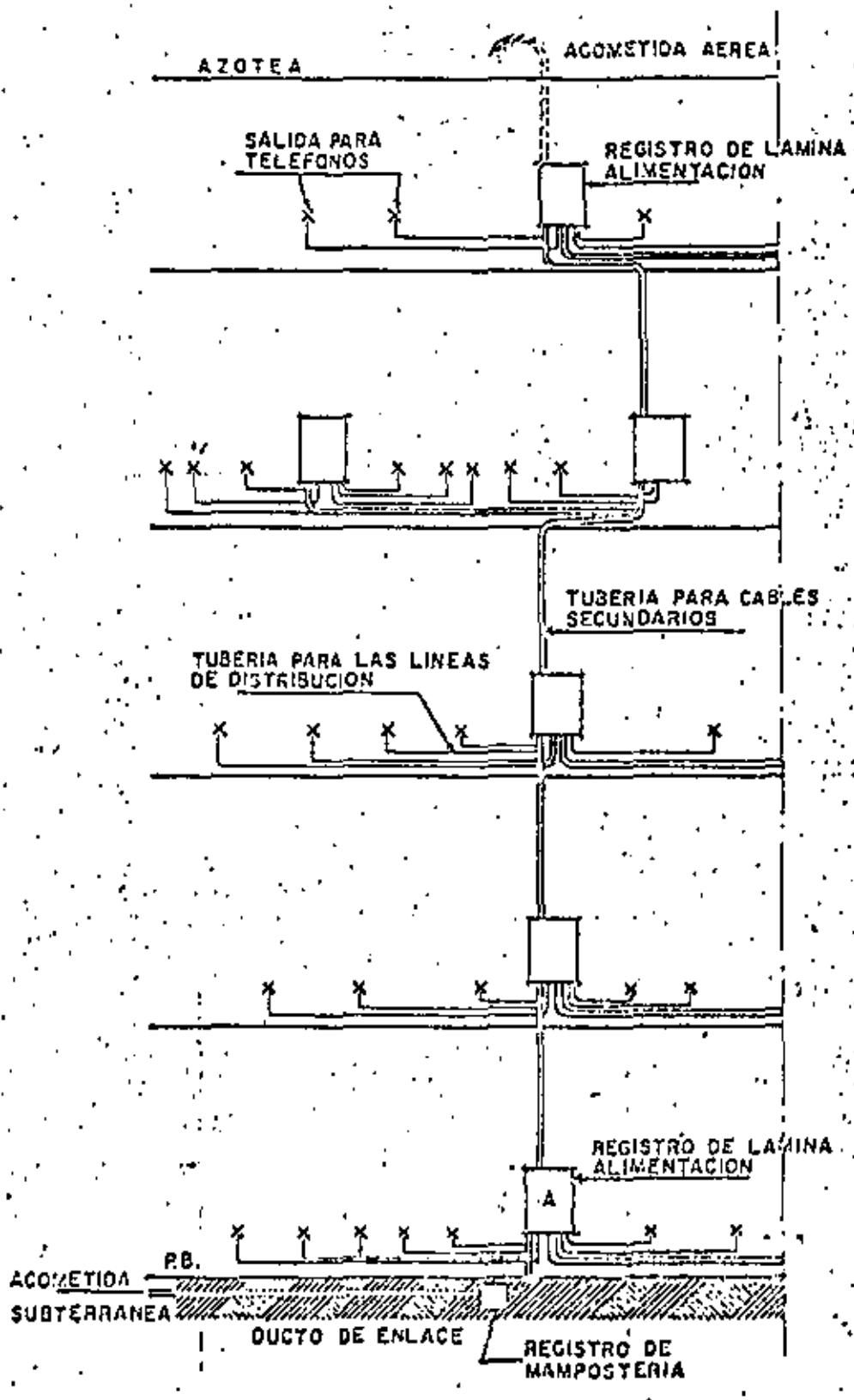
CANALIZACIONES VERTICALES

Nº DE PATOS	DIAMETRO DE TUBERIA
10 - 20	25 MM.
20 - 30	32 "
30 - 40	38 "
40 - 50	50 "
50 - 60	70 "

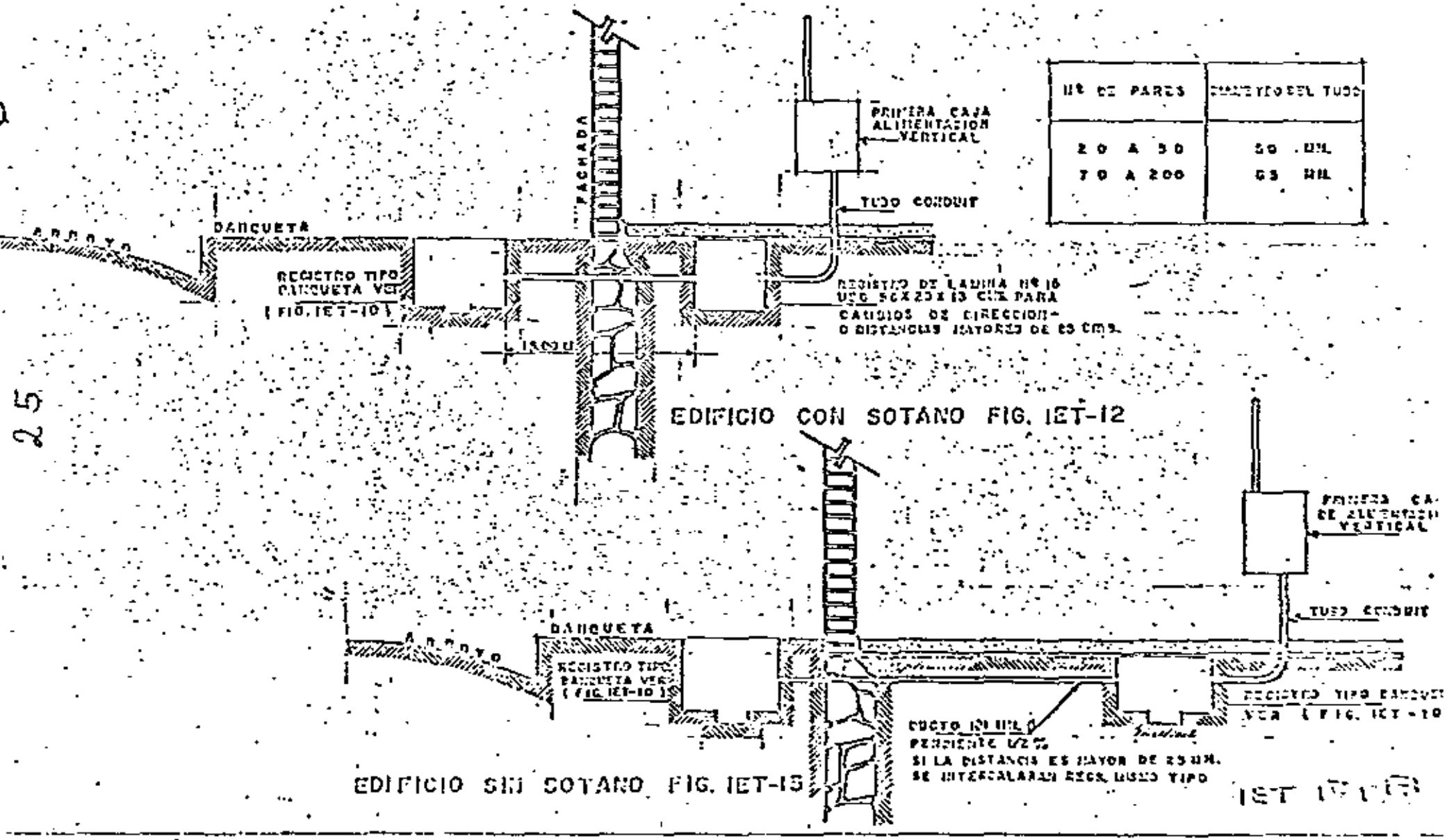
IET- 1, 2

G-1

TUBERIA Y REGISTROS PARA CABLES SECUNDARIOS - DIFERENTES FORMAS DE INSTALACION


AZOTEA
ACOMETIDA AEREA
SALIDA PARA TELEFONOS
REGISTRO DE LAMINA ALIMENTACION
TUBERIA PARA CABLES SECUNDARIOS
TUBERIA PARA LAS LINEAS DE DISTRIBUCION
REGISTRO DE LAMINA ALIMENTACION
A
P.B.
ACOMETIDA SUBTERRANEA
DUCTO DE ENLACE
REGISTRO DE MAMPOSTERIA

(FIG. IET-6)

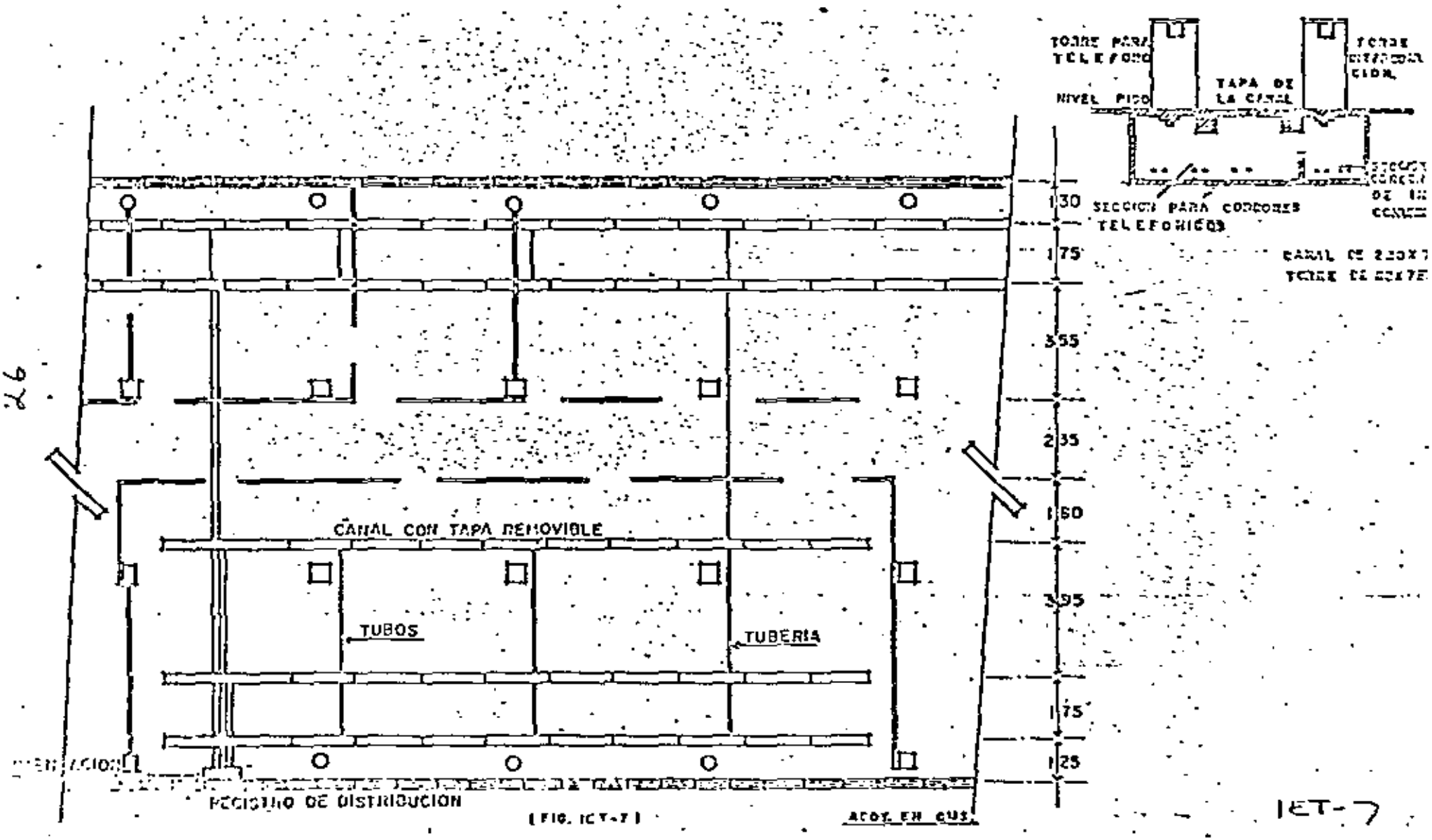


Nº DE PARES	DIAMETRO DEL TUBO
20 A 50	50 MM.
70 A 200	63 MM.

DETALLE DE ACOMETIDA TELEFONICA

G-3

25

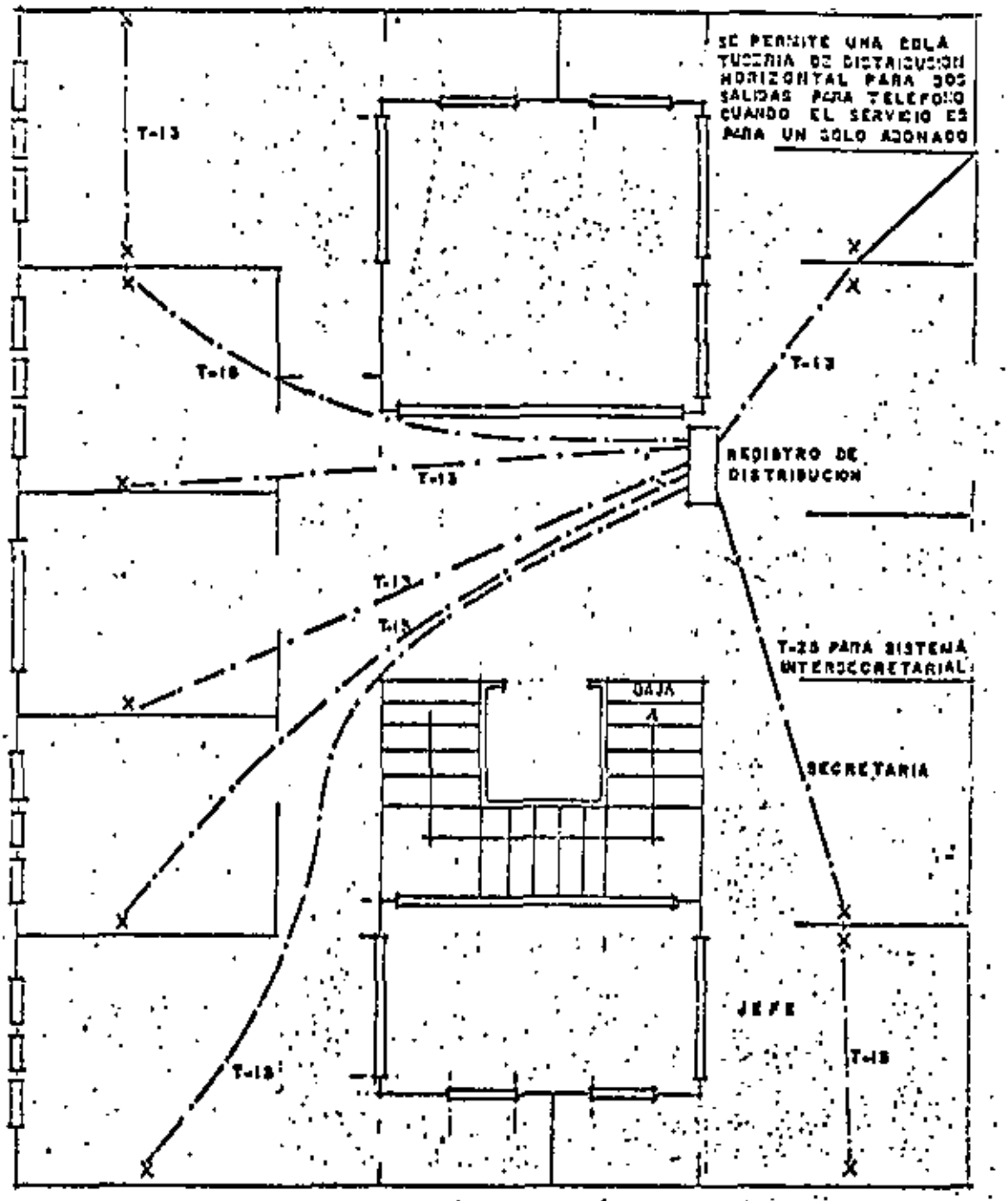


SISTEMAS DE CANALES PARA DISTRIBUCION HORIZONTAL

G-4

26

TUBERIA PARA LINEAS DE DISTRIBUCION HORIZONTAL EN UNA SOLA PLANTA



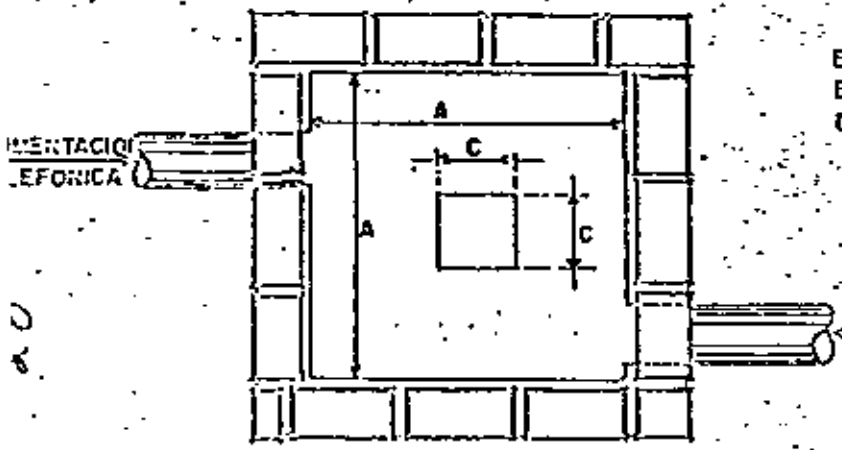
(FIG. IET-6)

CANALIZACIONES HORIZONTALES

Nº DE LINEAS	DIAMETRO DE TUBO
1 - 2	13 MM.
3 - 6	19 "
7 - 8	25 "
9 - 10	32 "

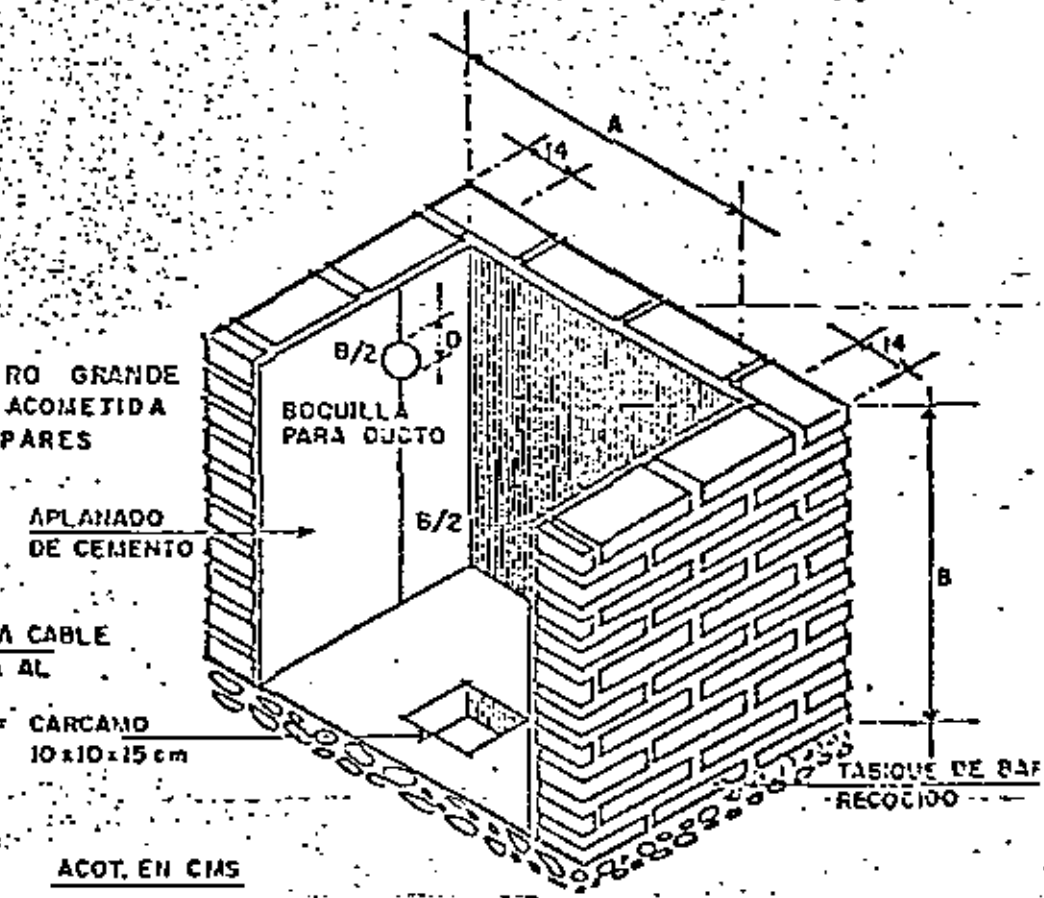
IET. 5

G-5



PLANTA

EL REGISTRO GRANDE ES PARA ACOMETIDA DE 200 PARES



ISOMETRICO

ACOT. EN CMS

REGISTRO	A	B*	C	D	SIMBOLO
CHICO	600	600	200	130	⊠ 1
GRANDE	800	800	200	150	⊠ 2

* LA PROFUNDIDAD "B" PUEDE SER MAYOR DEPENDIENDO DE LA PENDIENTE DEL DUCTO DE ALIMENTACION

USARAN TAPAS INDICADAS EN FIG. IET-11

NOTA.- SE CONSTRUIRA A UNA DISTANCIA DE 30 CMS. DEL PARAMENTO EXTERIOR DE LA CONSTRUCCION

IET-10

DETALLE DE REGISTRO DE MAMPOSTERIA (DE BANQUETA) G-6

Tubería de 19 mm. de diámetro

13 mm.

25 mm.

38 mm.

Tubería hacia arriba o hacia abajo. La tubería se deberá indicar si es por piso losa ó muro y de que material.

Ducto de P.V. ahogado en concreto.

Registro de tabique de (x) dimensiones con pozo de absorción al fondo.

Pozo de visita de concreto armado de (x) dimensiones.

Registro de lámina galvanizada No. 16USG de 28 x 28 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 56 x 28 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 56x 56 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 70 x 56 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (100 pares).

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 100 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (400 pares)

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 150 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (600 pares)

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 80 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (300 pares)

TD Salida para teléfono directo en muro piso.

TE mop	Salida para teléfono extensión de conmutador en piso o muro		Rectificador de corriente.
TS 1 mop	Salida para teléfono directo secretarial piloto en piso o muro.		Banco de baterias.
TS 2 mop	Salida para teléfono directo secretarial superditado en piso o muro.		
TE mop	Salida para teléfono de extensión en piso o muro.		
TP m	Salida para teléfono público en muro.		
E.C.A.	Conmutador automático telefónico tipo (x) y (y) extensiones.		

FIG. 19 - CODIGO DE COLORES PARA IDENTIFICACION DE LOS GRUPOS
(EN CABLES 101, 102, 103 ETC.)

CUENTA DE LOS PARES EN EL GRUPO		NUMERO DEL GRUPO	COLORES DE LOS HILOS QUE IDENTIFICAN AL GRUPO
1	10	1	AZUL
11	20	2	AMARILLO
21	30	3	ROJO
31	40	4	VERDE
41	50	5	NARANJA
51	60	6	BLANCO - AZUL
61	70	7	BLANCO - AMARILLO
71	80	8	BLANCO - ROJO
81	90	9	BLANCO - VERDE
91	100	10	BLANCO - NARANJA
101	110	11	NEGRO - AZUL
111	120	12	NEGRO - AMARILLO
121	130	13	NEGRO - ROJO
131	140	14	NEGRO - VERDE
141	150	15	NEGRO - NARANJA
151	160	16	GRIS - AZUL
161	170	17	GRIS - AMARILLO
171	180	18	GRIS - ROJO
181	190	19	GRIS - VERDE
191	200	20	GRIS - NARANJA
201	210	21	MORADO - AZUL
211	220	22	MORADO - AMARILLO
221	230	23	MORADO - ROJO
231	240	24	MORADO - VERDE
241	250	25	MORADO - NARANJA
251	260	26	MARRON - AZUL
261	270	27	MARRON - AMARILLO
271	280	28	MARRON - ROJO
281	290	29	MARRON - VERDE
291	300	30	MARRON - NARANJA

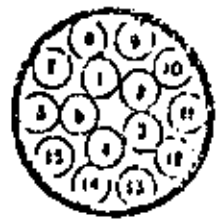
20 PARES
2 GRUPOS DE 10

30 PARES
3 GRUPOS DE 10

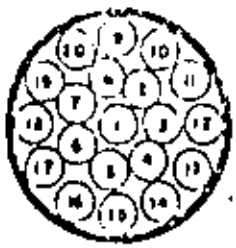
50 PARES
5 GRUPOS DE 10

70 PARES
7 GRUPOS DE 10

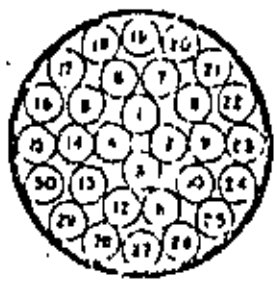
100 PARES
10 GRUPOS DE 10



150 PARES
15 GRUPOS DE 10



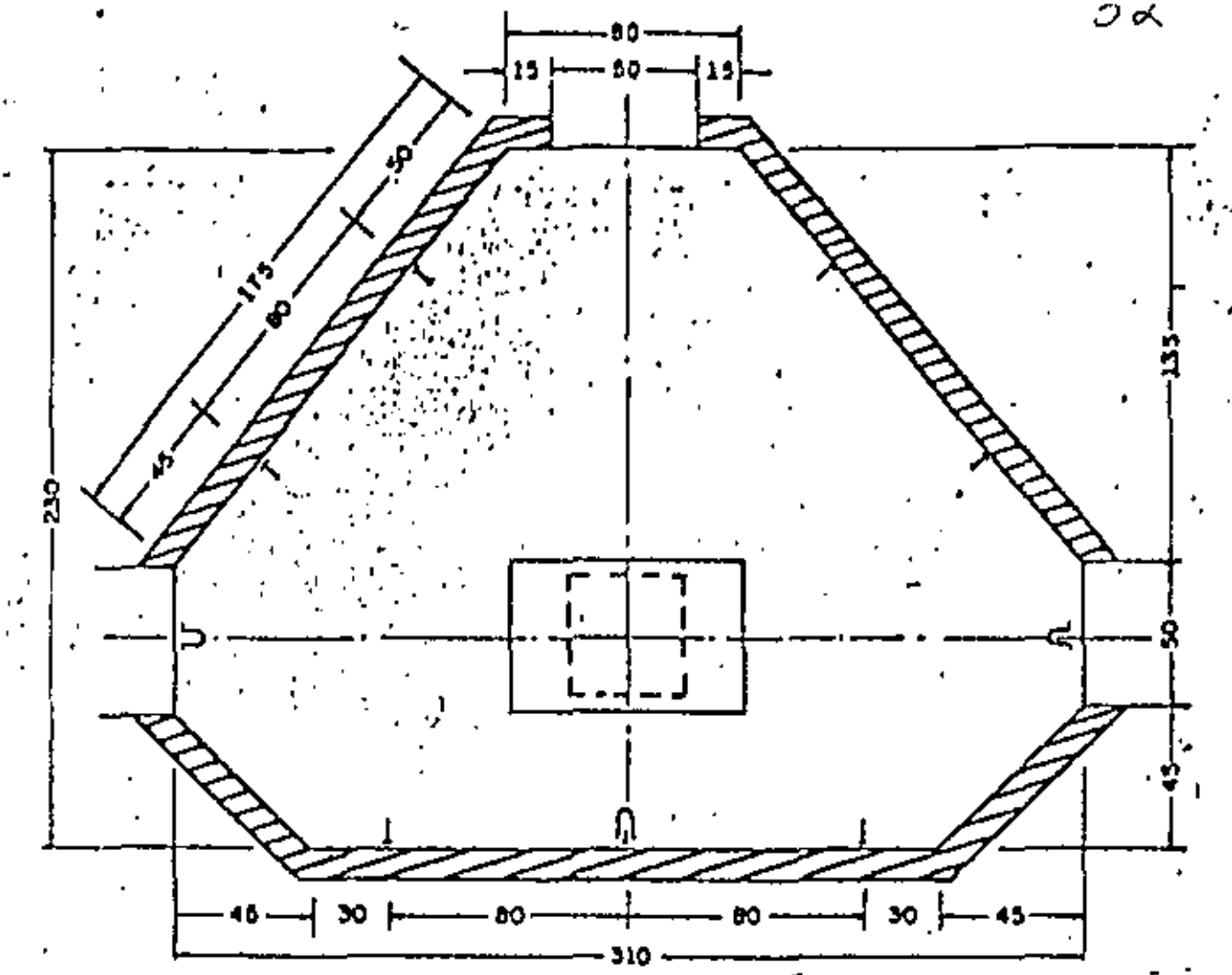
200 PARES
20 GRUPOS DE 10

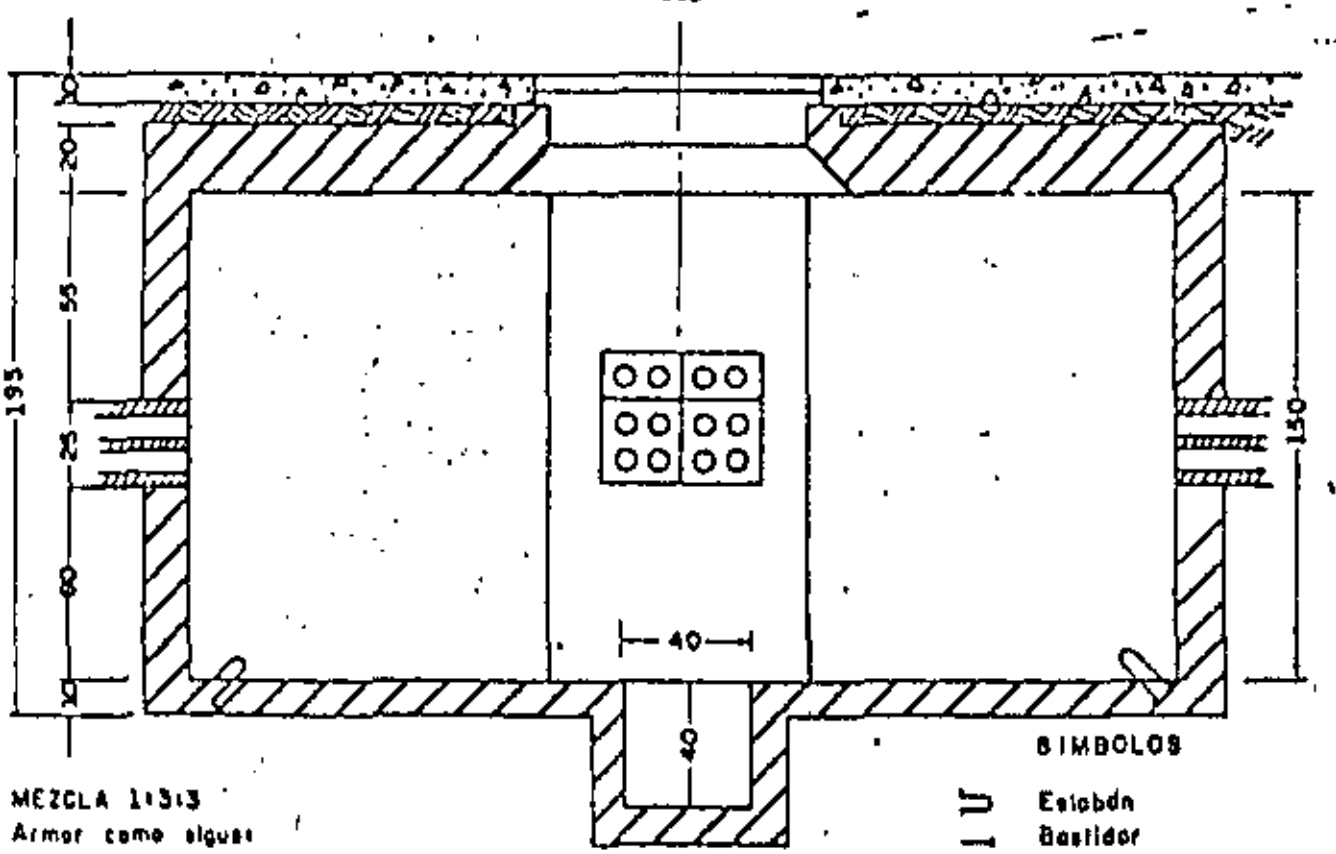


300 PARES
30 GRUPOS DE 10

FIG. 20 - CODIGO DE COLORES PARA IDENTIFICACION DE LOS PARES

PAR	COLORES DEL AISLAMIENTO QUE IDENTIFICAN AL PAR DENTRO DEL GRUPO		
1	BLANCO	Y	AZUL
2	BLANCO	-	AMARILLO
3	BLANCO	-	ROJO
4	BLANCO	-	VERDE
5	BLANCO	-	NARANJA
6	NEGRO	-	AZUL
7	NEGRO	-	AMARILLO
8	NEGRO	-	ROJO
9	NEGRO	-	VERDE
10	NEGRO	-	NARANJA





MEZCLA 1:3:3
Armar como sigue:
Dóvedo 10 x 10 cm. con varilla 1.27 cm.
Paredes 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.
Piso 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

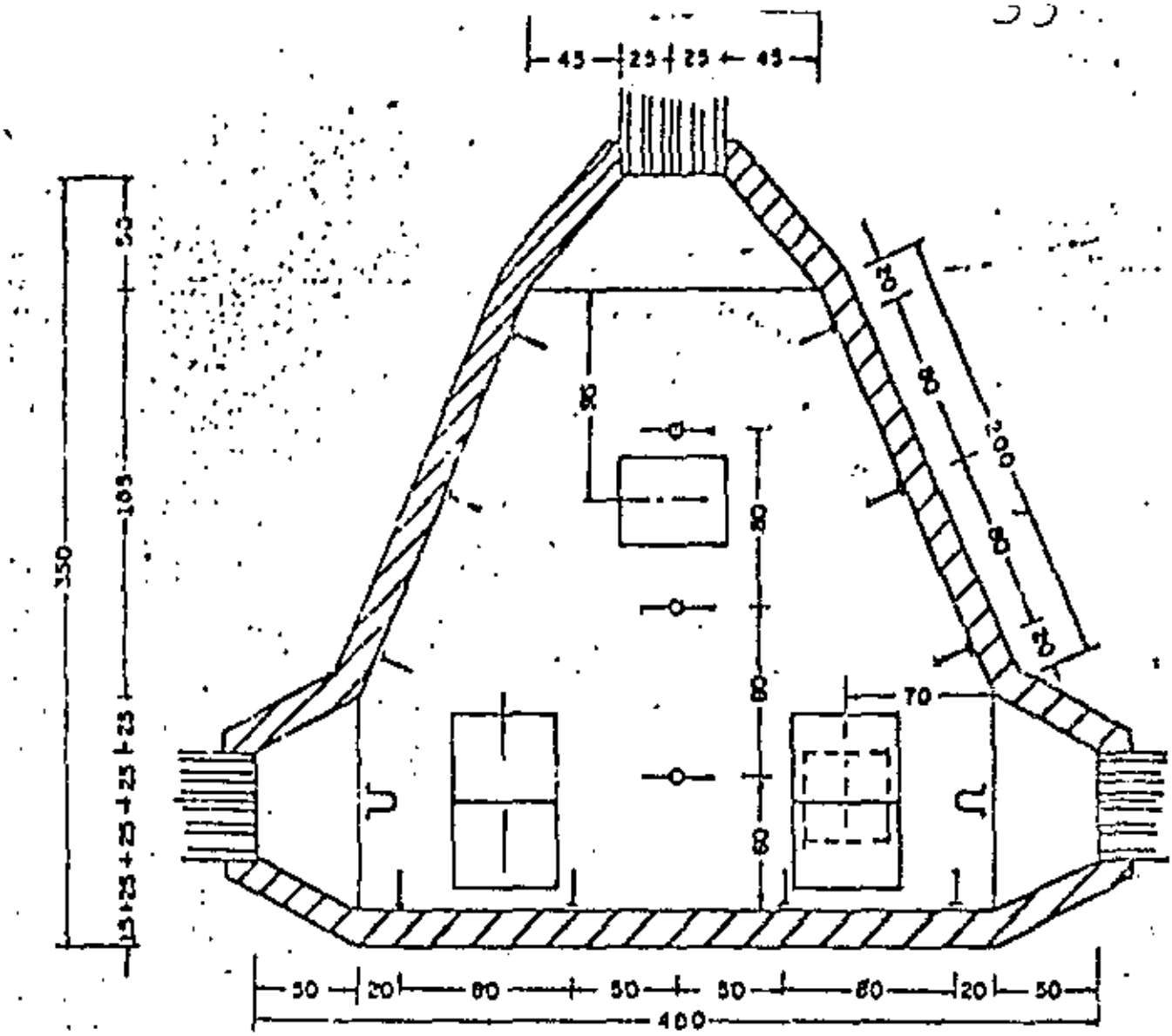
SIMBOLOS

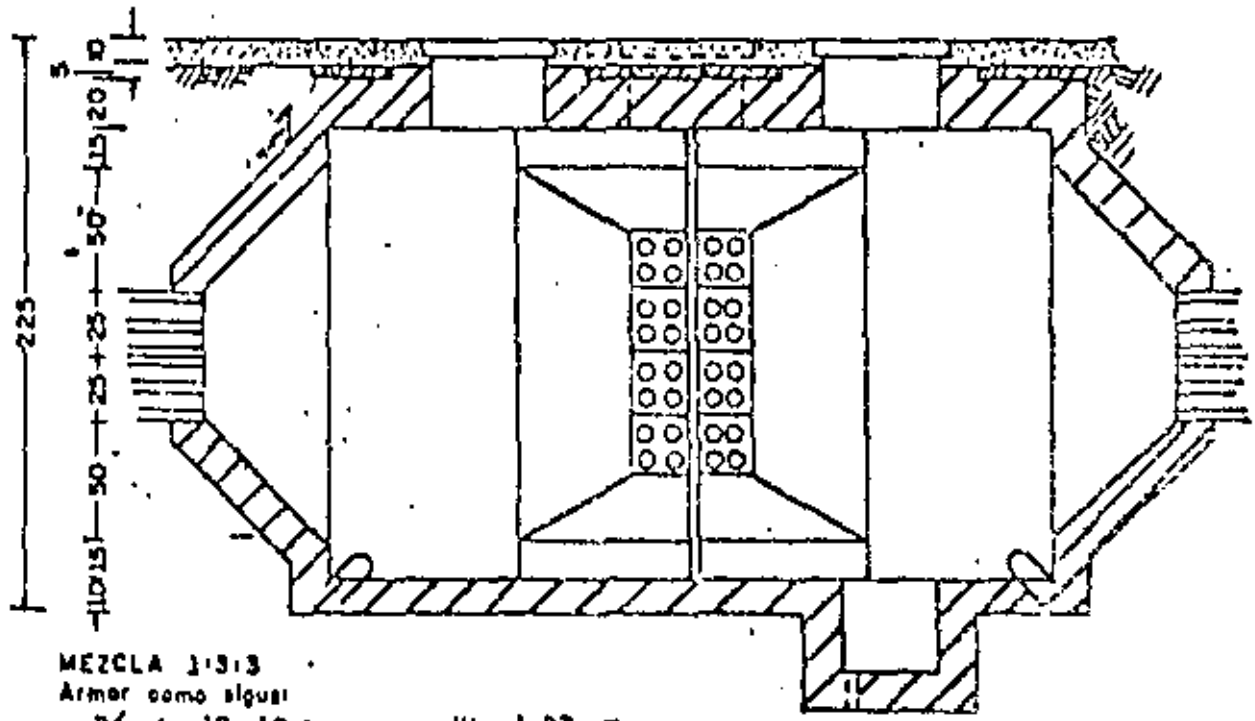
Estribón
Bastidor

Acotaciones en centímetros

FIG. 13

G-11





MEZCLA 1:3:3

Armar como sigue:

Bóveda 10 x 10 cm. con varilla 1.27 cm.

Pared .20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

Piso 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

Acotaciones en centímetros.

G-12

SIMBOLOS

Estribón

Bastidor

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

Electrical Safety for Swimming Pools

J. F. McPARTLAND

NOVIEMBRE, 1979.

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

Electrical safety for swimming pools

[illegible] interpretation of the rules of the 1978 National Electrical Code when it covers safe and reliable installation of electrical circuits for lighting, heating, water circulation and other functions related to modern swimming pools. The highlighted subheads indicate the Article Sections of NE Code Article 680.

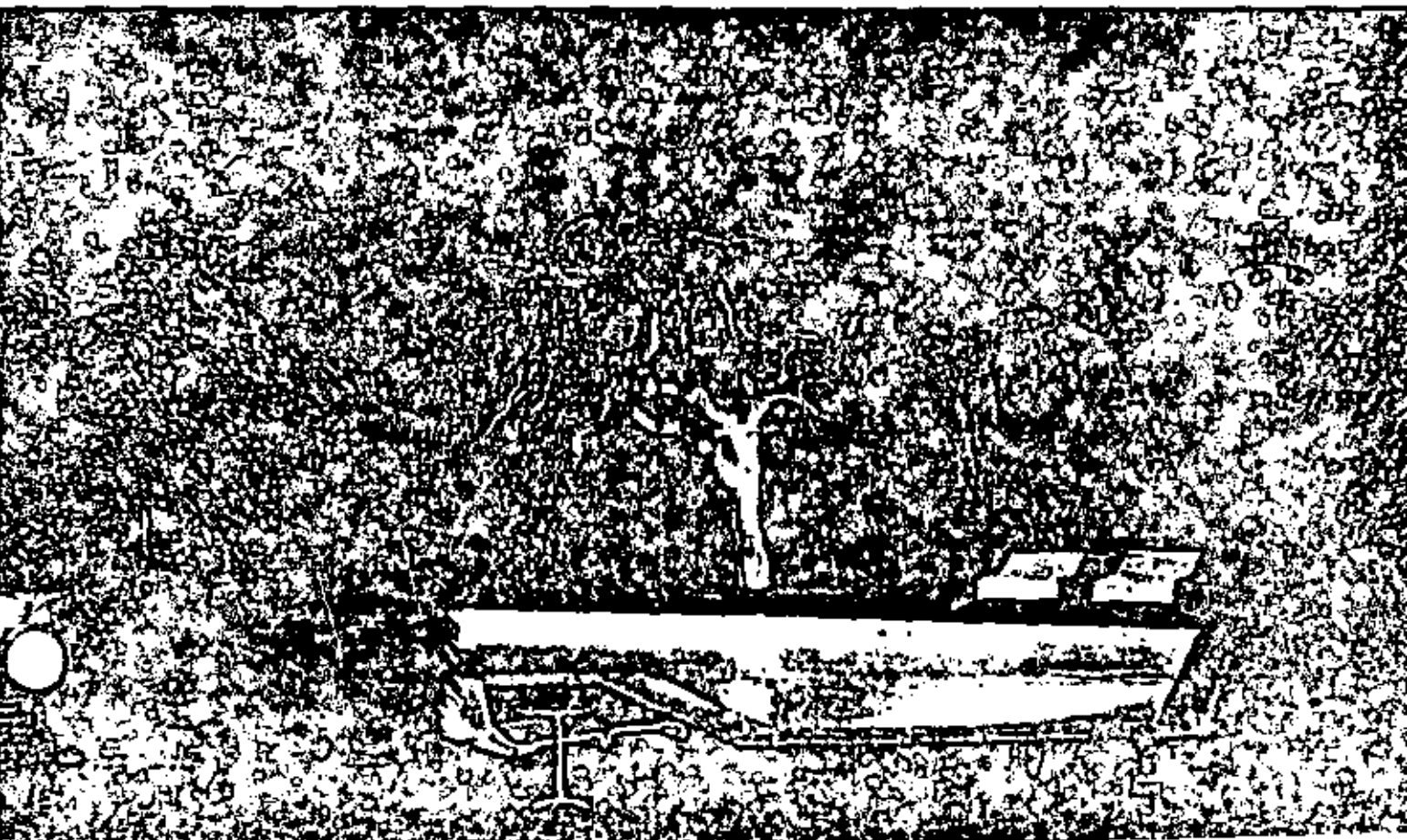
WILLIAM McPARTLAND
Editor

ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE

Section 680-1. What is covered?

Electrification of swimming, wading, therapeutic and decorative pools has been the subject of extensive design and code development over recent years. Details on circuit design and equipment layout are covered in NE Code Article 680. Careful reference to this Article should be made in connection with any design work on pools and fountains, which are covered in Part D of this article.

Research work conducted by Underwriters Laboratories Inc., and others, indicates that an electric shock could be received in two different ways. One of these involves the existence in the water of an electrical potential with respect to ground, and the other involves the existence of a potential gradient in the water itself. A person standing in the pool and touching the energized enclosure of faulty equipment located at poolside would be subject to a severe electrical shock because of the good ground which his body would establish through the



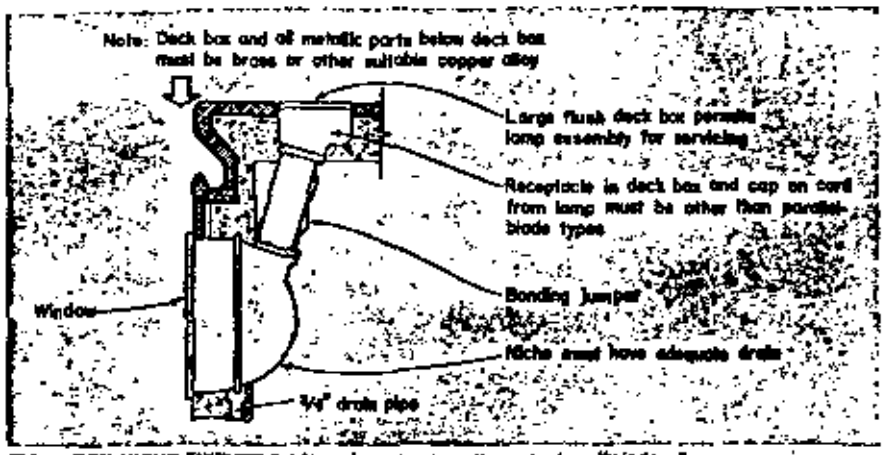


FIG. 1. DRY-NICHE FIXTURE lights underwater areas through glass "window."

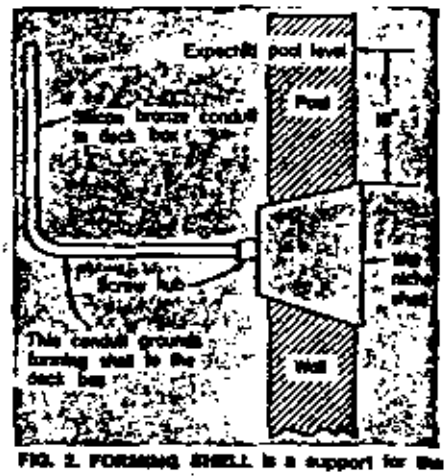


FIG. 2. FORMING SHELL is a support for the lamp assembly of a wet-niche fixture.

FIG. 3. WET-NICHE lighting fixture (arrow) consists of forming shell set in pool wall with cord-connected lamp-and-lens assembly that attaches to the forming shell, with cord coiled within the shell housing.

water and pool to earth. Accordingly, the provisions of this article specify construction and installation that can minimize hazards in and adjacent to pools and fountains.

The following commentaries are given for specific sections in Article 680 of the 1978 NE Code. Refer to the code section, then to the discussion here.

Section 680-4. Specific definitions are given

The definitions of certain pool terms, as given in NE Code Section 680-4, are important to correct, effective application of code rules of Article 680. Fig. 1 shows a typical dry-niche swimming pool lighting fixture. Fig. 2 shows a forming shell for a wet-niche lighting fixture.

Because there are differences in the requirements for "permanently installed" pools and "storable" pools, there has been some confusion in the past as to just what a "storable" pool is. The 1975 code defined a "storable swimming or wading pool" as follows:

> "One that is so constructed that it may be readily disassembled for storage and reassembled to its original integrity."

Disagreement over the word "readily" resulted in rather large aboveground pools being classed as "storable" pools just because they were capable of being disassembled. The definition of "storable swimming or wading pool" was changed in the code to the present wording which defines such a pool by dimensions—one with a wall height not over 3 feet and no dimension over 15 feet. The introduction of the limiting dimensions clearly serves to differentiate storable pools from permanently installed pools.

Fig. 3 shows a wet-niche lighting fixture, as described in the definition.

Section 680-5. Transformers and GFCIs

A swimming pool transformer must be in a weatherproof enclosure to suit it to outdoor use, and a grounded metallic shielding between the primary and secondary winding prevents a primary to secondary short that would connect primary voltage (120 volts) to the 12-volt secondary circuit—thereby creating a hazardous condition (Fig. 4).

Ground-fault circuit interrupters (GFCIs) that are required to be used by the rules of this article may be CB-type, receptacle type or other approved type of GFCI device. Additional protection may be accomplished, even where not required, by the use of a ground-fault interrupter. Since the ground-fault interrupter operates on the principle of line-to-ground leaks or breakdowns, it senses, at low levels of magnitude and duration, any fault currents to ground caused by accidental contact with energized parts of electrical equipment. Because the ground-fault interrupter operates at a fraction of the current required to trip a 15-amp circuit breaker, its presence is mandatory under following code rules and is generally very desirable.

Part (c) calls for keeping wires on the load side of a ground-fault interrupter independent of other wiring. Fig. 5 shows a hookup that might be considered a violation because of the presence of "other conductors"—the wires in the JB that taps to the floodlight JB. But Exception No. 1 qualifies that rule, to permit GFCI-protected conductors to be used in a panelboard enclosure with conductors not protected by GFCI.

In the 1975 code, when a ground-fault circuit interrupter was used in a panelboard to supply swimming-pool circuits, it was necessary to use supplementary insulation (such as nonmetallic sleeving or tubing) on the GFCI conductors in the panelboard gutter to protect these conductors against excessive leakage because of capacitive coupling to the other conductors in the gutter. Excessive leakage was considered a problem because it could cause unwanted tripping of the GFCI device

due to the sensitivity of ground-fault circuit interrupters, especially when used in the highly conductive conditions that exist at wet locations, in such applications as swimming pools. Exception No. 1 no longer specifies a need for insulating sleeving on the GFCI circuit conductors in panelboard gutters. It was concluded that such insulation did not offer sufficient protection against the problem of leakage (Fig. 6).

Section 680-6. Receptacles and lighting outlets

The basic rule prohibits receptacles within 10 ft of the pool edge and calls for ground-fault circuit interrupters to protect all receptacles located between 10 and 15 ft of the inside walls of indoor and outdoor pools. But the exception to this general rule permits the installation of a receptacle for a swimming-pool recirculating pump less than 10 ft but not closer than 5 ft from the inside wall of the pool. Normally, receptacles are prohibited from installation anywhere within the 10-ft boundary around the edge of the pool. However, because swimming-pool pump motors are commonly cord-connected to permit their removal during cold weather in areas where freezing may damage it, this change was made to allow provision for a receptacle for the pump motor. Such a receptacle, though, must be a single receptacle of the locking and grounding type.

Of course, on a residential property, all outdoor receptacles beyond the 15-ft band around the pool must also have GFCI protection, as required by Section 210-8(a)(2). But for any property that does not conform to the definition of "dwelling unit" (Article 100), GFCI protection is not required for outdoor receptacles more than 15 ft away from the pool's edge.

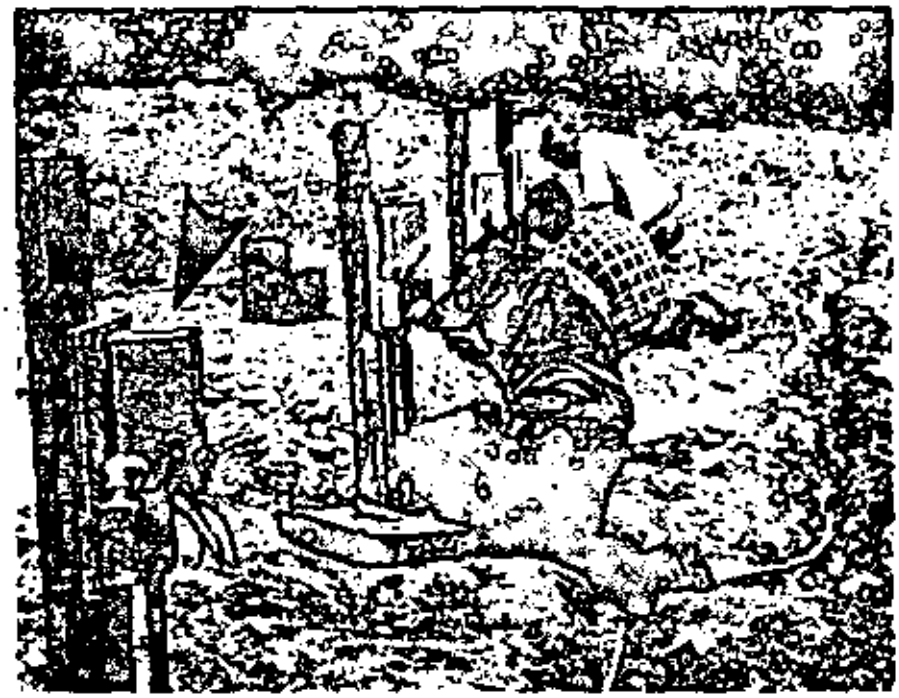


FIG. 4. TRANSFORMERS (arrow) for low-voltage swimming pool lighting are listed by UL under "Swimming Pool Transformers" and such listing is used by inspectors as evidence that the unit is "approved for the purpose."

Another requirement in part (a) of Section 680-6 calls for *at least one* receptacle to be installed not less than 10 ft and not more than 15 ft from the edge of a swimming pool for those cases where a swimming pool is installed at an existing dwelling. This rule was added to assure that a receptacle will be available at the pool location to provide for use of cord-connected equipment. It was found that absence of such a requirement resulted in excessive use of long extension cords to make power available for appliances and devices used at pool areas. Note, however, that although the receptacle is required in the 10 to 15 ft band for a pool that is being installed at an "existing dwelling," there is no rule requiring any receptacles in the 10 to 15 ft band around the pool that is being constructed along with a dwelling—that is, where there is *no* "existing dwelling." The best interpretation that might be put on that rule is to always require at least one receptacle in the 10

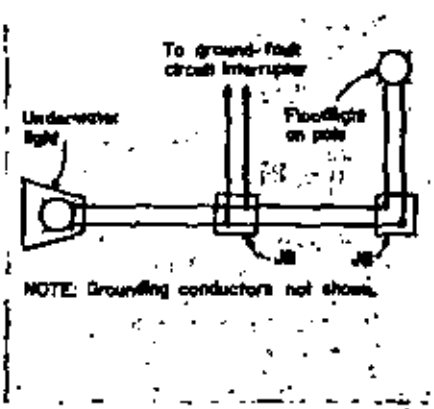


FIG. 5. GFCI CONDUCTORS in a junction box with conductors other than those for underwater light is a violation.

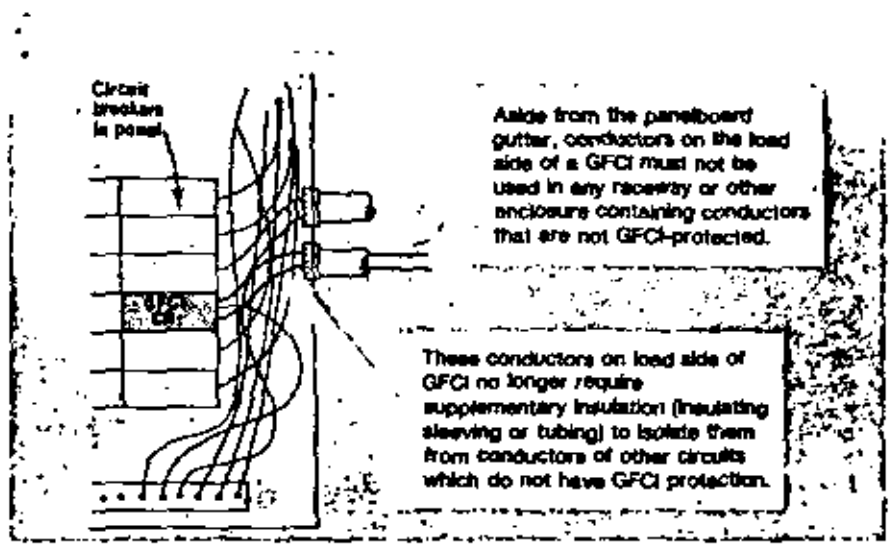


FIG. 6. GFCI CONDUCTORS must be protected against leakage from capacitive coupling to other conductors.

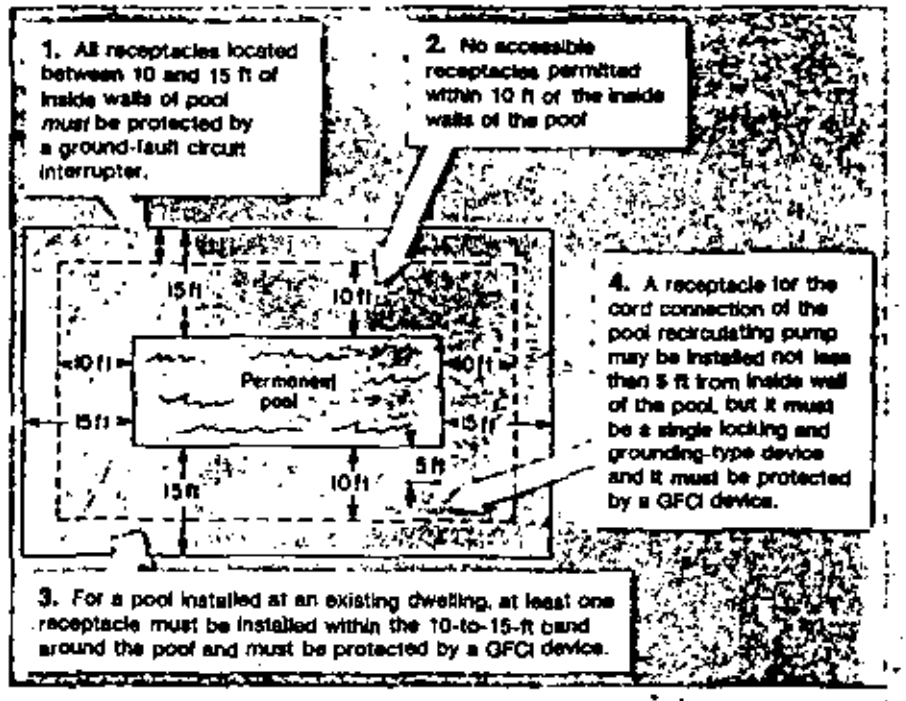


FIG. 7. RULES cover all receptacles within 15 ft of the pool's edge.

to 15 ft band around every pool—regardless of whether or not the pool is at an "existing dwelling."

Fig. 7 summarizes the rules with respect to receptacles. The code wording does not distinguish between "indoor" or "outdoor" receptacles—as it did in the 1971 NE Code. The present wording applies to all pools and refers simply to "receptacles on the property . . ."

Fig. 8 summarizes graphically the rules set forth in part (b) of this section.

The reference to "Existing lighting fixtures" in the Exception to part (b)(1) must be understood to refer to lighting fixtures that are already in place on a building or structure or pole at the time construction of the pool begins. Where a pool is installed close to, say, a home or country club building, lighting fixtures attached to the already existing structure may fall within the shaded area for a band of space 5 ft wide, extending from 5 ft above the water level to 12 ft above water level all around the perimeter of the pool. Any such existing fixtures must have GFCI protection added to their one or more supply circuits—such as by use of a GFCI circuit breaker where each circuit originates in the panelboard. However, new lighting fixtures may not be installed in that space band. Fig. 9 applies the foregoing rules to lighting at an enclosed pool.

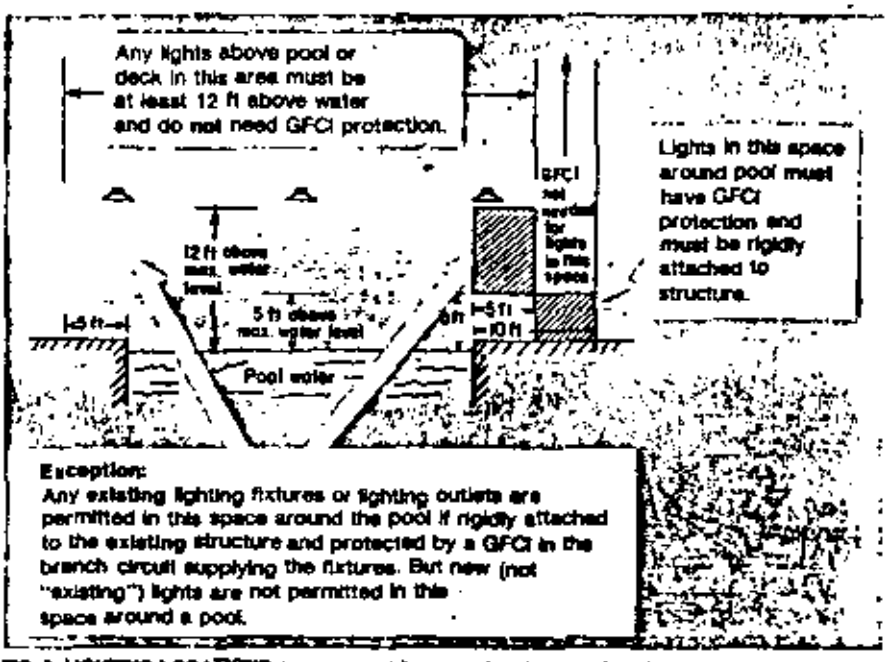


FIG. 8. LIGHTING LOCATIONS are governed by space bands around pool perimeter.

Section 680-8. Overhead wiring above pools

The general rule states that service-drops and open overhead wiring must not be installed above a swimming pool or surrounding area extending 10 ft horizontally from the pool edge, or diving structure, observation stands, towers or platforms. But, the Exception exempts only *utility company* lines from the rule, provided the designated clearances are satisfied.

Section 680-20. Underwater lighting fixtures

In this section, the wording must be followed carefully to avoid confusion on the intent.

The basic rule requires that any underwater lighting fixture must be of such design as to assure freedom from electric shock hazard when it is in use and must provide that protection without a ground-fault circuit interrupter (GFCI). In effect, that calls for use of a UL-listed (or otherwise certified) fixture. *But*, a GFCI *is* required for all line-voltage fixtures (any operating over 15 volts, such as a 120-volt fixture) to provide protection against shock hazard during relamping. A ground-fault circuit interrupter is not required for low-voltage swimming pool lights (12-volt units) (Fig. 10).

In the 1971 NE Code, the rule recognized the use of line-voltage, self-grounding fixtures (listed for use in pools) to prevent shock hazard—without need for a ground-fault circuit interrupter. But, although such fixtures satisfy the code as safe in operation, the rule now calls for safety during relamping and requires that a ground-fault circuit interrupter must be installed in the circuit to any fixture operating at more than 15 volts to prevent shock hazard during relamping.

The UL presents certain essential data on use of GFCI devices, which

must be factored into application of such devices—as follows:

A ground-fault circuit interrupter is a device whose function is to interrupt the electric circuit to the load when a fault current to ground exceeds some predetermined value that is less than that required to operate the overcurrent protective device of the circuit.

A ground-fault circuit interrupter is intended to be used only in a circuit that has a solidly grounded conductor.

A Class A ground-fault circuit interrupter trips when the current to ground has a value in the range of 4 through 6 milliamperes. A Class A ground-fault circuit interrupter is suitable for use in branch and feeder circuits, including swimming pool circuits. However, swimming pool circuits installed before local adoption of ANSI C1-1965 National Electrical Code may include sufficient leakage current to cause a Class A ground-fault circuit interrupter to trip.

A Class B ground-fault circuit interrupter trips when the current to ground exceeds 20 milliamperes. This product is suitable for use with underwater swimming pool lighting fixtures only.

A ground-fault circuit interrupter of the enclosed type that has not been found suitable for use where it will be exposed to rain, is so marked.

The last sentence of part (a)(1) requires that *only* an "approved" lighting fixture be used—which means only a fixture listed by UL or other test lab. UL data on listed fixtures must be carefully observed:

These fixtures are for installation in or on the walls of swimming pools not less than 18 in. below the normal water level as measured to the top of the lens opening.

"Wet-Niche" fixtures are intended for installation in a metallic fixture housing (forming shell) mounted in or on the side of a swimming pool wall where the fixture will be completely surrounded by pool water. Such fixtures are provided with a factory-installed, permanently attached flexible cord that extends at least 12 ft outside the fixture enclosure to permit the fixture to be removed from the forming shell and lifted to the pool deck for servicing without lowering the pool water level or disconnecting the fixture from the branch circuit wiring. Fixtures with longer cords are available for installations in which the junction box or splice enclosure is so located that a 12-ft-long cord will not permit its removal from the forming shell and

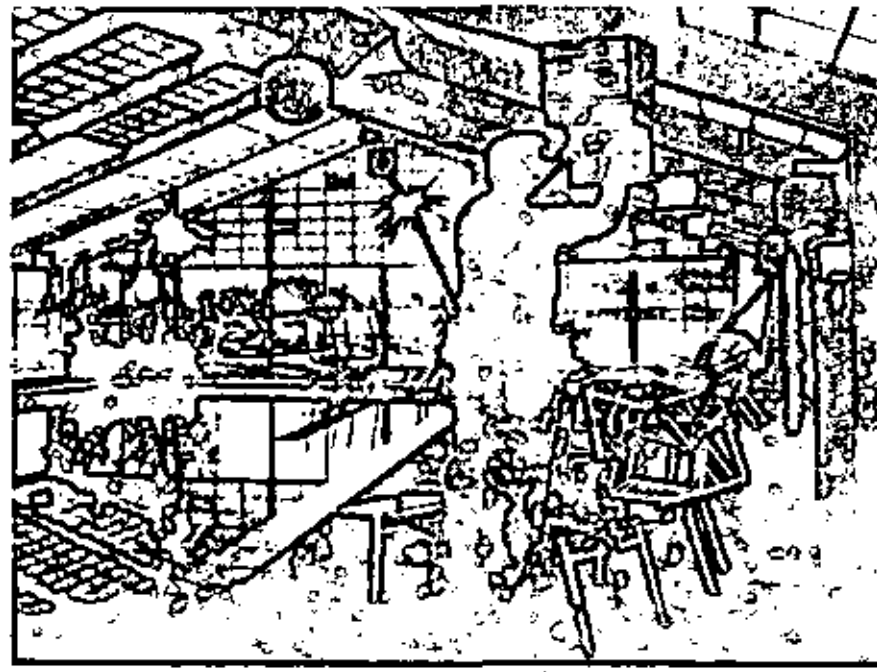


FIG. 9. LIGHTING FIXTURES over the pool and for 5 ft back from the edge must be at least 12 ft above the maximum water level and do not require GFCI protection. The fixtures at right side do not require GFCI protection because they are over 5 ft back from the pool edge and are over 6 ft above the water level. Refer to Fig. 8.

placement on the pool deck for servicing. To avoid possible cord damage, cord length in excess of that necessary for servicing should be trimmed rather than stored in the forming shell. The trimming must be at the supply end. Each fixture is marked to indicate the proper housing or housings with which it is to be used, and the fixture housing is marked to indicate the fixture or fixtures with which it is to be used.

"Dry-Niche" fixtures are intended for permanent installation in the wall of the pool, having provisions for threaded conduit entries, being designed for servicing from the rear in a passageway or tunnel behind the pool wall, or from the deck surrounding the pool.

Fixtures which are suitable for use only in fresh water pools are marked "Fresh Water Only." Fixtures which are suitable for use in either fresh or salt water pools are marked "Salt Water" or "Salt or Fresh Water."

Fixtures which have been investigated for operation only in contact with water are marked "Submerse Before Lighting," or the equivalent, and such marking is visible after installation of the fixtures.

Section 680-20(a)(2) sets 150 volts as the maximum permitted for a pool lighting fixture—which means that the usual 120-volt listed fixtures are acceptable.

Part (a)(3) repeats the UL limitation on mounting distance of a fixture below water level. When installed, the

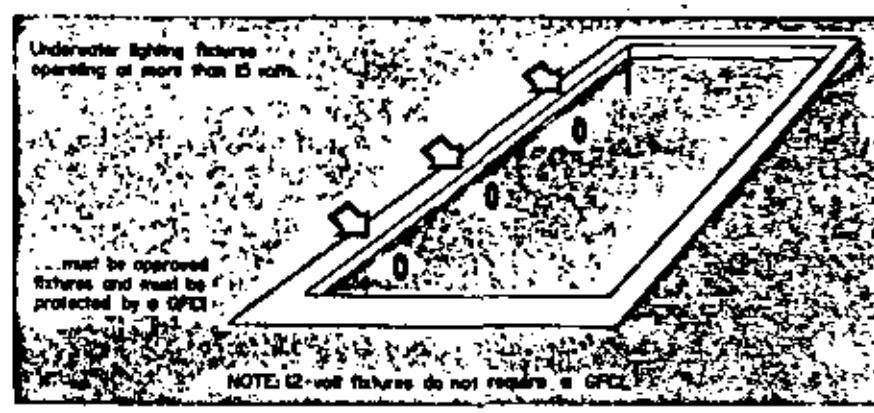


FIG. 10. A GFCI must be used in the circuit to any line-voltage (120 volt) fixtures.

top edge of the fixture must be at least 18 in. below the *normal* level of the pool water (Fig. 11). This 18-in. rule was adopted to keep the fixture away from a person's "chest area," because this is the vital area of the body concerning electric shocks in swimming pools. Keeping the top of the fixture 18 in. below the normal water level avoids a swimmer's chest area when he is hanging on to the edge of the pool while in the water.

Part (a)(4) presents an interesting requirement on the use of wet-niche lighting fixtures. The rule here requires that some type of low-water cutoff or other approved means be provided to protect wet-niche fixtures against overheating when such fixtures depend on submersion in water for their safe operation. Note that UL rules quoted above require some fixtures to be marked "Submerse Before Lighting." The question arises—is it necessary to use a float switch or some similar liquid-level indicator to control the energy input to the light fixture? Or may a temperature-actuated device be used to signal a relay to open the supply circuit if the fixture overheats? Manufacturers of such fixtures should incorporate this protection—such as in the form of a bi-metal switch similar to those used in motor end-bells for motor overload protection.

Section 680-20 details the use of wet-niche fixtures. A wet-niche underwater lighting assembly consists of two parts—a forming shell, which is a metal structure designed to support a wet-niche fixture in the pool wall, and a lighting fixture, which usually consists of a lamp within a housing furnished with a waterproof flexible cord and a sealed-lens assembly that is removable for relamping.

That rule requires that the conduit between the forming shell and junction box or transformer enclosure must be: (a) rigid metal conduit or IMC and made of brass or other approved corrosion-resistant metal; or (b) rigid nonmetallic conduit with a No. 8 insulated, solid copper conductor installed in the conduit and connected to the junction box or transformer enclosure and to the forming shell enclosures. Each enclosure—the box as well as the forming shell—must contain approved grounding terminals.

Fig. 12 shows a typical connection from a forming shell to a transformer enclosure supplying the 12-volt lamp in the fixture. If a 120-volt fixture is used, the conduit from the shell terminates in a junction box, as shown in Fig. 11. In the sketch of Fig. 12, from the forming shell, a length of 1-in. PVC conduit extends directly to a 120/12-volt transformer mounted on the back wall of a planter adjoining the pool [observing the 4-ft back and 8-in. high provisions of Section 680-21(b)(4)]. Where the nonmetallic conduit stubs up out of the planter soil, a metallic LB connects the conduit to the transformer. The required No. 8 conductor in the PVC conduit is terminated at the grounding bar in the transformer enclosure and on the inside terminal of an inside/outside grounding/bonding terminal on the forming shell. The external bonding lug provides for connecting the forming shell to the common bonding grid, as required by Section 680-22(a) and (b). The No. 8 in the PVC conduit bonds the forming shell up to the transformer enclosure. Note that this No. 8 conductor is not needed if metal conduit connects the shell to the transformer enclosure. One of the No. 12 conductors in the supply circuit is an equipment grounding conductor that runs back to the panelboard grounding block and thereby grounds the No. 8, and the metal fittings and transformer enclosure.

Section 680-20(b)(1) also requires that the inside forming shell termination of the No. 8 be covered with, or encapsulated in, a suitable potting compound. Experience has shown that corrosion occurs when connections are exposed to pool water. Epoxies are available to achieve this protection; however, some inspection agencies do accept a waterproof, permanently pliable silicone caulking compound.

Note that the illustrated assembly includes three noncurrent-carrying conductors: (1) a No. 8 *bonding* conductor connecting the forming shell to the bonding grid; (2) a No. 8 insulated conductor in PVC conduit between the forming shell and the transformer enclosure; and a *grounding* conductor in the fixture flexible supply cord.

Part (b)(2) requires sealing of the fixture cord-end and terminals within the wet-niche to prevent water from entering the fixture. And grounding conductor terminations must also be

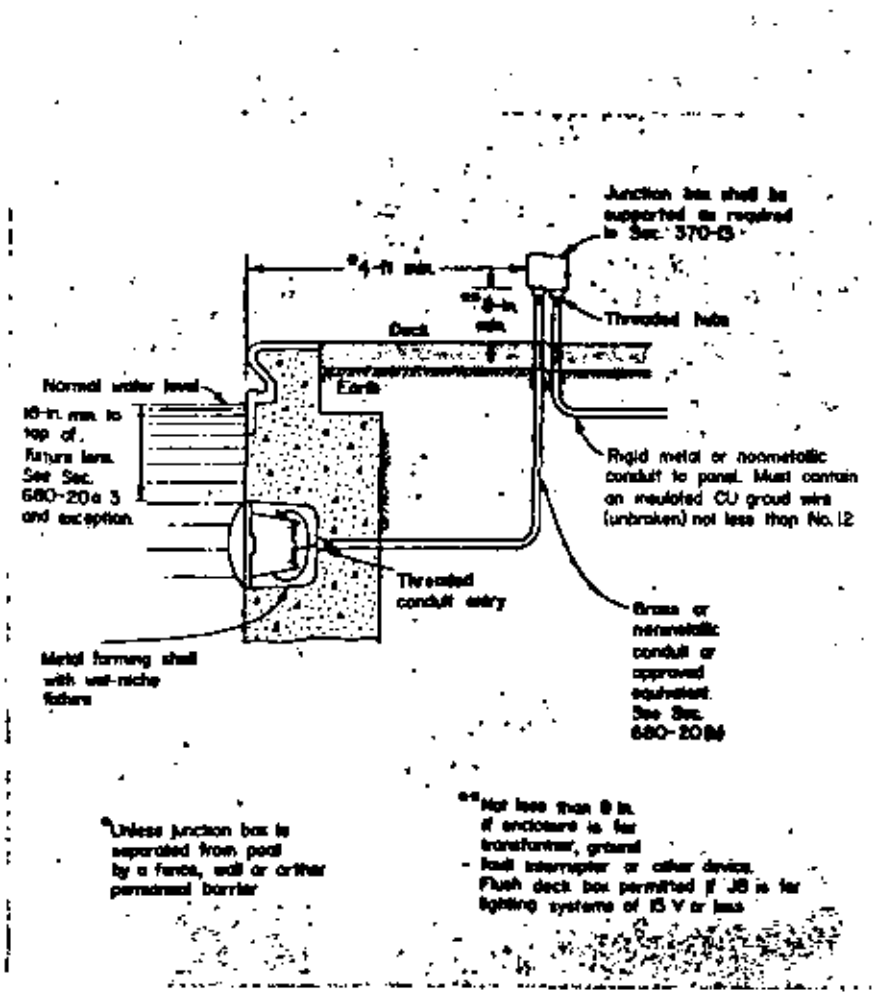


FIG. 11. MOUNTING of lighting fixture and circuit components must observe specific dimensions.

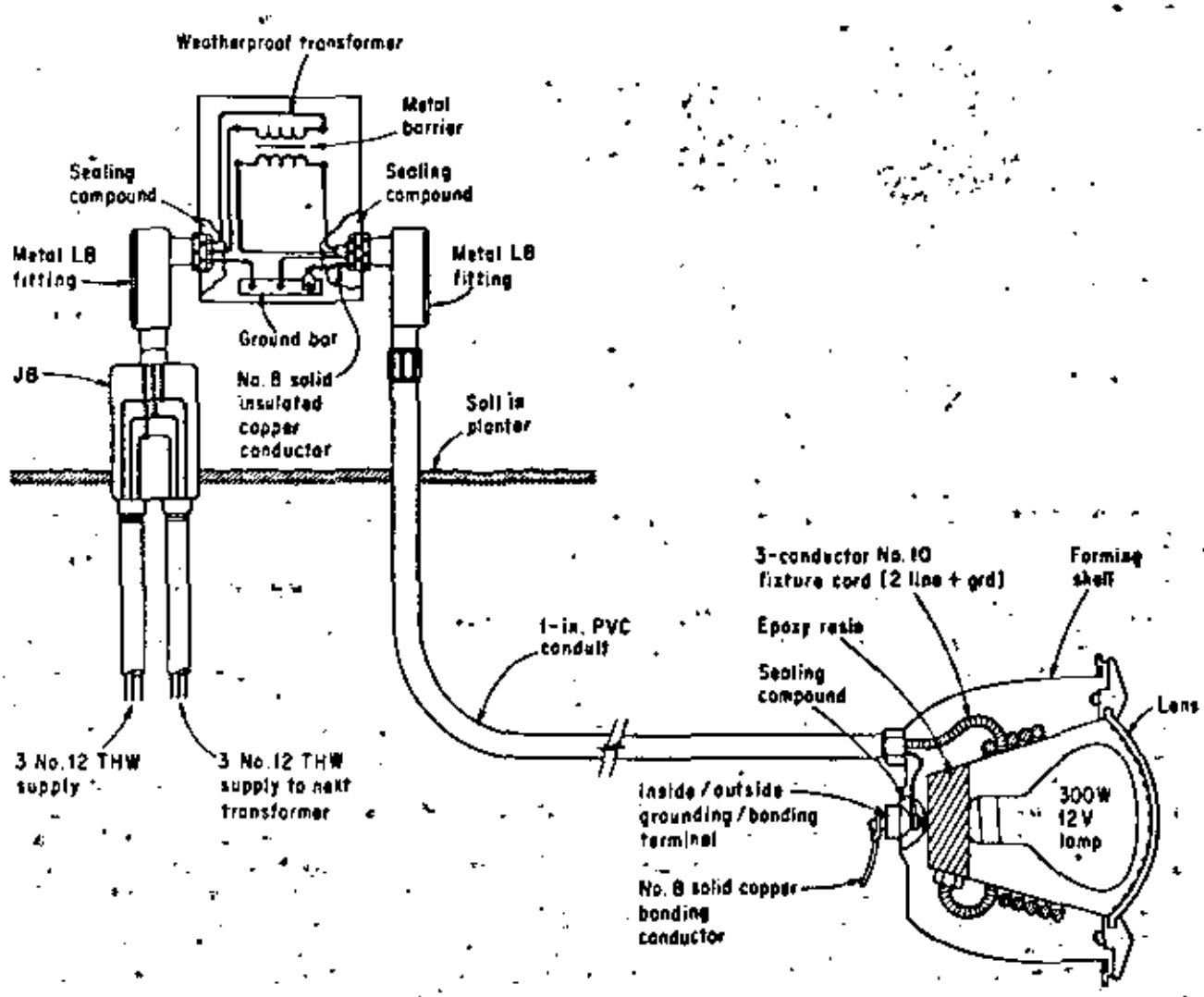


FIG. 12. GROUNDING AND BONDING is required in a typical hookup of low-voltage wet-niche fixture with PVC conduit.

protected by potting compound.

An underwater lighting fixture must be secured and grounded to the forming shell by a positive locking device which will assure a low-resistance contact and which will require a tool to remove the fixture from the forming shell. This provides added assurance that fixtures will remain grounded because, in the case of wet-niche fixtures, the metal-forming shell provides a bond between the raceway (or No. 8 conductor in PVC) connected to the forming shell and the noncurrent-carrying metal parts of the fixture.

Instead of a wet-niche fixture, an approved dry-niche lighting fixture may be installed outside the walls of the pool in closed recesses which are adequately drained and accessible for maintenance. For a dry-niche fixture, a "deck box"—set in the concrete deck around the pool—may be used and fed by metal (rigid or IMC) or nonmetallic conduit from the service equipment or from a panelboard. And such a deck box does not have to be 8 in. up and 4 ft back, from the pool edge, as required for a junction box for a wet-niche fixture. See Fig. 1.

Some approved dry-niche fixtures are provided with an integral flush deck box used to change lamps. Such fixtures have a drain connection at the bottom of the fixture to prevent accumulation of water or moisture.

Section 680-21. Junction boxes & transformer or GFCI enclosures

This rule covers junction boxes that connect to a conduit that extends directly to a pool-lighting forming shell, such as shown in Fig. 11. The junction box must be of corrosion-resistant material with threaded hubs for the connections of conduit.

For line-voltage (120 volt) pool fixtures, the so-called "deck box" (set in the concrete deck around the pool) is no longer permissible (except where approved dry-niche fixtures include flush boxes as part of an approved assembly), because the deck box, installed flush in the concrete adjacent to the pool, was the major source of failure of branch-circuit, grounding and fixture conductors due to water accumulation within them. The rule of part (4) states that these junction boxes must be located not less than 8 in. above ground, pool deck, or maximum pool water level (whichever provides the greatest elevation), and not less than 4 ft back from the pool perimeter.

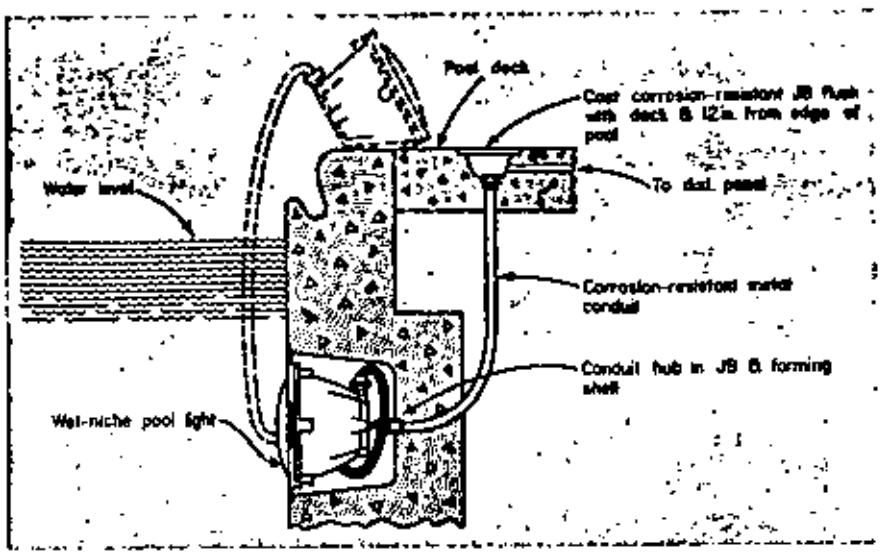


FIG. 12. THE FENCE HERE permits the box to be closer than 4 ft from pool's edge.

The wording of part (4) does make clear that the elevated junction box could be less than 4 ft from the pool's edge if a fence or wall is constructed around the pool, with the box on the side of the wall away from the pool, isolating the box from contact by a person in the pool. Or the box could be within 4 ft of the edge if the box is in a permanent nonconductive barrier.

IMPORTANT! The Exception to part (a) permits flush deck boxes where underwater lighting systems are 15 volts or less *if* approved potting compound is used in the deck boxes and the deck boxes are located 4 ft from the edge of the pool. In Fig. 13 a deck box for a 12-volt fixture could be used in the deck but the use of the box less than 4 ft from the pool's edge might be considered a violation of "b" of the Exception, which does not specifically recognize the fence along the pool in the same way as in part (4). That is, the fence is not mentioned in the Exception as sufficient isolation of the box from the pool—although the installation certainly does comply with the basic concept in part (4).

Section 680-21(b) covers installation of enclosures for 12-volt lighting transformers and for ground-fault circuit-interrupters that are required for line-voltage fixtures. Such enclosures may be installed indoors or at the pool location. If a ground-fault interrupter is utilized at a pool, its enclosure must be located not less than 4 ft from the perimeter of the pool, unless separated by a permanent means and must be elevated not less than 8 inches, measured from the inside bottom of the box down to the pool deck or maximum water level, whichever provides higher mounting. These rules cover installation of transformer or GFCI enclosures that connect to a conduit that "extends directly" to a forming shell.

Any such enclosure connected to a conduit that extends directly to an underwater pool-light forming shell must have provisions for threaded conduit entries. The phrase, "provisions for threaded conduit entries" has caused controversy and may be interpreted differently. Some inspection authorities interpret this to mean that an enclosure with provisions for threaded conduit entries must be of cast construction with raised, threaded hubs or with threaded openings in the enclosure wall. Others believe that, since approved swimming-pool transformers are available only in sheet-metal enclosures with knockouts, some type of threaded hub fitting connected to the knockout must be provided in the field. Actually, a knockout itself is a "provision for threaded conduit" entry. The intent of this rule on threaded conduit entries is to provide a high degree of bonding and grounding of the underwater fixture.

Connection to a transformer enclosure has been accepted by inspectors when made up with locknuts. The intent of this could be considered satisfied because the transformer enclosure can be well grounded and bonded by connections at the grounding bar within the enclosure. In most instances, the grounding bar must be added by the contractor.

Transformer or GFCI enclosures must be provided with an approved seal (such as duct seal) at conduit connections to prevent circulation of air between the conduit and the enclosure; must have electrical continuity between every connected metal conduit and the grounding terminals by means of copper, brass, or other approved corrosion-resistant metal that is integral with the enclosures; must be located not less than 4 ft from the inside walls of the pool (unless separated by a solid fence, wall, or other permanent barrier); and must be located not less than 8 in. from the ground level, pool deck, or maximum pool water level, whichever provides the greatest elevation. This distance is measured from the inside bottom of the enclosure. See Fig. 12.

Note that part (b)(3) intends to assure a grounding path from the enclosure and its grounding terminals to any connected metal conduit. The section specifically states "metal conduit." Where PVC conduit is used, the provision is not applicable, and the No. 8 grounding conductor in the PVC bonds to the forming shell. However, this section requires electrical continuity between an enclosure and "every connected metal conduit." The conduit feeding the transformer primary does not seem to be involved with that rule because the concern is with the grounding path between the transformer or GFCI enclosure and the forming shell and because the No. 12 equipment grounding conductor in the primary supply will carry any current from a fault originating within the transformer enclosure. Local code authorities should be consulted on this point.

The phrase "integral with the enclosures" is meant to cover a situation where the enclosure is nonmetallic. In this case, electrical continuity between the metal conduits and the grounding terminals must be provided by one of the metals specified, and this "jumper" must be permanently attached to the nonmetallic box so that it is "integral."

In Fig. 12, the transformer enclosure is being used as a junction box to an underwater light, with the equipment grounding conductors terminated at the grounding bar and carried through. However, the primary purpose of this enclosure is to house the transformer. Thus, parts (b), (c), and (d) of Section 680-21 would apply. Section 680-21(a) would apply to boxes connected directly

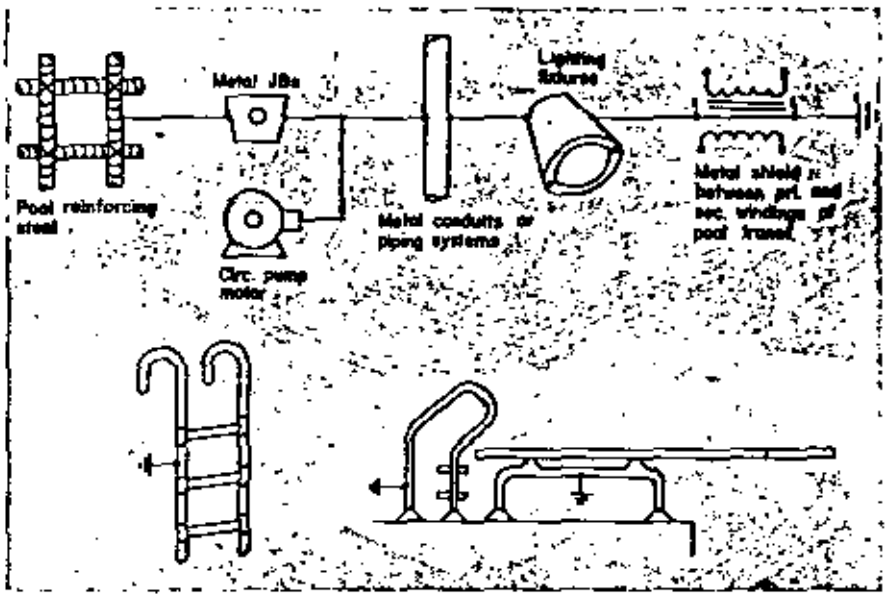


FIG. 14. ALL OF THESE metallic, noncurrent-carrying parts of a pool installation must be "bonded together."

FIG. 15. NO. 8 INSULATED bonding conductor (arrow) connects to clamps on both sides of coupling in brass conduit from forming shell to transformer housing. Section 680-22(a)(5) requires bonding of all "metal conduit" within 5 ft of pool edge. This bonding connection, although literally required, is not always required by inspection authorities because the conduit connects to bonded enclosures at both ends.

to underwater lights and is intended to cover situations where splices, terminations, or pulling of conductors might be required.

Fig. 12 also involves Section 680-21(b)(1), which requires that the enclosure be equipped with provisions for threaded conduit entries; and Section 680-21(b)(3), which requires that the enclosure be provided with electrical continuity between every connected metal conduit and the grounding terminals by means of copper, brass, or other approved corrosion-resistant metal that is integral with the enclosures. The intent of those rules is to assure maximum safety with a high degree of bonding and grounding. An enclosure housing a transformer with conduit connection directly to an underwater light could be equipped with raised hubs for conduit connections, be watertight, and if nonmetallic, be provided with a permanently attached bonding jumper between all metal conduits to provide the required electrical continuity.

Part (c) of this section warns against creating a tripping hazard or exposing enclosures to damage where they are elevated as required. These junction boxes must be afforded additional protection against damage if located on the walkway around the pool. For protection against impact, they may be installed under a diving board or adjacent to a permanent structure such as a lamp post or service pole.

Part (d), calling for an adequate number of grounding terminals, must be carefully satisfied; and part (e) calls for strain relief to be added to the flexible cord of a wet-niche lighting fixture at the termination of the cord within a junction box, transformer enclosure, or a ground-fault circuit interrupter. If this device is not supplied with the fixture, the contractor must provide it.

Section 680-22. "Bonding" must be done carefully

In general, all metal parts that are within 5 ft of the inside walls of the pool and are not separated by a permanent barrier and all metal parts of electrical equipment associated with the pool water circulating system must be bonded together. That usually includes forming shells of underwater lights, ladders, rails, fill spouts, drains, reinforcing bars, transformer enclosures supplying underwater lights, and equipment in the pump room (Fig. 14). The objective of "bonding" all metal together and then "grounding" the interconnected metal components is to bring everything within touch to the same electrical potential—earth potential. This eliminates shock hazard from any stray currents that may be induced in or conducted to the metal from outside the pool environment or from faults in any of the pool electrical equipment that, for one reason or another, are not cleared by the circuit protective devices.

In addition to specifying that underwater lighting fixtures and lighting fixture housings shall be grounded, the rule also specifies that all metallic conduit and piping, reinforcing steel and other noncurrent-carrying metal components, located in or within 5 ft of a pool, must likewise be bonded together and grounded (Fig. 15).

These references are all-inclusive. For example, conduit and piping may relate to power circuitry, intercom or telephone wiring, supply and return water, or to gas lines serving nonelectric heaters. Reinforcing steel refers to that which is installed in deckslabs and walkways, as well as to pool structures which are poured in place, cast in forms or "gunnited." Similarly, the phrase "other noncurrent-carrying components" includes metal parts of ladders, diving boards, platforms and supports, scuppers, strainers, filters, pump and transformer housings, etc. All of these items must be bonded together with an insulated or bare solid copper conductor not smaller than No. 8 and connected to a common electrode.

Exception No. 1 recognizes that the usual steel tie wires provide suitable bonding for the individual bars of the reinforcing steel and no special type of clamps or welding is required. The structural reinforcing steel may be used as a common bonding grid [part (b) of this section] where connections of the No. 8 bonding conductors are made to the steel rods by suitable clamps. Such connections must be used

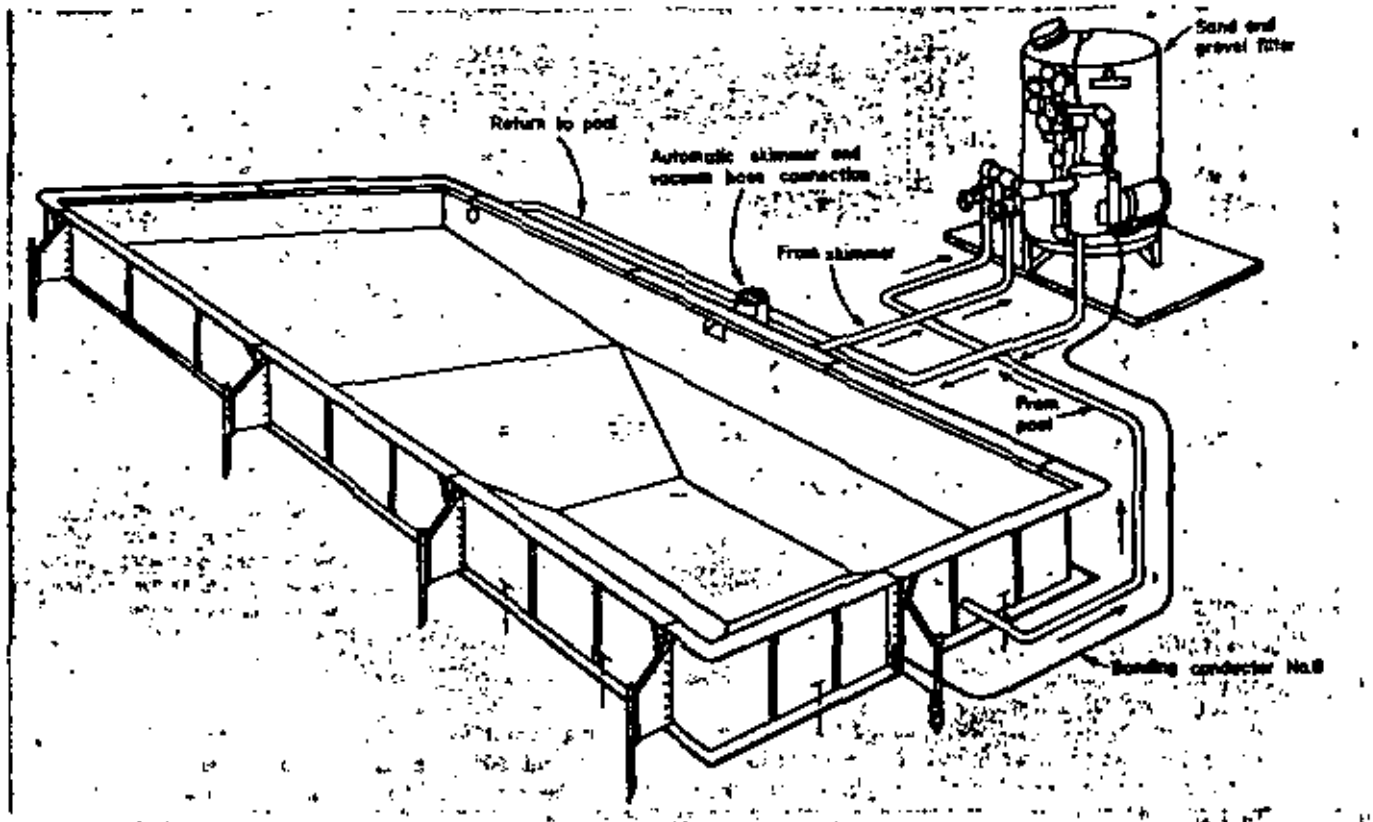


FIG. 16. WALLS of bolted or welded metal pool may be common bonding grid for *nonelectrical* parts only.

to bond metal parts to the reinforcing steel grid. Usually, the center-line rebars are bonded together and bonded to the No. 8 bonding conductor at several points.

The code does not require each individual reinforcing bar to be bonded. It recognizes that the steel tie wires used to secure the rebars together where they cross each other provide the required bonding of the individual rods. Tests conducted over a period of several years by the NE Code Technical Subcommittee on Swimming Pools have shown the resistance of the path from one end to the other through the structural steel to remain at less than .001 ohm. The code thus states in Exception No. 1 that clamping or welding these rods at their intersections will not be required.

If the pool is of metal construction and suitably welded or bolted together, only one bonding connection need be made to the pool. The rule does not require individual sections of such pools to be bonded. However, the overlapping ends of each section to be bolted must not be painted. If they are, the paint must be removed completely to restore conductivity. In addition, resistance tests should be made across each bolted section after assembly to assure low resistance. These sections normally are fastened together by corrosion-resistant bolts at least ¼ in. in diameter, and such an installation satisfies the bonding objective (Fig. 16). But, electrical parts of such a pool must be tied into that common bonding grid by No. 8 bonding conductors.

Fig. 17 shows how a metal junction box is bonded into the required bonding grid by a No. 8 conductor run in conduit to reinforcing steel. This bonding of metal enclosures within 5 ft of pool edge is required by part (a)(6). When the conduit to the forming shell is PVC, the No. 8 bonding wire required in the PVC by Section 680-20(b)(1) bonds the junction box to the forming shell, which is bonded to the rebars. In such a case, some inspectors would not require the No. 8 shown coming out of the bottom of the box.

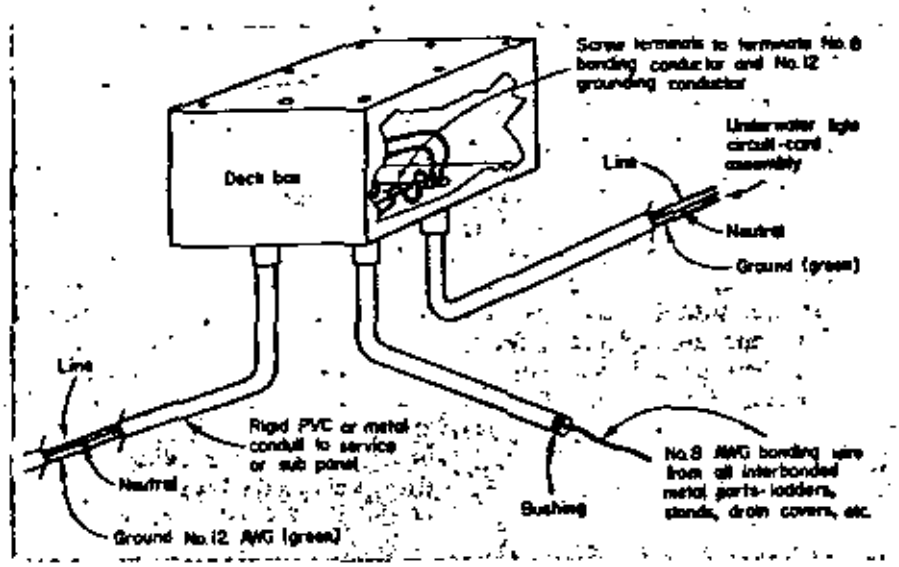


FIG. 17. ELEVATED METAL junction box within 5 ft of pool edge must be bonded.

IMPORTANT! Exception No. 8 should be carefully noted. It excludes relatively small parts—like bolts, clamps, braces, etc.—from the need to be bonded.

Part (b) of Section 680-22 describes how the bonding must be achieved. The rule requires all of the parts specified in part (a) to be connected by means of a No. 8 solid copper conductor (insulated, covered or bare) to a *common bonding grid*. This grid could be pool structural reinforcing steel, a metal pool wall, or a solid copper conductor not smaller than No. 8. The idea of connecting all parts to a common grid accomplishes more reliably the objective of equi-potential interconnection. Loosening of a connection at one of the parts would not disconnect the bonded parts into two unconnected groups. But it should be noted that the rule does not require the common bonding grid to be continuous, although the word "grid" does convey the idea of a loop, as in Fig. 18.

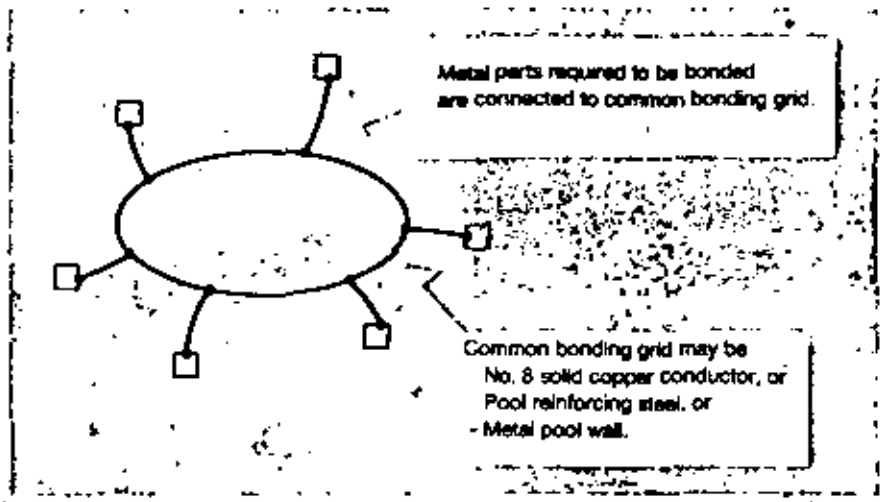


FIG. 18. ALL DESIGNATED PARTS must be connected to a "common bonding grid."

Fig. 19 shows how the reinforcing steel of a concrete pool is used as a common grid for connecting all parts together. In that sketch, the steel reinforcing rods, tied together with steel tie wires at intersections, are used as a common bonding grid to bond together pool equipment. Equipment shown here is required to be bonded. In addition, any metal parts (lighting standards, pipes, etc.) within 5 ft of the inside walls of the pool and not separated from the pool by a permanent barrier must be bonded. All connections made must be in accordance with Section 250-113, that is, with proper connectors, lugs, etc.

As shown in Fig. 19, when all of the required bonding connections are made, the entire interconnected hookup will be grounded by the "equipment grounding conductor" that is required to be run to the filter pump and to the lighting junction boxes and is connected to the No. 8 bonding conductor at the pump and in the boxes. In a pool without underwater lighting, the equipment grounding conductor run with the pump-motor circuit will be the sole grounding connection for the bonded parts—and that is all that is required.

NOTE: The No. 8 bonding conductor does *not* have to be run to a panelboard or service equipment ground block. Because water-circulating equipment is always used and such equipment is

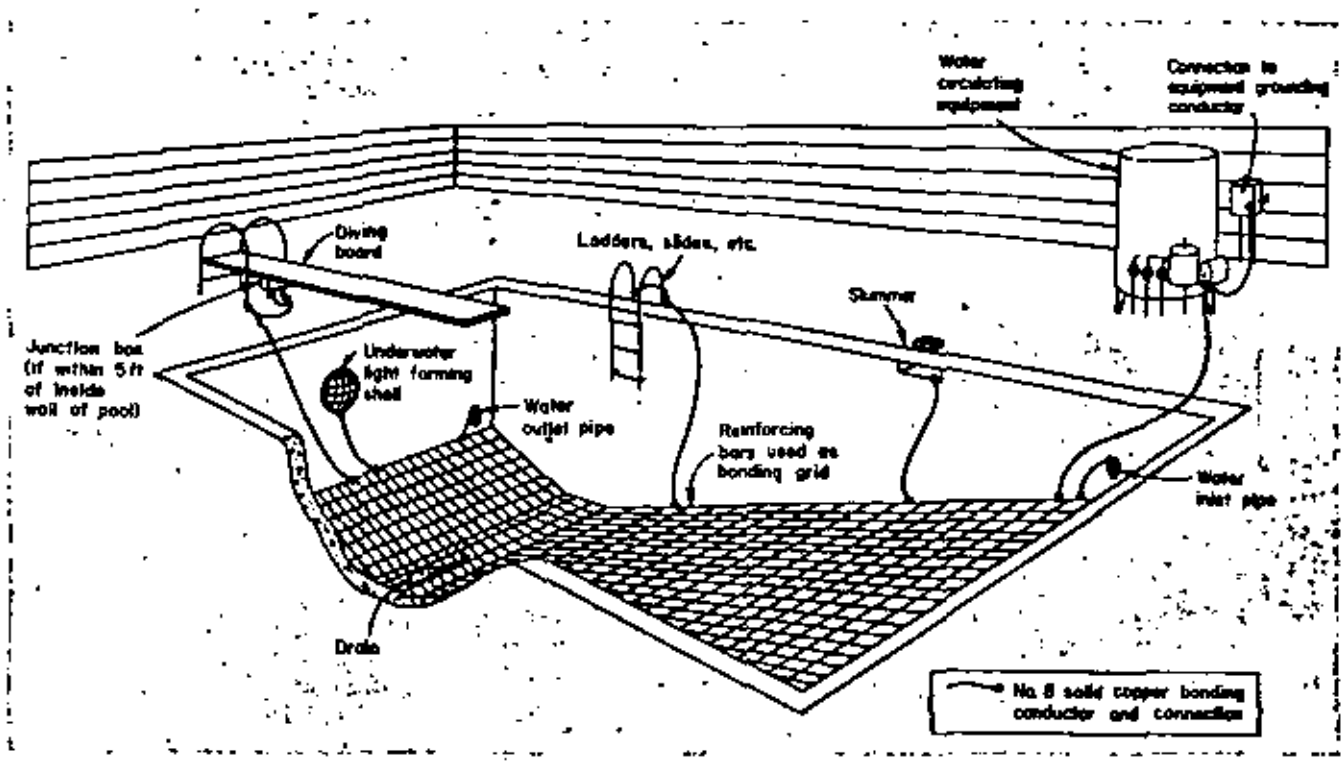


FIG. 19. A NO. 8 bonding jumper ties each of the indicated parts to the rebar grid, completing the bonding.

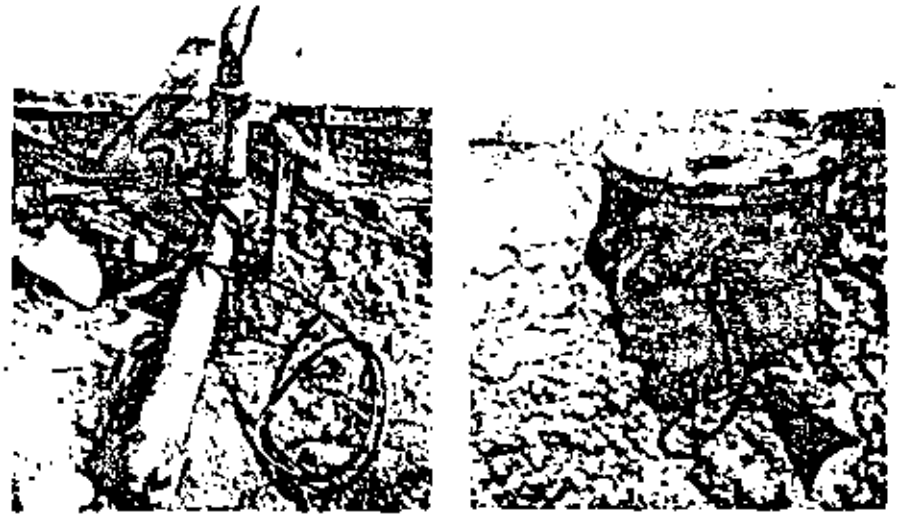


FIG. 20. WATER-FILL PIPE (above left) and metal housings (above right) associated with the water-circulation system are "bonded" with an insulated No. 8 solid copper conductor (arrow), as required.

required to be both bonded and grounded, the enclosure of the motor terminal connections provides for bringing the bonding and grounding conductors together. The code does not contain a specific provision requiring the bonding network to be grounded. Where wet-niche underwater fixtures are used, metal conduit between the *bonded forming shell* and the *grounded and bonded* junction box accomplishes another connectin between the No. 8 bonded hookup and the equipment grounding conductor. Or the No. 8 wire within the PVC conduit to the forming shell will make the connection.

The rule requires that the bonding conductor be of solid copper not smaller than No. 8 AWG. It is not required to be insulated. If it is insulated, inspectors might require green color-coding at any permanently exposed termination, if a rigid interpretation is put on Section 250-57(b), Exception No. 1 and if the "bonding" conductor is considered to be an "equipment grounding" conductor. Section 250-79 on "bonding jumpers" does not specify color of insulation or covering. Because the code rules do not cover the matter of color of bonding jumpers, inspectors commonly do not require green color, permitting black or other colors. The bonding conductor is usually installed underground and under the pool deck, except where it extends into the pump room. At all visible termination points, the conductor can be wrapped with green tape for identification, similar to the permission in "c" of Exception No. 1 of Section 250-57(b) which applies to equipment grounding conductors larger than No. 6 (Fig. 20).

Conflict has arisen in the past over use of this No. 8 bonding conductor because Section 310-3 requires No. 8 and larger conductors to be *stranded* where installed in raceways. That rule had the effect of limiting use of *solid* No. 8 conductors, and their manufacturer seemed to be curtailed. Section 310-3 has Exception No. 2 which references Section 680-22(b) and exempts the swimming pool No. 8 bonding conductor from the need to be stranded. If solid No. 8 copper cannot be obtained, the local inspection agency must be consulted.

To comply with the requirement that all of the bonded parts "shall" be connected to "a common bonding grid," it is common practice, to connect metal parts of diving boards, slides, and ladders as well as the drain cover, skimmers and water-circulating equipment to steel reinforcing in the concrete bottom or walls of the pool. These connections are made and inspected prior to the pouring of concrete, of course. The No. 8 copper bonding conductor may, in some instances, have to be connected to aluminum ladders, rails, or junction boxes (Fig. 21). Care must be taken to use a connector suitable for copper-to-aluminum connections. On some jobs, the ladders, spouts, and forming shells are made of stainless steel, and drains are cast bronze. High-quality, red brass compression connectors can be used, and connections at the iron rebars made with silicon bronze ground clamps.

Part (c) of Section 680-22 points out that water heaters rated over 50 amps must have parts of the unit bonded to the other bonded metal parts by a No. 8 conductor and other parts grounded by connection to the equipment grounding conductor of the circuit supplying the heater. And the parts to be grounded or bonded will be designated by instructions with the heater. Δ

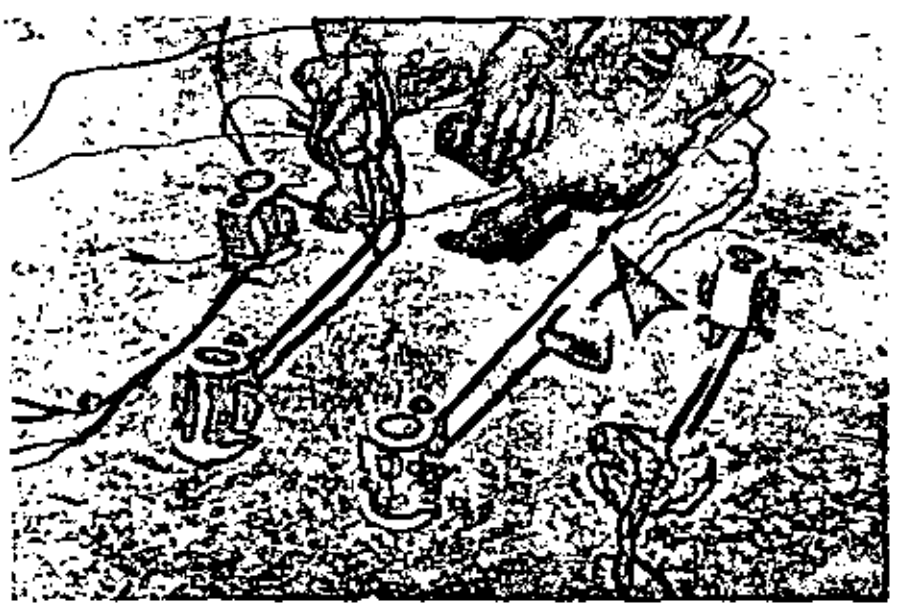


FIG. 21. FITTINGS for pool ladders have bonding strips attached to them for connection of the No. 8 bonding conductor. When the supports are set in the concrete deck, the bonding connections tie them all together. The No. 8 bonding connections are shown (arrow) and a protective coating is painted on the connectors to protect against corrosion.

Electrical safety for swimming pools—Part 2

The conclusion of the discussion started in the April issue covering rules aimed at assuring safe and reliable electrical circuit and equipment applications for swimming pools. The applicable Sections of NE Code Article 680 are indicated for each detail described.

By J. F. McPARTLAND,
Editorial Director

Section 680-23. Underwater loudspeakers

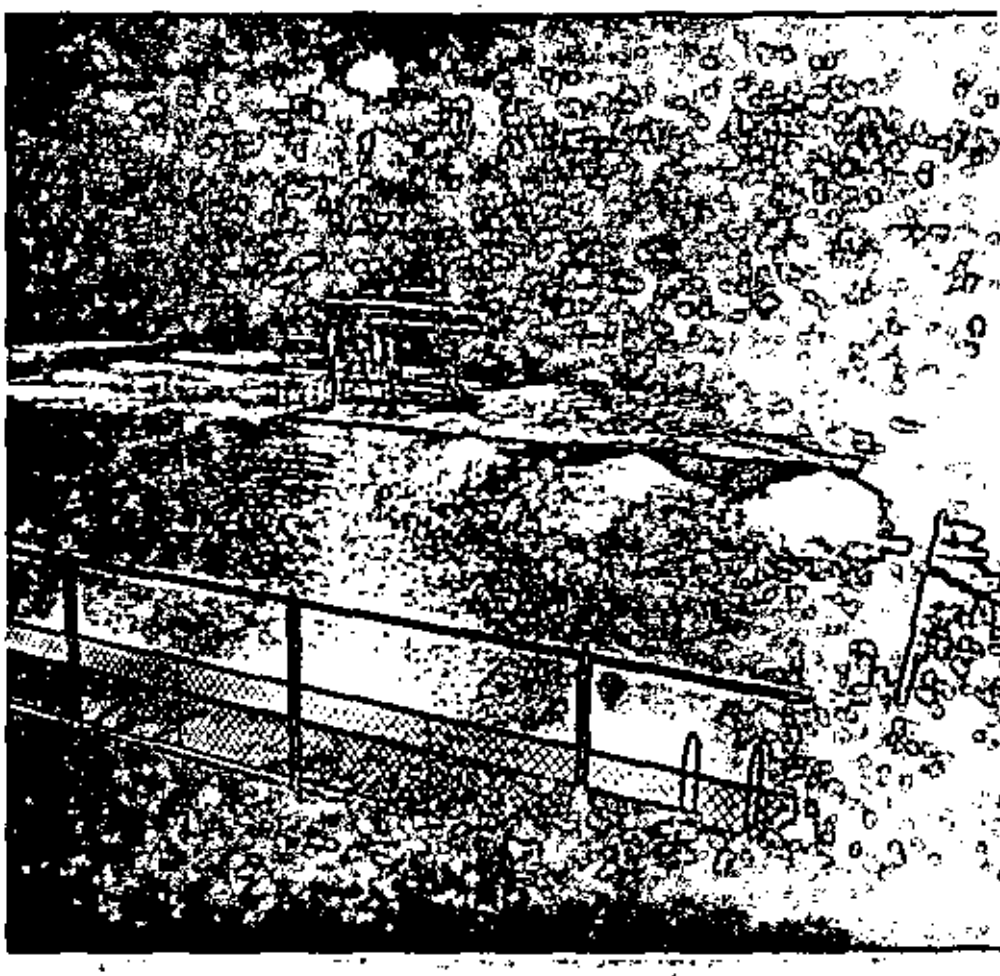
Connection of loudspeakers for underwater audio output is required to be made in the same way as a wet-niche pool lighting fixture. The rules of this section are almost identical to those in Section 680-20(b). Connection from the speaker forming shell is made to a junction box installed as set forth in Section 680-21(a) for a lighting fixture.

Section 680-24. What must be grounded?

The NE Code gives a very specific list of metal parts of equipment that must be grounded: wet-niche and dry-niche underwater lighting fixtures, all electric equipment within 5 ft of inside walls of the pool, all electric equipment associated with the recirculating system of the pool, junction boxes and transformer enclosures, GFCIs, and panelboards supplying any electric equipment associated with the pool.

After metal parts have been properly "bonded" to comply with the rules of Section 680-22, then "grounding" must be provided to satisfy the many specific rules of Section 680-25.

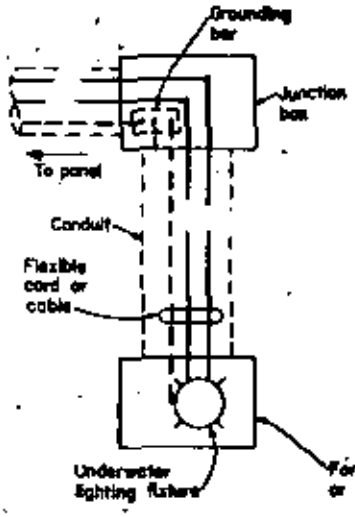
The prime objective of grounding is to provide connection to the grounding electrode at the service and to assure a low-impedance path for fault currents to flow back to the grounded neutral to permit proper operation of overcurrent devices. Grounding brings all metallic parts to ground potential, reducing shock hazard.



Section 680-25. All "bonded" parts must be "grounded."

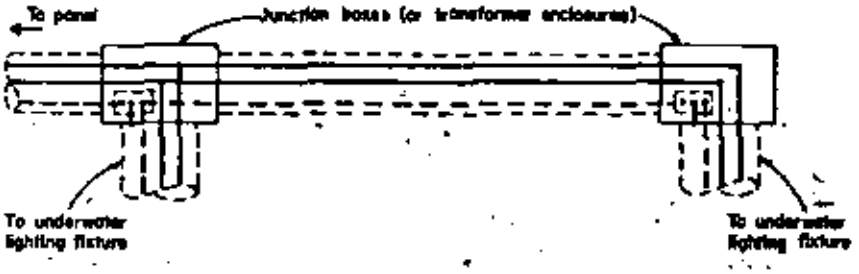
The basic difference between *bonding* and *grounding* becomes evident when the provisions of this section are considered. Essentially, these rules call for grounding with an equipment grounding conductor run in conduit along with the supply conductors. The bonding conductor required by Section

THIS EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR must be without joint or splice [Section 680-25(a)(2)] and must be installed in IMC or rigid metal or rigid nonmetallic conduit with circuit conductors. It must be sized per Table 250-95 but not smaller than No. 12 AWG. It must be an insulated, copper conductor [Section 680-25(d)].



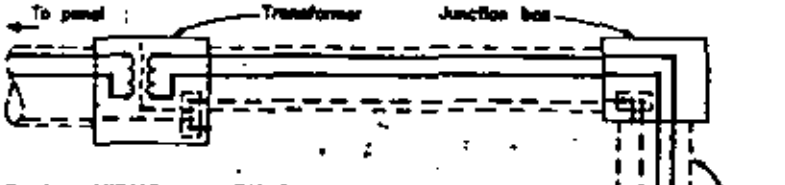
THIS EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR must be an insulated copper conductor that is an integral part of the cord or cable and must ground all exposed noncurrent-carrying metal parts of fixture. It must be equal in size to the supply conductors but not smaller than No. 18 AWG [Section 680-25(a)(1)].

FIG. 22. WET-NICHE FIXTURE must be grounded back to its supply panelboard.



THIS EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR must be terminated on approved grounding terminals in both enclosures. It must be copper, insulated, sized per Table 250-95, but not smaller than No. 12 AWG. It must be installed with the circuit conductors in IMC or rigid nonmetallic conduit [Section 680-25(a)(2) Exception No. 2 and Section 680-25(d)].

FIG. 23. GROUNDING CONDUCTOR between junction boxes may have terminal "joints" where same circuit supplies more than one pool light.



THIS EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR must be terminated on approved grounding terminals in both enclosures. It must be copper, insulated, sized per Table 250-95, but not smaller than No. 12 AWG. It must be installed with the circuit conductors in IMC or rigid metal or rigid nonmetallic conduit [Section 680-25(a)(2) Exception No. 1 and Section 680-25(d)].

FIG. 24. PROPER TERMINALS must be used where grounding conductor runs through enclosures.

680-22 does not have to be in conduit. Also, all equipment grounding conductors must terminate at an *equipment grounding terminal*. Bonding conductors may be connected directly to enclosures.

This section provides rules on methods of grounding metal junction boxes and transformer enclosures, panelboards, underwater lighting fixtures, cord-connected equipment, and other equipment. In general, metal raceways are not depended upon to provide the grounding path for swimming pool electrical systems. This is to make sure that the grounding path is maintained even though the conduit metallic current path might open because of corrosion. This can be a problem in pump houses, for example, where the conduit may be exposed to chlorine or acids.

For the same reason, the equipment grounding conductor is required to be insulated. The basic intent is to require a copper, insulated equipment grounding conductor, sized in accordance with Table 250-95, but not smaller than No. 12 AWG, and run back to the bonded and grounded neutral bus in service equipment.

Part (a)(1) of Section 680-25 details grounding technique for each wet-niche lighting fixture, with an equipment grounding conductor in the cord from the forming shell to the junction box, as described in the right-hand text in Fig. 22.

Grounding of the junction box for the lighting fixture also is described at the top left of Fig. 22. Note that the size of this equipment grounding conductor must be based on the rating of the overcurrent protection for the circuit to the lighting fixture—using Table 250-95, but not smaller than No. 12 [as specified in part (d) of this section]. No. 12 would be required for a 15-A or 20-A branch circuit.

As shown in Fig. 23, connection of the equipment grounding conductor to the terminal blocks is an *acceptable* joint in the conductor as an exception to the last sentence of part (a)(2), which calls for the conductor to be "without joint or splice."

Exception No. 2 is illustrated in Fig. 24, showing that the grounding conductor requires joints when a circuit from a panelboard to the lighting fixture(s) feeds through an enclosure for a low-voltage transformer, a GFCI, or a time switch.

Part (b) of Section 680-25 requires

an equipment grounding conductor to be run from "other equipment" [other than the types of equipment described in part (a)] to the "equipment grounding terminal" of the panelboard in which the supply circuit to the equipment originates. What constitutes "other equipment" has created controversy. But reason dictates that the term includes pump motors, controllers, disconnects, chlorinators, wireway, receptacles, etc., related to the swimming pool. As a result, an equipment grounding conductor for a pool filter pump or any of the other components must be installed with the circuit wires and would seem to be subject to the rule of part (d) of this section—which calls for such a circuit to be run in rigid metal conduit, intermediate metal conduit (IMC), or rigid nonmetallic conduit (Fig. 25).

NOTE: THAT INTERPRETATION REQUIRES ONE OF THE THREE RACEWAYS TO FEED A FILTER PUMP AND DOES NOT PERMIT USE OF TYPE UF OR TYPE USE CABLE OR EMT FOR THE PUMP CIRCUIT.

The persuasive argument is made that Section 680-24 requires the same type of grounding for "electric equipment associated with the recirculating system of the pool" (the pump) as it does for wet-niche lighting fixtures and the other parts listed in Section 680-24. Therefore, the argument goes, part (b) and part (d) of Section 680-25 apply to the wiring method used to supply the pump. But some inspectors have interpreted part (b) loosely and have permitted use of Type UF or Type USE cable to supply the filter pump, provided an equipment grounding conductor was included in the cable to make the grounding connection required by part (b) (Fig. 25).

CONTROVERSY: Because part (b) of this section does not specifically require use of an "equipment grounding conductor" but simply requires such "other electric equipment" to be "grounded," it may be argued that metal conduit to a pump or other equipment is adequate. Because Section 250-91(b) recognizes rigid metal conduit and IMC as equipment grounding conductors, some inspectors might not require the pump and its electrical equipment to be grounded by an equipment grounding conductor, feeling that the metallic raceway could be depended on to provide a ground if a grounding bushing is added in the panel and connected to the panel grounding bus by a jumper.

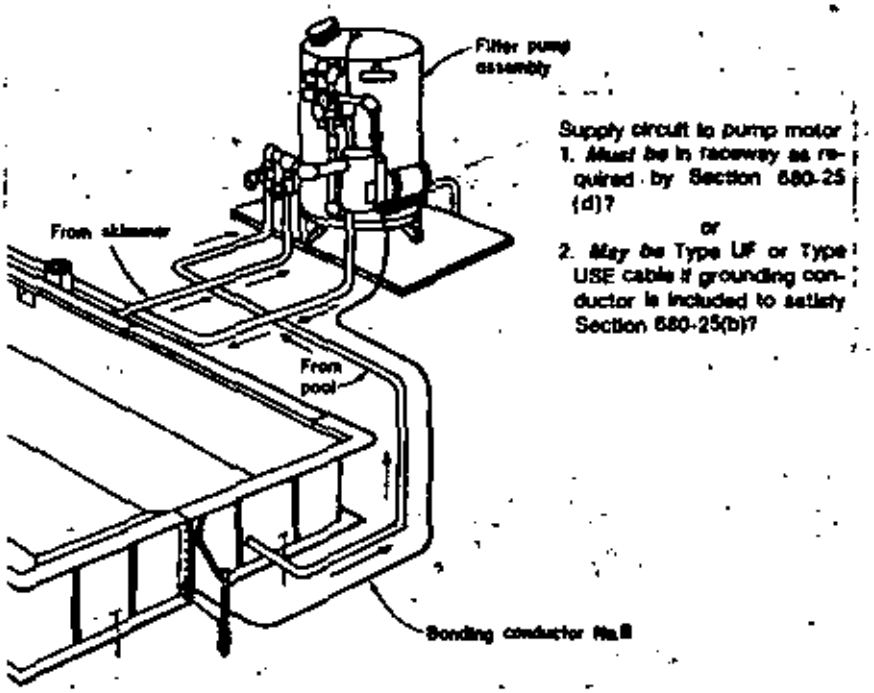


FIG. 25. DIFFERENT INTERPRETATIONS have been applied to wiring method required for pump.

It should be further noted that part (a) of this section, covering underwater lighting fixtures, junction boxes, and enclosures, specifically requires an equipment grounding conductor. It is argued that since it is *not* mentioned in part (b), it was not intended to be required. A 1968 NE Code requirement that was deleted in subsequent Codes [Section 680-7(c)] said that "metallic raceways shall not be depended upon for grounding." Deletion of that statement tends to support the acceptability of metal raceway, without need for an equipment grounding conductor.

An equipment grounding conductor is required by many inspectors because of the possibility of loss of grounding continuity in the metal raceways and enclosures due to possible corrosive conditions in areas housing pumps and watertreatment equipment.

In part (b), the phrase *grounding terminals* refers to the approved terminal bar for equipment grounding conductors required by Section 384-27.

Part (c) requires an equipment grounding conductor between the service equipment and a panelboard that supplies circuits to pool electrical equipment, as shown in Fig. 26.

Part (d) specifies that the equipment grounding conductor referred to in parts (a)(2), (b), and (c) must be an insulated copper conductor installed along with the circuit conductors in rigid metal conduit, intermediate metal conduit, or rigid nonmetallic conduit. AND ALL OF THESE GROUNDING CONDUCTORS *MUST* BE GREEN IN COLOR FOR THEIR ENTIRE LENGTHS IF THEY ARE UP TO NO. 6 IN SIZE. LARGER THAN NO. 6 MAY BE OF OTHER COLOR IF MARKED GREEN AT TERMINALS [see Section 250-57(b)].

The equipment grounding conductor required by parts (a), (b), and (c) of this section must be sized from Code Table 250-95 in accordance with the rating of the protective device for the circuit that is involved—*but* No. 12

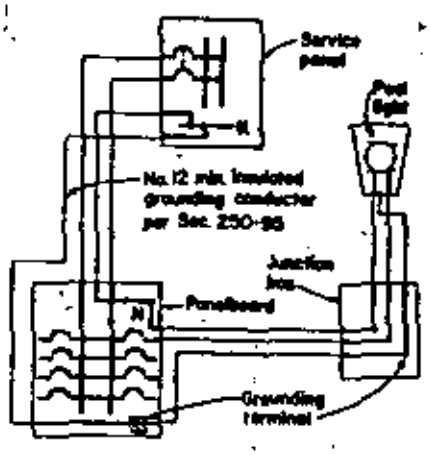


FIG. 26. GROUNDING CONDUCTOR must connect subpanel ground block to grounded neutral of service equipment.

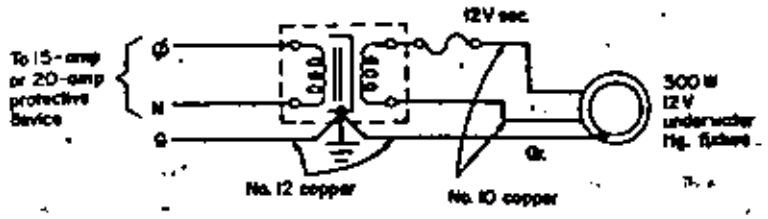


FIG. 27. EQUIPMENT GROUNDING conductor does not have to be larger on the transformer secondary side.

THIS EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR must be sized per Table 250-95 [Section 680-25(e)]. It must be copper, insulated, not smaller than No. 12 AWG, and installed with circuit conductors in IMC or rigid metal or rigid nonmetallic conduit [Section 680-25(d)].

EXCEPTION: If pool equipment is fed from an *existing* remote panel, the feeder to the remote panel may be a cable; but the equipment grounding conductor must be copper, must be sized per Table 250-95 but not smaller than No. 12 AWG, and must be insulated or covered.

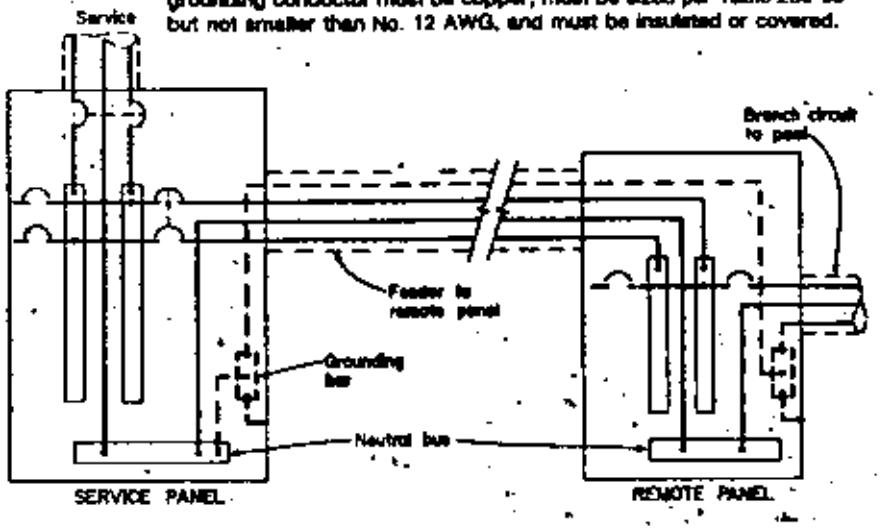


FIG. 28. EQUIPMENT GROUNDING conductor may be in cable between panelboards.

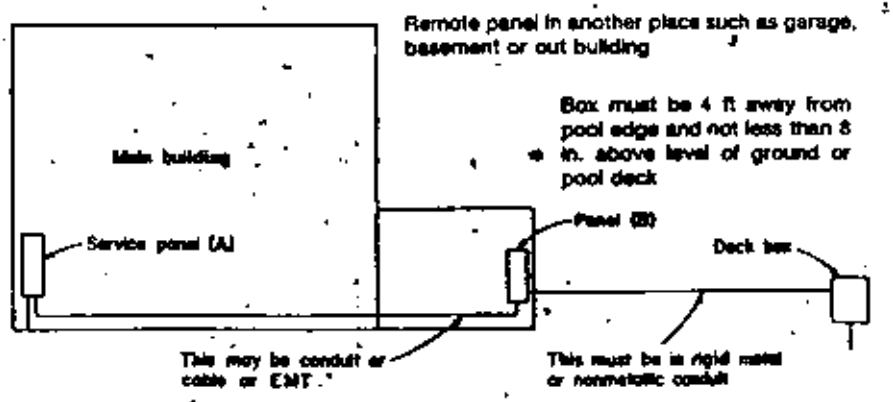


FIG. 29. SUBPANEL is commonly used to supply circuits for pool electrical equipment.

copper is the minimum size. From Code Table 250-95, a 15-A or 20-A fuse or CB protecting a branch circuit to pool lighting, as in part (a), or to some "other equipment," as in (b), would require a No. 12 grounding wire with the circuit. But if 40-A fuses or a 40-A CB protected a feeder from the service equipment to a subpanel serving the pool, then Code Table 250-95 would require a No. 10 size of copper conductor for the grounding, as required by part (e) of this section.

Exception No. 1 of part (d) points out that the use of a No. 14 or No. 16 grounding conductor, which would satisfy part (a)(1) for the cord of a wet-niche fixture, is not in violation of the basic rule of part (d), which calls for a No. 12 minimum.

Exception No. 2 requires careful sizing of an equipment grounding conductor on the secondary side of a low-voltage transformer for 12-volt pool lights. That conductor *must* be sized from Code Table 250-95 on the basis of the overcurrent-device-rating of the circuit supplying the primary of the transformer. It is not necessary to use a larger grounding conductor on the secondary even though the secondary circuit conductors are larger than the primary conductors because of the 10-to-1 current step-up (120 ÷ 12 V) (Fig. 27). A 300-watt, 12-volt fixture would require No. 10 copper secondary supply conductors (300 W ÷ 12 V = 25A), but only needs a No. 12 copper grounding conductor.

Exception No. 3 is shown in Fig. 28. A typical arrangement that utilizes this exception is shown in Fig. 29. As indicated, the conduit between panels A and B must contain, in addition to feeder conductors, an extra insulated copper conductor for grounding of pool lights and equipment, sized per Section 250-95, but not smaller than No. 12. When either a metallic or nonmetallic cable assembly is used between panels A and B, a No. 12 or larger insulated copper conductor must be available only for grounding pool and lighting equipment. Circuit between panel B and deck boxes for lights must be in conduit. In the sketch, a nonmetallic 4-wire cable may be used between the two panelboards. Two conductors can be used for the hot-leg conductors, the third used for the neutral, and the last insulated conductor used for the grounding of pool equipment. The grounding conductor in the cable assembly may be either "insulated or

covered." A cable assembly with a bare equipment grounding conductor would not satisfy the wording of Exception No. 3. If it is covered or insulated, it must be finished in green color or green with a yellow stripe [Section 250-57(b)].

Note: Exception No. 3 is applicable *only* where the subpanel, as shown in Fig. 29, is an "existing" panel. With that wording, if a new subpanel was installed in the garage or at the pool location, it would have to be fed from the service equipment by a feeder in rigid metal conduit, IMC, or rigid nonmetallic conduit—with a separate grounding conductor in whatever type of conduit is used. In Exception No. 3, a "remote panel" is one which is "not part of the service equipment."

The integrity of this ground-return path is all the more important now that ground-fault circuit protection is required for outdoor residential outlets, and for circuits supplying electrical equipment used with storable pools. Special attention should be paid to avoiding any connection between grounding terminals and the neutral (except at the service entrance). The grounding terminal block *must* be connected to the neutral bus in the *service panel* but *not in any remote panel* unless the provisions of Section 250-24 (bonded and grounded neutral at panel in an out-building) are carefully considered and GFCI breakers are not used in the service panel to feed any remote panel. Bonding the neutral to ground in a subpanel can make ground-fault protection in the service panel inoperative.

Exception No. 4 permits use of flexible metal conduit where needed in any circuits involved with the rules of Section 680-25. *Important:* When this exception was added to the NE Code, the supporting comment said:

> Section 680-24 requires grounding electrical equipment such as a filter pump. Section 680-25(d) requires the equipment grounding conductor for grounding this equipment to be installed with the circuit conductors in an approved rigid metal conduit or rigid nonmetallic conduit. As written, the Code would require the rigid conduit to be run directly to the filter pump with flexible metal conduit not permitted, even if the pump and circuit to it were inside a building such as a residence garage or basement. This proposal would permit the use of flexible metal conduit where necessary to employ flexible connections.

NOTE: THAT COMMENT, WHICH WAS ACCEPTED BY THE CODE-MAKING PANEL, CLEARLY SUPPORTS THE INTERPRETATION OF PART (b) OF SECTION 680-25 THAT *REQUIRES* RIGID METAL CONDUIT, INTERMEDIATE METAL CONDUIT, OR RIGID NONMETALLIC CONDUIT FOR A CIRCUIT TO A POOL FILTER PUMP.

Exception No. 5 permits use of EMT for the circuits covered by Section 680-25 where such circuits are under the better protected conditions when installed on or inside buildings.

Part (e) gives the same general rule as part (d) on sizing a grounding conductor between a remote subpanel and the service equipment from which the subpanel is fed. This is shown in the data on Fig. 28, where the amp rating of the two-pole CB in the service panel must be used to select the minimum size of grounding conductor from Code Table 250-95. If that CB was a 60-amp device, Code Table 250-95 would call for a minimum No. 10 copper conductor.

Section 680-30. Pump for storable pool

There are portable filter pumps listed by Underwriters Laboratories Inc. and they comply with Section 680-30.

Section 680-31. GFCI for storable pool

A ground-fault circuit-interrupter must be installed so that all wiring used with any storable pool will be protected. Δ

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

Selecting Cable Size from Protection Time-Current Curves

C. Maican
Dr. K. D. Srivastava

11/ NOVIEMBRE, 1979.

SELECTION of insulated conductor sizes should be made as a function of protective device time-current coordination curves for low- and medium-voltage industrial power systems. To use such curves to best advantage, their characteristics and cable damage curves should be known and understood. A unified and complete treatment of this important subject must include the effect of temperature on the resistance of conductors and the general equation of the short-time thermal capability of insulated cables. A review of the method usually used and the difficulties encountered in selecting the right size of feeder conductor does recommend a new method of selection.

For circuits to motors, transformers, motor-control centers, switchgear and similar loads, selection of conductors should be made according to the operating voltage, the voltage drop and the currents which can be carried safely by the conductor under continuous load, overload and short circuit conditions. Conductors often operate under overload conditions, and if conductor size is not selected in accordance with the time interval of overload permitted by the time-current protection devices, the cable may be damaged. Appropriate tripping coordination curves must be used for selecting cable sizes. Short-circuit current magnitudes, overload conditions, and interrupting time of overload or short-circuit current provided in the coordination diagrams of the protection must be factored into the selection of conductor cross-section area. Usually, the minimum cross-section area is plotted versus the short-circuit current at which the cable should remain undamaged, provided the relay protection will operate to trip the circuit breaker. In practice, it is very difficult to say which situation is more dangerous: a short-circuit fault with a very short time before the fault is cleared, or an overload current with a long time, more than 10 seconds, before the inverse-time relay or thermal element will trip the circuit. The size of cable must be sufficiently large to carry the overload current for a suitable time interval until the circuit breaker is tripped, and this must be before the cable is heated to the point where its insulation will be damaged. However, the economical aspects should not be overlooked.

A rigorous analysis of the effect of temperature on conductor resistance was utilized to determine both the short-circuit thermal capability and the overload thermal capability of conductors. Determination of these thermal limits, based on current vs time, was made for copper and aluminum conductors. The cable short-circuit thermal capability was evaluated on the assumption that the time interval of current flow is very short, up to 10 seconds, and hence the heat developed during that period is contained within the conductor. Heat released from the conductor by conduction or radiation is considered negligible. Overload conditions were taken as currents for a time longer than 10 sec.

The insulated conductors discussed here are the most common ones—i.e., cross-linked polyethylene insulated cables (XLPE, called Type XHHW in the NE Code) and the thermoplastic polyvinyl chloride insulated cables (PVC, called Type TW or THW in the NE Code). Since aluminum has cost advantages and is being used more and more in industrial and commercial installations, both copper and aluminum cables, for single or three conductors, are considered.

For many years, graphs that relate insulated conductor size to safe maximum thermal capacity based on cross-section area vs current have been available. Such graphs were plotted from a mathematical analysis of the thermal capability of insulated cables. These diagrams have been used to select the cables in accordance with short-circuit requirements. Insulated cable manufacturers provide such a family of curves for each kind of insulation and copper material and as a function of cable cross-section area. The difficulty in applying that method for selecting the right size of cables is that it is necessary to check the size of the cable for each value of the short-circuit current and the corresponding time.

An alternative method of mathematical analysis produces another family of parallel straight lines on the same log-log graph paper used for protection coordination curves. Using equations for different cross-section areas and conductor materials of cables, Figs. 1 to 4 were obtained, and these offer an approach to cable selection that is distinctly different from that of the old graphs. The curves in Figs. 2 to 5 provide effective application for ambient temperatures from 20C to 40C, although these lines are plotted for 20C. For overload and short-circuit currents, differences in sets of graph lines for conductors are negligible.

For practical work, the graphical representation of the overload current limit is a straight line on a log-log graph paper, in continuation of the

NOTE: This article summarizes the results of a study made by the authors. The complete, detailed report on which this article is based includes the mathematical computations and offers much wider application of the evaluative method to cable selection. Further details may be obtained from the authors.

short-circuit thermal capability lines and asymptotic to the cable ampacity (vertical lines, from NE Code Tables) as shown in Figs. 1 to 4, Fig. 6 and Fig. 7. The short-circuit and overload cable thermal capability curves represent the cable damage curves. These curves should always be above and on the right hand side and close to the corresponding feeder protection devices' time-current curves. In this case, cable and equipment are protected by the same devices. For any conductor, the "ampacity"—the maximum safe, continuous, full-load current rating—must be carefully selected. For any one of the sizes and types of conductors in Figs. 1 to 4, the specific ampacity to be used for a particular application will depend upon the Table from which it is selected and upon actual conditions that may alter that ampacity.

For instance, the ampacity for a conductor might be selected from NE Code Tables 310-16 or 310-17—referring to conductor material (copper or aluminum), type of insulation (75C PVC or 90C XHHW) and to conditions of use (in conduit, in cable, in open air, etc.). Then, even that ampacity might

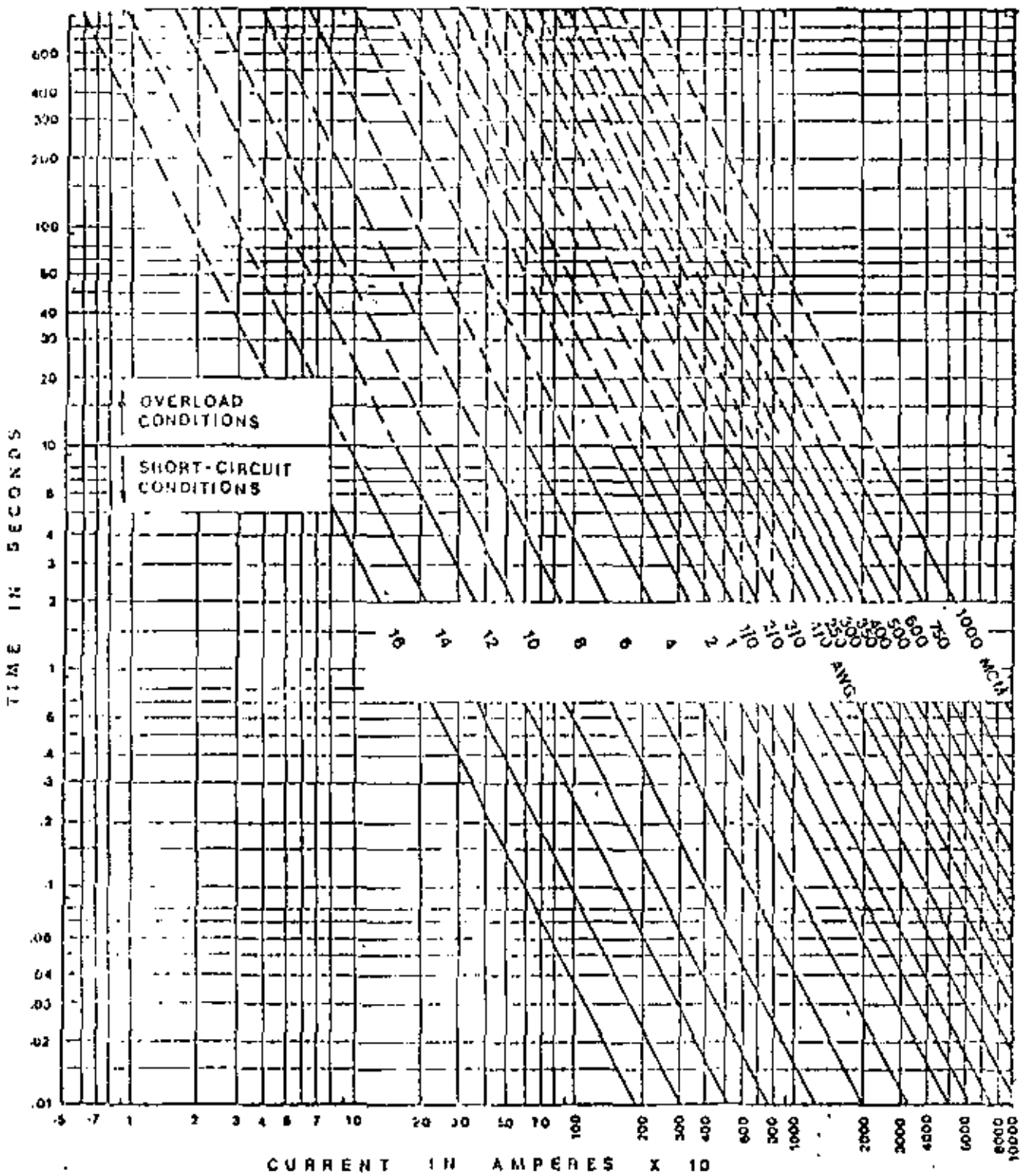


FIG. 1. Maximum short-circuit and overload curves for cross linked polyethylene insulation (XLPE) cable with copper conductors. Ambient temperature is 20C.

have to be altered to satisfy other code rules. It may be necessary to reduce the Table value of ampacity if the ambient temperature is over 30C or if more than three conductors are in a conduit (Note 8 to Table 310-16/19). Then Section 220-10(b) of the NE Code requires that conductors supplying a continuous load (load operating steadily for 3 hours or more) must have an ampacity at least equal to 125% of the load. If the circuit operates above 2000 volts, NE Code Tables 310-39 to -54 may be used to determine ampacity, along with the notes to those Tables.

Although the ampacity of any given size and type of conductor may vary due to application conditions, as described above, the thermal damage lines for overload or short circuit for that conductor is essentially constant and must, therefore, be adjusted for the actual ampacity. When the ampacity of any conductor is determined, that value of current must be marked on the top (horizontal) coordinate of the graph such as by a short vertical line at that current value, as in Fig. 6. Then the straight-line damage curve for the particular conductor is made asymp-

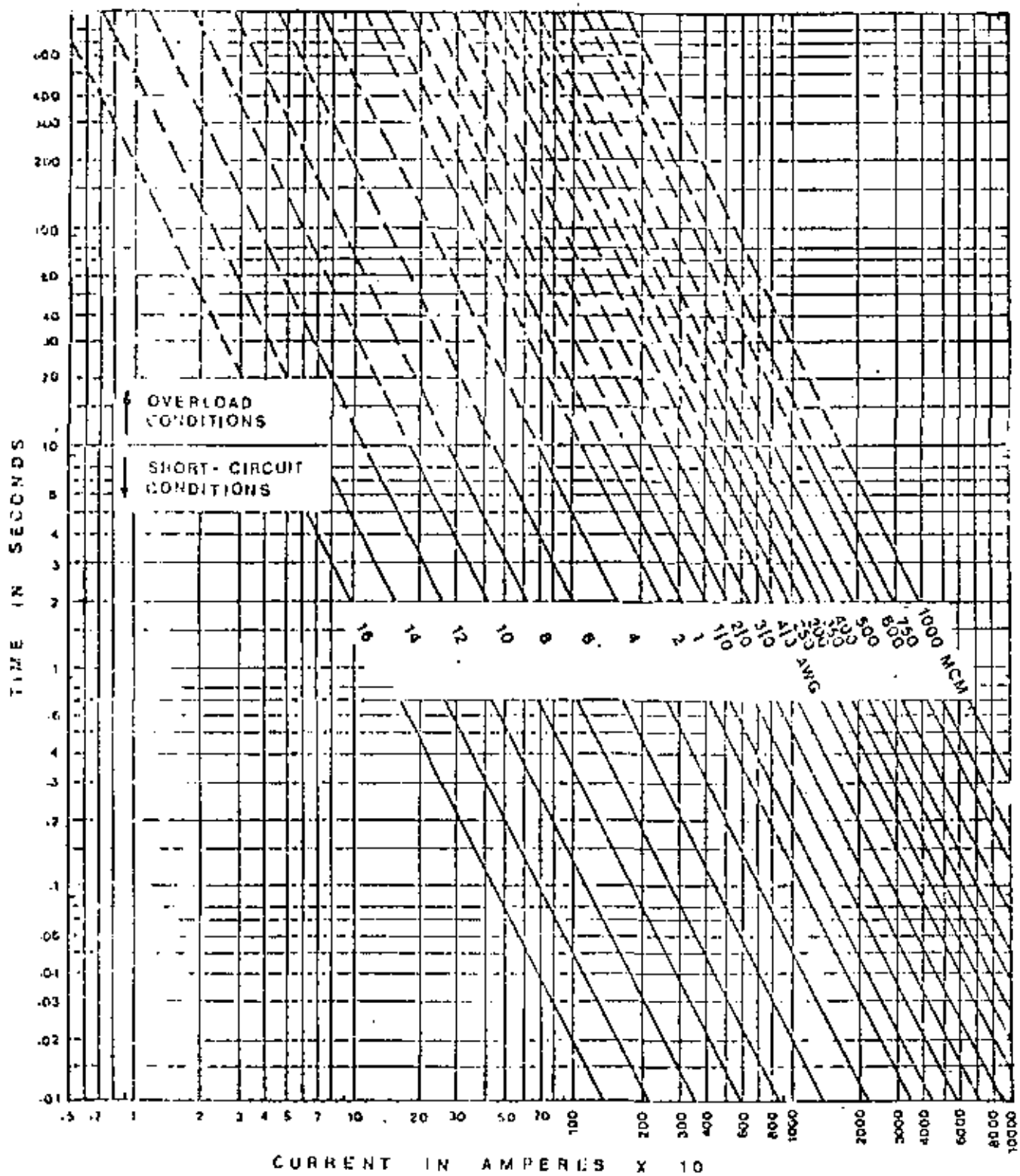


FIG. 2. Maximum short circuit and overload current curves for thermoplastic polyvinyl chloride (PVC) cable with copper conductors. Ambient temperature is 20C.

lotic to the short [illegible] at the top of the graph.

In the one-line diagram of Fig. 5, only the protection device numbers that are used for the selection of the cable sizes are given. The device protection coordination curves of this system are shown in Fig. 6 and Fig. 7. Fig. 6 is used to select the low voltage cables (600 volts) for switchgear, motor-control centers, individual motors, or other load feeders. Selection of 4.16-kv cable is based on the protection diagrams shown in Fig. 7.

For 600 volt and 4.16-kv ac motors, rated 70 hp or more, thermal overload and short-circuit protection were provided in the CB relays. For motors supplied from the MCC, the molded-case circuit breakers with magnetic element (only instantaneous trip) were used for short circuit protection, and for running protection the overload relay heaters in the starters were used. For each MCC and transformer feeder, the protection relays included an instantaneous unit to provide instantaneous tripping for very high currents and an induction overcurrent unit with inverse-time-delay characteristics.

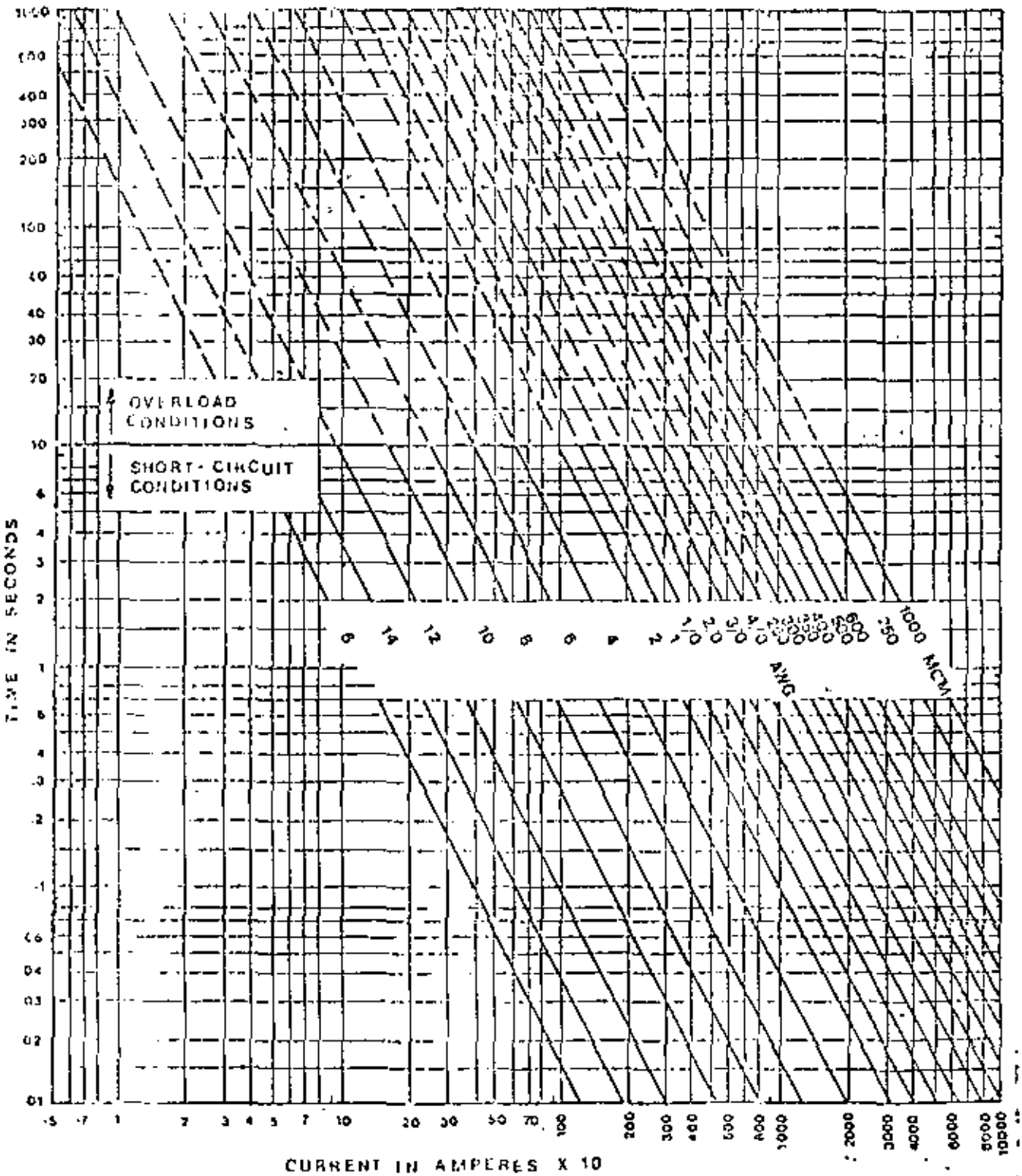


FIG. 7. Maximum short circuit and overload current for cross linked polyethylene insulation (XLPE) cable with aluminum conductors. Ambient temperature is 90C.

For 4 [illegible] 3-conductor XLPE insulated cables with copper conductors were used. For 600-volt feeders, PVC insulated cables were used. NE Code Table 310-11 on ampacities of cable must be used to establish permitted cable load current rating. It is assumed that [illegible] cables are installed in air [illegible] temperature. Conductor temperature of 75C for PVC insulated cables and 90C for XLPE insulated cables, with a derating factor of 0.82 and 100% load factor, were considered. Under other conditions—e.g. single- or 3-conductor cables direct-burial, single- or 3-conductor cables in air, etc.—the same method may be used, considering the corresponding cable ampacity (NE Code Tables 310-39 to 310-54) with corresponding correction factors for various ambient temperatures, ambient earth temperatures, and group correction factors. (See Notes to NE Code Tables 310-39 to 310-54).

When selecting cable size from the diagrams, the method consists of selecting the cable so that the domain on the right-hand side of its cable damage curve will not overlap the

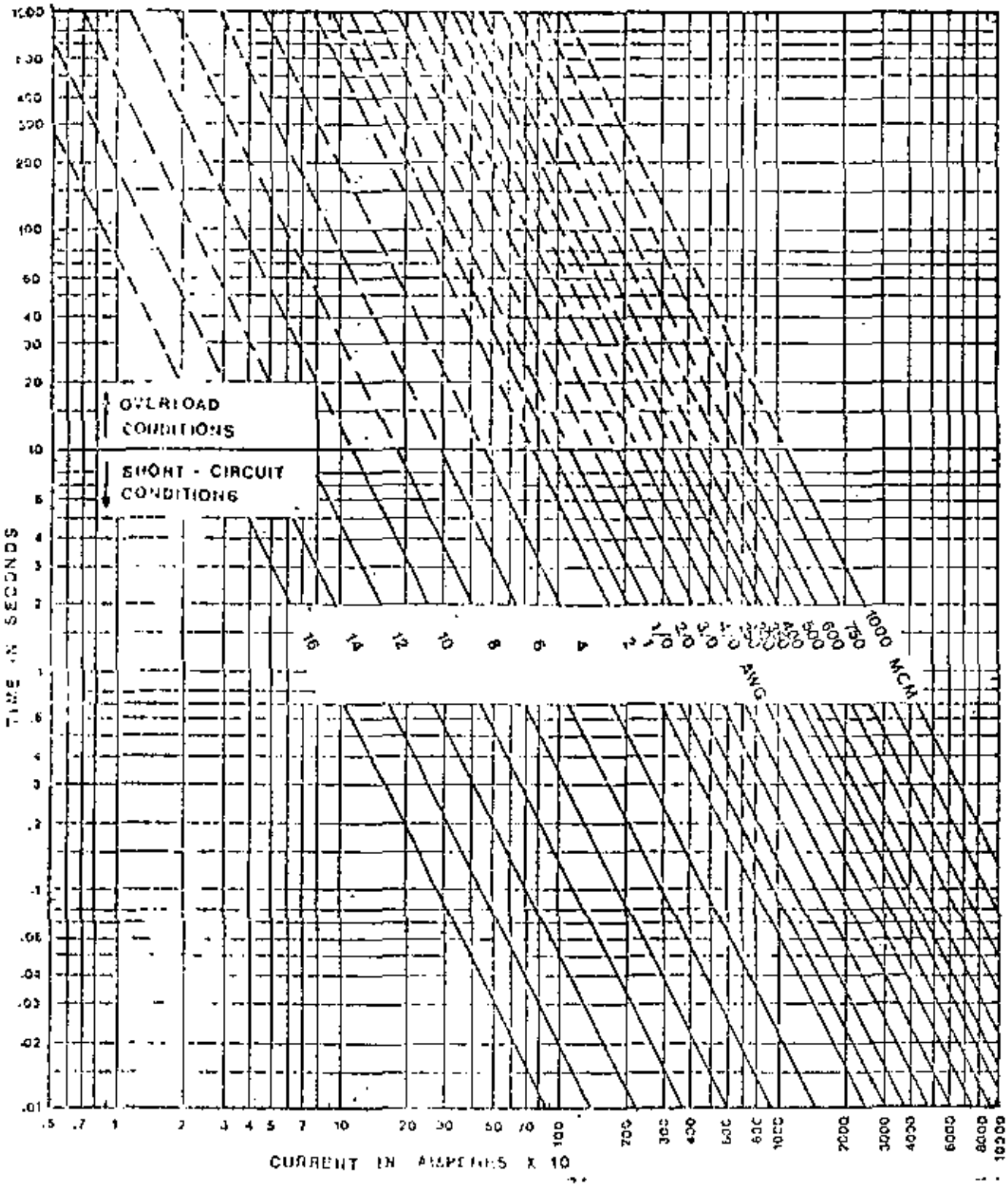


FIG. 4. Maximum short circuit and overload current curves for thermoplastic polyvinyl chloride (PVC) cable with aluminum conductors. Ambient temperature is 20C.

[illegible] on the [illegible] load side of the protective device curves. In other words, the time current curve of the protective devices — relays, fuses, CBs should be below and to the left of the damage curve of the selected cable. If the protection curves for an electrical system are plotted on a transparent log-log graph paper and the time-current cable damage curves are plotted on the same scale on another page, the paper with the protection curves may be put over the paper with the cable curves and the selection of cable size may be made readily.

In the example shown in Fig. 5 the cable size will be first selected on the basis of ampacity, in accordance with the full-load current. These values are shown in the diagram. Because in many cases, when selecting initially on ampacity only, the corresponding damage time current curves intersect the protective device protection time-current curves, the conductor cross-sectional area of cables will increase until curves do not intersect.

The cables selected by this method, for the given electric system, are shown in Fig. 6 for 600-volt feeders and in Fig. 7 for 4.16 kV feeders. From Fig. 6 it can be seen that, for loads supplied from the MCC-bus and for the smaller loads, the size of cables should be selected in accordance with the short-circuit current. However, for large loads, the size of cables should be selected in accordance with the over-current protection curves. Δ

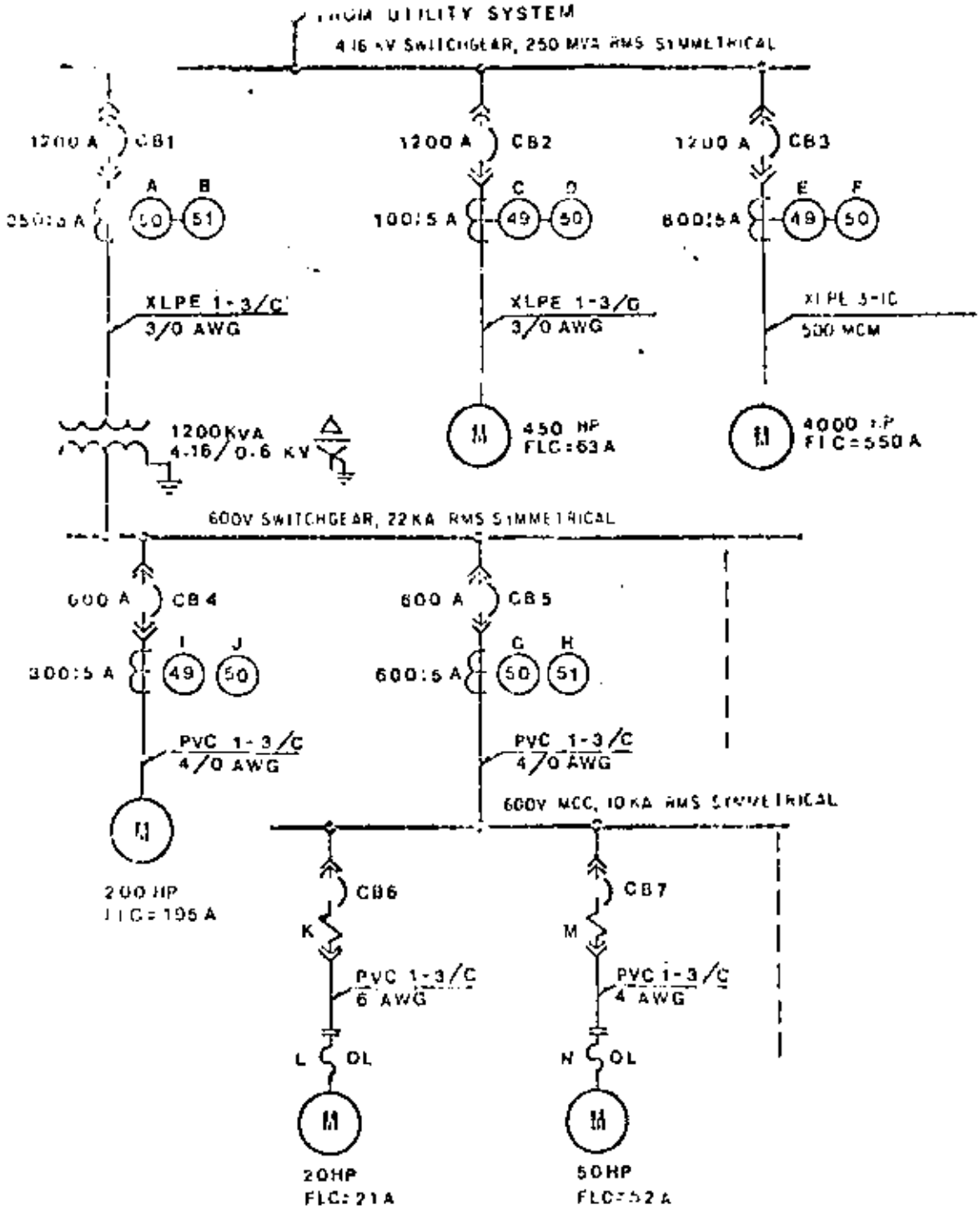


FIG. 5 — [illegible] diagram of an electrical system

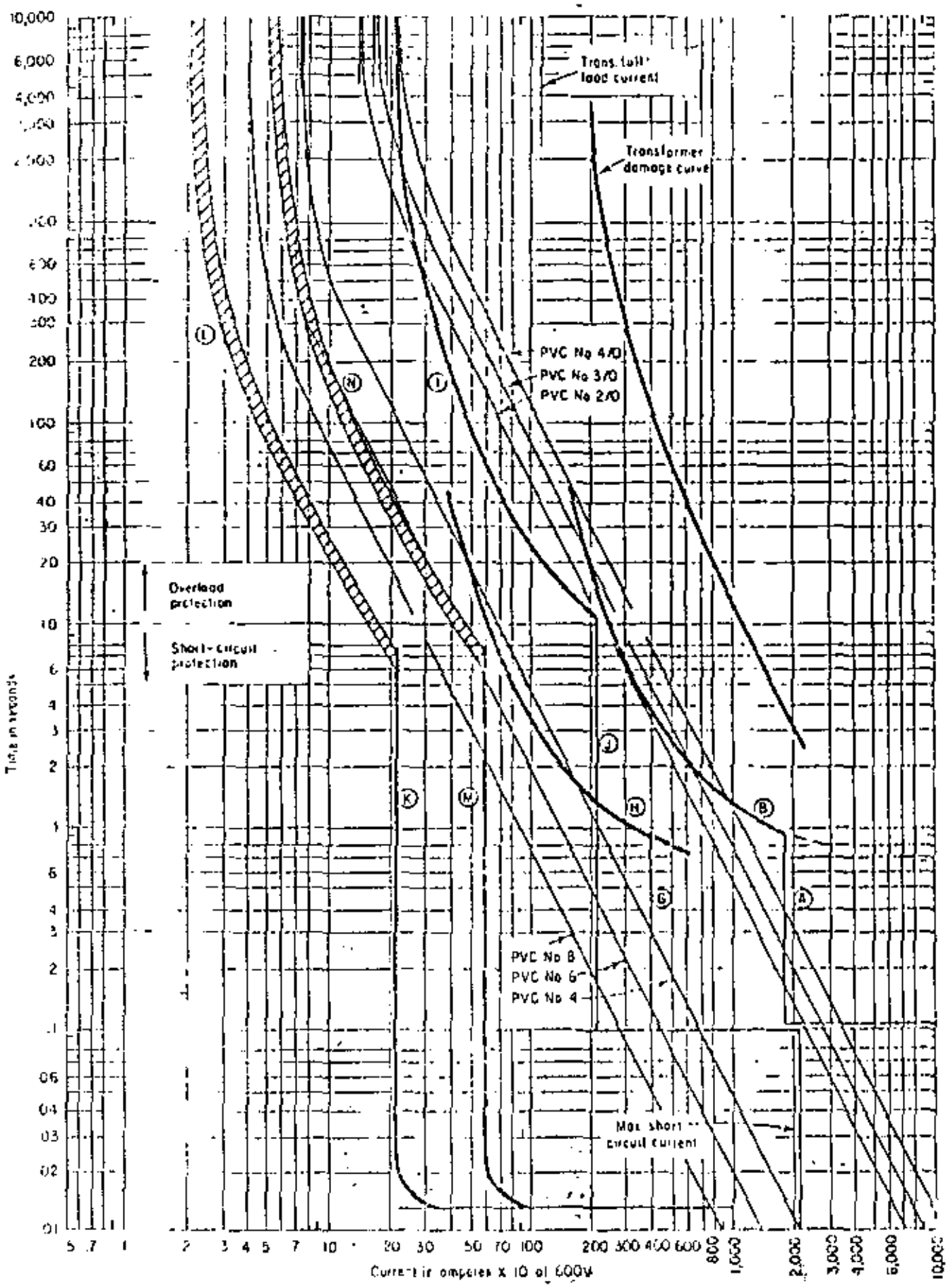


FIG. 6. Short circuit and overload protection curves and selection of 600 volt PVC insulated cable with copper conductors.

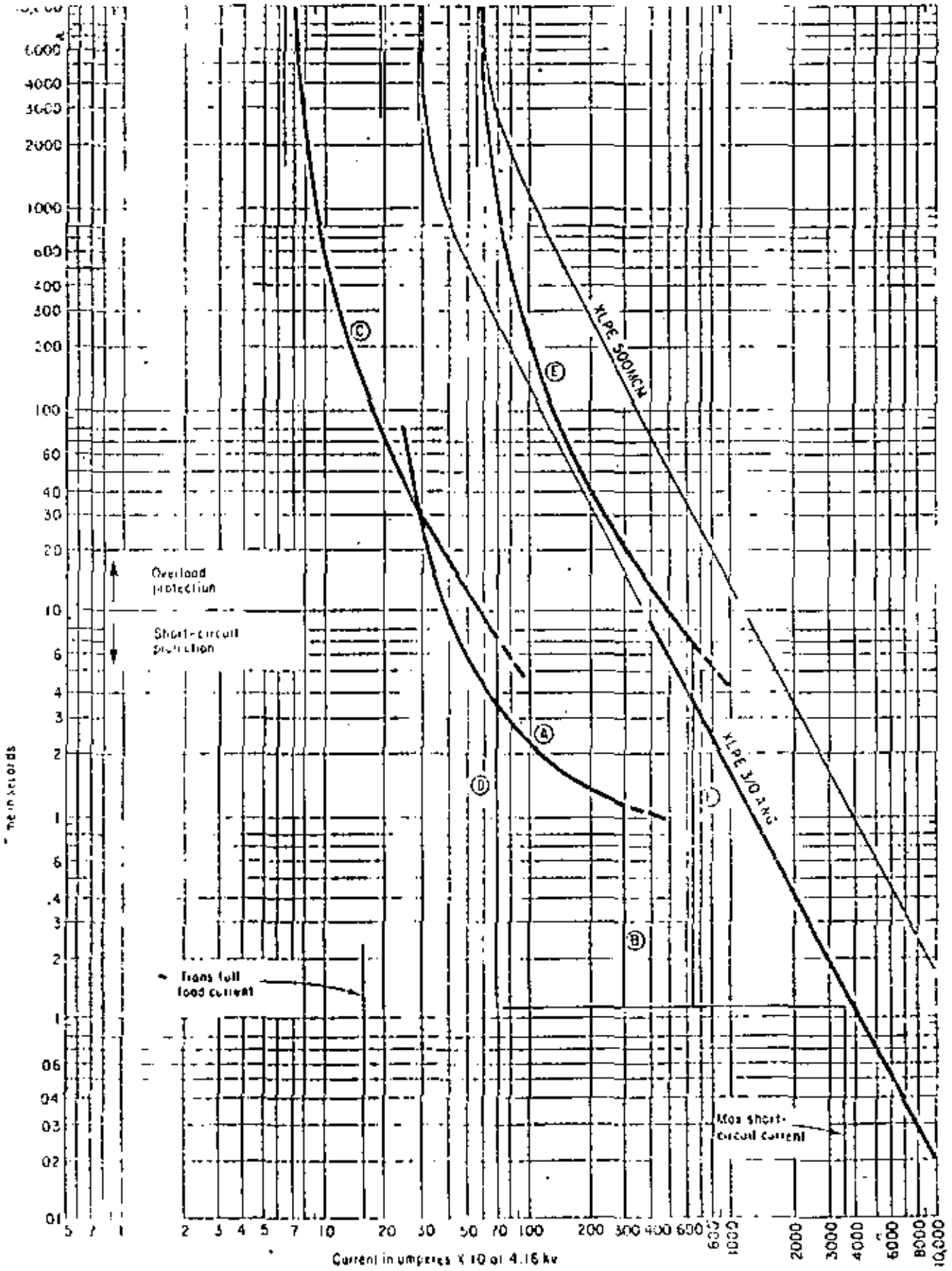


FIG. 7. Short-circuit and overload protection curves and selection of 4.16 kv XLPE insulation cable with copper conductors.

Centro de Educación Conti
división de estudios de posgra
de la facultad de ingeniería una
Tacuba 5 Primer Piso México 1, D. F. Tel. 521-40-

INSTLACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SISTEMAS DE PARARAYOS

Ing. Ignacio González Castillo

Noviembre, 1979

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

EL MECANISMO DE UNA DESCARGA

Una descarga atmosférica (rayo) está formada por electricidad estática que proviene de una gran concentración de carga originada normalmente por fenómenos meteorológicos. El fenómeno de la formación de estas grandes concentraciones es debido a la acumulación en el interior de una nube de partículas de agua en fase gaseosa que por diversas condiciones atmosféricas resultan cargadas electrostáticamente. Durante las tempestades, o en períodos de gran turbulencia atmosférica, grandes cantidades de carga estática se acumulan de esta manera en las nubes. La carga puede ser uniforme, pero generalmente presenta varias zonas de diferente concentración en una misma nube, en la gran mayoría de las nubes (90%) se acumulan en la parte inferior las cargas negativas, con un pequeño núcleo en el que por el contrario se condensan cargas positivas. La zona central de la nube también está cargada negativamente, y la parte superior está cargada positivamente. (Lam. #2)

Las nubes que dan lugar más fácilmente a descargas eléctricas son los Cúmulo y los Cúmulo-Nimbus. Lo más frecuente es que la nube se extienda desde 500 a 1000 metros, hasta 3000 ó 4000 metros, con una base inferior casi plana con superficie de 5 a 30 Km. cuadrados.

Al ocurrir las condiciones de una tormenta, y cargarse la nube como hemos descrito anteriormente, ocurrirá por inducción una concentración de carga en la superficie de la tierra que está directamente abajo de dicha nube, esta concentración será del signo contrario a la que se tiene en la parte baja de la nube, o sea normalmente positiva. (Lam. #3). Su intensidad dependerá de la concentración en la nube. Conforme crecen las cargas eléctricas en la nube, crecerán en la tierra, y puesto que son de signo contrario se atraerán. Cuando el Gradiente expresado en Volts por centímetro cuadrado, excede la resistencia dieléctrica del espacio que separa la nube del suelo; una centella o Rayo "Piloto" se abre paso a través del aire, partiendo de la nube hacia la tierra. (Lam. #4). Su descenso

se hace por desplazamientos bruscos e irregulares, emitiendo ramales laterales y preparando el cauce del rayo incipiente con suspensiones en el avance de 10 a 12 microsegundos.

La velocidad de propagación durante estos impulsos es generalmente del orden de 1000 Km. por segundo, mientras que la velocidad efectiva de la propagación de la descarga, comprendiendo también los tiempos de suspensión, se mantiene en general en el orden de los 100 Km. por segundo, teniendo como máximo 300 Km. por segundo.

La mayoría de los rayos piloto son de polaridad negativa y su propagación hacia tierra es silenciosa y debilmente luminosa.

Cuando la extremidad del piloto o de algunos de sus ramales se acercan a tierra, se produce un intenso campo eléctrico que origina que de la tierra parta un segundo rayo piloto secundario al encuentro del original descendente. (Lam. #5). Este secundario es de polaridad positiva y establece contacto con el original, generalmente a una altura de 15 a 50 metros. (Lam. #6). El contacto entre los dos pilotos equivale a cerrar el circuito entre la tierra y la nube. En primer lugar una corriente de gran intensidad fluye de la tierra hacia la nube, para neutralizar la carga de ésta, acompañada de una gran emisión de Luz (Relámpago). Esta suele después moderarse, tornandose en una corriente de mayor duración que termina con el remanente de cargas en la nube.

Los valores de la corriente de descarga son excepcionalmente altos (centenares de miles de amperes), pero la duración de estas corrientes es afortunadamente pequeñísima, ya que en general, la corriente de descarga sube hasta su máximo en uno a diez microsegundos, para bajar a la mitad durante 10 a 100 microsegundos, siendo la duración total de varios miles de microsegundos. (Lam. #7).

Ocurre frecuentemente que las diversas concentraciones de carga de una misma nube utilizan un mismo cauce, produciéndose entonces descargas sucesivas. Estas pueden repetirse tan rápidamente que no es posible distinguir los destellos con la vista. Estos fenómenos llamados descargas sucesivas, pueden repetirse numerosas veces después de la descarga principal,

las estadísticas de las mediciones efectuadas muestran que más del 50% de los rayos tienen por lo menos dos descargas, habiendo algunos en los que se conocen hasta 42 descargas sucesivas.

La trayectoria que presenta la formación de una descarga atmosférica, demuestra por qué los lugares elevados son alcanzados por los rayos con más frecuencia, ya que de acuerdo con las leyes elementales de la física, es evidente que en los lugares elevados la concentración de carga es mayor que en los lugares bajos, (Lam. #8) de aquí que sea precisamente de los lugares altos de donde parta con mayor facilidad un piloto secundario al encuentro de la centella descendente y por lo tanto sean preferidos por las descargas.

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

FACTORES QUE GOBIERNAN LA DECISION DE SU INSTALACION

La protección contra descargas atmosféricas constituye un tema de especial interés dentro de las instalaciones necesarias de una construcción.

Es del conocimiento de todos la capacidad destructiva que posee ésta manifestación de la electricidad atmosférica que conocemos con el nombre de Rayo. Sus aspectos externos han sido conocidos siempre por la humanidad, así como sus efectos directos e indirectos.

Las consecuencias de la descarga directa pueden ser graves: Daños a personas y cosas, incendio y destrucción, interrupciones en los servicios de Energía Eléctrica que pueden originar grandes peligros para la necesaria continuidad de estos servicios, así como un sinúmero más de consecuencias que en un instante pueden reducir o aún hacer desaparecer patrimonios de gran valor.

De acuerdo con el código de NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, los factores que gobiernan la decisión de instalar un Sistema de Pararrayos son los siguientes:

1) Frecuencia de las tormentas en la zona.
2) Valor y Naturaleza del edificio y su contenido.
3) Riesgos a las personas que lo ocupan.
4) Exposición relativa.
5) Perdidas indirectas.

En relación con la frecuencia de Tormentas Eléctricas, es de comprenderse que es difícil hablar de datos y registros que nos provean de cifras absolutas, sin embargo, se consideran como reales valores que oscilan entre 25,000 y 40,000 descargas diarias sobre toda la superficie de la tierra. En algunos paises existen estudios estadísticos que permiten conocer la cantidad de tormentas eléctricas que son de esperarse en una determinada zona. Por ejemplo, en los Estados Unidos de Norteamerica los valores oscilan en zonas de 3 por día, a zonas de 90 por día. Cabe ser recordar que este índice aumenta conforme la zona analizada es más cercana al ecuador. En relación con el valor que pueden representar las

las pérdidas materiales originadas por rayos, recientemente (Julio 1972) la Sociedad Geográfica Nacional de Washington publicó los siguientes datos:

Se esperaban para la Unión Americana 17,000 a 20,000 construcciones dañadas por descargas en un año, y en total, una pérdida mínima de 10 millones de Dólares.

El Análisis de la condición del riesgo a las personas, nos conduce a una conclusión inmediata, ya que sabemos que cualquier construcción SIEMPRE ésta ocupada por una cantidad mínima de personas que nos interesará proteger.

En relación con la exposición relativa, cabe considerar un razonamiento físico elemental: El hecho de que las cargas electrostáticas se concentren en los cuerpos de proporciones geométricas agudas, tales como rodillas, puntas, etc., hace que los rayos tengan preferencia por incidir en las alturas más notables, así el Edificio Empire State, por Ejemplo, situado en una zona de no gran frecuencia de tormentas eléctricas, recibe entre 25 y 50 descargas atmosféricas en un año, (SGNW y H.MT). H. M. Towne de General Electric Co., nos proporciona datos de la variación de la probabilidad de incidencia con relación a la altura, con los cuales puede construirse una gráfica que nos indica ésta variación. (Lam. #1)

Cabe recordar que en la actualidad la construcción vertical es cada vez más frecuente y en nuestro país no es raro el caso de que el edificio que analicemos sea el más alto de una población, y que podemos concluir, dentro de la lógica, que en nuestro caso el análisis de las condiciones anteriores nos obliga a la decisión de instalar un Sistema de Protección contra descargas atmosféricas.

La consideración de las pérdidas indirectas que una descarga eléctrica puede ocasionar es un factor cuya influencia en la decisión también es importante. El Análisis de el costo que puede representar una suspensión de los servicios prestados por la construcción estudiada, o de la producción pérdida, hace obvia la decisión.

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

ANALISIS DE LOS SISTEMAS

El principio fundamental de operación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas es proporcionar el medio para que una descarga pueda incidir con seguridad sobre una construcción y sea conducida en forma inofensiva hasta tierra, de manera que no origine daños durante su recorrido.

Las instalaciones de protección contra descargas atmosféricas difícilmente son "Activas", es decir que originen una protección para que no incida un rayo sobre una estructura, sin embargo, dado que la concentración de cargas que se logra en un pararrayos tiene un efecto ionizador de la atmosfera, esta ionización origina un efecto dispersor de la carga, lo que disminuye el campo eléctrico.

Es pués de más importancia la protección "Pasiva", que se logra mediante la adopción de medios que reduzcan a límites no peligrosos las consecuencias de una descarga.

La protección contra descargas atmosféricas de una estructura no se logra contra lo que normalmente se cree con la instalación de una varilla y una conexión a tierra (Pararrayos de Franklin), ya que la acción de este dispositivo tiene una acción limitada; la "Zona" de protección que proporciona una barra de este tipo, aún desde los primeros intentos de Benjamin Franklin en 1760, no se puede considerar como un absoluto; en 1767, Franklin escribía que esta zona es función de la cantidad de carga (variable en cada caso), la forma de la estructura protegida y las condiciones atmosféricas (variable en cada caso). Posteriormente Oliver Lodge (1892) y Panderson (1879) afirman que no se puede justificar una determinada zona de protección para una barra, y finalmente F.W. Peek en 1929, mediante experimentos con modelos, concluye que esta zona depende de la altura de la concentración de carga, que en este caso queda representada por la

altura de la nube. Originalmente (1932) el código de U.S.A. estableció, basandose en las ideas de Peek, y tomando como promedio una altura de 1000 pies, un radio variable de 2 a 4. En 1945 esta cifra fué corregida a la unidad, con la consideración de que esta distancia puede ser reducida en cantidades no especificadas si alguna parte no protegida de la construcción tiene alguna forma, o alguna posición, capaz de iniciar un piloto secundario.

En vista de esto, la técnica moderna de protección ha descartado el uso de la barra Franklin y establece la colocación de conductores y puntas en los sitios en los que pueden iniciarse pilotos secundarios, tales como esquinas y aristas de las azoteas, (Lam. #9), es necesario pués, no hablar de un "Pararrayos", sino de la instalación de un sistema de pararrayos convenientemente estudiado para proporcionar protección a cada estructura en particular.

Un SISTEMA de pararrayos, está integrado por 3 elementos fundamentales: (Lam. #12)

1) Un elemento RECEPTOR de la descarga que lo constituyen las puntas de protección y los cables colocados estratégicamente en las partes de la estructura que pueden recibir una descarga. ("A",Lam. #10)

2) CIRCUITO A TIERRA, formado por los conductores que tienen como misión transportar a tierra la corriente de la descarga, según un recorrido perfectamente determinado y de baja resistencia eléctrica, pasando normalmente por la parte exterior del edificio. La realización práctica de estos elementos debe de efectuarse teniendo en cuenta que por ser la corriente del rayo a impulsos, adquiere una importancia notable la Reactancia del circuito, cuya influencia puede originar grandes caidas de tensión en el circuito. ("B", Lam. #10)

3) ELECTRODOS de tierra, llamados también dispensores de tierra, los que proveen de un contacto íntimo del sistema con el terreno, facilitando la dispersión de la corriente en el terreno propiamente dicho. ("C", Lam. #10)

Existen en la actualidad diversos procedimientos para el cálculo y diseño de estos dispositivos, así como procedimientos de medición directa de la resistencia lograda. Se han desarrollado también algunos productos químicos que pueden usarse como aditivos en los electrodos y de esta manera lograr abatir la resistencia a tierra.

De acuerdo a la diferente organización de los elementos anteriores se conocen actualmente los siguientes tipos de pararrayos:-

Pararrayos de Franklin - Descubierto por Benjamín Franklin alrededor de 1750 consta de una punta y una conexión a tierra, su interés actualmente es solo histórico, ya que se han comprobado las limitaciones de superficie protegida que provee, otro defecto estriba en el hecho de que cada vez que es alcanzado directamente por un rayo, la descarga se recibe en un solo lugar, lo cual origina que la punta de la barra falle debido a la intensa corriente que transporta.

Jaula de Faraday - La jaula de Faraday se basa en el experimento del físico del mismo nombre, según el cual disponiendo una envoltura metálica cerrada y conectada a tierra, cualquier fenómeno eléctrico, por intenso que sea, no causa ningún efecto en el interior de la envoltura, o sea que la envoltura mencionada sirve como "Pantalla" o "blindaje" del interior. Actualmente este tipo de sistema se construye a base de una red o malla de conductores que se coloca en la parte superior de la estructura que se protege, con suficientes conexiones a tierra para lograr en dicha malla una distribución uniforme del potencial de la tierra. La protección de las superficie intermedias entre los cables que forman la red, se logra mediante pequeñas puntas ionizadoras de la atmósfera que originan concentraciones de carga en ellas, las que en condiciones de tormenta, proveen múltiples "Pilotos Secundarios", lo que además proporciona muchas vías de entrada a la descarga principal cada una de ellas con una intensidad de corriente menor.

Este sistema es el que ha tenido hasta la fecha un desarrollo mayor, ya que desde 1904 se dispone de reglamentaciones oficiales de intitutos y organismos especializados, los cuales recopilan normas de diseño experimentadas ampliamente y revisadas periodicamente, lo cual proporciona una garantía efectiva de su funcionamiento. Cabe agregar que este tipo de sistema está establecido como norma por instituciones como el IEEE (Instituto de Ingenieros Electricistas y en Electronica de los E.U.A.), Underwriters Laboratories Inc. NFPA (National Fire Protection Association) y es norma de la ASA (American Standard Association) de los E.U.A.

Pararrayos Radioactivos - Recientemente se ha desarrollado este tipo de pararrayos que no es más que un pararrayos Franklin al cual se le proporciona mayor alcance mediante el uso de un ionizador artificial, el cual en este caso lo forma un dispositivo que aloja un material radioactivo, cuya acción provee la ionización adicional. Su uso no está reglamentado en nuestro país.

Conclusion:

La instalación de un sistema de pararrayos es una labor delicada tanto en proyecto como en instalación, y es recomendable que estos trabajos sean desarrollados por expertos con conocimientos de la reglamentación existente. En este punto desgraciadamente en nuestro país no contamos aún con una reglamentación especifica, aunque se espera que en la próxima edición del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, se trate este problema. Existe una interesante fuente de información en las disposiciones de la norma UL96A de Underwriters Laboratories, Inc., y en el Lightning Protection Code de National Fire Protection Association (NFPA N°78).

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

CRITERIOS DE DISEÑO

De la información que nos proporcionan las normas (N.F.P.A. y U.L.), pueden concluirse los siguientes criterios sobre los más importantes factores a decidir en el desarrollo del proyecto de un Sistema de Protección, así como en sus especificaciones. Estos factores son:

1) Ubicación de las Puntas
2) Trayectoria de Conductores
3) Conexiones a Tierra
4) Conexiones Adicionales
5) Sistemas de Instalación
6) Especificación de Materiales

1) UBICACION DE LAS PUNTAS

1.1) Posicion: En los sitios en los cuales se forman concentraciones de carga en una tormenta electrica, los cuales son función de la forma o tipo de techos.

1.2) Tipos de Techos:

1.2-1) Plano

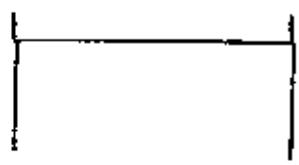
1.2-2) Inclinado

1.2-3) Pendiente Ligera: Con pendiente igual o menor a 1/8 en claro igual o menor de 12 Mts., o con pendiente igual o menor a 1/4 en claro mayor a 12 Mts.

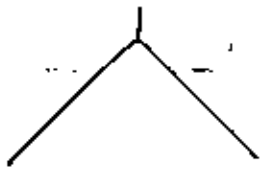
1.3) Colocación de las Puntas:

1.3-1) En función de la forma del techo.

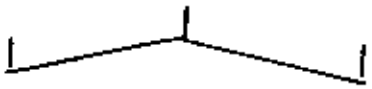
a) Techos Planos:



b) Techos Inclinados:



c) Techos con Pendiente Ligera:



1.3-2) Espaciamento:

a) Del limite del contorno protegido = 0.60 Mts.

b) Entre puntas:

b-1) En contornos:

6 Mts. puntas de 25 cms. a 60 cms.

7.62 Mts. puntas de más de 60 cms.

b-2) En superficie planas:

15 Mts. máximo.

1.4 Altura de las Puntas:

1.4-1) La parte más alta de una punta debe tener una altura <u>POR LO MENOS</u> 25 cms. mayor que el contorno que protege, con un máximo de 91 cms. (U.L.)

1.4-2) Alturas normales de las puntas:

mínima: 25 cms.

máxima (U.L.): La que resulte al extenderse a lo más 91 cms. por encima del contorno protegido (trípie obligatorio en puntas de más de 60 cms.)

2) TRAYECTORIA DE CONDUCTORES

2,1) Conductores Horizontales:

2,1-1) Deben interconectar las puntas formando una red cerrada.

2,1-2) Cada punta deberá tener por lo menos 2 trayectorias a tierra en donde no existan curvas ascendentes,

2,1-3) Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20 cms, EVITARLOS

2,1-4) En azoteas planas se formarán redes de máximo 15 x 45 cms, para conectar las puntas en ellas,

2,1-5) Se deberán fijar firmemente cada 91 cms. (Long. máxima en aire 1,80 Mts.)

2,2) Conductores Verticales:

2,2-1) Deben conectar la red horizontal a tierra,

2,2-2) Posición: Depende de:

a) Ubicación de tierras

b) Trayectorias más directas

c) Ubicación de cuerpos métalicos

2,2-3) Cantidad:

a) Mínimo 2 hasta perímetros de 76,2 Mts.

b) Si el perímetro excede de 76.2 Mts, se aumentará 1 por cada 30 Mts. o fracción.

2,2-4) Localización:

a) Se deberá lograr una distribución uniforme del Potencial de Tierra a lo largo del perímetro.

b) Diagonalmente opuestas si son 2.

c) 30 Mts. de espaciamiento promedio más de 2.

d) La condición 2.1-2 obliga la posición de bajadas en cambios de nivel.

3) CONEXIONES A TIERRA

3.1) Ubicación: Donde se logre una dispersión facil de la descarga en el terreno. Preferible: fuera de cimentaciones.

3.2) Medios de Conexión a Tierra. Electrodos Formados Por:

a) Varillas (3"Mts. mínimo).

b) Rehiletes (1.5"- 2 Mts. Profundidad).

c) Cable enterrado: mínimo: 3.6 Mts. longitud a 0.3 0.6 Mts. de profundidad.

3.3) Valor de la Resistencia: Es función del tipo de terreno y del tipo de conexión usada.

3.4) Pruebas:

a) Debe medirse la resistencia del electrodo desconectado del Sistema, por lo que deben instalarse desconectadores adecuados.

b) Deben probarse al instalarse, y una vez al año.

c) Valor suficiente de la resistencia: 50 Ohms.

4) CONEXIONES ADICIONALES

4.1) Para cuerpos metálicos que puedan recibir una descarga (Chimeneas, Respiraderos, Ductos, etc.)

4.2) Para cuerpos metálicos, en los que debido a su cercania con el Sistema (máximo 1.80 Mts.) en ellos pueda INDUCIRSE una carga que origine una descarga lateral.

4.3) Tierra Común: De Sistemas que estén conectados a tierra (Eléctrico, Telefónico, Agua, Gas, etc.).

5) SISTEMAS DE INSTALACION

5.1) Aparente (preferible)

5.2) Oculto (en ductos NO metálicos)

5.3) Usando estructura metálica (siempre y cuando de la misma sea posible garantizar su conductividad presente y futura).

6) ESPECIFICACION DE MATERIALES

6.1) General: Deben ser diseñados y fabricados especialmente para Sistemas de Pararrayos dentro de las normas.

6.2) Tipos de Conductores:

a) Clase I, para edificios de 22.86 Mts. de altura máxima (ANPASA Cat. 32-S).

b) Clase II, para edificios de más de 22.86 Mts. de altura (ANPASA Cat. 40).

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

INSTALACION DEL SISTEMA

Para el desarrollo de la correcta instalación de un sistema, la observación primordial, es el respeto absoluto a un buen proyecto que haya sido desarrollado dentro de las normas. Respeto a la correcta ubicación de los elementos, y a la estricta espécificación de los materiales.

A fin de facilitar la correcta interpretación de un proyecto, es de interés el análisis de las siguientes observaciones generales relativas a los eventos principales a desarrollarse en una instalación de este tipo, que son:

I - LOCALIZACION DE LA POSICION DE PUNTAS

II - FIJACION DE LAS BASES PARA PUNTAS

III - DETERMINACION DEL RECORRIDO DE CONDUCTORES

VI - FIJACION DE CONDUCTORES

V - CONEXIONES

VI - DETERMINACION DE LA POSICION DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA

VII - INSTALACION DE LOS ELECTRODOS

VIII - CONEXIONES ADICIONALES

IX - PRUEBAS

I.- LOCALIZACION DE LA POSICION DE PUNTAS

Tomar en cuenta que:

1). La parte más alta de las puntas debe quedar por lo menos 25 cms. más alta que el contorno protegido.

2). La separación máxima de la orilla del contorno protegido es 60 cms.

3). Los espaciamientos máximos entre puntas 7.6m para puntas de 60 cms. de altura ó mayores, y 6m para puntas más bajas).

II.- FIJACION DE LAS BASES

Usar algun elemento rígido adecuado al ambiente en que se instale, P.E. taquete de plastico con tornillo de latón.

III.- DETERMINACION DEL RECORRIDO DE CONDUCTORES.

HORIZONTALES:- Tomar en cuenta:

1). De cada punta deberán existir 2 trayectorias a tierra sin curvas ascendentes.

2). Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20 cms.

VERTICALES: Tomar en cuenta:

1). Deben ser lo más directo posibles.

2). No deben tener curvas inversas.

3). Procurar, de ser posible, alejarlos de ventanas metálicas. En caso contrario, deberán interconectarse estas.

4). Si se requiere cambiar la ubicación proyectada, procurar que el espaciamiento entre bajadas continue siendo uniforme, por lo tanto debe concluirse que NO ES POSIBLE suprimir bajadas.

5). En la parte inferior de un cable vertical aparente (3m.) deberá instalarse una guarda de protección que protege al conductor de daño mecánico, Se sugieren - Tuberias NO metálicas.

IV.- FIJACION DE CONDUCTORES

1). Antes de sujetarse el cable deberá ser tensado para garantizar trayectorias lo más rectas posible.

2). El espaciamiento máximo entre puntos de sujeción (abrazaderas) será 90 cms.

3). Para fijar las abrazaderas se usarán elementos apropiados al medio ambiente en que se instale.

V.- CONEXIONES

1). Las conexiones deberán ser las mínimas necesarias y de la máxima rigidez mecánica, tanto inicial como futura.

2). Siempre se deberán usar conectores mecánicos especiales para este uso.

3). Las conexiones soldadas deberán evitarse.

VI.- DETERMINACION DE LA POSICION DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA

1). Cercanos a los conductores de bajada tierra.

2). Preferentemente fuera de cimentaciones.

3). Separados por lo menos 60 cms. de la construccion.

4). Preferible donde el terreno sea lo más humedo posible ó este en el máximo contacto con humedad.

VII.- INSTALACION DE LOS ELECTRODOS

Varillas ó Bayonetas:

1). Deben clavarse totalmente (3m.) y asegurarse que el terreno es bueno, o sea que a través de la superficie de la varilla se establezca un buen contacto con el terreno, por lo tanto, deberá evitarse el hacer una excavación para colocar en ella la varilla.

2). La conexión entre el cable y la varilla se hará con un conector especial para este fin, que garantize la superficie de contacto adecuada.

3). Preferentemente, pero no indispensable se construirá un registro para tener acceso al conector anterior, el que estará en el extremo superior de la varilla a 30 cms. de profundidad.

Rehiletes.-

1). Se usarán en terrenos donde no sea posible clavar la varilla en excavaciones especiales para ellos, de la máxima profundidad posible.

2). El rehilete se colocará en el fondo de la excavación en una mezcla de cisco de carbón y sal en proporción de 5 a 1.

3). Es muy importante que la excavación sea tapada con tierra de las mejores condiciones de conductividad, al máximo grado de COMPACTACION que sea posible.

Desconectadores de Tierras:-

1). Cada electrodo de tierra deberá proveerse de un medio que permita su desconexión del sistema para poder llevar a cabo lecturas del valor de su resistencia a tierra.

2). Normalmente es recomendable la instalación del desconectador en el extremo inferior de cada conductor de bajada, pero debe tenerse en cuenta que es importante que entre el mismo y el electrodo no debe haber ninguna conexión.

VIII.- CONEXIONES ADICIONALES

Deberán conectarse al Sistema:

1). Cuerpos metálicos colocados en azoteas, que tengan altura superior a las puntas y que por lo tanto pueden recibir una descarga directa.

2). Cuerpos metálicos localizados a menos de 1.80m en los cuales, al circular una descarga por el sistema, pueden presentarse cargas INDUCIDAS que originen una descarga lateral.

3). Es conveniente interconectar también todos los elementos o sistemas que se encuentren conectados a tierra, tales como los neutros de la red eléctrica, tuberias de agua, gas, teléfonos, etc.

4). Para las conexiones anteriores, siempre deberán utilizarse elementos especiales para este uso.

IX.- PRUEBAS

Para considerar satisfactoria una instalación, deberá esta tener:

1). Continuidad total en sus circuitos, que puede comprobarse haciendo pasar una corriente a traves de ellos.

2). Resistencia a tierra adecuada en sus electrodos. Se consideran satisfectorios valores medidos de hasta 50 ohms para cada electrodo independiente.

3). Rigidez mecánica en sus elementos de soporte.

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

MANTENIMIENTO

Un Sistema de Pararrayos está constituido por un conjunto de elementos normalmente estáticos, como tal, la condición primordial de mantenimiento constituye la permanencia de las condiciones iniciales de cada uno de estos elementos, así pués deberá confirmarse periódicamente (mínimo una vez al año):

1) Que el Sistema sigue siendo adecuado para el edificio, o sea, si las azoteas han sufrido modificaciones, el sistema deberá modificarse dentro de las normas, para incluir en su protección las zonas nuevas o las nuevas condiciones.

2) Que todos los elementos metálicos que están sobre las azoteas, y que requieren interconexión con el sistema, están conectados al misma.,

3) Que existe continuidad eléctrica en todos los circuitos del sistema.

4) Que la resistencia a tierra de sus electrodos sigue siendo adecueda.

5) Que todos los elementos del sistema están fijos en su sitio original en condiciones de resistencia mecánica aceptable.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA

CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

NOVIEMBRE, 1979.

/

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A.

GERENCIA DE DISTRIBUCION Y TRANSMISION

REDES SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

ING. J. VERRA

ING. R. ESPINOSA

JULIO 1978

CONTENIDO

1.- REDES SUBTERRANEAS EN ZONAS DE ALTA DENSIDAD DE CARGA.

1.1.- Introducción.

Las redes subterráneas han visto favorecida su implantación en las zonas urbanas de alta densidad de carga debido a las ventajas que presentan ante las redes aéreas. Las principales ventajas son la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, este aumento en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de redes.

Los principales factores que se deben analizar al implantar una red subterránea son: Densidad de carga, costo de instalación, grado de confiabilidad, facilidad de operación y seguridad. Todos estos factores son importantes y la selección final del tipo de red se ve altamente influenciada por la experiencia que se tiene en equipos, materiales y especialización del personal.

De acuerdo a las estructuras, las redes subterráneas se pueden clasificar de la siguiente forma:

1- Red Mallada.

2- Red mallada limitada

3- Red en anillo abierto de operación radial

4- Red con alimentadores selectivos.

5- Red en derivación doble

6- Red en derivación múltiple.

Posteriormente, en este mismo capítulo, se describen las principales características de estas redes.

Las redes subterráneas se han visto afectadas por las innovaciones tecnológicas que se producen en el campo de la Ingeniería. Estos cambios han modificado desde los materiales y equipos, hasta las técnicas de diseño, operación y expansión de las Redes, provocando así que los técnicos relacionados con ellas, se mantengan en constante preparación para asimilar los cambios que se producen en este campo.

Cualquier Ingeniero Electricista que tiene la oportunidad de trabajar en este campo, inmediatamente advierte la importancia que presentan estas instalaciones y la invaluable experiencia profesional que adquiere al especializarse en esta área de su profesión.

1.2.- Red Mallada.

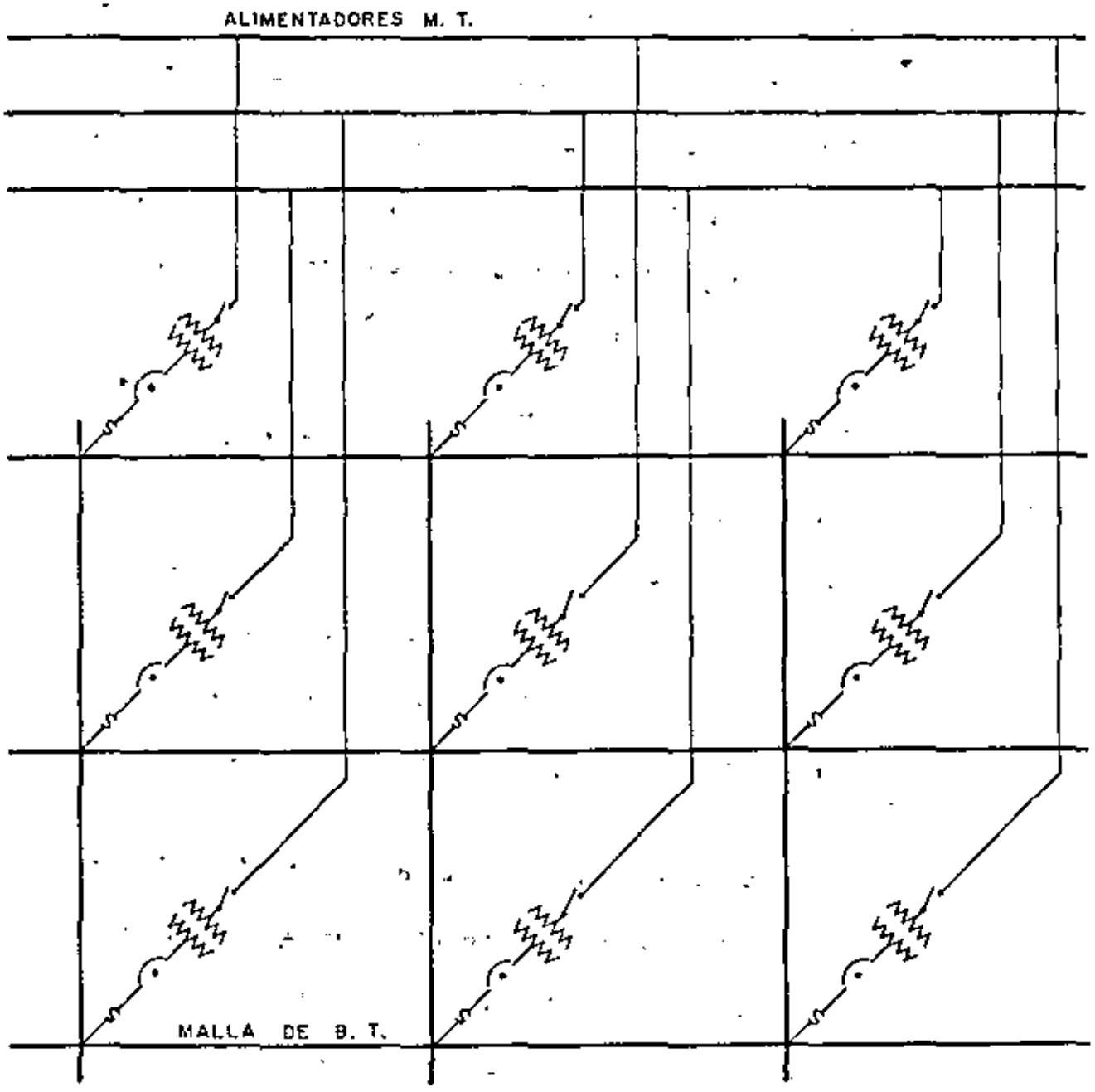
Esta red también se le conoce como Red Automática, debido a que dispone de un dispositivo automático de protección (pro

tector de red), empleado por la característica de diseño inherente para este tipo de redes. Esta red está constituída por cables troncales que salen de una fuente de alimentación (Subestación de potencia) y cables ramales que alimentan en forma alternada las subestaciones de distribución. Ver Figura No. 1.1.

Las derivaciones a las subestaciones de distribución se efectuan con elementos de derivación instalados en la troncal. En esta estructura no se realizan interconexiones entre las troncales de los diferentes alimentadores que forman la red de mediana tensión, ya que la red de baja tensión se construye sólidamente conectada.

La protección de cada alimentador la proporciona el interruptor localizado en la subestación de potencia y los protectores asociados a las subestaciones MT-BT. Estas subestaciones se conectan directamente a los alimentadores de mediana tensión sin ningún medio de protección.

En condiciones de falla en un alimentador de mediana tensión, al operar la protección en la subestación de potencia, todas las subestaciones MT-BT conectados a este alimentador quedan fuera de servicio, además los protectores



SIMBOLOGIA

Transformador

Protector de Red

Cable B. T.

RED EN MALLA SOLIDAMENTE CONECTADA.

C. L. F. C. | FIG. N° 1.1.

de red desconectan las subestaciones MT-BT del lado de - B.T. Bajo esta situación los alimentadores y las subes- taciones restantes alimentan la totalidad de la carga - aprovechando la interconexión de los alimentadores de - baja tensión.

Cuando ocurre una falla en la red de baja tensión, ésta - es alimentada por todas las subestaciones MT-BT, provocán dose una corriente de corto circuito suficiente para eva porar en ese lugar el conductor de cobre de los cables, - trozándose el cable en una reducida longitud y en un corto tiempo; quedando asi aislada la falla sin provocar interrup ciones, a menos que la falla sea directamente en la acome- tida de un servicio.

Esta red es recomendable para zonas que requieren de una - alta continuidad de servicio y cuya densidad de carga ex- cede 20 MVA/Km^2. Su mayor aplicación es en zonas que pre— sentan cargas con demandas uniformes que pueden ser alimen tadas en baja tensión desde una red mallada sólidamente — conectada o limitada.

1.3.- Red Mallada Limitada.

Esta es una variante de la red automática sólidamente co- nectada, en este tipo de red la eliminación de fallas se

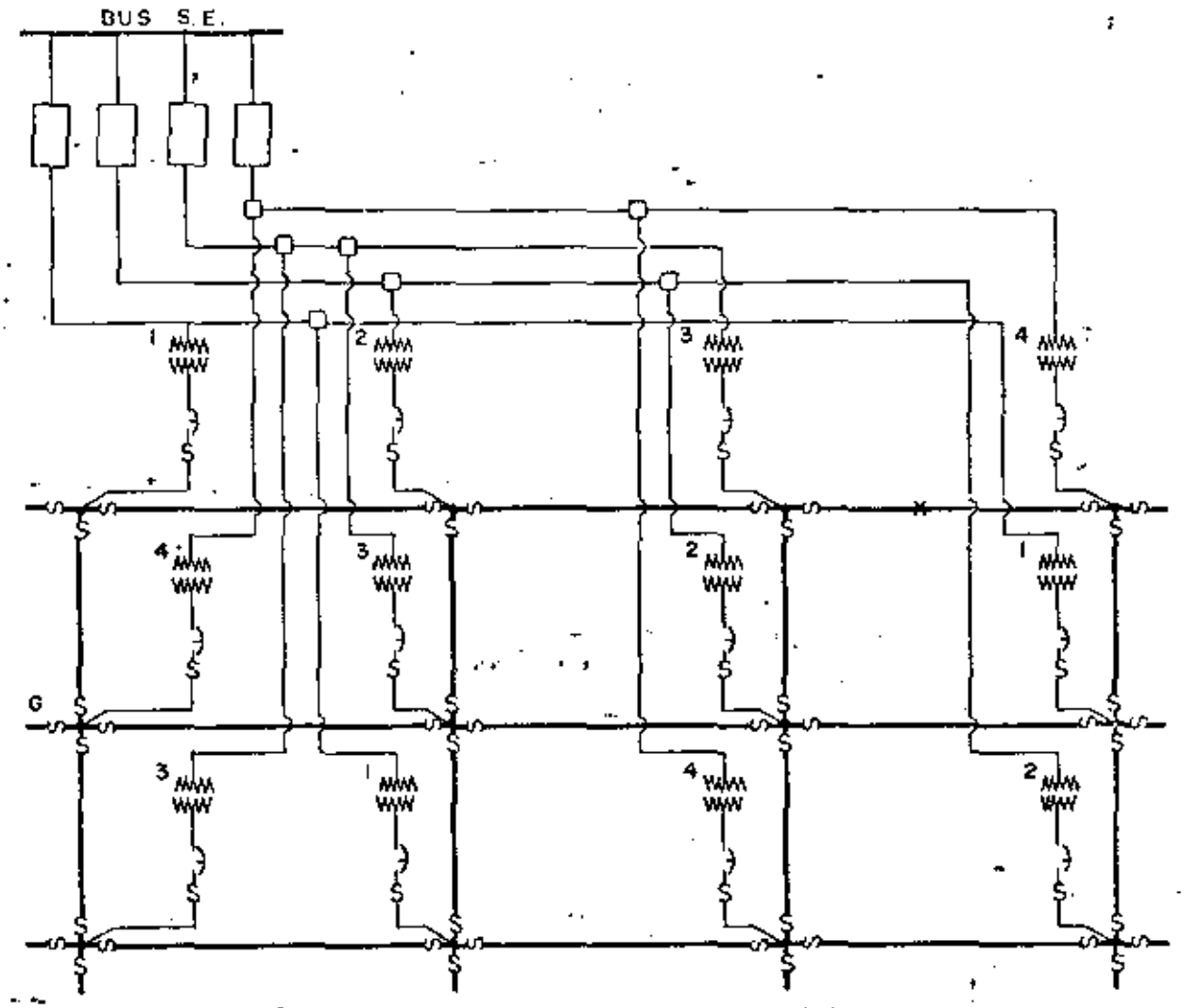
realiza por la operación de fusibles de alta capacidad interruptiva (conocidos como limitadores). La Figura 1.2 muestra de manera esquemática una red mallada limitada.

Desde el punto de vista de confiabilidad, la diferencia fundamental entre la red mallada sólidamente conectada y la red mallada limitada, es que en el caso de la primera el nivel de continuidad desciende hasta los servicios y en el segundo caso la continuidad sólo llega al nivel del cable. Es decir, en el caso de una falla que afecta un cable secundario, cuando se trata de la primera red, los servicios conectados al cable no sufren interrupción y en el caso de una red limitada, el tramo de cable afectado por la falla se desenergiza al fundirse los limitadores conectados en los extremos del cable.

1.4.- Red en anillo abierto.

Este tipo de red está constituída por cables subtroncales dispuestos en forma de anillo, el anillo se puede alimentar desde una o más fuentes, mediante cables troncales. Dentro del anillo las subestaciones MT-BT, preferentemente se conectan en seccionamiento. Ver Figura 1.3.

Las redes en anillo operan normalmente abiertas en un pun



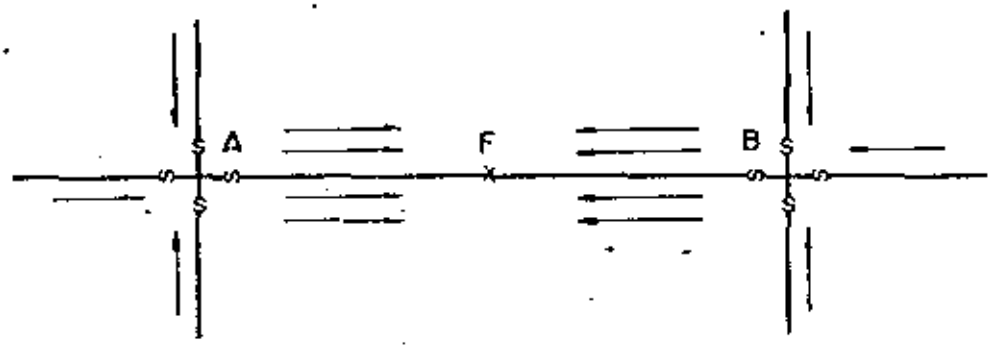


Fig. 1b. - Flujo de corriente a la falla en "F" y fusión de los limitadores en A y B

RED AUTOMATICA LIMITADA	
C. L. F. C.	FIG. N°1.2.

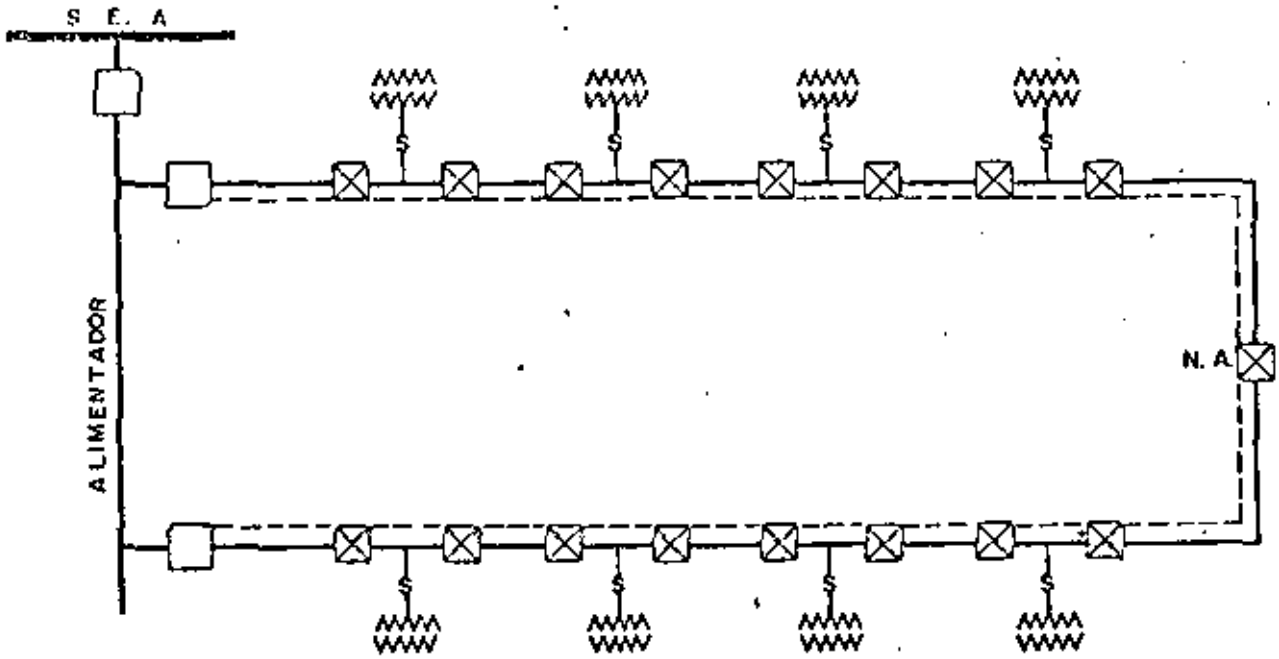


Fig. 2a.- Red en anillo con una fuente de alimentación

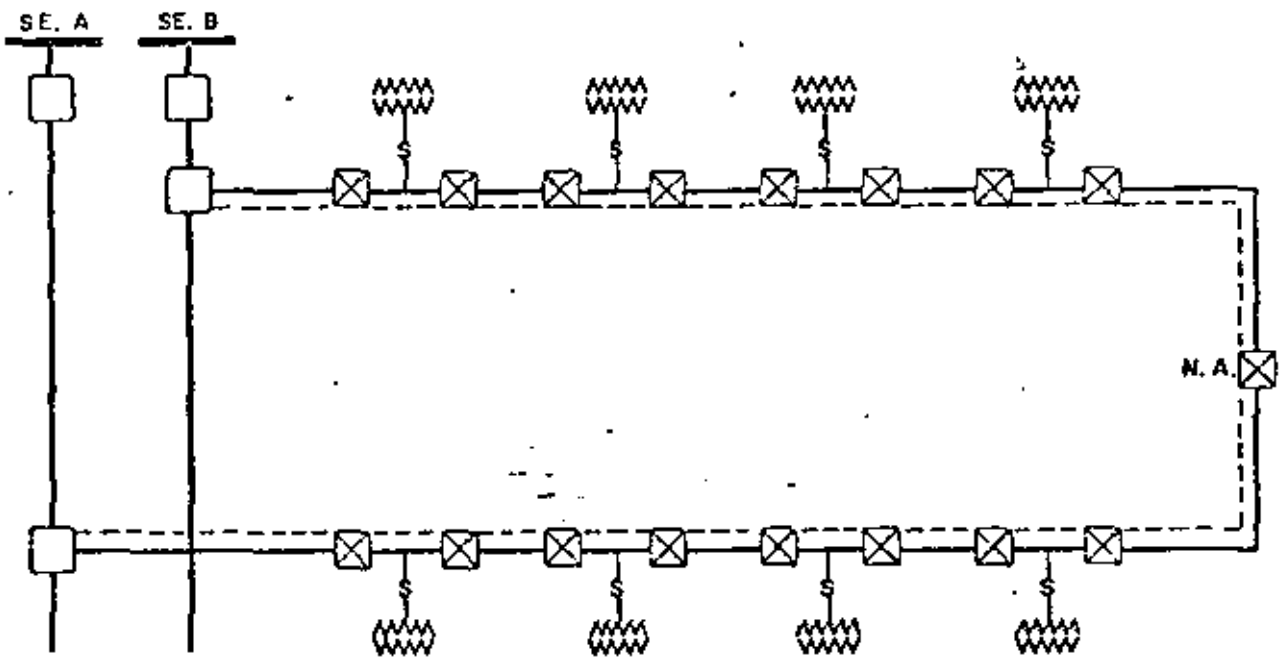


Fig. 2b.- Red en anillo con dos fuentes de alimentación

RED EN ANILLO ABIERTO	
C. L. F. C.	FIG. Nº 1.3

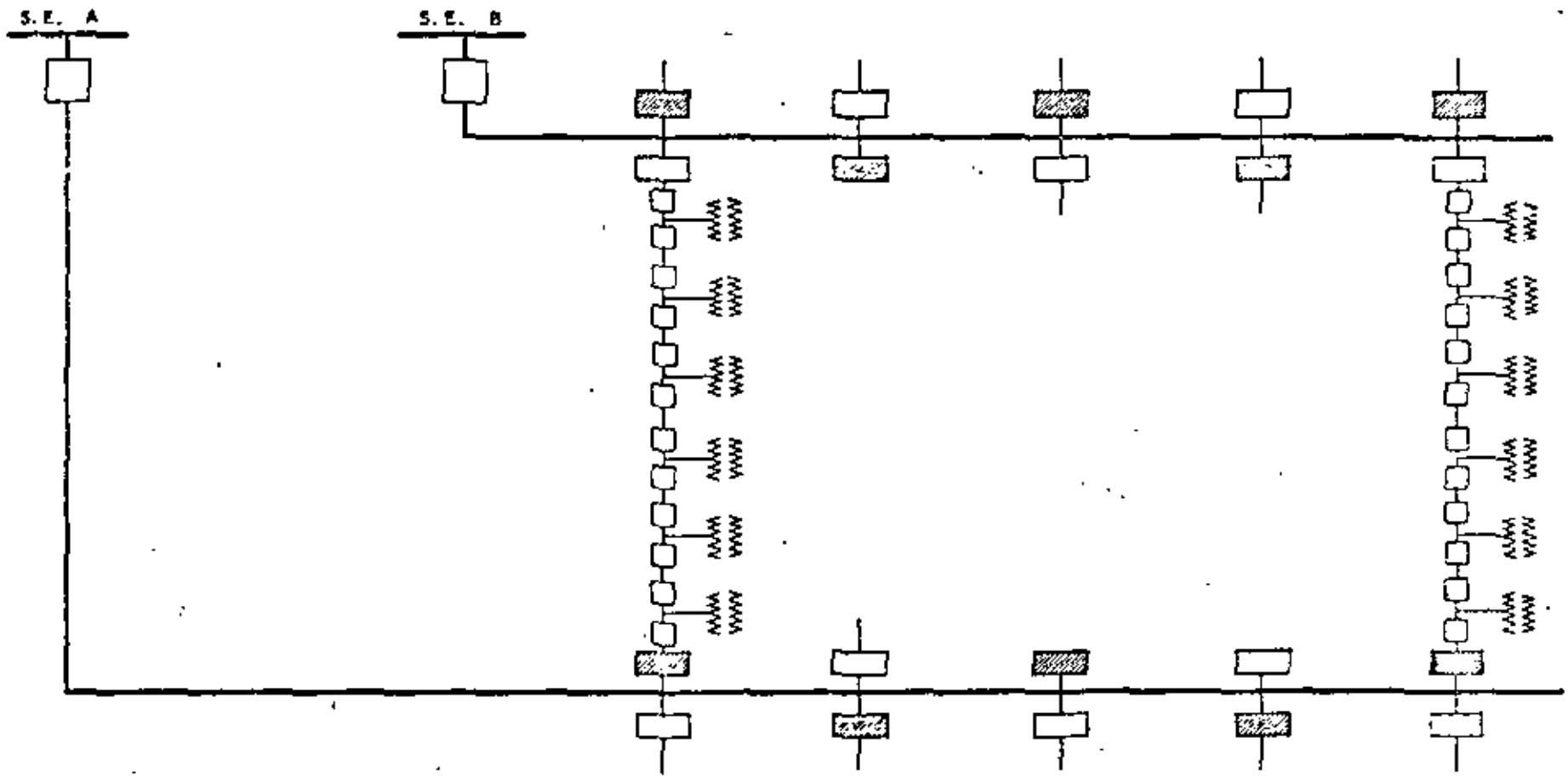
to, que generalmente es el punto medio, razón por la cual se les conoce como redes en anillo abierto. Al ocurrir una falla dentro de un anillo, se secciona el tramo fallado para proceder a la reparación, siguiendo una serie de maniobras con los elementos de desconexión instalados a lo largo de la subtroncoal.

Este tipo de red es ampliamente empleado en zonas en las que el aumento de la carga es nulo o muy pequeño, de tal forma que se puede absorber facilmente con la estructura inicial y no es necesario llevar a cabo trabajos para modificar la estructura de la red. Como ejemplos de estos casos se tiene las electrificaciones a conjuntos habitacionales con servicios bien planeados.

1.5.- Red con alimentadores selectivos.

Esta red se constituye por cables troncales que llegan hasta la zona por alimentar y cables ramales de menor sección, que van de una troncal a otra enlazándolas siguiendo el principio de la doble alimentación. Las subestaciones MT-BT se reparten entre parejas de alimentadores quedando conectadas en seccionamiento. Ver figura 1.4.

La protección de esta red consiste de: interruptores instalados en la subestación de potencia a la salida de cada ali



INTERRUPTOR CERRADO NORMALMENTE

INTERRUPTOR ABIERTO NORMALMENTE

INTERRUPTOR MANUAL

RED CON
ALIMENTADORES SELECTIVOS

C. L. F. CONFIG. No 1.4

mentador y cortacircuitos fusible para proteger las subestaciones MT-BT. También es posible dotar de interruptores en los puntos de derivación de las subtroncales, aún cuando su aplicación debe estar respaldada por un estudio técnico-económico que los justifique.

En condiciones normales de operación, las subestaciones MT-BT son alimentadas de las subtroncales con un punto normalmente abierto en la subtroncal. Cuando ocurre una falla en la subtroncal o en la troncal, los dispositivos de seccionamiento permiten efectuar los movimientos de carga, transfiriendo las subestaciones MT/BT al alimentador adyacente.

Esta red se recomienda para zonas donde las construcciones existentes están siendo substituídas por edificaciones que representan fuertes concentraciones de carga y requieren de un alto grado de confiabilidad.

1.6.- Red en derivación doble.

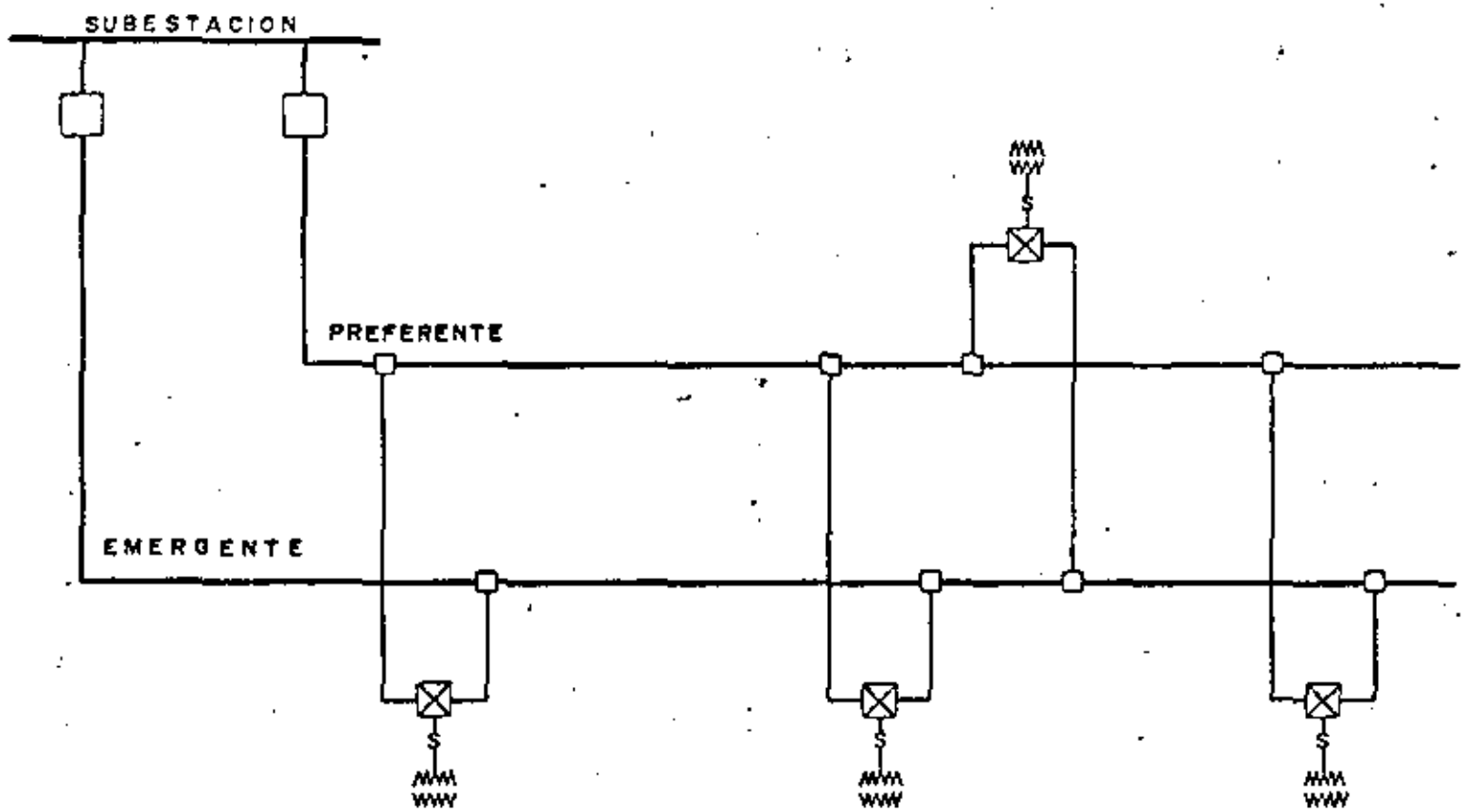
En esta red la disposición de los cables troncales se hace por pares, instlándose en forma paralela a lo largo de la carga. Las troncales son de sección constante y de menor calibre las derivaciones, que en general vienen a constituir las acometidas.

Cada una de los troncales es la encargada de llevar la energía desde una fuente de alimentación hasta los servicios. La alimentación a los servicios se realiza por acometidas dobles las que llegan generalmente a un dispositivo de transferencia automática de donde se deriva la alimentación a las instalaciones del cliente. Ver figura 1.5.

La protección a las troncales se realiza por medio de interruptores localizados en la subestación de potencia al principio de cada alimentador, la protección a los ramales por medio de corta-circuitos fusibles.

La operación se puede efectuar en dos formas diferentes: Primero, haciendo trabajar el circuito emergente sin carga y la segunda es haciéndolo trabajar con la mitad de la carga. La primera tiene la desventaja que mientras un circuito trabaja al mínimo (pues solamente está energizado) el otro está trabajando al máximo de su capacidad, mientras que en la segunda opción los dos circuitos trabajan en iguales condiciones.

Dentro de las normas de diseño que caracterizan a este tipo de redes, se tienen las dos siguientes, que son muy importantes:



⊠ — INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA DE OPERACION MANUAL O AUTOMATICA

RED EN DOBLE DERIVACION	
C. L. F. C.	FIG. N° 1.5

1.- El equipo de transferencia debe tener un mecanismo que impida la puesta en paralelo de los dos alimentadores.

2.- Para obtener una mejor confiabilidad de servicio, es conveniente instalar los circuitos en rutas diferentes.

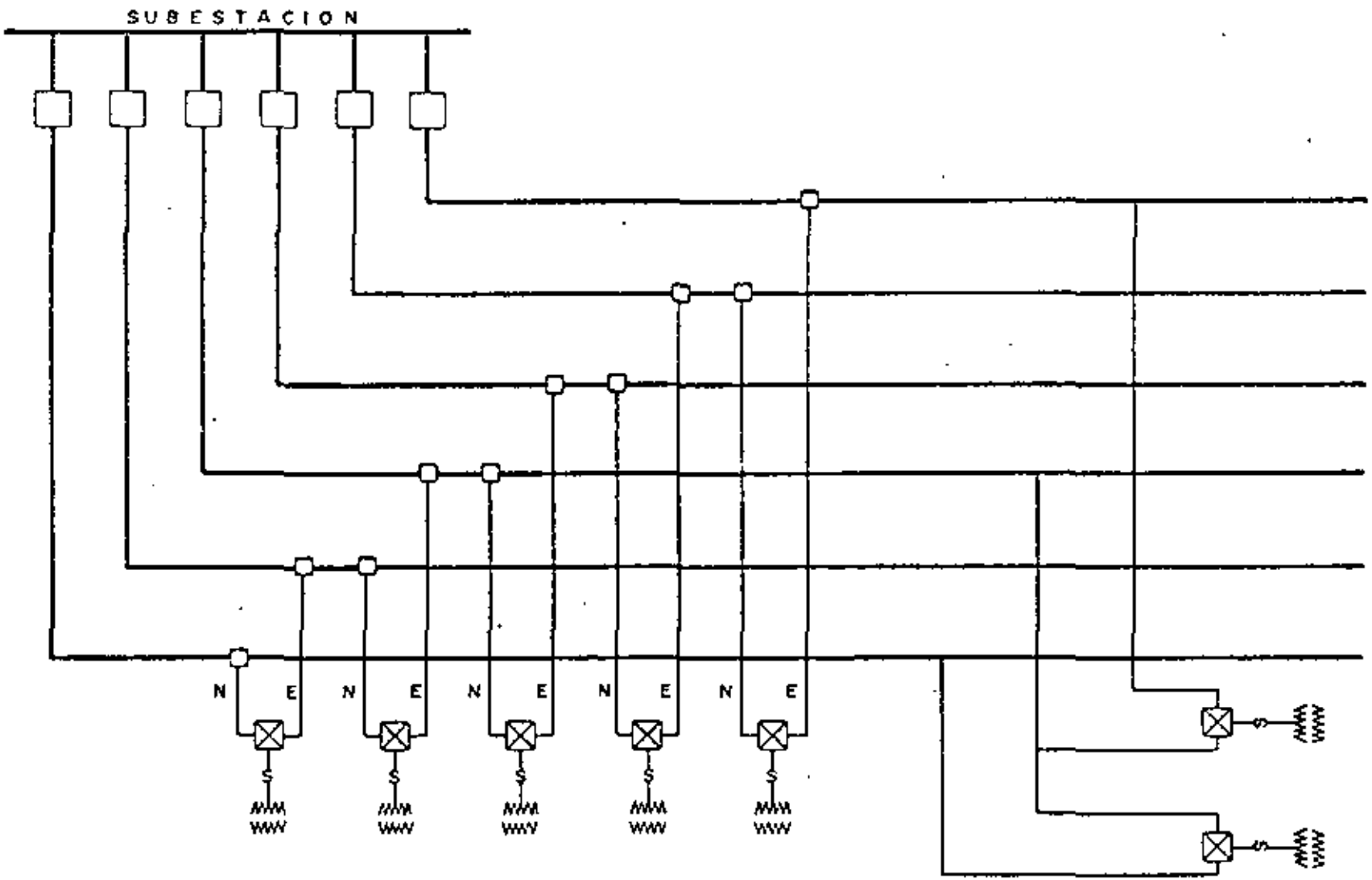
La implantación de esta red se recomienda para zonas turísticas y comerciales de configuración extendida, donde existen grandes concentraciones de carga que tienen necesidad de asegurar una elevada continuidad.

1.7 Red en Derivación Múltiple.

Esta red se constituye por un número determinado de alimentadores que contribuyen simultáneamente a la alimentación de la carga. En realidad estas redes son una extensión de las redes en derivación doble, ya que siguen el mismo principio, solamente que este tipo de red permite alimentar una área mayor, debido al mayor número de alimentadores.

Esta red se debe diseñar dejando un margen de capacidad de reserva en los alimentadores de mediana tensión, de tal manera que al quedar fuera de servicio uno de ellos, la carga se reparte a los restantes, por medio de la transferencia automática. Ver figura 1.6.

Estas redes tienen aplicación en zonas que presentan cargas concentradas muy fuertes, en las que es necesario pro-



N – ALIMENTACION NORMAL

E – ALIMENTACION EMERGENTE

⊠ – INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA

RED EN DERIVACION MULTIPLE	
C. L. F. C.	FIG. N° 1.6

porcionar una alta continuidad a los servicios, tienen — además la ventaja que permiten alimentar servicios en mediana tensión y en baja tensión simultáneamente.

2.- ALIMENTACION AL SERVICIO DEL CLIENTE.

2.1.- Generalidades.

La alimentación al servicio del cliente, es el punto de conexión entre el sistema de distribución de la Compañía suministradora y la red de distribución del cliente. La manera en que se realiza la alimentación a un cliente, está íntimamente ligada con el tipo de red instalado en la zona, la tensión de alimentación al cliente y la magnitud y tipo de carga solicitada. Todo esto influenciado por el equilibrio que existe entre la inversión necesaria para llevar a cabo estas instalaciones y los beneficios futuros que se tengan, factores que marcan la pauta a seguir para tomar la decisión final.

Uno de los mayores objetivos que se persiguen al dar un servicio, es proporcionar la mayor continuidad de suministro al cliente, esto es función de varios factores:

1.- Confiabilidad del sistema de Potencia y del Sistema de Distribución de la Compañía Suministradora.

2.- Tipo de alimentación al cliente.

3.- Instalaciones de emergencia.

Razón por la que la continuidad de servicio es el resultado de la planeación que realizan las empresas de suministro de energía y las previsiones que tome el mismo cliente.

En este capítulo se describen las diferentes técnicas que se siguen al proporcionar el suministro de energía eléctrica a los consumidores y las características más sobresalientes a cada una de ellas.

2.2.- Acometida sencilla.

Esta forma de alimentación es la más simple y empleada debida a su sencillez y costo. Se puede realizar en Baja o Mediana Tensión de acuerdo con las necesidades del cliente; la gran mayoría de las acometidas que realizan las Compañías suministradoras, son de este tipo. Cuando las cargas requieren de una mayor continuidad de servicio, es práctica común proporcionar acometida doble al servicio.

2.3.- Acometida doble.

Esta forma de alimentación, generalmente, se proporciona en mediana tensión a aquellos clientes cuyo suministro de energía requieren de un mayor grado de confiabilidad. El tipo de Redes Subterráneas más adecuadas, por su diseño, para proporcionar esta alimentación son las Redes de Derivación Doble y en Derivación Múltiple, en éstas la acome-

tida converge a un dispositivo de transferencia automática para realizar el cambio de alimentación ante fallas del alimentador preferente. Cuando se trata de Redes Aéreas, la doble acometida se realiza desde dos alimentadores diferentes, en los que los circuitos de la acometida, al igual que en las redes subterráneas, convergen a un interruptor de transferencia automática.

Los interruptores de transferencia automática empleados son los del tipo en aceite, aún cuando actualmente los interruptores en vacío ganan más aceptación por su menor volumen y facilidad de instalación. Esta aceptación se verá más favorecida en la medida que su costo se acerque más a los del tipo en aceite.

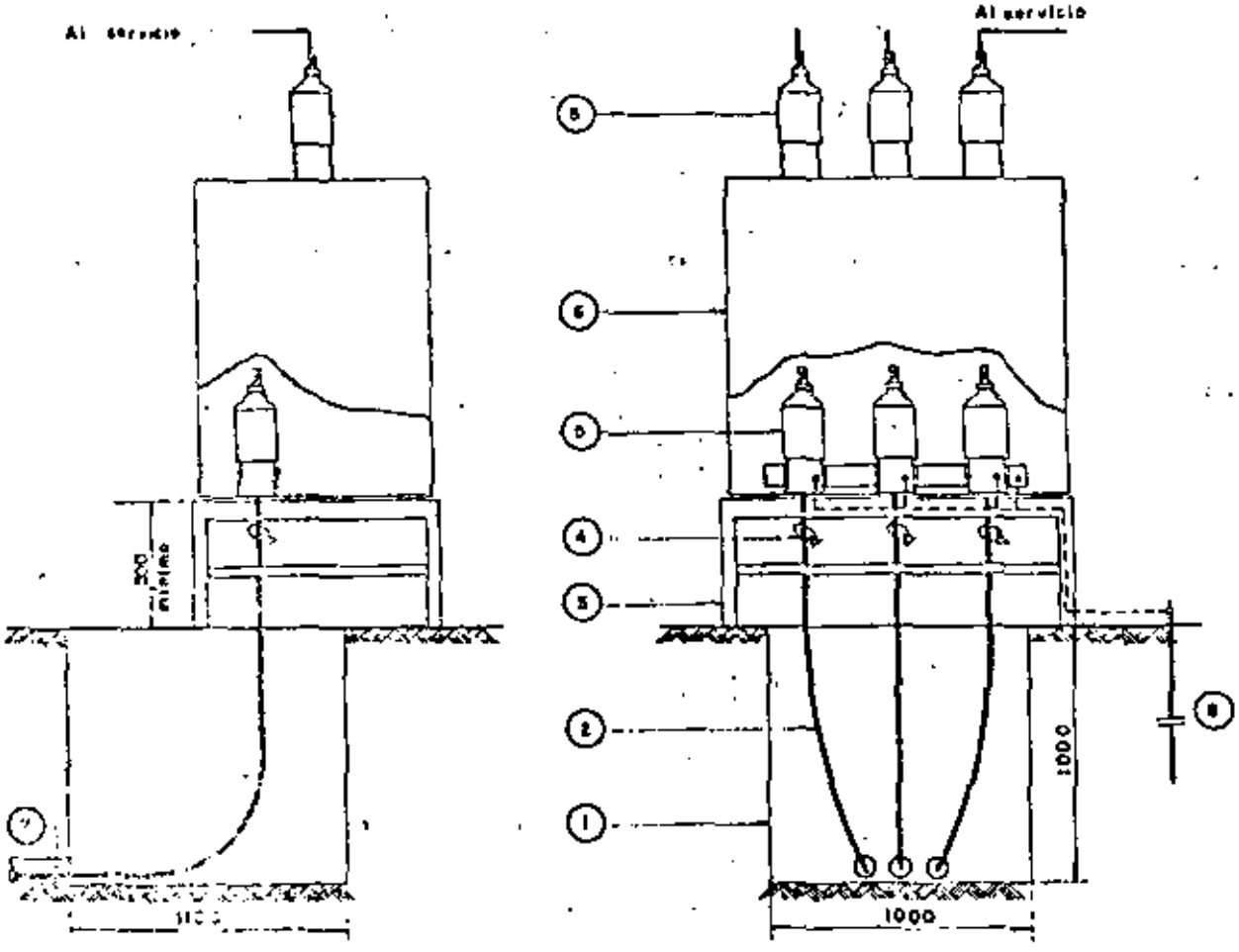
2.4.- Medición de energía.

La medición de energía eléctrica es la última operación que realiza la Compañía suministradora del servicio, antes de hacer la entrega de la energía al cliente. Esta se realiza en las instalaciones del cliente y requiere de un espacio para instalar el equipo de medición.

El equipo de medición se puede reducir a un conjunto de watthorímetros o a un equipo diseñado para efectuar mediciones en alta tensión, esto depende de la magnitud de la

ACOMETIDA MT - EM

NORMAS



Escala 1:30

Acotaciones en mm.

MATERIAL:

Ref.	Nombre	Norma
1	Registro de 110 x 100 x 100 cm.	
2	Cable de mediana tensión.	
3	Estructura para soportar equipo de medición.	
4	Placa identificación del cable MT.	
5	Terminal MT	
6	Equipo de medición MT.	
7	Ductos de asbesto cemento de 76.2 mm. de diámetro.	
8	Electrodo de tierra. (copperweld de 15.9x3048 mm.).	

APLICACION:

Alimentar en Mediana Tensión subestación particular.

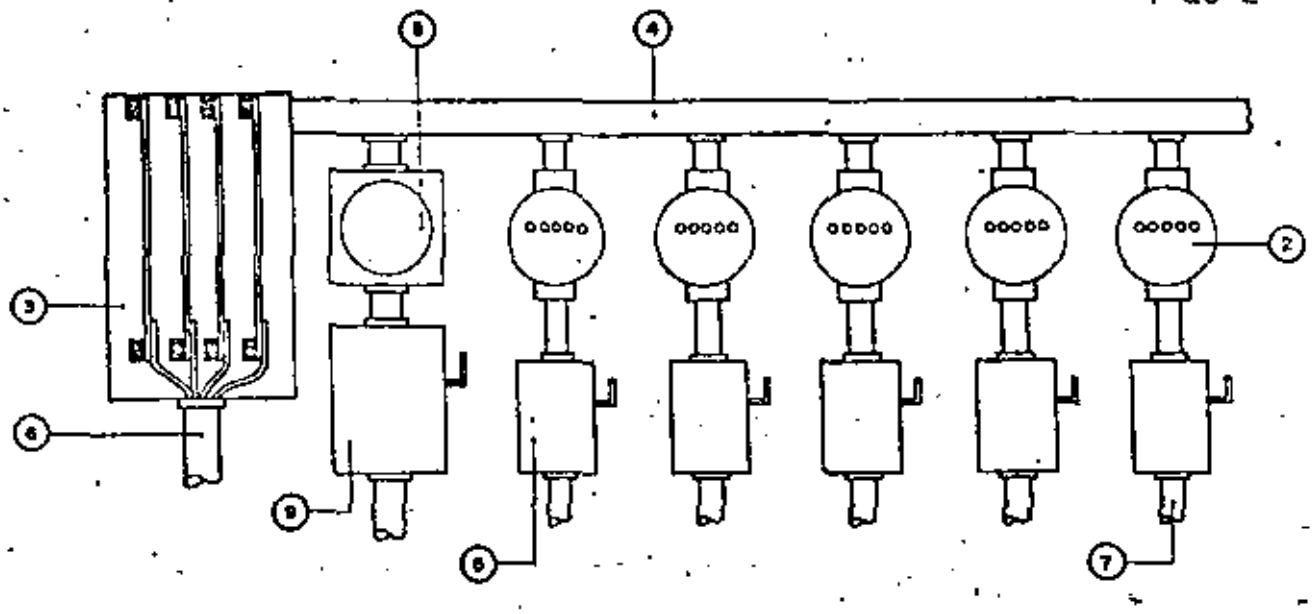
CLAVE DEL NOMBRE:

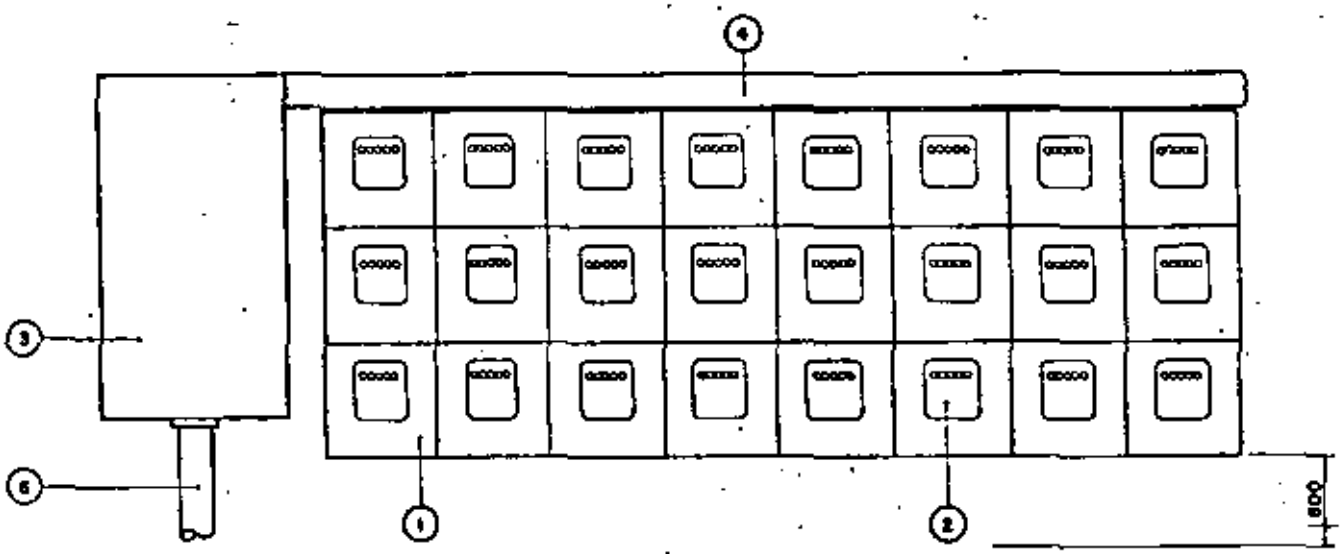
MT = Mediana Tensión.
EM = Equipo de Medición.

FIGURA Nº 2.1

CONCENTRACION DE MEDIDORES - I

NORMAS





Acotaciones en mm

MATERIAL: (Ver 2 de 2)

APLICACION:

Medición de servicios concentrados monofásicos y/o trifásicos en zonas de Distribución Residencial o Comercial Subterránea.

CLAVE DEL NOMBRE:

1 = Opción No. 1

FIGURA Nº 2.2

CONCENTRACION DE MEDIDORES - I	NORMAS

MATERIAL:

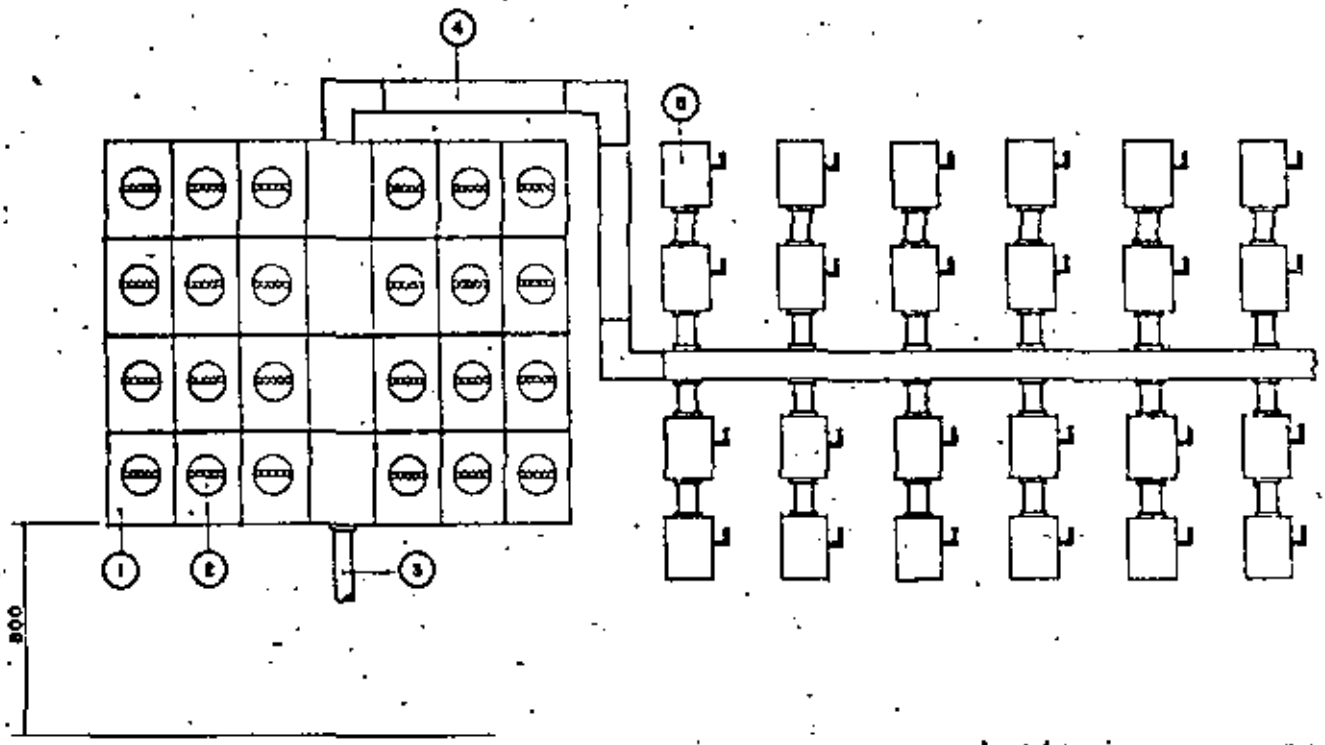
Ref.	Nombre	Norma
1	Base para watthorímetro.	
2	Watthorímetro monofásico.	
3	Gabinete conteniendo barras de cobre.	
4	Electroducto de lámina.	
5	Interruptor de fusibles.	
6	Ducto para acometida a la concentración.	
7	Ducto de alimentación al consumidor.	
8	Watthorímetro polifásico.	
9	Interruptor tripolar.	

FIGURA Nº 2.2

(CONTINUACION)

CONCENTRACION DE MEDIDORES - 2

NORM



Acotaciones en mm.

MATERIAL:

Ref.	N o m b r e	Norma
1	Base para Watthorímetro.	
2	Watthorímetro monofásico	
3	Ducto para acometida a la concentración.	
4	Electroducto de lámina.	
5	Interruptor con fusibles.	

APLICACION:

Alimentar servicios concentrados, monofásicos y/o trifásicos, en zonas de Distribución Residencial o Comercial Subterránea.

CLAVE DEL NOMBRE:

2 = Opción No. 2 .

FIGURA Nº 2.3

76 10 31 Rev.

carga y de la tensión de entrega de la energía. En las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se muestran ejemplos de acometidas y multicomos a diferentes tipos de servicios.

2.5.- Locales para subestaciones en interior de edificios.

Cuando es necesario instalar una subestación en interior de edificios, el local proporcionado por el cliente debe ser lo suficientemente amplio, de tal forma que la construcción y operación de la subestación se realice sin problemas de espacio, además que las vías de acceso permitan el libre paso de equipo eléctrico, para operaciones de mantenimiento y reemplazo del equipo.

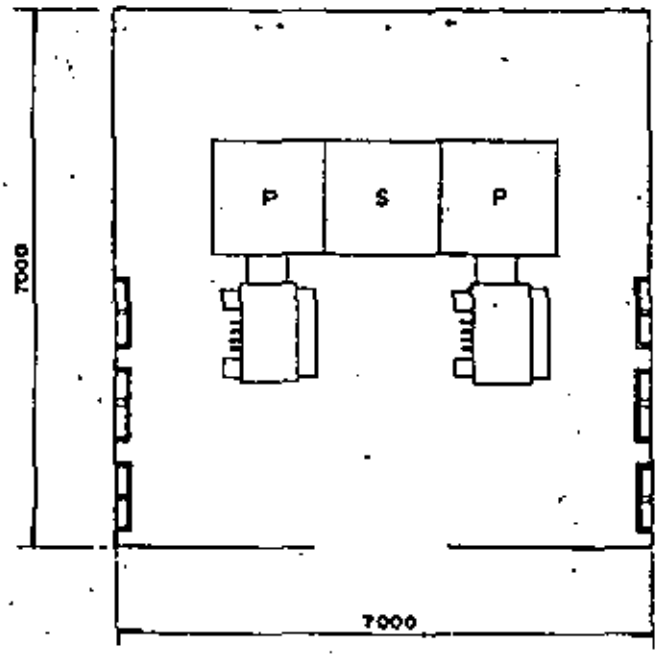
El local debe ser construído con materiales resistentes a incombustibles, excento de humedad y protegido contra filtraciones de líquido, con la ventilación adecuada, siendo necesario que el local sea construído a prueba de explósiones. Los muros del local deben ser de un espesor tal que permita fijar las estructuras y accesorios que soporten el equipo y cables de energía. Las mismas condiciones debe llenar los techos. Por lo que se refiere a los pisos, éstos deben de ser capaces de soportar el peso del equipo eléctrico. Estas y otras consideraciones se deben de tomar en cuenta al proyectar las subestaciones en interior de edificios.

En las figuras 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9 se muestran al-

SEI-RAD 23 BT- 2x750 S2P

NORMAS L y F

DISTRIBUCION DE EQUIPO



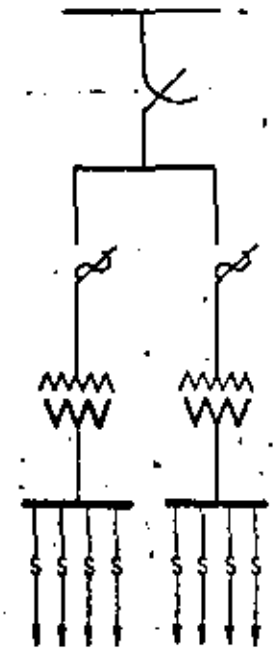
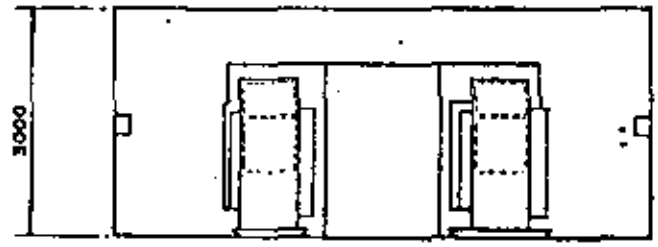


DIAGRAMA UNIFILAR



Esc. 1: 100

Acotaciones en mm.

APLICACION : En el interior de edificios, localizados en zonas de red aérea o subterránea de tipo radial, con derivación simple a seccionador y protecciones individuales en gabinete, para transformadores sin seccionadores acoplados, alimentará servicios en B.T. del propio edificio y exteriores.

FIGURA 2.4

SEI-RAD-23 BT — 1x750 TRANSFE

NORMAS L y F

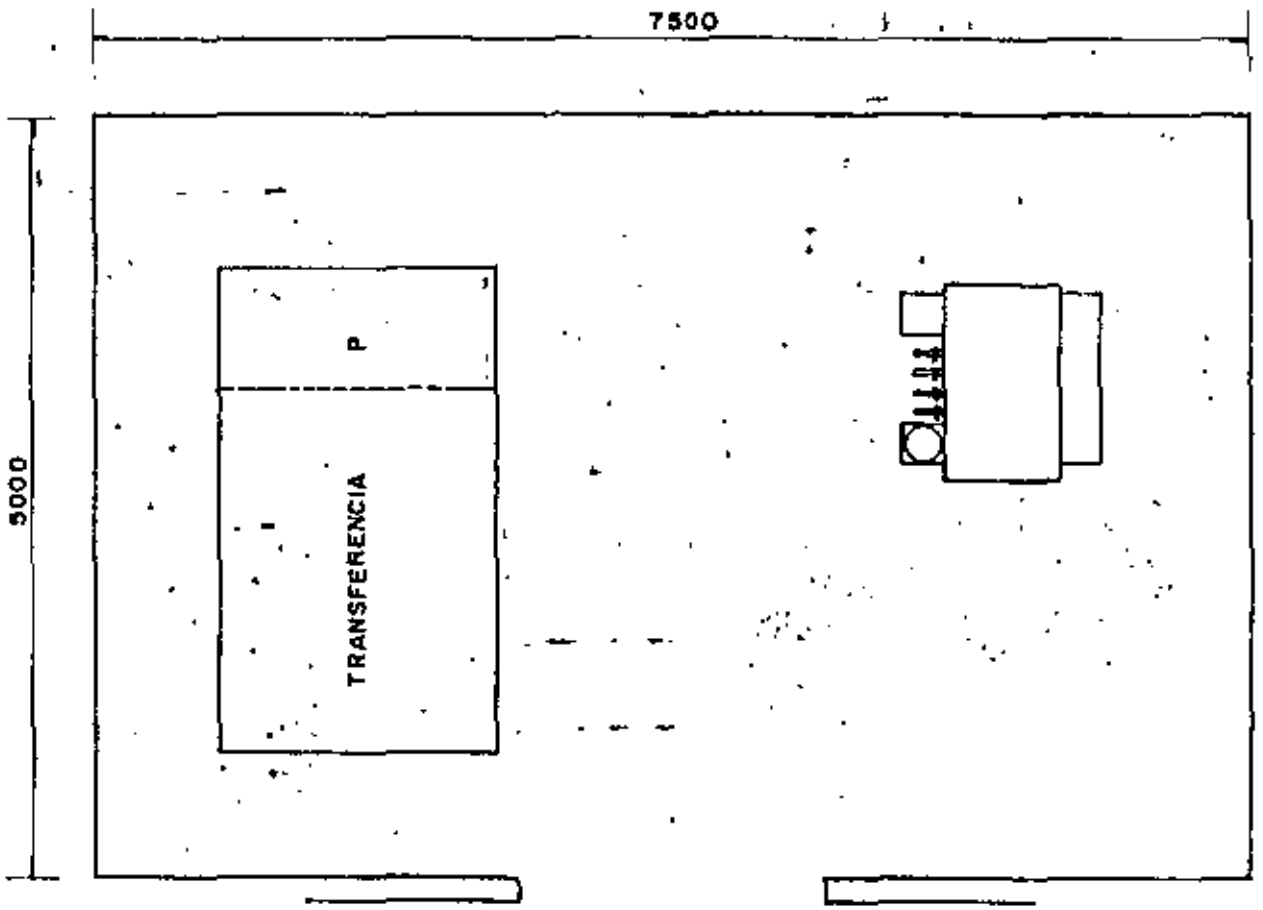


DIAGRAMA UNIFILAR

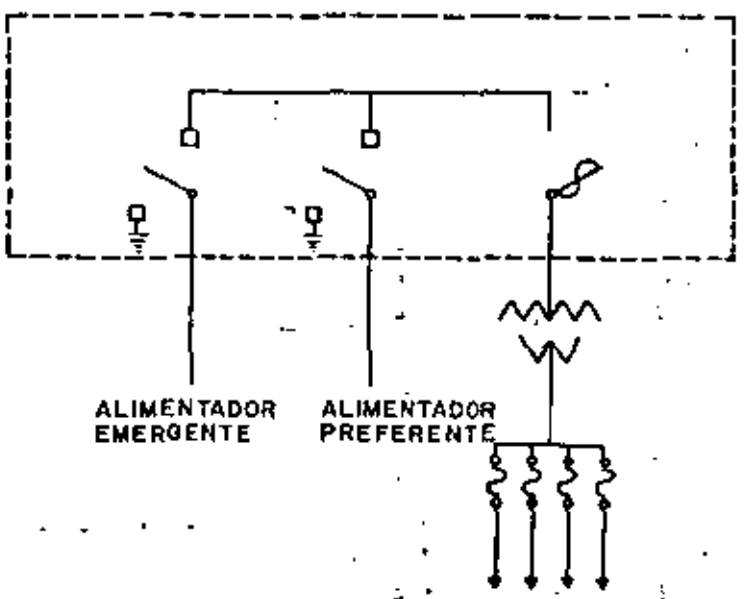
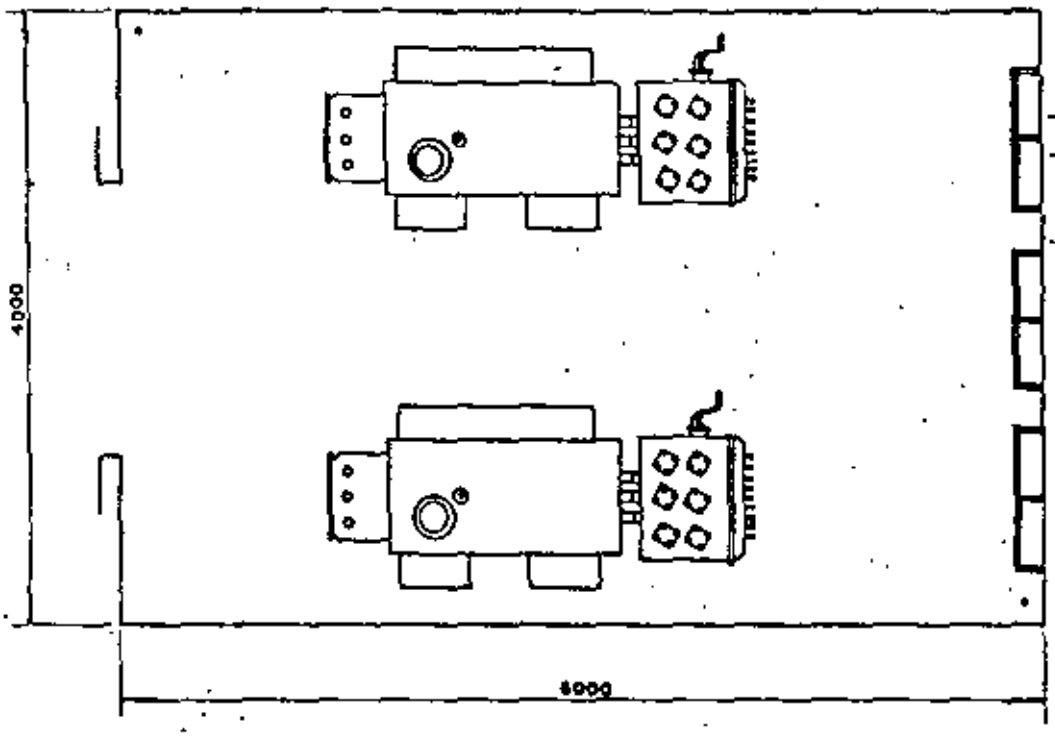


FIGURA 2.5

SEI-AUT-23BT 2x500, 2x750

DISTRIBUCION DE EQUIPO



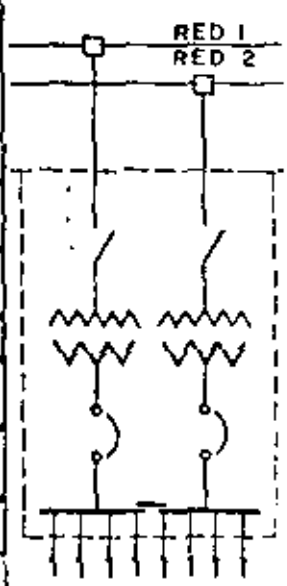
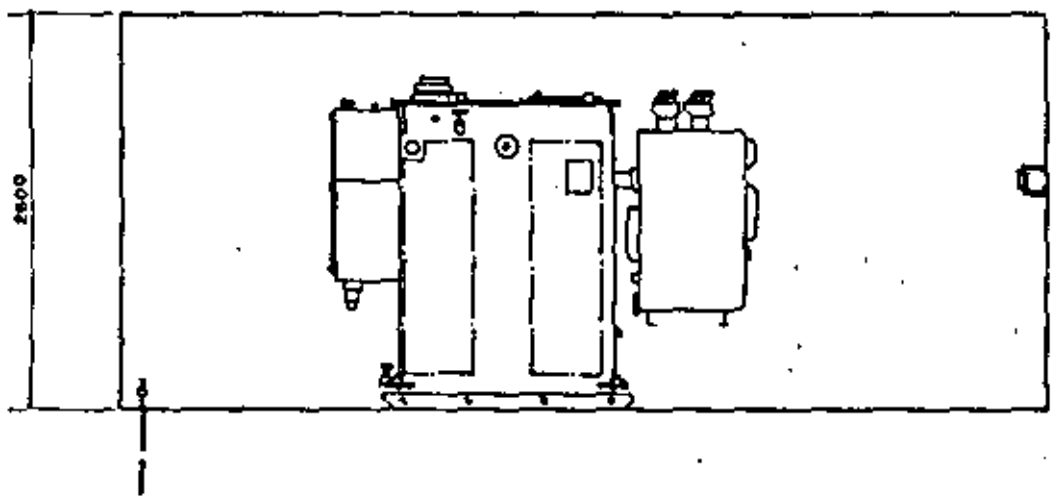


DIAGRAMA UNIFILAR



Esc. 1:50

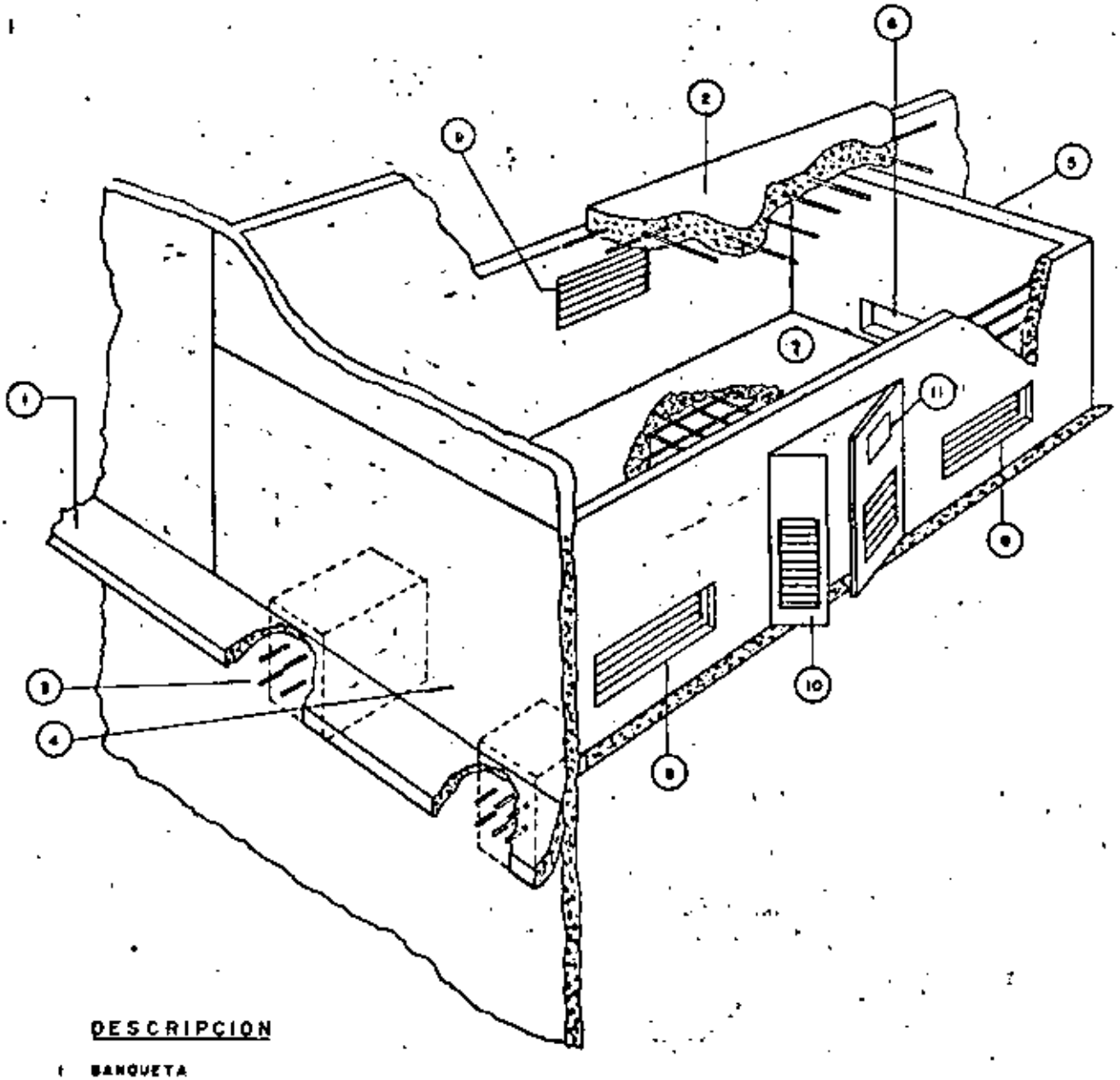
Acotaciones en mm.

APLICACION: En el interior de edificios, localizados en zonas de red subterranea automática, en derivación simple a transformadores con seccionador y protector acoplados, permite alimentar servicios en B.T. del propio edificio y exteriores.

FIGURA 2.6

ALTERNATIVA I LOCAL EN INTERIOR

NORMAS L y F.



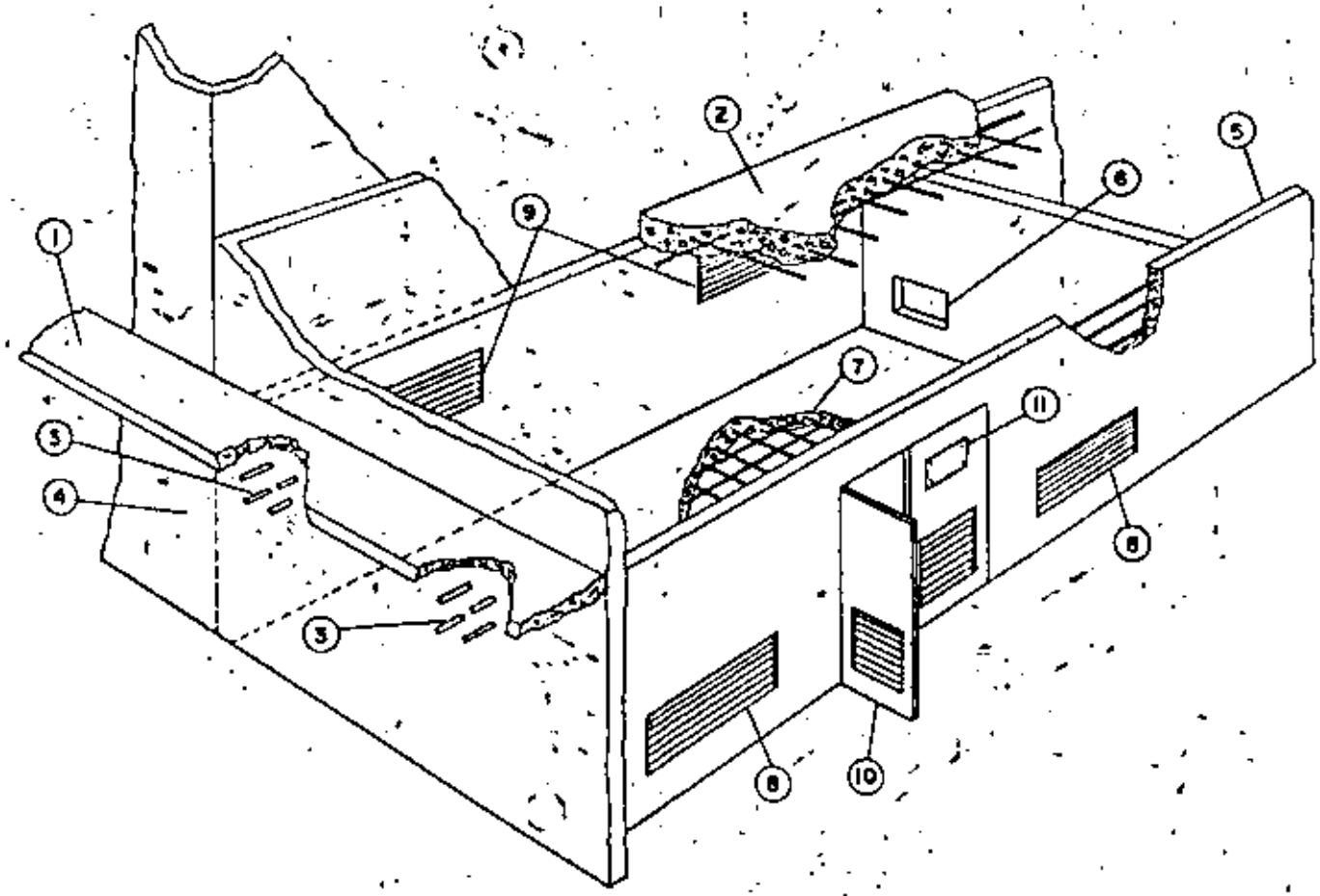
DESCRIPCION

1 BANQUETA
2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
3 DUCTOS
4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
6 VENTANA DE PASO
7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
8 VENTANA INFERIOR
9 VENTANA SUPERIOR
10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO L y F)

FIGURA 2.8

ALTERNATIVA 2 LOCAL EN INTERIOR

NORMAS L y F



DESCRIPCION

1 BANQUETA
2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
3 DUCTOS
4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
6 VENTANA DE PASO
7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
8 VENTANA INFERIOR
9 VENTANA SUPERIOR
10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO L y F)

FIGURA 2.9

gunos locales normalizados de acuerdo con diferentes diseños de las subestaciones en interior.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA

CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

NOVIEMBRE, 1979.

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

GERENCIA COMERCIAL

ASUNTO: Información necesaria para formular solicitudes en las que se requiere elaborar presupuesto (SP)

Dependencias Afectadas: Gerencia Comercial y Gerencias Técnicas

---

A partir de la fecha de estas instrucciones los solicitantes de suministro de energía eléctrica y de otros servicios que ameriten la elaboración de presupuesto (SP) por la Sección de Presupuestos a Consumidores de la Subgerencia Comercial de Cuentas Especiales, presentarán la información que se indica a continuación según el caso:

1.- UNIDADES HABITACIONALES Y FRACCIONAMIENTOS

1.01 Escrito u oficio del interesado (original y dos copias) indicando la ubicación de la unidad, número de servicios habitacionales anotando la carga de cada uno, número de otros servicios como bombeo de agua potable, bombeo de aguas negras, centros comerciales, centros sociales, escuelas, alumbrado público y servicios de edificio, precisando el número, tipo y capacidad de lámparas y demás carga en detalle, así como la zona postal, municipio o delegación y entidad federativa.

Si el proyecto consta de varias secciones, indicar las fechas programadas para la construcción de cada sección.

1.02 Plano de conjunto indicando si el proyecto consta de varias secciones, esc. 1:5000 (1 maduro y 3 copias).

1.03 Plano de vialidad, mostrando la distribución de los lotes, núcleos de casas o edificios, indicando las entradas a los mismos, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

1.04 Plano de la red de alumbrado público indicando los puntos de alimentación a los circuitos, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

1.05 En unidades habitacionales presentar planos de las casas y edificios en planta y elevación, con detalles de las entradas para indicar ubicación de los equipos de medición, esc. 1:500 (3 copias).

1.06 Planos de las redes de agua potable, gas y teléfonos en planta y corte transversal, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias). (si se cuenta con ellos).

1.07 Planos de la ubicación de servicios de agua potable, agua negras, escuela, centros comerciales y sociales, indicando zonas verdes y adoquinadas, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

(Si no se indicaron en el punto 1.03).

1.08 Los planos serán copia de los aprobados o en proceso de aprobación (presentar constancia) por las autoridades correspondientes.

1.09 Nombre, dirección y teléfono del técnico responsable designado oficialmente para tratar los asuntos de carácter técnico relacionados con el proyecto.

1.10 Programa descriptivo, o diagrama de barras referente a la ejecución de las obras con indicación de las etapas de construcción de guarniciones, redes de agua, de drenaje, de distribución de energía eléctrica, de alumbrado público, de teléfonos si está proyectada, de gas si está proyectada; construcción de casas y edificios y fechas de terminación y entrega a los usuarios, para cada sección del conjunto habitacional, o fraccionamiento.

Nota 1.- Los sistemas de distribución para fraccionamientos residenciales en el Distrito Federal y zona metropolitana serán de tipo subterráneo.

Nota 2.- El cliente deberá proporcionar interruptores, fotoceldas, luminarias, lámparas, etc. para las redes de alumbrado público aéreas de circuitos convencionales.

Nota 3.- Las copias de los planos deberán venir dobladas a tamaño carta, a excepción del maduro que no deberá tener dobleces.

2.- COLONIAS, PUEBLOS Y BARRIOS

Los ubicados dentro de la zona considerada en el Plan Valle de México y de acuerdo con el programa que presente la Gerencia de Construcción, les será indicado a los solicitantes que ya se contempla su electrificación.

.01 Escrito del representante de los colonos debidamente acreditado, o del Comité de Electrificación o de la Junta de Mejoramiento Moral, Cívico y Material, (original y dos copias) indicando nombre y ubicación de la colonia, zona postal, Delegación o Municipio correspondiente y entidad federativa.

2.02 Constancia de legalización de la colonia (boleta predial u otra documentación expedida por autoridad competente). Presentación con carácter devolutivo de los títulos de propiedad correspondientes a predios ubicados en la zona por electrificar.

.03 Censo de servicios indicando domicilios y número de focos y contactos de cada uno, y número total de predios ocupados y lotes baldíos.

2.04 Croquis o plano de la zona por electrificar lotificada y referen--

cias naturales o artificiales más importantes que facilitan su localización (3 copias).

3.- EDIFICIOS CON MAS DE 15 KW DE CARGA CONECTADA.

Requisitos Generales

3.01 Escrito u oficio del interesado o de su representante legal (original y dos copias) indicando la dirección del edificio, número de plantas y uso a que se vaya a destinar (residencial, oficinas, despachos, talleres, clínica, hotel, dependencia gubernamental, etc.).

3.02 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

3.03 Ubicación del edificio, anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, Municipio o Delegación y entidad federativa y, en caso de difícil localización del lugar, adjuntar un croquis mostrando la ubicación del predio donde se desean los servicios.

3.04 Programa de construcción descriptivo o diagrama de barras con referencia a las etapas principales de la obra (cimentación, obra negra, instalaciones, acabados y puesta en servicio).

3.05 Relación detallada de la carga por piso, expresada en número, tipo y capacidad en watts, de unidades de alumorado; número y capacidad en caballos de potencia de los motores, número de contactos y número y capacidad en watts de otros aparatos referidos al servicio del edificio (elevador, bomba, alumbrado de pasillos, etc.) y a cada uno de los servicios restantes.

3.06 Plano arquitectónico incluyendo detalle de la entrada al edificio para definir el lugar de los equipos de medición.

3.07 Si se trata de un aumento de la carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada. (Presentar el último recibo).

Nota 1-Para suministrar un servicio adicional o una ampliación de capacidad en el que la demanda total sea superior a 190 KW, el cliente deberá poner a disposición de la Compañía un local adecuado para dicha instalación.

Nota 2-Requisito adicional para servicios nuevos en edificios que se encuentren en alguno de los siguientes casos:

- Demanda superior a 100 KW
- Ubicados en zonas sujetas a los programas de cambio de red aérea a red subterránea, o sobre las arterias principales de la ciudad (ver plano anexo).

Compromiso escrito del propietario para proporcionar un local adecuado para alojar el equipo de la subestación propiedad de la Compañía, cuya ubicación se determinará de común acuerdo en base a la información y con nuestra Gerencia de Distribución y Transmisión.

ta 3 Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

4.- SERVICIOS INDUSTRIALES O COMERCIALES EN BAJA TENSION CON MAS DE 15 KW DE CARGA CONECTADA.

.01 Escrito del interesado o su representante legal (Original y dos copias) indicando lo siguiente:

.02 Dirección anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y en caso de difícil localización del lugar, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

.03 Actividad de la empresa que requiere el servicio: fábrica de plásticos; taller mecánico; laboratorio, etc.

.04 Nombre, dirección y teléfono del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

.05 Fechas de iniciación de las obras civiles, instalaciones, montaje de maquinaria y equipo, y puesta en servicio.

.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores de acuerdo a su capacidad expresada en caballos de potencia, clasificados en monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas, clasificadas por tipo y capacidad en watts (fluorescentes, incandescentes, etc.)

c) Relación de otros aparatos fijos, indicando capacidad y número de fases, según datos de placa (hornos, calentadores, estufas eléctricas, soldadoras, etc.).

d) Número de contactos.

07 Si se trata de un aumento de carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada. (Presentar el último recibo).

Nota 1 - Para suministrar un servicio adicional o una ampliación de capacidad en el que la demanda total sea superior a 190 KW, el cliente deberá poner a disposición de la Compañía un local adecuado para dicha instalación.

Nota 2 - Requisito adicional para servicios nuevos en edificios que se encuentren en alguno de los siguientes casos:

- Demanda superior a 100 KW.
- Ubicados en zonas sujetas a los programas de cambio de red aérea a red subterránea, o sobre las arterias principales de la ciudad (Ver plano anexo).
  Compromiso escrito del propietario para proporcionar un local adecuado para alojar el equipo de la subestación propiedad de la Compañía, cuya ubicación se determinará de común acuerdo en base a la información y con nuestra Gerencia de Distribución y Transmisión.

Nota 3 - Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

5.- SERVICIOS EN ALTA TENSION 20/23 KV.

5.01 Escrito u oficio del interesado o su representante legal (original y dos copias), indicando lo siguiente:

5.02 Dirección, anotando calles transversales, colonia o pueblo y zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y en caso de difícil localización del lugar, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

5.03 Actividad para la que se requiere el servicio: fábrica de plásticos, fundición, oficinas, centro deportivo, etc.

5.04 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

5.05 Indicar fechas de iniciación de las obras civiles, instalaciones, montaje de maquinaria, equipo y puesta en servicio.

5.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores de acuerdo a su capacidad expresada en caballos de potencia y su equivalente en KW de acuerdo a la tabla de conversión anexa, clasificados en monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas clasificadas por tipo y capacidad en watts (fluorescentes, incandescentes, etc.)

c) Relación de otros aparatos fijos indicando su capacidad y número de fases según datos de placa (hornos, calentadores, soldadoras, mencionando su tipo, punteadoras, etc.)

d) Número de contactos.

5.07 Plano de la subestación propiedad del solicitante, el cual debe ser copia del aprobado o en proceso de aprobación por las autoridades correspondientes, y deberá indicar sus características técnicas y localización de ésta dentro del predio.

5.08 Si se trata de un aumento de la carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada (Presentar el último recibo).

Nota 1 - Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

Nota 2 - Los servicios con demanda de 200 KW o menos, se miden en el lado de baja tensión de la Subestación por lo que deberá disponerse del espacio para los equipos de medición en baja tensión y para futuro equipo en alta tensión.

6.- SERVICIOS EN ALTA TENSION, 85 KV, PARA DEMANDAS SUPERIORES A 5000 KW.

6.01 Escrito del interesado o su representante legal (Original y tres copias) indicando lo que se especifica en los siguientes puntos:

6.02 Dirección, anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y, en caso de difícil localización, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

6.03 Actividad de la empresa que requiere el servicio: fundición, fabricación de equipo de transporte, etc.

6.04 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

6.05 Capacidad total instalada en KW que se requiere en una etapa inicial y, en su caso, programas de ampliación que consideren incrementos de demanda y capacidad, indicando la magnitud de éstos.

6.06 Plano esc. 1:500 del predio que ocupa la planta, mostrando la

ubicación de la fracción disponible para la instalación de la subestación propiedad del solicitante y el equipo de la Compañía. Dicha fracción no debe ser menor de 35 x 35 m en instalaciones intemperie, ni de 20 x 40 m en instalaciones interiores.

6.07 Si el interesado tiene servicio en el momento de su solicitud, deberá indicar el número de cuenta correspondiente y demanda contratada (Presentar el último recibo).

Nota.- Cuando el interesado designe un apoderado para trámites la carta deberá especificar las facultades que otorga el poderdante.

7.- PRESUPUESTOS MENORES.

A) Servicios con 15 KW o menos de carga conectada en zonas que requieran extensiones de líneas.

7.01 Escrito u oficio del interesado o su representante legal.- (original y dos copias) indicando lo siguiente:

7.02 Dirección anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y, en caso de difícil localización del lugar, adjuntar un croquis mostrando la ubicación del predio donde se desee el servicio.

7.03 Clase de servicio de que se trate (casa habitación, edificio de departamentos, taller, etc.)

7.04 Nombre, teléfono y dirección de la persona facultada por el interesado para tratar los asuntos de carácter técnico.

7.05 Fecha aproximada en que se requiere el servicio.

7.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores con su capacidad expresada en caballos de potencia, clasificados en motores monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas por tipo y capacidad en watts.

c) Número de contactos

d) En edificios de departamentos deberán expresarse dichos datos referidos a cada departamento y al servicio del -

edificio (bomba, elevador, alumbrado de pasillos y escaleras, etc.).

7.07 Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, el escrito debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

B) Movimiento de postes por necesidades o por razones de seguridad.

7.08 Carta del interesado o de su representante legal (original y dos copias), indicando dirección, calles transversales, colonia o pueblo, municipio y estado y, en caso de difícil localización, adjuntar un croquis mostrando la ubicación del inmueble y del poste.

C) Movimientos de equipo de medición (servicios con acometida subterránea).

7.09 Escrito u oficio del interesado o su representante legal (original y dos copias) indicando lo siguiente:

7.10 Dirección, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, y entidad federativa.

7.11 Croquis indicando la ubicación actual del equipo de medición y el lugar al que se desea transferir.

D) Movimiento de líneas por cambios de urbanización.

7.12 Escrito u oficio del interesado (original y dos copias) indicando la ubicación precisa del tramo o tramos de línea sujetos al cambio, incluyendo calles, colonia o fraccionamiento y municipio o delegación.

7.13 Nombre, dirección y teléfono de la persona física o dependencia que hace la solicitud.

E) Movimiento de líneas que cruzan un predio de propiedad privada.

7.14 Escrito del interesado o su representante legal (original y dos copias) acompañando croquis que muestre la ubicación precisa del tramo sujeto al cambio incluyendo dirección, colindancias, calles contiguas, colonia y municipio o delegación y entidad federativa, presentando la documentación que acredite la propiedad sobre dicho predio.

DEPOSITO QUE DEBEN CONSTITUIR LOS SOLICITANTES DE SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA CUANDO SE REQUIERA LA ELABORACION DE UN PRESUPUESTO (S.P.)

Todos los solicitantes de suministro de energía eléctrica (incluyendo reformas de contrato) y otros servicios que ameriten la elaboración de Presupuestos (S.P's), deberán constituir un depósito en el momento de hacer la solicitud de presupuesto, con las excepciones que se indican más adelante, en la oficina donde se formule.

TIPO DE SOLICITUD	IMPORTE DEL DEPOSITO
a) Servicios en baja tensión:	
Con carga mayor de 15 KW y hasta 40 KW	1,000.00
Más de 40 KW de carga	1,500.00
Cambio de lugar de equipos de medición de servicios de Cuentas Especiales o concentraciones de servicios ordinarios.	500.00
b) Servicios en alta tensión:	
Cambio de lugar de equipos de medición	1,500.00
Para cargas solicitadas en 23 KV (mínimo-20 KW de demanda).	2,000.00
Para cargas solicitadas en 85 KV (mínimo-5,000 KW de demanda).	45,000.00
c) En fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lote, de (depósito total mínimo: $1,500.00)	15.00
d) Para alumbrado público en fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lámpara, de (depósito total mínimo: $1,000.00)	20.00
e) Cambio de lugar de postes	500.00

Si el presupuesto resulta con cooperación a cargo del solicitante, la cantidad recibida como depósito se aplicará definitivamente como pago a cuenta de dicha cooperación.

Cuando el estudio del presupuesto determine que el servicio puede darse sin ejecución de obras, o resultare sin cooperación, el depósito se devolverá al quedar conectado el servicio.

Tratándose de trabajos descritos en presupuestos que no llegan a ejecutarse, porque el solicitante cancele su solicitud o abandone su trámite por más de 6 meses después de habérsele informado el resultado, el depósito se aplicará totalmente a los gastos efectuados.

CASOS QUE NO REQUIEREN DEPOSITO

Servicios solicitados para dependencias gubernamentales, embajadas, molinos de nixtamal, comisariados ejidales, riego agrícola, instituciones de beneficencia pública y privada y servicios para reventa.

Cuando se haya firmado la solicitud de servicio de energía eléctrica, en una Sucursal o Agencia Foránea en zonas electrificadas y no se pueda conectar por falta de líneas de baja tensión hasta el punto de entrega.

TRAMITE DE SOLICITUDES RECIBIDAS POR CORREO

En las solicitudes de presupuesto que se reciben por correo, se citará al cliente para que constituya el depósito correspondiente o se le pedirá que envie cheque o giro postal.

A partir del 1º de enero del 76 se establece el REGIMEN DE CUOTAS para los nuevos usuarios y aquellos que modifiquen su carga conectada, bajo las siguientes

N O R M A S :

I.- Toda persona física o moral que contrate el servicio estará sujeta al REGIMEN DE CUOTAS.

II.- EL REGIMEN DE CUOTAS es INDEPENDIENTE de los pagos por cooperaciones, depósitos de garantía, derechos de inspección, o cualquier otro pago derivado de la prestación del servicio de energía eléctrica.

III.- Para la aplicación de las cuotas se establecen las siguientes ZONAS ECONOMICAS:

ZONA ECONOMICA NO. 1 Integrada por el Distrito Federal y los Municipios de Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán, Ecatepec, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla, Tultitlán y Texcoco del Estado de México; los Municipios de Apodaca, Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina del Estado de Nuevo León y el Municipio de Guadalajara del Estado de Jalisco.

ZONA ECONOMICA NO. 2 Integrada por los Municipios de Tlaquepaque y Zapopan, del Estado de Jalisco; los Municipios de Lerma y Toluca del Estado de México; los Municipios de Cuernavaca y Jiutepec, del Estado de Morelos; los Municipios de Cuautlancingo, Puebla y San Pedro Cholula del Estado de Puebla y el Municipio de Querétaro del Estado de Querétaro.

ZONA ECONOMICA NO. 3 Integrada por el resto del Territorio Nacional.

IV.- Las cuotas por cada Tipo de Servicio y Zona Económica se cobrarán de acuerdo con los hilos de corriente en que se proporciona el mismo para los usuarios domésticos, y la carga conectada total expresada en kilowatts para el resto de los usuarios. Las cuotas serán las siguientes:

Tarifa Número	Tipo de Servicio	Cuotas para Zona Económica NO. 1	NO. 2	NO. 3
T- 1	Servicio Doméstico			
	1 hilo de corriente	300	300	300
	2 hilos de corriente	1 200	1 200	1 200
	3 hilos de corriente	1 800	1 800	1 800
T- 1-A	Servicio Doméstico para Localidades con Clima muy Cálido			
	1 hilo de corriente	300	300	300
	2 hilos de corriente	1 200	1 200	1 200
	3 hilos de corriente	1 800	1 800	1 800

Tarifa Número		Cuotas para Zona No. 1	Zona No. 2	Zona No. 3
T- 2	Servicio General Hasta 40 KW de Carga Conectada			
	1er. KW de Carga Conectada	240	125	100
	Por cada KW adicional de Carga Conectada	400	250	125
T- 3	Servicio General para más de 40 KW de Carga Conectada			
	Por cada KW de Carga Conectada	500	350	250
T- 4	Servicio para Molinos de Nixtamal		Sin Cuota	
T- 5	Servicio para Alumbrado Público			
	Por cada KW de Carga Conectada	1 000	1 000	1 000
T- 6	Servicio para Bombeo de Aguas Potables y Negras			
	Por cada KW de Carga Conectada	500	500	500
T- 7	Servicio Temporal		Sin Cuota	
T- 8	Servicio General en Alta Tensión			
	Por cada KW de Carga Conectada	750	300	150
T- 9	Servicio de Bombeo de Agua para Riego Agrícola		Sin Cuota	
T-10	Servicio en Alta Tensión para Reventa		Sin Cuota	
T-11	Servicio en Alta Tensión para Minas			
	Por cada KW de Carga Conecta	150	150	150
T-12	Servicio General para 5 000 KW ó más de Demanda Contratada a Tensiones de 66 KV ó Superiores			
	Por cada KW de Carga Conectada	750	300	150

CARTA PODER

_____de_____de 19__.

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A., (en liquidación)
P r e s e n t e .

Por la presente, _____al Sr._____ _____, poder amplio, cumplido y --- bastante, para que a _____nombre y representación -- gestione y efectúe los trámites correspondientes para la - solicitud de servicio de energía eléctrica en _____ _____, bajo el entendido de que los pagos que realice estarán debidamente amparados por el correspondiente recibo de esa Compañía.

Suyo Afmo. S.S.
OTORGANTE

Nombre: _____
Razón Social:

ACEPTO EL PODER

_____

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE.

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
1.	BENJAMIN ACOSTA SEGURA	D.D.F.
2.	RAMIRO A. AGUIRRE RODRIGUEZ Unión 346-4 Col. Tepeyac Insurgentes México 14, D. F. Tel. 577-32-77	SERSI, S.A. Leyva 529-Sur Los Mochis, Sin. Tel. 261-66
3.	PEDRO ANGELES LOPEZ Cabo Bojador No. 188 Col. G. Hernández México 14, D. F. Tel. 515-02-76	CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA, S.A. Carlos B. Zetina 116-2° piso Col. Escandón México 18, D. F. Tel. 277-86-32
4.	ROGELIO ARGUELLES ESTRELLA Tabasco 162-6 Col. Roma México 7, D. F. Tel. 514-82-73	C.A.V.M., S.A.R.H. Balderas 55-4 Col. Centro México 1, D. F. Tel. 585-50-66 ext. 410 6 707
5.	IGNACIO ARRIAGA CORONILLA Lago Tana 14 Col. Torre Blanca México 17, D. F. Tel. 399-47-59	INFONAVIT Barranca del Muerto 280 México 20, D. F. Tel. 651-94-00
6.	FRANCISCO LEOBARDO BRICEÑO AYALA Palestina 147 Col. Clavería México 16, D. F. Tel. 352-31-92	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Melchor Ocampo y Marina Nacional Col. Anáhuac México 16, D. F. Tel. 556-46-99

7/11/79

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
7.	JORGE BURGOS GOMEZ Alamo Dorado 4 Fracc. los Alamos Edo. de Méx. Tel. 572-74-69	INFONAVIT Barranca del Muerto 280 Col. Guadalupe Inn
8.	MOISES CASTREJON NUÑEZ Canal de Miramontes 1644-2 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F.	PEMEX Marina Nacional 329 Col. Anzúres México 17, D. F. Tel. 545-07-87
9.	RICARDO GUSTAVO DIAZ FARIAS Edif. 21-F-302 U. Lindavista México 14, D. F.	BUCONDI, S.A. Calle 20 No. 32-5 Col. San Pedro de los Pinos México 18, D. F. Tel. 277-19-71
10.	JOSE MA. DOMINGUES HIDALGO Yácatas 346-3 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 543-53-52	S.A.H.O.P. Reforma 77-9° piso Tel. 535-89-73
11.	DELFINO DOMINGUEZ VALDEZ Corredores 40 Col. Country Club Tel. 544-50-95	PRONOSTICOS DEPORTIVOS PARA LA ASISTENCIA PUBLICA Edison 15 Col. Tabacalera México 14, D. F. Tel. 566-72-99
12.	JORGE ESCAREÑO JIMENEZ La Campiña 144 Col. Los Pastores Naucalpan, Edo.de Méx.	C.A.V.M. Balderas 55 Col. Centro México 1, D. F. Tel. 585-50-66 ext. 514

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
13.	GILBERTO ESPARZA CASTAÑON Dr. Lucio 103 edif. B-101 dpto. 401 Col. Doctores México 7, D. F. Tel. 588-50-15	C.P.I. CONSTRUCCIONES, S.A. Prol. Lago Deypus 66 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 399-24-44
14.	JOSE ANTONIO ESTRADA VILLA Venezuela 18-6 Col. Centro México 1, D. F. Tel. 542-29-07	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Melchor Ocampo 273 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 592-09-12
15.	MANUEL FERNANDEZ TOVANCHE Boyaca 573 Col. Valle del Tepeyac México 14, D. F. Tel. 567-41-94	INFONAVIT Barranca del Muerto 280 Col. Mixcoac México 20, D. F.
16.	JOSE GIBER FONSECA L-6 M-58 Calle Toltecas Col. Ajusco México 21, D. F. Tel. 569-55-81	S.A.H.O.P. Av. Constituyentes 947 Tel. 271-30-00 ext. 132
17.	JAIME GALINDO SALGADO Av. División del Norte 3105 Col. Rosedal México 21, D. F. Tel. 549-36-88	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Melchor Ocampo 171 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 518-00-80
18.	CARLOS GOMEZ GARATE Cerrada de Félix Cuevas 32-3 Col. del Valle México 12, D. F.	S.A.H.O.P. Reforma 77-9° piso Tel. 535-89-73

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
ISMAEL GONZALEZ SIMENTAL Retorno Ismael Marenco No. 12 Unidad C.T.M. México 14, D. F. Tel. 577-18-18	INFONAVIT Barranca del Muerto 280 México 21, D. F.
ANTONIO HUGO GRAJALES MEDINA Fundidores 49 Col. T. del Hierro México 15, D. F. Tel. 567-89-03	INFONAVIT Barranca del Muerto 280 México 20, D. F. Tel. 524-66-71
VICENTE LEMUS DIAZ 13 de Septiembre 28-1A Col. Tacubaya México 18, D. F. Tel. 277-13-37	CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES. U.N.A.M. Apdo. Postal 760-30 Col. San Angel México 20, D. F. Tel. 550-52-15 ext.47-42
MAXIMINO LOPEZ GALLEGOS Santo Tomás 61 Col. Lomas de Atizapán Edo. de México Tel. 547-61-19	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Melchor Ocampo 171-5° piso Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 518-00-80
VICTOR SALOMON MARINO TALAVERA Hda. de Mazatepec No. 2 Col. Rinconada Coapa México 22, D. F. Tel.594-21-60	AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES Av. 602 No. 161 Col. San Juan de Aragón México 9, D. F. Tel. 762-98-69
RICARDO J. MORALES SALAZAR Mitla 75-202 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 530-08-63	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Av. de los 100 mts. No. 152 Col. Vallejo México 14, D. F. Tel. 567-66-00

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
25.	ARMANDO MATEO MUÑIZ CRUZ Amado Nervo 79-D-1 Sta. Ma. la Ribera México 4, D. F. Tel. 547-01-40	SECRETARIA DE MARINA Edison 176-2° piso Col. San Rafael México 4, D. F. Tel. 546-50-35
26.	JUAN JESUS MORENO PONCE Odesa 821 Col. Portales México 13, D. F.	BANCEN, S.A. DE C.V. Plaza Santos Degollado 10 Tel. 585-51-88 ext. 128
27.	ANTONIO MOTA MEYEMBERG Cascada 517 Col. Justo Sierra México 13, D. F. Tel. 539-55-66	ICATEC, S.A. González de Cosío 24 Col. del Valle México 12, D. F. TEL: 536-57-40
28.	ERNESTO ORTIGOZA GOMEZ Norte 60 No. 5419 Col. Río Blanco México 14, D. F. Tel. 517-42-57	INTERSOL, S.A. Paseo de la Reforma 2229 Col. Lomas de Chapultepec México 10, D. F. Tel. 596-03-75
29.	VICTOR MANUEL PEREZ HERNANDEZ Sur 124 No. 2502-7 Col. Villa de Cortés México 13, D. F. Tel. 590-60-57	AIN, S.A. Blvd. Manuel Avila Camacho, Naucalpan, Edo. de México Tel. 557-70-66
30.	ALFONSO PEREZ SUSTAITA Av. Toltecas 345-2 Col. Romana Tlalnepantla, Edo. de Méx. Tel. 535-89-73	S.A.H.O.P. Reforma 77-9° piso Col. San Rafael México 4, D. F. Tel. 535-89-73

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
JORGE ISAAC PORTILLO ROJAS Portillo 84 Col. Villa Coapa México 22, D. F. Tel. 594-33-58	SUC. S.A. Ferrocarriles Nacionales 750 Col. Azcapotzalco México 16, D. F. Tel. 561-22-80
JUAN DE DIOS RAMIREZ MEJIA Ebanos 253- L-14 Col. Las plazas Coacalco, México. Tel. 545-06-92	PEMEX Marina Nacional 329-12° piso Col. Anzúres México 17, D. F. Tel. 545-06-92
JUAN AURELIO RAMIREZ S. Xicoténcatl 276-6 Col. Del Carmen Coyoacán 21, D. F.	CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES U.N.A.M. Apdo. Postal 760-30 México 20, D. F. Tel. 550-52-15 ext. 4742
GERARDO DAVID RUBI OLIVERA Antigua Taxqueña 174 Col. Coyoacán México 21, D. F. Tel. 544-66-02	GEOSOL, S.A. Antigua Taxqueña 174 Coyoacán
LORENZO DE JESUS RUIZ AVILA Sierra Amatepec 125 Col. Lomas México 10, D. F. Tel. 520-74-20	INTERSOL LOMAS, S.A. Reforma 2233 Col. Lomas México 10, D. F. Tel. 596-05-45
GABRIEL SANTILLAN PEREZ San Simón 440 dpto. A1 Col. Sta. Ma. Insurgentes México 4, D. F. Tel. 547-27-47	C.A.V.M. Balderas 55-4° piso Col. Centro México 1, D. F. Tel. 585-50-66

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS, DEL 22 DE OCTUBRE AL 23 DE NOVIEMBRE DE 1979.

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
37.	EDUARDO SANVICENTE SANCHEZ Sta. Ma. la Rivera 34-8 Col. Sta. Ma. la Rivera Tel. 535-29-60	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Av. de los 100 metros No. 152 Tel. 567-66-00
38.	RENE Y TAKTAK MATOUK El Greco 7 Col. Mixcoac México 19, D. F. Tel. 563-67-66	ELECTRONICA INSTRUMENTAL, S.A. El Greco 7
39.	RICARDO TURRIZA ESCALANTE Hda. Coacalco No. 28 Col. Prado Coapa México 22, D. F. Tel. 671-02-56	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Ródano 14 Col. Cuauhtémoc México 5, D.F. Tel. 553-64-82
40.	ERNESTO VELAZQUEZ PEREZ Abundio Martínez 83 Col. Ex-Hipódromo de Peralvillo México 2, D.F. Tel. 585-74-47	S.A.H.O.P. Reforma 77-9° piso Tel. 535-89-73
41.	NORBERTO ULLOA CORANERA Presidentes 511-6 Col. Portales México 13, D. F. Tel. 672-68-79	E.N.E.P. ACATLAN Sn. Juán Totoltepec y Av. Sn. Mateo Sta. Cruz Acatlán, Edo. de Méx. Tel.3-73-23-99-ext.152
42.	ENRIQUE ZARATE LEYVA Reforma 69-9° piso Col. Centro México 1, D. F. Tel. 535-65-95	S.A.R.H.