CA
136 – 02

# INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

## 11 al 23 de Noviembre de 2002

1.- Introducción.
11 de Noviembre de 2002.
Ing. Ignacio González Castillo.
Tel.: 5622-2803

2.- Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica.
12 de Noviembre de 2002.
Ing. Guillermo Aguilar Campuzano.
Tel.: 5808-0314

3.- Sistemas de distribución.
13 de Noviembre de 2002.
Ing. Pablo Zapiain Lechuga.
Tel.: 5554-0147

4.- Conductores. Condiciones de diseño.
15 de Noviembre de 2002.
Ing. Lázaro Ponce Díaz.
Tel.: 5391-0942

5.- Medios de soporte y protección de los conductores.
18 de Noviembre de 2002.
Ing. Lázaro Ponce Díaz.
Tel.: 5391-0942

6.- Medios de protección.
19 de Noviembre de 2002.
Ing. Arturo Morales Collantes.
Tel.: 5544-5835 y 5622-3126 y 27

7.- Subestaciones usadas en instalaciones para edificios.
21 de noviembre de 2002.
Ing. Arturo Morales Collantes.
Tel.: 5544-5835 y 5622-3126 y 27

8.- Sistemas de generación.
14 de noviembre de 2002.
Ing. Sergio Ordóñez Lezama.
Tel.: 5682-7642

9.- Instalaciones especiales.
22 de noviembre de 2002.
Ing. Pablo Zapiain Lechuga.
Tel.: 5554-0147

10.- Sistemas de pararrayos.
23 de noviembre de 2002.
Ing. Ignacio González Castillo.
Tel.: 5622-2803

# INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS
## 11 AL 23 DE NOVIEMBRE DE 2002

A) Fecha: 11 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Ignacio González Castillo.
Tema:

INTRODUCCION.
- Descripción de una instalación eléctrica.
- 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.

B) Fecha: 12 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Guillermo Aguilar Campuzano.
Tema:

ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

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 lúmenes promedio.
Método de punto por punto.
Carga de aparatos. Criterio para determinar cargas.
Carga de fuerza. Parámetros necesarios para su determinación.

C) Fecha: 13 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Pablo Zapiain Lechuga.
Tema:

SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

Elementos que integran los sistemas de distribución.
Conductores.
Medios 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 fuerza: elementos integrantes.
Capacidad.
Circuitos alimentadores.
Determinación de la carga: factor de demanda.
Factor de diversidad.
Caida de tensión. Centro de carga.
Alimentadores para fuerza y cargas mixtas.
Sistemas de distribución: primaria, secundaria y mixtas.
Diferentes sistemas.

D) Fecha: 15 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Lázaro Ponce Díaz.
Tema:

CONDUCTORES: CONDICIONES DE DISEÑO.
- Características de un conductor.
- Capacidad permisible.
- Carga de caida de potencial.
- Aislamientos.
- Resistencia mecánica.

E) Fecha: 18 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Lázaro Ponce Díaz.
Tema:

MEDIO DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES.
- Medio de soporte y protección de los conductores.
  - Diferentes medios según reglamentación existente.
  - Tubería conduit.
  - Ductos metálicos.
  - Charolas.

F) Fecha: 19 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Arturo Morales Collantes.
Tema:

MEDIOS DE PROTECCION.
- Medios de protección.
  - Sobrecorriente: orígenes.
  - Sobrecarga.
  - Corto circuito.
  - Medio de protección contra sobrecorriente.
  - Fusibles.
  - Interruptores automáticos.

SELECCION DE PROTECCION.

Protección de conductores.

Protección de cargas.

MEDIOS DE CONTROL.

Dispositivos de control para alumbrado.

Circuitos alimentadores.

Dispositivos de control para fuerza. Circuitos alimentadores: el arrancador.

CENTROS DE DISTRIBUCION.

Tableros primarios.

Tableros secundarios.

G) Fecha: 21 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Arturo Morales Collantes.
Tema:

SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS.

Subestaciones receptoras.

Subestaciones derivadas.

H) Fecha: 14 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Sergio Ordóñez Lezama.
Tema:

SISTEMAS DE GENERACION.

Usos de emergencia.

Usos contínuos.

Plantas de emergencia: selección y determinación de la capacidad.

Sistemas de corriente directa: reglamentación.

Características generales.

I) Fecha: 22 de Noviembre de 2002.
Duración: 17 a 21 horas.
Profesor: Ing. Pablo Zapiain Lechuga.
Tema:

INSTALACIONES ESPECIALES.
Sistema de centralización y alarmas.
Sistemas de comunicación: teléfonos.
Sistemas de sonido.

J) Fecha: 23 de Noviembre de 2002.
Duración: 9 a 13 horas.
Profesor: Ing. Ignacio González Castillo.
Tema:

SISTEMAS DE PARARRAYOS.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

*CONDUCTORES, CONDICIONES DE DISEÑO*

**EXPOSITOR: ING. LAZARO PONCE DIAZ**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

BASADOS EN LA NOM-001-SEMP-1994

## CONTENIDO:


1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES

2 0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

3 0 USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

4 0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES



ING. LÁZARO PONCE DÍAZ


NOVIEMBRE 1999

## 1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES

### 1.1 DEFINICIÓN

CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON AQUELLOS MATERIALES QUE PERMITEN EL PASO CONTINUO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA, A TRAVÉS DE ELLOS, CON POCA RESISTENCIA

### 1.2 NORMA APLICABLE

LA SELECCIÓN Y LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA

**NOM-001-SEMP-1994 RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

EXPEDIDA POR LA SECRETARIA DE ENERGÍA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL AHORA SECRETARIA DE ENERGÍA

LOS ARTÍCULOS SECCIONES Y/O TABLAS QUE SE MENCIONEN SERÁN REFERIDAS ESTA NORMA

NOTA:

EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN PUBLICÓ EL DÍA 27 DE SEPTIEMBRE DE 1999 LA **NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)**

EXPEDIDA POR LA SECRETARIA DE ENERGÍA

ESTA NORMA ENTRARA EN VIGOR SEIS MESES DESPUÉS DE SU PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL (27 DE MARZO DE 2000)

## 1.3 MATERIALES

LOS MATERIALES MAS USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON EL COBRE Y EL ALUMINIO

| CARACTERÍSTICAS | | COBRE | ALUMINIO |
|---|---|---|---|
| PESO ESPECIFICO | ($g/cm^3$) | 8.9 | 2.7 |
| CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | (%) | 100 | 61 |
| RESISTIVIDAD A 20 ° C | ($ohm\text{-}mm^2/m$) | 0.0172 | 0.03 |
| TENSIÓN DE RUPTURA | ($kg/mm^2$) | 31 (100 %) | 16 (40 %) |
| TEMPERATURA DE FUSIÓN | (°C) | 1 083 | 660 |
| COEF. DE DILATACIÓN LINEAL POR °C | | $16.22x10^{-6}$ | $23 x10^{-6}$ |

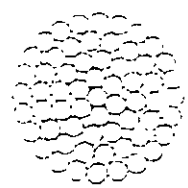
## 1.4 CONFIGURACIÓN FÍSICA

LOS CONDUCTORES SE FABRICAN EN ALGUNA DE LAS SIGUIENTES FORMAS

ALAMBRE FORMADO POR UN HILO SÓLIDO DE SECCIÓN CIRCULAR

CABLE FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS EN FORMACIÓN GEOMÉTRICA (CABLE REDONDO CONCÉNTRICO O COMPACTO, CABLE SECTORIAL)

Cable redondo compacto



Cable concentrico

Cable sectorial

CORDÓN FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS AL AZAR

SOLERA FORMADO POR UNA BARRA SÓLIDA DE SECCIÓN RECTANGULAR

DESNUDO ES EL QUE NO TIENE CUBIERTA NI AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE NINGUNA ESPECIE. NORMALMENTE SE UTILIZAN EN LÍNEAS AE REAS O ENTERRADOS PARA SISTEMAS DE TIERRAS

AISLADO ES EL QUE ESTA AISLADO CON UN MATERIAL DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR ACEPTADO POR LA NOM-001-SEMP-1994. SE UTILIZAN PARA INSTALACIONES EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS

CUBIERTO ES EL QUE ESTA CUBIERTO CON UN MATERIAL, DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR, NO ACEPTADO COMO AISLAMIENTO ELÉCTRICO POR LA NOM-001-SEMP-1994

## 1.5 TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES

EL TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES SE DEFINE POR EL ÁREA DE SU SECCIÓN TRANSVERSAL EN $mm^2$

TAMBIÉN SE DEFINE POR:

a) CALIBRE AWG, NOMENCLATURA DE LA AMERICAN WIRE GAUGE

b) CALIBRE EN CM (CIRCULAR MILLS), PARA DESIGNAR EL ÁREA TRANSVERSAL QUE TIENE UN CIRCULO CUYO DIÁMETRO SEA UNA MILÉSIMA DE PULGADA

0 001" = 0 0254 mm

CM = 0.0005067 $mm^2$

1 mm2 = 1 973.5 CM

= 1 9735 kCM

LOS CONDUCTORES SE FABRICAN DE DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES EN FUNCIÓN DE SU APLICACIÓN VER TABLAS DE CONDUCTORES ANEXAS

## 2.0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

EL AISLAMIENTO SIRVE PARA CONFINAR LA CORRIENTE Y EL CAMPO ELÉCTRICO EN LA MASA DEL CONDUCTOR DEBE SER UN MATERIAL DE MUY BAJA CONDUCTIVID.

LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A LOS AISLAMIENTOS ELÉCTRICOS SON LOS SIGUIENTES:

## 2.1 MATERIALES AISLANTES

LOS MATERIALES AISLANTES MAS USADOS ACTUALMENTE PARA CONDUCTORES, INSTALADOS EN EDIFICIOS, SON LOS SIGUIENTES

| MATERIAL | TENSIÓN MAX. | TEMPERATURA MÁXIMA | |
|---|---|---|---|
| | | OPERACIÓN | CIRC. CORTO |
| | kV | ° C | °C |
| 1- TERMOFIJOS | | | |
| EP (ETILENO PROPILENO) | 150 | 90 | 250 |
| XLP (POLIETILENO DE CADENA CRUZADA) | 220 | 90 | 250 |
| 2.- TERMOPLÁSTICOS | | | |
| PVC (POLICLORURO DE VINILO) | HASTA 1 kV | 105 | 250 |

## 2.2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS AISLAMIENTOS

A CONTINUACIÓN SE ENUMERAN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MAS IMPORTANTES

a) RIGIDEZ DIELECTRICA

REPRESENTA LA CANTIDAD DE VOLT NECESARIOS PARA PERFORARLO. ES LA RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN Y EL ESPESOR DEL AISLAMIENTO (kV/mm)

b) RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.

ES LA RESISTENCIA MEDIA ENTRE EL CONDUCTOR Y UN ELECTRODO QUE SE ENCUENTRE ENVOLVIENDO LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL AISLAMIENTO.

c) FACTOR DE POTENCIA O FACTOR DE PERDIDAS DE AISLAMIENTO.

FACTOR QUE PERMITE RELACIONAR Y CALCULAR LAS PERDIDAS DEL DIELECTRICO DE LOS CABLES DE ENERGÍA.

d) GRADIENTE DE OPERACIÓN

e) TAN 0

## 2.2.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (CARGA DE ROTURA Y ALARGAMIENTO)
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
- RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO
- FLEXIBILIDAD

## 2.2.- OTRAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA HUMEDAD
- RESISTENCIA AL FRÍO Y AL CALOR
- RESISTENCIA A LA INTEMPERIE
- RESISTENCIA A LA LUZ SOLAR
- RESISTENCIA AL OZONO
- RESISTENCIA A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
- RESISTENCIA AL FUEGO

## 2.3.- SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS

LA SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS SE HACE EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES FACTORES QUE PUEDAN INFLUIR EN SU APLICACIÓN. TALES COMO.

LA TENSIÓN DE OPERACIÓN,

LA TEMPERATURA AMBIENTE

LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN

LAS CONDICIONES MECÁNICAS DE INSTALACIÓN,

EL MEDIO AMBIENTE (HUMEDAD INTEMPERISMO, PRESENCIA DE PRODUCTOS QUÍMICOS)

## TABLA 2.1 Propiedades de los aislamientos más comúnmente usados en cables de energía (5-35 kV)

| Características | SINTENAX | VULCANEL XLP | VULCANEL EP | Papel impregnado |
|---|---|---|---|---|
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (corriente alterna, elevación rápida) | 18 | 25 | 25 | 28 |
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (impulsos) | 47 | 50 | 50 | 70 |
| Permitividad relativa SIC. (60 ciclos, a temp. de op.) | 7 | 2.1 | 2.6 | 3.9 |
| Factor de potencia, % máx. (a 60 ciclos, a temp. de op.) | 9 | 0.1 | 1.5 | 1.1 |
| Constante K de resistencia del aislamiento a 15.6°C. (megohm-km) mín. | 750 | 6100 | 6100 | 1000 |
| Resistencia a la ionización | buena | buena | muy buena | buena |
| Resistencia a la humedad | buena | muy buena | excelente | mala |
| Factor de pérdidas | mala | buena | excelente | buena |
| Flexibilidad. | regular | mala | excelente | regular |
| Facilidad de instalación de empalmes y terminales (problemas de humedad o ionización): | excelente | regular | muy buena | regular |
| Temperatura de operación normal (°C) | hasta 6 kV, 80 más de 6 kV, 75 | 90 | 90 | hasta 9 kV, 95 |
| Temperatura de sobrecarga (°C) | 100 | 130 | 130 | 100 |
| Temperatura de cortocircuito (°C) | 160 | 250 | 250 | 200 |
| Principales ventajas | Bajo costo, resistente a la ionización, fácil de instalar. | Factor de pérdidas bajo | Bajo factor de perdidas, flexibilidad, resistencia a la ionización. | Bajo costo, experiencia de años, excelentes propiedades eléctricas. |
| Principales inconvenientes | Pérdidas dieléctricas comparativamente altas. | Rigidez. Baja resistencia a la ionización | Es atacable por hidrocarburos a temp. superiores a 60°C. | Requiere tubo de plomo y terminales herméticas. |

## 3.0- USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS CONDUCTORES SON LAS VENAS O CAMINOS, INSTALADOS EN LOS EDIFICIOS, PARA HACER LLEGAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS PUNTOS DE UTILIZACIÓN. TALES COMO: ALUMBRADO, CONTACTOS, ELEVADORES, EQUIPOS DE BOMBEO, EQUIPOS DE COMPUTO, ETC

## 3.1- TENSIONES MANEJADAS EN EDIFICIOS

EN LOS EDIFICIOS, LOS EQUIPOS OPERAN, NORMALMENTE, A CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES TENSIONES

120 V, 1 F, 2 H, C A., 60 Hz

220 V, 1 F, 3 H, C.A., 60 Hz

220 V, 3 F, 3 ó 4 H, C A., 60 Hz

LOS USUARIOS PUEDEN CONTRATAR CON LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA: LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Ó COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD EN CUALQUIERA DE LAS TENSIONES ANTERIORES

EN LOS EDIFICIOS QUE, POR EL TAMAÑO DE SU CARGA, CONVENGA LA INSTALACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, PUEDE CONTRATARSE EL SUMINISTRO EN MEDIA TENSIÓN:

25 kV, 3 F, 3 H (NOMINAL) CON LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (LYFC)

15 kV, 3 F, 3 H. (NOMINAL) CON COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

## 3.2- CONDUCTORES EMPLEADOS

LOS CONDUCTORES DE INSTALADOS EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS, NORMALMENTE SON DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW LS. 75 °C DE OPERACIÓN. PARA 600 V

LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS QUE REQUIERAN LA CONSTANCIA DE UNA UNIDAD VERIFICADORA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEBEN EJECUTARSE CON MARCAS Y TIPOS CERTIFICADOS POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO, A C.(ANCE)

SE ANEXA INFORMACIÓN REFERENTE A CONDUCTORES CONTENIDA EN LA NOM.

a) SECCIONES DEL ART. 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

b) TABLA 310-13. CONDUCTORES - AISLAMIENTOS Y USOS

c) TABLAS 310-16. Y 17 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE

d) NOTAS A LAS TABLAS ANTERIORES

e) CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES

f) TABLAS 430-147, 148 Y 150. CORRIENTES A PLENA CARGA DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA, DE MOTORES MONOFASICOS Y DE MOTORES TRIFASICOS, RESPECTIVAMENTE

# ARTICULO 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

**310-1 Alcance.** Este Artículo establece los requisitos generales para los conductores y designación de tipo, aislamientos, marcados, resistencia mecánica, capacidades de corriente y uso. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos tales como motores, control de motores y equipo similar o conductores indicados específicamente en otras partes de esta Norma.

**310-2 Conductores**

**(a) Aislados**. Los conductores deben estar aislados.

**(b) Material del conductor**. Los conductores de este Artículo deben ser de aluminio, aluminio con recubrimiento de cobre, o de cobre, a menos que se especifique otra cosa.

**310-3 Conductores cableados.** Cuando se instalan en canalizaciones, los conductores de un área de la sección transversal de 8.367 mm² (8 AWG) y mayores deben ser cableados.

**310-4 Conductores en paralelo.** Los conductores de aluminio, de aluminio con recubrimiento de cobre, o de cobre de un área de sección transversal de 53.48 mm² (1/0 AWG) o mayor, incluyendo los de cada fase, neutro o conductores de puesta a tierra, pueden conectarse en paralelo (eléctricamente unidos en ambos extremos para formar un solo conductor).

Los conductores en paralelo de cada fase, neutro o circuito de puesta a tierra deben:

**(1)** Tener la misma longitud.

**(2)** Ser del mismo material conductor.

**(3)** Ser de la misma área de sección transversal o calibre.

**(4)** Tener el mismo tipo de aislamiento

**(5)** Ser terminados en la misma forma.

Cuando los conductores en paralelo estén tendidos en canalizaciones o cables diferentes, estas canalizaciones o cables deben tener las mismas características físicas.

Cuando se usan conductores para la puesta a tierra de equipos, con conductores en paralelo, éstos deben cumplir con los requisitos de esta Sección, exceptuando el área de la sección transversal o calibre. el cual debe determinarse de acuerdo con la Sección 250-95.

Los conductores instalados en paralelo deben cumplir con el Artículo 310, *Nota: 8* (a), *Notas* a las Tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V.

**310-7 Conductores directamente enterrados.** Los conductores para ser instalados directamente enterrados, deben ser de un tipo certificado para ese uso. Los cables utilizados para sistemas de más de 2 000 V deben llevar pantalla.

La pantalla metálica, cubierta o armadura debe ser puesta a tierra por medio de un sistema efectivo según los requisitos de la Sección 250-51.

**310-8 Instalaciones en lugares mojados.**

**(a) Conductores aislados**. Los conductores aislados empleados en lugares mojados deben ser :

**1)** Con cubierta de plomo.

**2)** Del tipo RHW, TW, THW. THW-LS, THHW, THHW-LS, THWN y XHHW:

**3)** De otro tipo certificado para uso en lugares mojados.

***Nota:*** En instalaciones interiores, en lugares cerrados, donde se requieran mejores características de comportamiento en caso de incendio, se recomienda emplear cables con sufijo LS. Véase la Tabla

310-13.

**(b) Cables**. Los cables de uno o más conductores usados en lugares mojados deben ser del tipo certificado para uso en lugares mojados.

Los conductores para aplicaciones directamente enterradas deben ser de un tipo aprobado para ese uso.

**310-9 Condiciones corrosivas.** Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que produzcan un efecto perjudicial sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo certificado para tales condiciones.

**310-10 Limitación por temperatura de los conductores.** Ningún conductor debe usarse en condiciones tales que su temperatura de operación exceda la temperatura designada para el tipo de conductor aislado involucrado. En ningún caso deben agruparse conductores de tal forma que pueda excederse el límite de temperatura de cualquiera de los conductores por el tipo de circuito, el método de alambrado o el número de conductores.

La temperatura máxima de operación de un conductor (Véanse las Tablas 310-13 y 310-61) es la máxima temperatura en cualquier punto a lo largo de su longitud, que el conductor puede soportar en un periodo de tiempo prolongado sin degradación.

Las Tablas de capacidad de conducción de corriente del Artículo 310, así como los factores de corrección y las *Notas* a dichas tablas son una guía para la selección y coordinación del área de la sección transversal o calibre de los conductores, los tipos, capacidad de conducción de corriente permisible, temperaturas ambiente y el número de conductores que se pueden agrupar.

Los principales factores determinantes de la temperatura de operación son:

1 -Temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo de la longitud del cable así como en el tiempo.

2 -El calor generado internamente en el conductor, como resultado del flujo de la corriente.

3 -La rapidez con que se disipa en el medio ambiente el calor generado. La resistencia térmica de los materiales alrededor de los conductores afecta directamente a la disipación de calor.

4 -Conductores adyacentes. Los conductores adyacentes presentan el doble efecto de incrementar la temperatura ambiente y dificultar la disipación del calor.

**310-12 Identificación de los conductores de puesta a tierra.**

**(a) Conductores de puesta a tierra**. Los conductores aislados con área de sección transversal de 13.30 mm² (6 AWG) o menores, destinados a ser usados como conductores para conexión a tierra de un circuito, deben tener una identificación externa de un color blanco o gris natural. Los cables multiconductores planos con área de sección transversal de 21.15 mm² (4 AWG) o mayores, pueden llevar una ceja externa continua sobre el conductor de puesta a tierra

Para cables aéreos, la identificación se hará como se indicó anteriormente, o por medio de una ceja continua localizada en la parte exterior del cable, de tal manera que identifique al conductor.

Los alambres que tienen su cubierta exterior blanca o de color gris natural, pero tienen hilos de color en la malla que identifiquen al fabricante, se pueden considerar que cumplen con lo estipulado en esta Sección

Para los requisitos de identificación de conductores con área de sección transversal mayor de 13.30 mm² (6 AWG), véase la Sección 200-6.

**(b) Conductores para la puesta a tierra de equipos**. Se permite el uso de conductores desnudos, cubiertos o aislados, para la puesta a tierra de equipos. Estos conductores deben tener acabado exterior continuo de color verde o color verde con una o más franjas amarillas.

***Excepción No.1***: Se permite que un conductor aislado mayor de 13.30 mm² (6 AWG), sea identificado de manera permanente, en el momento de su instalación, tanto en sus extremos como en cualquier punto donde sea accesible por medio de uno de los siguientes medios:

a -Quitando el aislamiento o la cubierta en la longitud expuesta.

b -Coloreando de verde el aislamiento descubierto.

c -Marcando el aislamiento descubierto con cintas de color verde o con etiquetas adhesivas este color.

**(c) Conductores activos.** Los conductores destinados a ser usados como conductores activos, tanto en cables monoconductores como multiconductores, deben tener un acabado que los distinga de los conductores de puesta a tierra. Los conductores activos deben identificarse con colores que no sean blanco, gris natural o verde, o con una combinación de colores, más un marcado distintivo. Este marcado debe ser de un color diferente del blanco, gris natural o verde, y debe consistir en una banda o bandas o una serie de marcas idénticas espaciadas uniformemente. Las marcas no deben interferir de ninguna forma con los marcados superficiales contenidos en la Sección 310-11(ne) (b)(1).

**310-13 Construcción y uso de los conductores.** Los conductores aislados deben cumplir con las disposiciones indicadas en una o más de las Tablas siguientes: 310-13 y 310-61.

***Nota:***

Los aislamientos termoplásticos (PVC) pueden endurecerse a temperaturas menores de -10°C y requieren un especial cuidado durante su instalación a esas temperaturas. Los aislamientos pueden deformarse a temperaturas normales cuando se les somete a presiones y en consecuencia requieren cuidado durante su instalación y en los puntos de apoyo. En ciertos aislamientos termoplásticos (PVC), cuando se usan en circuitos de corriente directa en lugares mojados, puede ocurrir electroendósmosis entre el conductor y el aislamiento.

**Tabla 310 - 13 Conductores - Aislamientos y Usos**

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | | Cubierta exterior a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etileno Propileno Fluorado | FEP FEPB | 90 o | Lugares secos o humedos | Etileno Propileno Fluorado | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.51 | Ninguna | |
| | | | | | 8 367 - 33.620 | 0 76 | | |
| | | 200 | Lugares secos - Aplicaciones especiales # | Etileno Propileno Fluorado | 2 082 - 8.367 (14 - 8) | 0 36 | Malla de fibra de vidno | |
| | | | | | 13 300 - 33.620 (6 - 2) | 0.36 | Malla de material adecuado | |
| | | | | | | (A) | (B) | |
| Termoplastico resistente a la humedad al calor al aceite y a la propagacion de la flama | MTW ## | 60 | Alambrado de maquinas herramientas en lugares mojados (Véase Articulo 670 | Termoplastico resistente a la humedad al calor al aceite y a la propagacion de la flama | 0.32 - 3 307 (22 - 12) | 0 76 | 0 38 | (A) Ninguna. |
| | | | | | 5.26 .(10) | 0.76 | 0.511 | |
| | | | | | 8 367 (8) | 1.14 | 0 76 | |
| | | 90 | Alambrado de maquinas herramientas en lugares secos (Véase Articulo 670) | | 13.30 (6) | 1.52 | 0.76 | (B) Cubierta de nylon o equiva- lente. |
| | | | | | 21 5 - 33 62 (4 - 2) | 1.52 | 1.02 | |
| | | | | | 42 41 - 107 2 (1 - 4/0) | 2 03 | 1.27 | |
| | | | | | 126.7 - 253.4 (250 - 500) | 2 41 | 1 52 | |
| | | | | | 304.0 - 506 7 (600 - 1 000) | 2.79 | 1.78 | |

a Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

\# Cuando las condiciones ambientales requieren temperaturas maximas de operacion mayores de 90°C

\## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagacion de incendio, de emisión reducida de humos y gas acido, se permite agregar a la denominacion del Tipo el sufijo LS (Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10)

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 1)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Polímero Sintético o de cadena cruzada resistente al calor | RHH ## | 90 | Lugares secos o húmedos | Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor | 2.082 - 3.307 (14 - 12)<br>5.26 (10)<br>8.367 - 33.62 (8 - 2)<br>42.41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253.4 (250 - 500)<br>304.0 - 506.7 (600 - 1 000)<br>633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000) | 0.76 **<br>1.14<br>1.52<br>2.03<br>2.41<br>2.70<br>3.18 | Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. [a] |

[a] Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

** Para el Tipo RHH en áreas de secciones transversales de 2.082 a 3 307 mm2 (14 - 12), el espesor nominal de aislamiento debe ser de 1.14 mm

## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 2)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad | RHW ## | 75 | Lugares secos y húmedos<br>(Para más de 2 000 V, el aislamiento debe ser resistente al ozono) | Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad | 2.082 - 5.260 (14 - 10)<br>8.367 - 33.62 (8 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253 4 (250 - 500)<br>304 - 506 7 (600 - 1 000)<br>633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000) | 1 14<br>1 52<br>2.03<br>2.41<br>2 79<br>3.18 | Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama [a] |
| Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad | RHW - 2 ## ¶ | 90 | lugares secos y húmedos | Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad | 2.082 - 5.26 (14 - 10)<br>8.367 - 33 62 (8 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126 7 - 253 4 (250 - 500)<br>304 - 506 8 (600 - 1 000)<br>633 3 - 1.013.6 (1 250 - 2 000) | 1 14<br>1.52<br>2.03<br>2.41<br>2.79<br>3.18 | Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama [a] |

[a] Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

¶ Los Tipos designados con el sufijo "-2" por ejemplo THW-2 se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90° C en ambiente mojado o seco

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos yUsos (Continuación 3)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Silicon-FV | SA | 90 | Lugares secos y húmedos | Hule Silicón | 2 082 - 5.260 (14 - 10) | 1.14 | Malla de fibra de vidrio u otro material equivalente. |
| | | | | | 8 367 - 33 62 (8 - 2) | 1.52 | |
| | | | | | 42.41 - 107 2 (1 - 4/0) | 2.03 | |
| | | 125 | Aplicaciones especiales # | | 126 7 - 253.4 (250 - 500) | 2 41 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2 79 | |
| | | | | | 633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000) | 3.18 | |
| Polimero sintético resistente al calor. | SIS ## | 90 | Alambrado de tableros | Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor. | 2 082 - 5.260 (14 - 10) | 0.76 | Ninguna |
| | | | | | 8.367 .(8) | 1.14 | |
| | | | | | 13.30 - 33 62 (6 - 2) | 1.52 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 2.03 | |
| Termoplastico para tableros | TT | 90 | Alambrado de tableros | Termoplastico resistente a la humedad, al calor, a la propagacion de incendio y de emision redicida de humos y gas ácido | 0.5191 - 5.260 (20) - 10) | 0.76 | Ninguna |
| Politetra - fluoroetileno | TFE | 250 | Lugares secos. Solo para conexiones dentro de aparatos o en canalizaciones conectadas a aparatos (Conductor de Niquel o Cobre cubierto de Niquel) | Politetra - fluoroetileno | 2.082 - 5 260 (14 - 10) | 0.51 | Ninguna. |
| | | | | | 8.367 - 33 62 (8 - 2) | 0 76 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.14 | |

\# Cuando las condiciones ambientales requieren temperaturas maximas de operacion mayores de 90°C

\## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagacion de incendio, de emision reducida de humos y gas acido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 4)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio. | TW * | 60 | Lugares secos y mojados | Termoplastico resistente a la humedad y a la propagación de incendio. | 2.082 - 5.260 (14 - 10)<br>8.367 .(8)<br>13.30 - 33.62 (6 - 2)<br>42.41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253.4 (250 - 500)<br>304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 0.76<br>1.14<br>1 52<br>2.03<br>2 41<br>2.79 | Ninguna |
| Termoplástico resistente a la humedad al calor y a la propagación de incendio. | THW * & | 75<br>90 | Lugares secos y mojados<br>Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1 000 V o menos en circuito abierto y a áreas de secc transversales de 2.082 a 8.367 mm2 (14 - 8AWG) | Termoplástico resistente a la humedad. al calor y a la propagación de incendio. | 2.082 - 5.26 (14 - 10)<br>8.367 .(8)<br>13.30 - 33.62 (6 - 2)<br>42.41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253 4 (250 - 500)<br>304 0 - 506.7 | 0.76<br>1.14<br>1 52<br>2.03<br>2.41<br>2.79 | Ninguna |
| Termoplastico resistente a la humedad. al calor y a la propagacion de incendio y de emision reducida de humos y gas ácido. | THW - LS * & | 75<br>90 | Lugares secos y mojados<br>Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga electrica Restringido a 1 000 V o menos en circuito y a areas de las secciones transversales de 2 082 a 8.367 mm2 (14 - 8) | Termoplástico resistente a la humedad. al calor a la propagacion de incendio, y de emision reducida de humos y gas ácido | 2.082 - 5.260 (14 - 10)<br>8 367 (8)<br>13.30 - 33.62 (6 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126 7 - 253 4 (250 - 500)<br>304.0 - 506 7 (600 - 1 000) | 0.76<br>1.14<br>1.52<br>2 03<br>2 41<br>2 79 | Ninguna |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2 se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 5)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Termoplastico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio. | THHW * & | 75 | Lugares secos y mojados | resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio. | Termoplastico (14 - 10) | 2.082 - 5.260 | 0.76 Ninguna. |
| | | | | | 8.367 .(8) | 1.14 | |
| | | 90 | Locales secos | | 13.30 - 33.62 (6 - 2) | 1.52 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 2 03 | |
| | | | | | 126.7 - 253 4 (250 - 500) | 2 41 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2.79 | |
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas acido. | THHW-LS * & | 75 | Lugares mojados | Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.76 | Ninguna. |
| | | | | | 8.367 .(8) | 1.14 | |
| | | 90 | Lugares secos | | 13.30 - 33 62 (6 - 2) | 1.52 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 2.03 | |
| | | | | | 126.7 - 253 4 (250 - 500) | 2 41 | |
| | | | | | 304 0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2 79 | |
| Termoplastico con cubierta de nylon, resistente a la humedad al calor y a la propagación de la flama | THWN * & | 75 | Lugares secos y mojados | Termoplastico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama | 2 082 - 3.307 (14 - 12) | 0.38 | Cubierta de nylon o equivalente |
| | | | | | 5.26 .(10) | 0.51 | |
| | | | | | 8 367 - 13.30 (8 - 6) | 0.76 | |
| | | | | | 21 15 - 33.62 (4 - 2) | 1 02 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.27 | |
| | | | | | 126 7 - 253 4 (250 500) | 1.52 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 1.78 | |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco.

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 6)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Termoplastico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama | THHN * & | 90 | Lugares secos | Termoplastico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama. | 2.082 - 3.307 (14 - 12)<br>5.26 .(10)<br>8.367 - 13.30 (8 - 6)<br>21 15 - 33.62 (4 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253.4 (250 - 500)<br>304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 0.38<br>0.51<br>0.76<br>1.02<br>1.27<br>1.52<br>1.78 | Cubierta de nylon o equivalente. |
| Cable monoconductor para circuitos alimentadores o derivados, subterraneos. | UF | 60 | Circuitos alimentadores o derivados, subterráneos Vease Artículo 339<br>Para cables Tipo UF DE más de un conductor vease Artículo 339. | Resistente a la humedad. | 2.082 - 5.260 (14 - 10)<br>8.367 - 33.62 (8 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.52<br>2.03<br>2 41<br>Nota Incluye la cubierta integral. | Cubierta integral con el aislamiento |
| | | 75 | Para limites de capacidad de corriente vease la Sección 339 - 5 | Resistente al calor y humedad. | | | |
| Cable monoconductor para acometida subterranea | USE | 75 | Acometida subterránea Ver Artículo 338<br>Para cables tipo USE de mas de un conductor, vease Artículo 338 | Resistente al calor y humedad | 3.307 - 5.260 (12 - 10)<br>8 367 - 33.62 (8 - 2)<br>42 41 - 107.2 (1 - 4/0)<br>126.7 - 253.4 (250 - 500)<br>304 - 506 7 (600 - 1 000) | 1.14<br>1.52<br>2 03<br>2 41<br>2.79 | Cubierta no metálica, resistente al calor y humedad. Vease la Sección 338-1(b). |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco

## Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 7)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Polímero sintetico de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor | XHHW ## | 90 | Lugares secos o húmedos | Polímero sintético de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama. | 2.082 - 5.260 (14 - 10 | 0.76 | Ninguna. |
| | | | | | 8.367 - 33.62 (8 - 2) | 1 14 | |
| | | | | | 42 41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.4 | |
| | | 75 | Lugares mojados | | 126.7 - 253.4 (250 - 500) | 1 65 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2.03 | |
| Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor | XHHW-2 ## | 90 | Lugares secos y mojados | Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama. | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.76 | Ninguna |
| | | | | | 8.367 - 33.62 (8 - 2) | 1.14 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.4 | |
| | | | | | 126 7 - 253.4 (250 - 500) | 1 65 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2.03 | |

## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas acido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

**310-15 Capacidad de conducción de corriente.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores puede ser determinada por los incisos a), o b) siguientes :

***Nota:*** La capacidad de conducción de corriente dada en esta Sección no toma en consideración la caída de tensión. Los conductores de circuitos definidos en el Artículo 100, están calculados para evitar que la caída de tensión exceda del 5% y ofrecen una razonable eficiencia de operación.

**(a)** Caso general. La capacidad de conducción de corriente para conductores de 0 a 2 000 V, debe ser la especificada en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-16 hasta la 310-19 y sus correspondientes *Notas*.

Las capacidades de conducción de corriente para conductores aislados con dieléctrico sólido, de 2 000 a

35 000 V, deben ser las especificadas en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-67 hasta la 310-84 y sus correspondientes notas.

***Nota:*** Las Tablas 310-16 hasta la 310-19, son utilizadas para determinar el área de la sección transversal de los conductores para las cargas calculadas de acuerdo con el Artículo 200.

Las capacidades de conducción de corriente permisible resultan de una o más de las siguientes consideraciones :

**1** Temperatura compatible con la del equipo conectado, especialmente en los puntos de conexión.

**2** Coordinación de las protecciones contra sobrecorrientes del circuito y del sistema.

**3** De acuerdo con los requerimientos de productos aprobados o certificados. Véase la Sección 110-3(b).

**4** Observar las prácticas de seguridad establecidas en la industria y seguir los procedimientos normalizados.

**(c) Selección de la capacidad de corriente**. Cuando se tiene más de una capacidad de conducción de corriente calculada o tabulada, aplicable a una determinada longitud de circuito debe tomarse el menor valor de ellos.

**Excepción**: Si la parte del circuito afectada por menor capacidad de conducción de corriente no es mayor de 3 m o no mayor del 10% de la longitud total del circuito (considerar la menor de éstas), puede tomarse para todo el circuito la capacidad de conducción de corriente mayor.

**Nota:** Véase la Sección 110-14(c) para limitaciones de temperatura de conductor debido a limitaciones de temperatura de los accesorios terminales.

**(d) Ductos eléctricos**. El término ducto(s) eléctrico(s) como se indica en el Artículo 310, debe incluir cualquiera de los tubos conduit eléctricos incluidos en el Capítulo 3 y que sean adecuados para uso subterráneo, u otras canalizaciones de sección transversal redonda, aprobadas para uso subterráneo, embebidas en concreto.

**Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 2 000 V, 60°C a 90°C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C.**

| Area de la sección transversal mm2 (AWG -kCM) | Temperaturas máximas de operación ( Véase Tabla 310 - 13 ). 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW * USE * | 90°C TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB * RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW * USE * | 90°C TIPOS SA, SIS, RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C O B R E | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0 8235(18) | ..... ..... | .. . ... ..... | 14 | .. ..... . | ..... | ..... |
| 1.307 (16) | ... .. .. . . | .... ... . | 18 | ... ..... ... | .. .... .... . | ..... .... . |
| 2 082 (14) | 20* | 20* | 25* | ..... .. .. | ... . ..... .. | ..... ..... |
| 3 307 (12) | 25* | 25* | 30* | 20* | 20* | 25* |
| 5 260 (10) | 30 | 35* | 40* | 25* | 30* | 35* |
| 8.367 (8) | 40 | 50 | 55 | 30 | 40 | 45 |
| 13 30 (6) | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 60 |
| 21.15 (4) | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 33 62 (2) | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 42 41 (1) | 110 | 130 | 150 | 85 | 100 | 115 |
| 53 48 (1/0) | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 67 43 (2/0) | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 85 01 (3/0) | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 107 2 (4/0) | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 126.7 (250) | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 152 0 (300) | 240 | 285 | 320 | 190 | 230 | 255 |
| 177 3 (350) | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 202.7 (400) | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 253.4 (500) | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 304 0 (600) | 355 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 380.0 (750) | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 506 7(1 000) | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |
| | | | FACTORES DE CORRECCION | | | |
| Temperatura ambiente °C | Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla. | | | | | |
| 21 - 25 | 1.08 | 1.05 | 1 04 | 1 08 | 1.05 | 1.04 |
| 26 - 30 | 1.00 | 1 00 | 1 00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 31 - 35 | 0.91 | 0 94 | 0.96 | 0.91 | 0 94 | 0 96 |
| 36 - 40 | 0 82 | 0 88 | 0.91 | 0.82 | 0.88 | 0 91 |
| 41 - 45 | 0 71 | 0.82 | 0.87 | 0 71 | 0 82 | 0.87 |
| 46 - 50 | 0 58 | 0 75 | 0 82 | 0 58 | 0 75 | 0.82 |
| 51 - 55 | 0 41 | 0 67 | 0.76 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56 - 60 | .. .. | 0 58 | 0.71 | .. .. . | 0.58 | 0.71 |
| 61 - 70 | . | 0 33 | 0 58 | . .. | 0 33 | 0.58 |
| 71 - 80 | . . . ... .. .. | | 0.41 | .. . . .... . ..... | | 0.41 |

* La protección para sobrecorriente para conductores de cobre aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco * , no debe exceder de:
15 A para 2.082 mm2 (14), 20 A para 3.307 mm2 (12) y 30 A para 5 260 mm2 (10) para conductores de cobi
15 A para 3 307 mm2 (12), y 25 A para 5.260 mm2 (10) para conductores de aluminio o aluminio recubie... de cobre.despues de que se han aplicado los factores de corrección por temperatura ambiente y agrupamiento de conductores


20

**Tabla 310-17** Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables mono- conductores aislados 0 a 2 000 V, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30 °C.

| Area de la sección transversal mm2 (AWG -kCM) | Temperaturas máximas de operación ( Véase Tabla 310 - 13 ). 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW * | 90°C TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB * RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW * | 90°C TIPOS SA, SIS. RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C O B R E | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0.8235(18) | ..... . . | .... ..... | 18 | ..... .... | .... ..... | ..... .... ... |
| 1.307 (16) | ..... ..... | . ..... | 24 | ..... | ..... | ... ..... .... |
| 2.082 (14) | 25* | 30* | 35* | ..... | ..... | ..... ... .... |
| 3.307 (12) | 30* | 35* | 40* | 25* | 30* | 35* |
| 5.260 (10) | 40* | 50* | 55* | 35* | 40* | 40* |
| 8.367 (8) | 60 | 70 | 80 | 45 | 55 | 60 |
| 13.30 (6) | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 80 |
| 21 15 (4) | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 110 |
| 33 62 (2) | 140 | 170 | 190 | 110 | 135 | 150 |
| 42 41 (1) | 165 | 195 | 220 | 130 | 155 | 175 |
| 53 48 (1/0) | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 67 43 (2/0) | 225 | 265 | 300 | 175 | 210 | 235 |
| 85.01 (3/0) | 260 | 310 | 350 | 200 | 240 | 275 |
| 107 2 (4/0) | 300 | 360 | 405 | 235 | 280 | 315 |
| 126 7 (250) | 340 | 405 | 455 | 265 | 315 | 355 |
| 152 0 (300) | 375 | 445 | 505 | 290 | 350 | 395 |
| 177 3 (350) | 420 | 505 | 570 | 330 | 395 | 445 |
| 202 7 (400) | 455 | 545 | 615 | 355 | 425 | 480 |
| 253 4 (500) | 515 | 620 | 700 | 405 | 485 | 545 |
| 304.0 (600) | 575 | 690 | 780 | 455 | 540 | 615 |
| 380 0 (750) | 655 | 785 | 885 | 515 | 620 | 700 |
| 506 7(1 000) | 780 | 935 | 1055 | 625 | 750 | 845 |
| | FACTORES DE CORRECCION | | | | | |
| Temperatura ambiente °C | Para temperatura ambiente diferente de 30 °C. multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla. | | | | | |
| 21 - 25 | 1.08 | 1 05 | 1.04 | 1.08 | 1.05 | 1 04 |
| 26 - 30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 31 - 35 | 0 91 | 0 94 | 0 96 | 0 91 | 0.94 | 0.96 |
| 36 - 40 | 0 82 | 0 88 | 0 91 | 0 82 | 0.88 | 0.91 |
| 41 - 45 | 0 71 | 0 82 | 0.87 | 0 71 | 0.82 | 0.87 |
| 46 - 50 | 0 58 | 0 75 | 0.82 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51 - 55 | 0 41 | 0 67 | 0 76 | 0 41 | 0.67 | 0 76 |
| 56 - 60 | . .. . .. ... | 0 58 | 0 71 | . .. . .. . | 0 58 | 0.71 |
| 61 - 70 | . . . . ... | 0 33 | 0 58 | ... .... .. | 0 33 | 0 58 |
| 71 - 80 | .. ... . .. | .. ..... .. | 0 41 | .. ... ... . | .... ... ... | 0 41 |

* La proteccion contra sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre,en Los Tipos marcados con un asterisco * no debe exceder de
15 A para 2.082 mm2 (14) 20 A para 3 307 mm2 (12) y 30 A para 5.260 mm2 (10) para conductores de cobre.
15 A para 3 307 mm2 (12). y 25 A para 5.260 mm2 (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre

**NOTAS A LAS TABLAS 310-16 a 310-19 DE CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE 0 A 2 000 V.**

**1.- Explicación de las tablas**. Para la explicación de las letras de los tipos de cables y para las áreas de las secciones transversales de los conductores para los diversos aislamientos véase la Sección 310-13.

Para los requisitos de instalación véanse las Secciones 310-1 a la 310-10 y otros artículos de esta Norma.

Para cordones flexibles véanse las Tablas 400-4, 400-5(A) y 400-5(B).

**3.- Acometidas y alimentadores monofásicos de 3 hilos, 127/220 V, para viviendas**. Para unidades de vivienda se permite el empleo de los conductores de la tabla siguiente para ser utilizados en circuitos monofásicos: de 3 hilos 127/220 V, como conductores de acometida y alimentadores para abastecer la carga total de una vivienda, instalados en canalización o sin ella y con conductor de puesta a tierra. Se permite que el conductor de puesta a tierra sea de un área de sección transversal correspondiente a no menos de dos calibres que el de los conductores de fase, siempre y cuando se cumpla con las Secciones 215-2, 220-22 y 230-42.

**TIPOS Y SECCIONES DE LOS CONDUCTORES DE COBRE**
**THHW, THW, THW-LS, THHW-LS**

| Area de la sección transversal mm² (AWG-kCM) | Capacidad de conducción de corriente A |
|---|---|
| 21 15 (4) | 100 |
| 33.62 (2) | 125 |
| 42.41 (1) | 150 |
| 53.48 (1/0) | 175 |
| 67.43 (2/0) | 200 |
| 85.01 (3/0) | 225 |
| 107.20 (4/0) | 250 |
| 126.70 (250) | 300 |
| 177 30 (350) | 350 |
| 202.70 (400) | 400 |

**5.- Conductores desnudos**. Cuando se emplean conductores desnudos junto con conductores aislados, la capacidad de corriente debe limitarse a la que se permite para los conductores aislados adyacentes.

**6.- Cables con aislamiento mineral y cubierta metálica**. Las limitaciones de temperatura que se toman como base para determinar la capacidad de corriente de los cables con aislamiento mineral y cubierta metálicas, están determinadas por el material aislante que se usa en los sellos terminales. Los accesorios de terminación que incorporan materiales aislantes orgánicos no impregnados están limitados a operar a 900C, como máximo.

# B. Conductores para circuitos de motores.

**430-21. Disposiciones generales.** En esta Parte, se especifican las secciones de los conductores con capacidad para alimentar un motor, conduciendo la corriente necesaria sin presentar sobrecalentamiento, bajo las condiciones especificadas.

**430-22. Un solo motor.**

**(a) General.** Los conductores derivados para alimentar un solo motor, deberán tener capacidad no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

**Tabla 430-22 (a) Porcentajes para la seleccion de coductores alimentadores a motores que no operen en servicio continuo**

| | Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa. | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Clasificación del Servicio:** | **Régimen de trabajo de diseño del motor:** | | | |
| | **5 minutos** | **10 minutos** | **30 y 60 minutos** | **Servicio continuo** |
| De corto tiempo : Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos ..... | 110 | 120 | 150 | |
| Servicio Itermitente : Ascensores y montacargas, máquinas -herramientas, bombas, puentes levadisos, mesas giratorias, etc. para soldadoras de arco, ver Sección 630-21 ..... | 85 | 85 | 90 | 140 |
| Servicio Periódico. Rodillos, equipos para manejo de minerales y carbón, etc. | 85 | 90 | 95 | 140 |
| Trabajo variable | 110 | 120 | 150 | 200 |

Cualquier motor puede considerarse en trabajo continúo, a menos que la naturaleza del aparato que accione, no trabaje continuamente con carga, bajo ninguna condición durante su operación.

## Tabla 430.147 Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

| Tensión Nominal de armadura | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **kW** | **(C.P.)** | **120 V.** | **240 V.** | **500 V.** |
| 0.186 | (1/4) | 3.1 | 1.6 | |
| 0.248 | (1/3) | 4.1 | 2.0 | |
| 0.373 | (1/2) | 5.4 | 2.7 | |
| 0.560 | (3/4) | 7.6 | 3.8 | |
| 0.746 | (1) | 9.5 | 4.7 | |
| 1.119 | (1 1/2) | 13.2 | 6.6 | |
| 1.49 | (2) | 17.0 | 8.5 | 13.6 |
| 2.23 | (3) | 25.0 | 12.2 | 18.0 |
| 3.73 | (5) | 40.0 | 20.0 | 27.0 |
| 5.60 | (7 1/2) | 58.0 | 29.0 | 34.0 |
| 7.46 | (10) | 76.0 | 38.0 | 43.0 |
| 11 19 | (15) | | 55.0 | 51.0 |
| 14.92 | (20) | | 72.0 | 67.0 |
| 18.65 | (25) | | 89.0 | 83.0 |
| 22.38 | (30) | | 106.0 | 99.0 |
| 29.84 | (40) | | 140.0 | 123.0 |
| 37.3 | (50) | | 173.0 | 164.0 |
| 44 76 | (60) | | 206.0 | 205.0 |
| 55.95 | (75) | | 255.0 | 246.0 |
| 74.60 | (100) | | 341.0 | 330.0 |
| 93.25 | (125) | | 425.0 | |
| 119 90 | | (150) | | 506.0 |
| 149.20 | (200) | | 675.0 | |

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varia con la velocidad, en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

## Tabla 430.148.-Corriente a plena carga en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna

| W | C.P. | 127 V. | 220 V. |
|---|---|---|---|
| 124.33 | 1/6 | 4.0 | 2.3 |
| 186.5 | 1/4 | 5.3 | 3.0 |
| 248.66 | 1/3 | 6.5 | 3.8 |
| 373 | 1/2 | 8.9 | 5.1 |
| 559.5 | 3/4 | 11.5 | 7.2 |
| 746 | 1 | 14.0 | 8.4 |
| 1119 | 1 1/2 | 18.0 | 10.0 |
| 1492 | 2 | 22.0 | 13.0 |
| 2238 | 3 | 31.0 | 18.0 |
| 3730 | 5 | 51.0 | 29.0 |
| 5595 | 7 1/2 | 72.0 | 42.0 |
| 7460 | 10 | 91.0 | 52.0 |

## Tabla 430.150.-Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

| kW | (C.P.) | Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A) | | | Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 220 V. | 440 V. | 2 400 V. | 220 V. | 440 V. | 2 400 V. |
| 0.373 | (1/2) | 2.1 | 1.0 | | | | |
| 0.560 | (3/4) | 2.9 | 1.5 | | | | |
| 0.746 | (1) | 3.8 | 1.9 | | | | |
| 1.119 | (1 1/2) | 5 4 | 2.7 | | | | |
| 1.49 | (2) | 7.1 | 3.6 | | | | |
| 2.23 | (3) | 10.0 | 5.0 | | | | |
| 3.73 | (5) | 15.9 | 7.9 | | | | |
| 5.60 | (7 1/2) | 23 0 | 11.0 | | | | |
| 7 46 | (10) | 29.0 | 15.0 | | | | |
| 11.19 | (15) | 44.0 | 22.0 | | | | |
| 14 92 | (20) | 56.0 | 28.0 | | | | |
| 18.65 | (25) | 71.0 | 36 0 | | 54 | 27 | |
| 22.38 | (30) | 84.0 | 42.0 | | 65 | 33 | |
| 29.84 | (40) | 109.0 | 54.0 | | 86 | 43 | |
| 37.3 | (50) | 136.0 | 68.0 | | 108 | 54 | |
| 44.76 | (60) | 161.0 | 80.0 | 15 | 128 | 64 | 11 |
| 55.95 | (75) | 201.0 | 100.0 | 19 | 161 | 81 | 14 |
| 74 60 | (100) | 259.0 | 130.0 | 25 | 211 | 106 | 19 |
| 93.25 | (125) | 326.0 | 163.0 | 30 | 264 | 132 | 24 |
| 119.90 | (150) | 376.0 | 188.0 | 35 | - | 158 | 29 |
| 149.20 | (200) | 502.0 | 251.0 | 47 | - | 210 | 38 |

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varia con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

## 4.0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS PASOS QUE DEBEN SEGUIRSE SON LOS SIGUIENTES:

PASO 1. CALCULO DE LA CORRIENTE DE LA CARGA
PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN
PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO
PASO 4. REVISION POR CAÍDA DE TENSIÓN.
PASO 5. REVISION POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.
PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO

### PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

PUEDE OBTENERSE POR MEDIO DE:

- PLACA DE DATOS DE LOS EQUIPOS
- INFORMACIÓN DE LOS FABRICANTES.
- LAS TABLAS 430.147, 430.148 Y 430.150 DE LA NOM-001-SEMP-1994 CONTIENEN CORRIENTES DE MOTORES A PLENA CARGA.
- FORMULAS

FÓRMULAS USUALES:

a) UNA FASE, DOS HILOS:

$$I = VA / V$$
$$I = W / (V \times fp)$$
$$I = (746\ hp) / (V \times fp \times e)$$

b) TRES FASE, TRES HILOS

$$I = VA / (1.732 \times V)$$
$$I = W / (1.732 \times V \times fp)$$
$$I = (746\ hp) / (1.732\ V \times fp \times e)$$

DONDE:

| | |
|---|---|
| I | CORRIENTE EN AMPERES |
| V | TENSIÓN ENTRE LÍNEAS EN VOLTS |
| hp | POTENCIA EN CABALLOS |
| W | POTENCIA EN WATTS |
| VA | POTENCIA EN VOLT-AMPERES |
| fp | FACTOR DE POTENCIA |
| e | EFICIENCIA |

**PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN**

LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES, DEBE AFECTARSE POR:

| | |
|---|---|
| FT | FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (VER TABLAS 310-16 A 310-19) |
| FAC | FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES (VER NOTAS DE LAS TABLAS ANTERIORES, PÁRRAFO 8.-) |
| FM | CAPACIDAD MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN MOTORES (430-22a; 430-24) |

**PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO**

LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES DEBEN TENER SUFICIENTE CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PARA ALIMENTAR LAS CARGAS CONECTADAS (220-10 a)

PARA EVITAR TEMPERATURAS DE OPERACIÓN SUPERIORES A LA PERMITIDA POR EL AISLAMIENTO, LOS CONDUCTORES DEBEN TENER CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE MAYOR QUE LA DEMANDADA POR LA CARGA SERVIDA.

SE SELECCIONARA EL TIPO DE AISLAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA TENSION DE OPERACIÓN Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

LAS TABLAS 310-13 Y 310-16 A 310-19 REFERENTES A LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 - 2 000 V. NOS SIRVEN PARA SELECCIONAR EL TAMAÑO DEL CONDUCTOR

**PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.**

LAS SECCIONES 215 - 2 Y 210 -19 ESTABLECEN LAS CAIDAS DE TENSIÓN PERMISIBLES PARA CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS.

SI LA TENSION DE SUMINISTRO ES MENOR QUE LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN DE LOS APARATOS ELECTRICOS, ESTOS PUEDEN DAÑARSE Y NO OPERAR ADECUADAMENTE A MENOR TENSION RESULTA MAYOR CORRIENTE PARA UNA MISMA CARGA

LA CAIDA TOTAL, EN CIRCUITOS ALIMENTADORES MAS DERIVADO NO DEBE EXCEDER DEL 5%, SIN EXCEDER EN NINGUNO DE ELLOS DEL 3%.

LA CAÍDA DE TENSION ES FUNCION DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

a) CORRIENTE QUE FLUYE POR EL CONDUCTOR
b) TENSION DE OPERACION
c) LONGITUD DEL CONDUCTOR
d) SECCION TRANSVERSAL
e) RESISTENCIA Y MATERIAL DEL CONDUCTOR

PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN PUEDEN UTILIZARSE LAS SIGUIENTES FÓRMULAS:

| SISTEMA | CAÍDA (e %) |
|---|---|
| 1 F, 2 H | 200 I L (R cos 0 + X sen 0) / 1000 Vfn |
| 1 F, 3 H | 100 I L (R cos 0 + X sen 0) / 1000 Vfn |
| 3 F, 4 H | 173 I L (R cos 0 + X sen 0) / 1000 Vff |
| 3 F, 3 H | 173 I L (R cos 0 + X sen 0) / 1000 Vff |

DONDE:

| | | |
|---|---|---|
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | km | LONGITUD DEL CONDUCTOR |
| R | ohm/km | RESISTENCIA |
| X | ohm/km | RESISTENCIA INDUCTIVA |
| 0 | | FACTOR DE POTENCIA |
| Vfn | V | TENSIÓN ENTRE FASE Y NEUTRO |
| Vff | V | TENSIÓN ENTRE FASES |

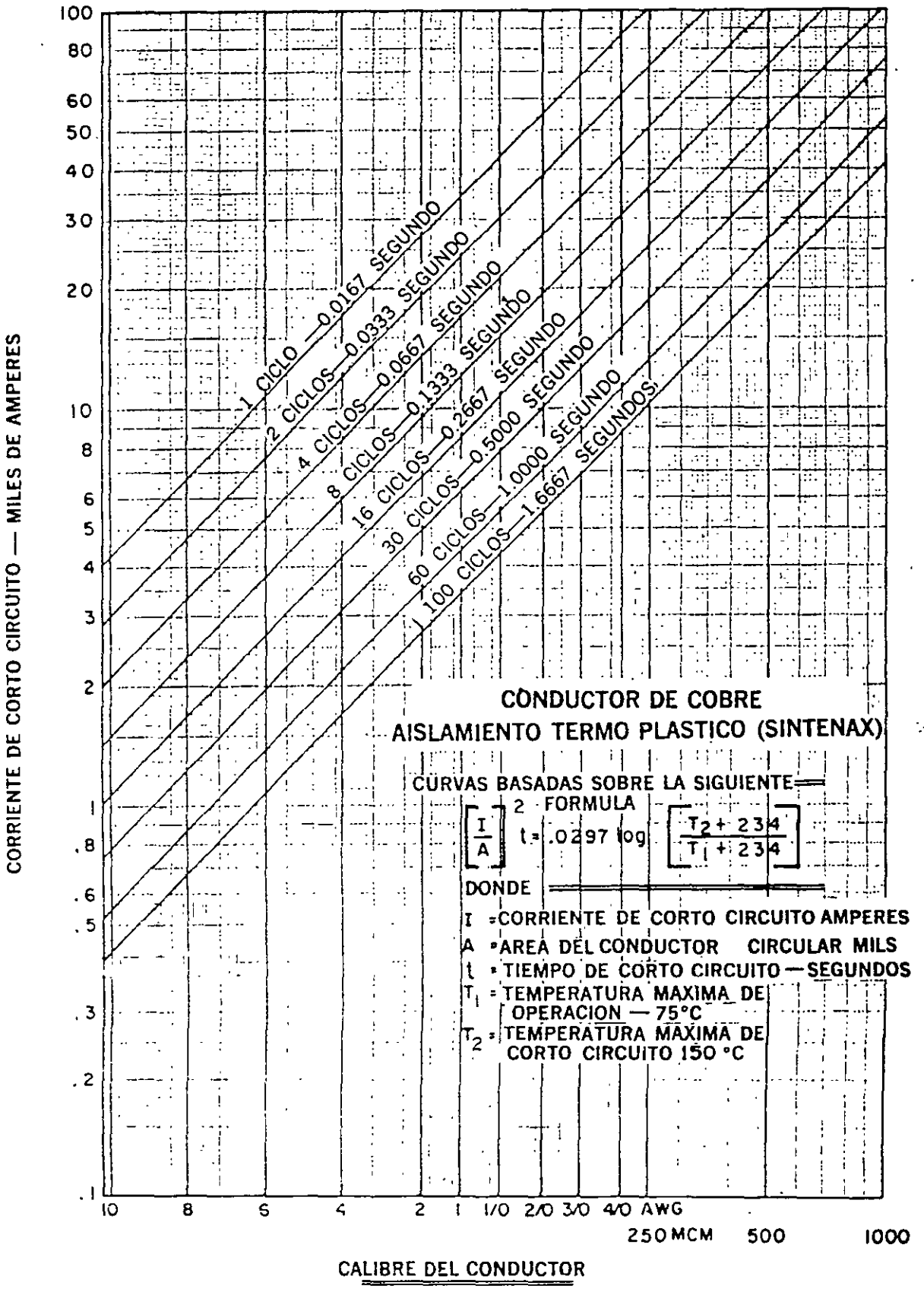
FORMULAS SIMPLIFICADAS PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSION (NO SE CONSIDERA EL VALOR DE LA REACTANCIA)

| SISTEMA | FORMULA GENERAL | FORMULA COND. COBRE |
|---|---|---|
| 127 V, 1 F | e % = 200 p I L / 127 S | 4 I L / 127 S |
| 220 V, 1 F | e % = 200 p I L / 220 S | 4 I L / 127 S |
| 220 V, 3 F | e % = 173 p I L / 220 S | 2 I L / 127 S |
| 440 V, 3 F | e % = 173 p I L / 440 S | 2 I L / 254 S |

DONDE.

| | | |
|---|---|---|
| e % | | CAÍDA DE TENSION EN POR CIENTO |
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | m | LONGITUD DEL CONDUCTOR EN UN SOLO SENTIDO |
| p | ohm-mm$^2$ / m | RESISTIVIDAD DEL CONDUCTOR (Cu 0.02 A 75 °C) |
| S | mm$^2$ | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| R = p L / S | ohm | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR |

## CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE



**PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.**

LOS CONDUCTORES AISLADOS DEBEN SOPORTAR, SIN DAÑARSE; EL CALOR PRODUCIDO POR LA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO SIN DAÑARSE.

EL VALOR OBTENIDO CON LA FORMULA DEBE SER MENOR AL INDICADO EN LA GRÁFICA

LAS GRÁFICAS SON ELABORADAS POR ASOCIACIONES DE FABRICANTES

$$Icc = (330\ S / Vt)\ Vlog((234.5 + Tf) / (234.5 + Ti))$$

DONDE:

| | | |
|---|---|---|
| Icc | A | CORRIENTE MÁXIMA DE CIRCUITO CORTO |
| S | $mm^2$ | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| t | s | DURACIÓN DEL CORTO CIRCUITO |
| 234,5 | ° C | TEMPERATURA BAJO CERO A LA CUAL LA RESISTENCIA ES CERO |
| Tf | | TEMPERATURA MAX. DEL CONDUCTOR DURANTE EL C.C. |
| | | 150°C PARA AISLAMIENTOS TERMOPLÁSTICOS (PVC) |
| | | 250°C PARA AISLAMIENTOS ELASTOMEROS (EP, XLP) |
| Ti | | TEMPERATURA INICIAL DEL CONDUCTOR (°C) |

**PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO .**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE LOS CONDUCTORES AISLADOS ESTA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA QUE PUEDA SOPORTAR SU AISLAMIENTO SIN DAÑARSE

POR EJEMPLO: LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE UN CONDUCTOR AISLADO DE 21 mm2 (4 AWG) PUEDE SER DE 70, 85 O 95 A, SI LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL AISLAMIENTO ES RESPECTIVAMENTE DE, 60, 75 O 90°C

AL AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PUEDE REDUCIRSE EL COSTO INICIAL DE LAS INSTALACIONES, PERO, ES NECESARIO CONSIDERAR QUE EL COSTO DE OPERACION SE INCREMENTA AL DISIPARSE MAYOR CANTIDAD DE ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

LEY DE JOULE: $W = I^2 R$

LA SIGUIENTE FORMULA CONTIENE PARAMETROS QUE PUEDEN USARSE PARA CALCULAR EL CALIBRE MAS ECONOMICO, COMPARANDO LOS COSTOS DE INSTALACION Y DE OPERACION DURANTE UN DETERMINADO PERIODO DE VIDA DEL CONDUCTOR

$$Cp = I \times L \times h \times d \times Ck \times (R1 - R2) / 1000$$

$$Cf = L \times i \times (M2 - M1)$$

SI $Cp > Cf$ CONVIENE INSTALAR EL CABLE DE MAYOR CALIBRE

DONDE.

## EJEMPLO DE CALCULO

DATOS:

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | CARGA | 10 | hp |
| Vff | TENSIÓN | 220 | V, 3 F, 60 Hz |
| F.P. | FACTOR DE POTENCIA | 0,85 | |
| e | EFICIENCIA | 0,8 | |
| FM | FACTOR PARA MOTORES | 1,25 | |
| | CONDUCTOR THW.LS, | COBRE | |
| L | LONGITUD DEL CIRCUITO | 100 | m |
| Ta | TEMP. AMBIENTE | 35°C | |
| | CONDUCTORES/TUBO | 3 | |

PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

CORRIENTE A PLENA CARGA =

APLICANDO LA FORMULA I= (746 hp) / (1.732 V x fp x e)

I = 28,79 A

SEGUN TABLA 430-150 I = 29,00 A

PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN

| | | | |
|---|---|---|---|
| FT | POR TEMPERATURA : | TABLA 310-16, PARA 35 ° C, | FT = 0,94 |
| FAC | POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES | 3 COND. | FAC = 1 |
| FM | PARA MOTOR | | FM = 1,25 |

I corregida = 29 x 1.25 / 0.94 =

**38,56** A (CAPACIDAD MÍNIMA DE CONDUCCIÓN QUE DEBE TENER EL CONDUCTOR)

PASO 3. CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL CONDUCTOR

SE SELECCIONARA UN CONDUCTOR DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW.LS, 75 °C

EL CONDUCTOR DE 8.36 mm2 (8 AWG) TIENE UNA CAPACIDAD DE

CONDUCCION DE CORRIENTE DE 50 A para aisl. de 75°C

**40** A para aisl. de 60°C

(110-14 c)(1) TEMP. DE OPERACION DE CONEXIONES ELECTRICAS)

PASO 4. REVISION POR CAIDA DE TENSION.

PARA: 3 F. 3 H.

e % = 173 I L (R cos 0 + X sen 0) / 1000 Vff

| | $mm^2$ | 8.37 | 13.3 | 21,15 |
|---|---|---|---|---|
| | AWG | CAL. 8 | CAL. 6 | CAL. 4 |
| I | A | 29 | 29 | 29 |
| L | m | 100 | 100 | 100 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R | ohm/km | 2,5500 | 1,6100 | 1,0100 |
| X | ohm/km | 0,2133 | 0,2100 | 0,1969 |
| COS 0 | | 0,9000 | 0,9000 | 0,9000 |
| SEN 0 | | 0,4359 | 0,4359 | 0,4359 |
| ANG 0 | ° | 25,8419 | 25,8100 | 25,8100 |
| V ff | V | 220 | 220 | 220 |
| e % | | 5,45 | **3,51** | 2,27 |
| | | > 5 % | **< 5 %** | < 5 % |

SELECCIONAREMOS CABLE CAL. 6 AWG

PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.

Icc = (330 S / V t) V log((234.5 + Tf) / (234.5 + Ti))

DONDE.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| S | 13,3 | mm2 (6 AWG) | **21,15** | mm2 (4 AWG) |
| t | 0,1 | | 0,1 | s (6 ciclos) |
| Tf | 150 | | 150 | ºC AISL. TERMOPLASTICOS (PVC) |
| Ti | 75 | | 75 | ºC |
| Icc | 4.260,62 | | **6.775,35** | A |

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# CURSOS ABIERTOS

# DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

## MODULO III
## CA 136

# INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

## TEMA

## ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

EXPOSITOR: ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE DEL 2002

# INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

## ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA

## ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO

NOVIEMBRE DE 2002

ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

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

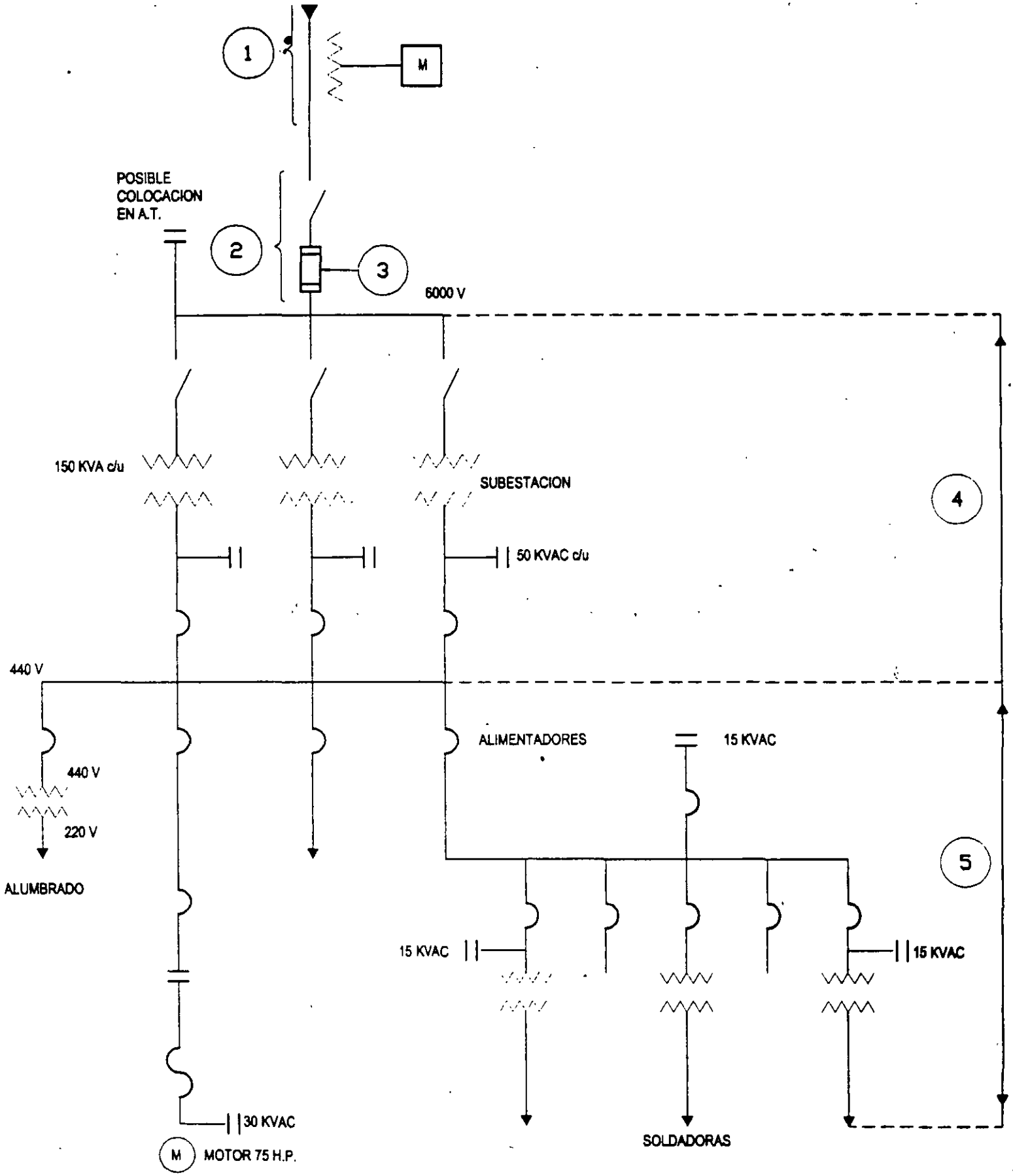

1
M
POSIBLE
COLOCACION
EN A.T.
2
3
6000 V
150 KVA c/u
SUBESTACION
4
50 KVAC c/u
440 V
ALIMENTADORES
15 KVAC
440 V
220 V
ALUMBRADO
5
15 KVAC
15 KVAC
30 KVAC
M
MOTOR 75 H.P.
SOLDADORAS

*FIGURA 1*

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 Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas indican que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimentada, 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 primario 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.

ANALISIS 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 (calefactores), 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 les 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:

A.- Cargas de alumbrado.

* Utilitaria.

* Arquitectónica.

B.- Cargas de aparatos.

* Definida.

* Indefinida.

C.- Cargas de motores.

A.- 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 de 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 de trabajo, ya sea horizontal, vertical u oblícuo.

En el caso donde el área de 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.

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 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 secuela:

# 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.

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 dos siguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones 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 otras 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 brillantes (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en porciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantes (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 de I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar

INDICE


1. EDIFICIOS INDUSTRIALES
2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS
3. HOSPITALES
4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS
5. AREAS COMUNES
6. ALUMBRADO EXTERIOR
7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS
8. ALUMBRADO DE TRANSPOI




V-1972
PAG. 1

Iluminación para la Industria, s. a.
NORTE 3 No 215 COL FEDERAL MEXICO 9, D F
571-57-08 571-80-44 571-55-13

TN-1

| | LUXES I.E.S. 99% | LUXES S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| 1 .ICIOS INDUSTRIALES | | |
| ACERO (Vease Hierro y Acero) | | |
| ACUMULADORES, MANUFACTURA DE | | |
| Moldeado celdas | 500 | 300 |
| ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE | | |
| Molienda, prensa filtrado, hornos de secado, | | |
| ..ado y devastado | 300 | 200 |
| Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo bur· | | |
| ..) | 1000 | 600 |
| Pintura y vidriado (Trabajo fino) | 3000a | 1700a |
| AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE | | |
| Ensamblado bastidor | 500 | 300 |
| Ensamblado chasis | 1000 | 600 |
| Ensamblea final e inspeccion | 2000a | 1100a |
| Manufactura carroceria: | | |
| 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 tor· | | |
| ..illos | 700 | 400 |
| CUARTO PINTURA | 1000 | 600 |
| Trazado sobre aluminio, formado partes | | |
| pequeños 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 | | |
| ..ción de motores hélices, seccio.. | | |
| y tren de aterrizaje | 1000 | 600 |
| ..sposición de la nave ensamblada y su equi.. | | |
| ..o | 1000 | 600 |
| Reparacion 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 | | |
| Quebrado, cernidos y limpiado | 100 | 60 |
| Selección | 3000a | 1700a |
| CARPINTERIAS | | |
| Trabajo rudo de banco y sierra | 300 | 200 |
| Acabado, cepillado, lijado, trabajo de me.. | | |
| ..na 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 (Vease Plantas generadoras) | | |
| DULCES INDUSTRIAS | | |
| Departamento de Chocolate: | | |
| Descascarado, selección, extracción de | | |
| aceite, quebrado y refinación alimenta.. | | |
| ..ción | 500 | 300 |
| Limpieza del grano, selección inmersion, | | |
| ..empacado y envoltura | 500 | 300 |
| Molienda | 1000 | 600 |
| Elaboración de crema: | | |
| Mezclado, cocción y moldeado | 500 | 300 |
| Pastillas de goma y jaleas | 500 | 300 |
| Depositación a mano | 1000 | 600 |
| ..), cocción y moldeado | 500 | 300 |
| Corte y selección | 1000 | 600 |
| Elaboración de pesos y envoltura | 1000 | 600 |
| EMPACADORAS DE CARNE | | |
| Matadero (Rastro) | 300 | 200 |
| Limpiado, deslazado, cocido, molienda, | | |
| enlatado y empacado | 1000 | 600 |
| ENCUADERNACION | | |
| Doblado, ensamblado, empaste, cortado, | | |
| punzonado y cocido | 700 | 400 |
| Grabado en realce e inspección | 2000a | 1100a |
| ENLATADORAS DE CONSERVAS | | |
| Clasificación inicial. | | |
| Jitomates | 1000 | 600 |
| Otras muestras | 500 | 300 |
| Clasificación por color (cuartos de corte.. | | |
| ..do) | 2000a | 1100a |
| Preparación. | | |
| Selección preliminar: | | |
| Chavacanos y duraznos | 500 | 300 |
| Jitomates | 1000 | 600 |
| Aceitunas | 1500 | 900 |
| Cortado y picado | 1000 | 600 |
| Selección final | 1000 | 600 |
| Enlatado | | |
| Enlatado en bandas, sin fin | 1000 | 600 |
| Enlatado estacionario | 1000 | 500 |
| Empacado a mano | 500 | 300 |
| Aceitunas | 1000 | 600 |
| Inspeccion de muestras enlatadas | 2000a | 1100a |
| Manejo de envases: | | |
| Inspeccion | 2000a | 1100a |
| Etiquetado y empacado | 300 | 200 |
| ENSAMBLADO | | |
| Tosco, facil de ver | 300 | 200 |
| Tosco, difícil de ver | 500 | 300 |
| Medio | 1000 | 600 |
| Fino | 5000 | 3000 |
| Extrafino | 10000 | 6000 |
| ENSAYOS O PRUEBAS | | |
| General | 500 | 300 |
| Instrumentos, extrafinos, escalas, etc. | 2000a | 1100a |
| EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE | | |
| Impregnado | 500 | 300 |
| Aislado embobinado | 1000 | 600 |
| Pruebas | 1000 | 600 |
| ESTRUCTURAS 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 | 600 | 300 |
| Inspeccion | | |
| Fina | 5000a | 3000a |
| Mediana | 1000 | 600 |
| Moldeo | | |
| Mediano | 1000 | 600 |
| Grande | 500 | 300 |
| Colado | 500 | 300 |
| Seleccion | 500 | 300 |
| Cepillete | 200 | 100 |
| Desmoldo | 300 | 200 |
| GALVANOPLASTIA | 300 | 200 |
| GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES | | |
| Taller de Servicio | | |
| Reparaciones | 1000 | 600 |
| Areas activas de trafico | 200 | 100 |
| Garages para estacionamiento | | |
| Entrada | 500 | 300 |
| Espacio para circulacion | 100 | 100 |
| Espacio para estacionamiento | 50 | 50 |
| GRANJAS | | |
| Establo y Gallinero | 100 | 100 |
| GRABADO (CERA) | 2000a | 1100a |

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| **GUANTES, MANUFACTURA DE** | | |
| Planchado y cortado | 3000a | 2000a |
| Tejido 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: | 100 | 60 |
| Patio de almacenaje | | |
| Piso de carga | 200 | 100 |
| Resbaladera de vaciado: | | |
| Fosos de escoria | 200 | 100 |
| Plataformas de control | 300 | 200 |
| Patio de moldes | 50 | 30 |
| Colado | 300 | 200 |
| Almacenamiento de coladas | 100 | 60 |
| Bodega de pesado | 100 | 60 |
| Reparaciones | 300 | 200 |
| Patio de desmolde | 200 | 100 |
| Patio de chatarra | 100 | 60 |
| Edificio de mezcla | 300 | 200 |
| Edificio de Calcinación | 100 | 60 |
| Bola rompedora | 100 | 60 |
| Molinos de laminación de: | | |
| Lingote, planchas, soleras 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 maquinas | 300 | 200 |
| Inspección: | | |
| Rebabeo de lamina negra, lingotes y billetes | 1000 | 600 |
| Hojalata y otras superficies brillantes | 1000 | 600 |
| **HULE, PRODUCTO DE** | | |
| Preparación de la materia prima. | 300 | 200 |
| Plasticación, molienda y Banbury | 500 | 300 |
| Prensado en calandra | | |
| Preparación de la tela | | |
| Cortado y tubos flexibles | 500 | 300 |
| Productos por extrusión | 500 | 300 |
| Productos moldeados y vulcanización | 500 | 300 |
| Inspección | 2000a | 1100a |
| **JABONES, MANUFACTURA DE** | | |
| Pasta, corte, escamas de jabon y detergentes en polvo | 300 | 200 |
| Troquelado, envoltura y empaque llenado y detergentes en polvo | 500 | 300 |
| **LACTEOS, PRODUCTOS** | | |
| Industria liquida | | |
| Cuarto marmitas y almacen botellas | 300 | 200 |
| Botellas | 500 | 300 |
| Lavadoras botellas | ! | ! |
| Lavadoras latas | 300 | 200 |
| Equipo refrigeración | 300 | 200 |
| Tienda, inspección | 1000 | 600 |
| Manometros y tableros de medidores (no [illegible] caratula) | 500 | 300 |
| Laboratorios | 1000 | 600 |
| Pasteurizadores | 300 | 200 |
| Separadores y cuartos refrigerados | 300 | 200 |
| Tanques, cubas | 500 | 300 |
| Tanques, cuarto (sobre caratula) | 500 | 300 |
| Cuarto de empaque (iluminación gral.) | 300 | 200 |
| Básculas | 700 | 400 |
| **LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJO [illegible]** | | |
| Prensas, punzonado, troquelado, trabajo en general | 500 | 300 |
| Pulidores y esmeriladores | 500 | 300 |
| Galvanizado y galvanizado | 2000 | 1100 |
| Estampado | 2000 | 1100 |

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 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 cejas | 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 | |
| Formado | | |
| Pan blanco | 300 | 200 |
| Pastelillos y pan dulce | 500 | 300 |
| Cuartos de hornos | 300 | 200 |
| Relleno y otros ingredientes | 500 | 300 |
| Decorador: | | |
| Mecanico | 500 | 300 |
| Manual | 1000 | 600 |
| Basculas 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 |
| Contado a mano, lado húmedo de la 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, pailas | 300 | 200 |
| Cortado descarnado y secado | 500 | 300 |
| Acabado | 1000 | 600 |
| **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 depositos | 100 | 60 |
| Cuarto de quebradoras primarias quebrado y auxiliares debajo de los depositos | 100 | 60 |
| Cernidores | 200 | 100 |
| **PINTURAS, MANUFACTURA DE** | | |
| Iluminación general | 300 | 200 |
| Comparación de las mezclas con las muestras o patrones | 2000 | 1100 |
| **PINTURAS, TALLERES DE** | | |
| Pulverización por inmersión o baño con pistola de aire (mate o brillo) | 500 | |





Iluminación para Industria, S. A.
[illegible] 3 No 215 [illegible] FEDERAL MEXICO 9 D F
[illegible] 13

| | LUXES I.E.S. 99% | LUXES S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| [illegible] pintura ordinaria a mano y decorado especial y con plantilla | 500 | 300 |
| Acabado de pintura a mano | | |
| Trabajo fino | 1000 | 600 |
| Trabajo extra-fino (carrocerías, pianos) | 3000a | 1700a |
| PLANTAS 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 manometros | 200 | 100 |
| Plataformas calderas | 100 | 60 |
| Plantas 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 areadores, piso evaporador y piso calentadores | 100 | 60 |
| Cuarto de control: | | |
| Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador: | | |
| Tipo A.—Cuarto de control largo, 170 cms., sobre el piso | 500 | 300 |
| Tipo B.—Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso | 300 | 200 |
| Sección de "Duplex" viendose desde cualquier ángulo | 300 | 200 |
| Pupitre de distribucion (nivel horizontal) | 500 | 300 |
| Areas centro de los tableros "Duplex" | 100 | 60 |
| Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical) | 100 | 60 |
| Alumbrado de emergencia en cualquier área | 30 | 20 |
| Cuartos despachadores | | |
| horizontal (nivel de la mesa) | 500 | 300 |
| sobre 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 |
| Area para tanques de hidrogeno y bioxido de carbono | 200 | 100 |
| Laboratorio quimico | 500 | 300 |
| Precipitadores | 100 | 60 |
| Casa de rejillas | 200 | 100 |
| Plataforma, sopladores de hollin o escoria | 100 | 60 |
| Cabezales para vapor y valvulas | 100 | 60 |
| Cuarto de interruptores de potencia | 200 | 100 |
| Cuarto para equipo telefonico | 200 | 100 |
| Tuneles o galerias para tuberia | 100 | 60 |
| Subsuelo (parte inferior turbina) | 200 | 100 |
| Cuarto de turbinas | 300 | 200 |
| Area para tratamiento de agua | 200 | 100 |
| Plataforma para visitantes | 200 | 100 |
| PULPERAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA | | |
| Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios | 300 | 200 |
| Hornos mecánicos generadores y destiladores secadores mecanicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado | 300 | 200 |
| Tanques para coccion, extractores, colladores, mezcladoras, celdas electroliticas | 300 | 200 |
| SOMBREROS, MANUFACTURA DE | | |
| Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado | 1000 | 600 |
| Formado, calibrado, realizado, terminado y planchado | 2000a | 1100a |
| Cosido | 5000a | 3000a |
| SOLDADURA | | |
| Iluminacion general | 500 | 300 |
| Soldadura Manual de precisión con arco | 10000a | 6000a |

| | LUXES I.E.S. 99% | LUXES S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| TABACO, PRODUCTOS DE | | |
| Secado, desmondamiento (iluminación general) | 300 | 200 |
| Clasificación y selección | 2000a | 1100a |
| 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 | 6000a | 3000a |
| Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino | 10000a | 6000a |
| TALLERES TEXTILES ALGODON | | |
| Abridores, mezcladoras, batientes | 300 | 200 |
| Cerdas y estiradoras | 500 | 300 |
| Pabiladoras, veloces, tróciles y cañoneros | 600 | 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 | 2000a | 1100a |
| TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE | | |
| Abridoras, mezcladoras y batientes | 300 | 200 |
| Clasificacion | 1000a | 600a |
| Cardado, peinado y repeinado | 500 | 300 |
| Estirado | | |
| Hilo blanco | 500 | 300 |
| Hilo de color | 1000 | 600 |
| Tróciles | | |
| Hilo blanco | 500 | 300 |
| Hilo de color | 1000 | 600 |
| Torzales | 500 | 300 |
| Devanado | | |
| Hilo blanco | 300 | 200 |
| Hilo de color | 500 | 300 |
| 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 humedo | 500 | 300 |
| Teñido | 1000a | 600a |
| Acabado en seco | | |
| Despeluzado, acondicionamiento y planchado | 700 | 600 |
| Cortado | 1000 | 600 |
| Inspeccion | 2000a | 1100a |
| Doblado | 700 | 400 |
| TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS | | |
| Manufactura | | |
| Remojado teñido fugaz y preparacion de torcidos | 300 | 200 |
| Devanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasia, engomado. | | |
| Hilo claro | 500 | 300 |
| Hilo obscuro | 2000 | 1100 |
| Urdidores (seda) | | |
| En estuzola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora | 1000 | 600 |
| Repaso en lisos y en el peine | 2000a | 1100a |
| Tejido | 1000 | 600 |
| TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC | 1000 | 600 |

| | I.E.S 99% | S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| TELA, PRODUCTOS DE | | |
| Inspección tela | 20000a | 10000a |
| Cortado | 3000a | 2000a |
| Costura | 500a | 3000a |
| Planchado | 3000a | 2000a |
| TIPOGRAFIAS, INDUSTRIAS | | |
| Fundición de tipo: | | |
| Manufactura matrices, acabado de tipos | 1000 | 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, rauteado, acabado, nivelado, moldes y recortado | 1000 | 600 |
| Galvanoplastia | 500 | 300 |
| Fotograbado: | | |
| Grabado al ácido y montado | 500 | 300 |
| Rauteado, acabado, pruebas, entintado | 1000 | 600 |
| VIDRIO, FABRICAS DE | | |
| Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras 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, calandrias, cortado parte superior y suelas | 500 | 300 |
| Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado | 1000 | 600 |
| ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE | | |
| Cortado y costura | | |
| Tablas de cortado | 3000a | 1700a |
| Marcado, oiatado, adelgazado, seleccion, remendado y contadores | 3000a | 1700a |
| Cosido | | |
| Materiales claros | 500 | 300 |
| Materiales obscuros | 3000a | 2000a |
| Hechura y acabado | 2000 | 1100 |

## 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS

| | | |
|---|---|---|
| AUDITORIOS | | |
| Para exhibiciones | 300 | 200 |
| Para asambleas | 150 | 100 |
| Para actividades sociales | 50 | 50 |
| BANCOS | | |
| Vestibulo (iluminacion general) | 500 | 300 |
| Pagadores, contadores y recibidores | 1500 | 900 |
| Gerencia y Correspondencia | 1500 | 900 |
| BIBLIOTECAS | | |
| Sala de lectura | 700 | 400 |
| Anaqueles | 300 | 200 |
| Reparacion de libros | 500 | 300 |
| Archiveros y catalogar | 700 | 400 |
| Mesa checadora de salidas y entradas de libros | 700 | 400 |
| CENTRAL DE BOMBEROS (Vénse Edificios Municipales) | | |
| CLUBES | | |
| Salas de descanso y de lectura | 300 | 200 |
| CORREOS | | |
| Vestibulos sobre mesas | 300 | 200 |
| Correspondencia, selección, etc | 1000 | 600 |
| CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES) | | |
| Areas de asientos (publico) | 300 | 200 |
| Areas de actividades propias de la corte | 700 | 400 |
| EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA | | |
| Policia: | | |
| 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 | | |
| Iluminacion general | 300 | 200 |
| Sobre pinturas (localizado) | 300b | 200b |
| Sobre estatuas y otras exhibiciones | 1000c | 600c |
| IGLESIAS | | |
| Altar, retablos | 1000e | 600e |
| Coro (D) y presbiterio | 300e | 200e |
| Pulpito (iluminacion adicional) | 500e | 300e |
| Nave principal de la iglesia (iluminación general) | 150e | 100e |
| 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 | 100 |
| Inactivos | 50 | 50 |
| Carnicerias, Barbacoa, Pescaderias | 500 | 300 |
| Cocinas (Areas de trabajo) | 500 | 300 |
| Comedores | 300 | 2 |
| Cuartos de maquinas | 300 | 2 |
| Ferreterias y Accesorios electricos | 500 | 300 |
| Lavadoras para verduras y varios | 500 | 300 |
| Mercerias, vestidos y zapaterias | 500 | 300 |
| Mueblerias y articulos para el hogar | 500 | 300 |
| Papelerias, libros y juguetes | 500 | 300 |
| Plataformas de descarga | 200 | 100 |
| Sanitarios y baños | 100 | 100 |
| Verduras, frutas, flores y plantas | 500 | 300 |
| MUSEOS (Vease Galerias de Arte) | | |
| OFICINAS | | |
| Proyectos y diseños | 2000 | 1100 |
| Contabilidad, auditoria, maquinas de contabilidad | 1500 | 900 |
| Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo | 1000 | 600 |
| Archivado interminente o descontinuado | 700 | 400 |
| Sala de Conferencias, entrevistas, salas de receso, archivos de poco uso o sean las areas 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 espectaculos. | | |
| Durante intermedios | 50 | 50 |
| Durante exhibición | 1 | 1 |
| Vestibulo | 200 | 100 |
| Sala de descanso (foyer) | 50 | 30 |
| TERMINALES Y ESTACIONES | | |
| Salas de espera | 300 | 200 |
| Oficina de boletos | 1000 | 600 |
| Oficina de chocar equipaje | 500 | 300 |
| Vestibulo | 100 | 60 |
| Andenes y Plataformas | 200 | 100 |

## 3. HOSPITALES

| | |
|---|---|
| Sala de preparación y anestesia | 300 |





Iluminación para la Industria, s. a.
NORTE 3 No 215 COL FEDERAL MEXICO 9, D F
571-57-08 571-80-44 571-55-13

CETN-1

| | LUXES I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|---|---|---|
| ...(iluminación gral.) | 200 | 100 |
| ...de instrumentos esterilizados: | | |
| Iluminación general | 300 | 200 |
| Afilado agujas | 1500 | 900 |
| ...ia de Cistoscópica | 1000 | 600 |
| Iluminación general | 25000 | 14000 |
| Mesa Cistoscópica | | |
| ...ia 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 |
| ...ia de electroencefalogramas: | | |
| Oficina | 1000 | 600 |
| Cuarto de trabajo | 300 | 200 |
| Sala de espera | 300 | 200 |
| ...ia de emergencia: | | |
| ...minación general | 1000 | 600 |
| ...minación localizada | 20000 | 9000 |
| ...ia de electrocardiogramas, de metabolis- ...o y de muestras: | | |
| Iluminación general | 200 | 100 |
| ...ea de muestras | 500 | 300 |
| ...ias de reconocimiento y tratamiento: | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| Mesas de reconocimiento | 1000 | 600 |
| ...ia para ojos, oídos, nariz y garganta: | | |
| Cuarto obscuro | 100 | 60 |
| Cuarto de reconocimiento y tratamiento | 500 | 300 |
| ...ia de Fracturas | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| Mesa de Fracturas | 2000 | 1100 |
| ...aboratorio: | | |
| Cuartos de ensayo | 300 | 200 |
| Mesas de trabajo | 500 | 300 |
| Trabajos más precisos | 1000 | 600 |
| ...( | 300 | 200 |
| ...so | 300 | 200 |
| ...artos para archivar historias clínicas | 1000 | 600 |
| ...ia de Rayos X | | |
| Radioscopia 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 |
| ...uardería infantil: | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Mesa de reconocimiento | 700 | 400 |
| Cuarto de juego, pediátrico | 300 | 200 |
| ...bstetricia: | | |
| Cuarto de limpieza (instrumentos) | 300 | 200 |
| Sala de preparación | 200 | 100 |
| Sala de partos (iluminación gral.) | 1000 | 600 |
| Mesa de partos | 25000 | 14000 |
| ...rmacia | | |
| Iluminación general | 300 | 200 |
| Mesa de trabajo | 1000 | 600 |
| Almacén activo | 300 | 200 |
| ...uartos privados y salas comunes | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Iluminación localizada (lectura) | 300 | 200 |
| ...rea para desequilibrados mentales | 100 | 60 |
| ...tamiento con isótopos radioactivos | | |
| Laboratorio radioquímico | 300 | 200 |
| Mesa de reconocimiento | 500 | 300 |
| ...rugía | | |
| Cuarto de limpieza (instrumentos) | 1000 | 600 |
| Sala de operaciones, iluminación general | 1000 | 600 |
| ...avabo de cirujano | 300 | 200 |
| Mesa de operaciones | 25000 | 14000 |
| Sala de restablecimiento | 300 | 200 |
| ...erapia: | | |
| Física | 200 | 100 |
| ...acional | 300 | 200 |

| | LUXES 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 | | |
| (Vease 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 | 300h | 200h |
| Administración | 500 | 300 |
| Vestíbulo: | | |
| Areas de trabajo y lectura | 300 | 200 |
| Iluminación general | 100 | 200 |
| Marquesina | 500 | 300 |
| JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA | 5000a | 3000a |
| DE RESIDENCIAS | | |
| Tareas visuales especificas (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 | 100m | 60m |
| Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego | 100m | 60m |
| Cocina, lavandería, cuarto de baño | 300 | 200 |
| 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 | | |
| Inspeccion, etiquetado y precio | 700 | 400 |
| Otras áreas | 300 | 200 |
| SALONES DE BAILES | 50 | 30 |
| TIENDAS (o) | | |
| Areas de circulacion | 300 | 200 |
| Areas de mercancias | | |
| Con servicio de vendedores | 1000 | 600 |
| Autoservicio | 2000 | 1100 |
| Mostradores y vitrinas en muro: | | |
| Con servicio de vendedoras | 2000 | 1100 |
| Autoservicio | 5000 | 3000 |

| | 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 espectaculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.

| 6. ALUMBRADO EXTERIOR | LUXES I E S S M I I |
|---|---|
| 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 |
| Límite de propiedad | |
| Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera) | 1.5 |
| Técnica de iluminación general | 2 |
| Iluminación general areas 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 | 1 |
| CAMINOS | 1 |
| CANTERAS | 50 |
| CARBON, PATIOS PARA (de protección) | 2 |
| CARRETERAS | 1 |
| 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 |
| FERROCARRIL, PATIOS DE | |
| De recepción | 2 |
| Clasificación | 3 |
| GASOLINERAS | |
| Alrededores brillantes | |
| Acceso | 30 |
| Calzada para coches | 50 |
| Area 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) | |
| Iluminacion 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 MUELLES | 10 |
| PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos) | 200 |
| PLANTAS GENERADORAS | 200 |
| Pasarelas | 20 |
| Tiradero de ceniza | 1 |
| Descarga de carbón: | |
| Rampa (Zona de carga y descarga) | 50 |
| Area almacenamiento chalana | 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 | |
| Iluminacion general horizontal | 20 |
| Iluminacion vertical especifica (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 |





Iluminación para la Industria, s. a.
NORTE 3 No 215 COL FEDERAL MEXICO 9, D F
571-57-08 571-80-44 571-55-13

| | | LUXES I.E.S S.M.I.I. |
|---|---|---|
| ...l agua | | |
| ...exterior | | 5 |
| Interior | | 1 |
| ARQUERIA | | |
| Blanco: | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50 |
| Línea 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, B | 300 | 500 |
| Ligas C, D | 200 | 300 |
| Ligas semiprofesionales y regionales | 150 | 200 |
| Liga menor (Clase I y Clase II) | 300 | 400 |
| Sobre asientos, durante juego | 20 | |
| Sobre ...ntos antes y después jue | 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 |
| ...ativo | | 100 |
| ( | | |
| ... | | 500 |
| Recreativo | | 300 |
| BOX (Cancha (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 chicos o motocicletas) | | 200 |
| Bicicleta | | 200 |
| Caballos | | 200 |
| Perros | | 300 |
| CROQUET | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50 |
| FRONTENIS | | |
| Profesional | | 1000 |
| Aficionados | | 750 |
| Sobre asientos | | 50 |
| FRONTON CESTA | | |
| Profesional | | 1500 |
| Aficionados | | 1000 |
| Sobre asientos | | 100 |
| FRONTON MANO | | |
| Torneo | | 300 |
| Club | | 200 |
| Recreativo | | 100 |
| FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO | | |
| Indica distancia de la línea de banda o fila más alejada de espectadores al | | |
| 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 considera... 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 más 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 5,000 espectadores | | |
| GIMNASIOS (Refiérese 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 |
| Práctico 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 TRANSPORTES.

| | LUXES I.E.S S.M.I.I. |
|---|---|
| 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 | |
| Compartimientos pasajeros. | |
| Iluminación general | 50 |
| Lectura (en asientos) | 200 |
| BARCOS | |
| Camarotes | 50u |
| Literas, sobre plano de lectura | 150 |
| Espejo, sobre cara | 500 |
| Baños | 50 |
| Pasillos y corredores | 50 |
| Escaleras | |

| | LUXES I.E.S. 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 sobrecargo | 200 |
| Areas de navegación: | |
| Timonera (sobre puente de mando) | 50 |
| Cuarto de mapas | 100 |
| 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 |
| Imprenta | 300u |

| | LUXES I.E.S. S.M.I.I. |
|---|---|
| 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 | 20( |
| Sobre escritorio | 50( |
| Sección de baños: | |
| General: | 150 |
| Espejo | 300 |
| Sanitario | 50 |
| Carro comedor | 150 |
| Cantina | 100 |
| 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 | 200 |
| Recreativo | 100 |
| WATER POLO | |
| Torneo | 300 |
| Club | 200 |
| Recreativo | 100 |

NOTAS

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 períodos 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.



VI - 1979
PAG 9

Iluminación para la Industria, s. a.
NORTE 3 No. 215 COL. FEDERAL MEXICO 8, D.F.
571-57-08 571-80-44 571-55-13

e. Si los acabados interiores son obscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o canto; y el medio semiobscuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantez 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 vez 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 tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.

j. La superficie especular del material puede hacer 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 son 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 involucre 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 25% 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).

| ANSITO DE PEATONES | CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Muy escaso (Menos de 150) | Escaso (150 a 600) | Mediano (600 a 1200) | Intenso (más 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 raramente 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 lumenes 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.

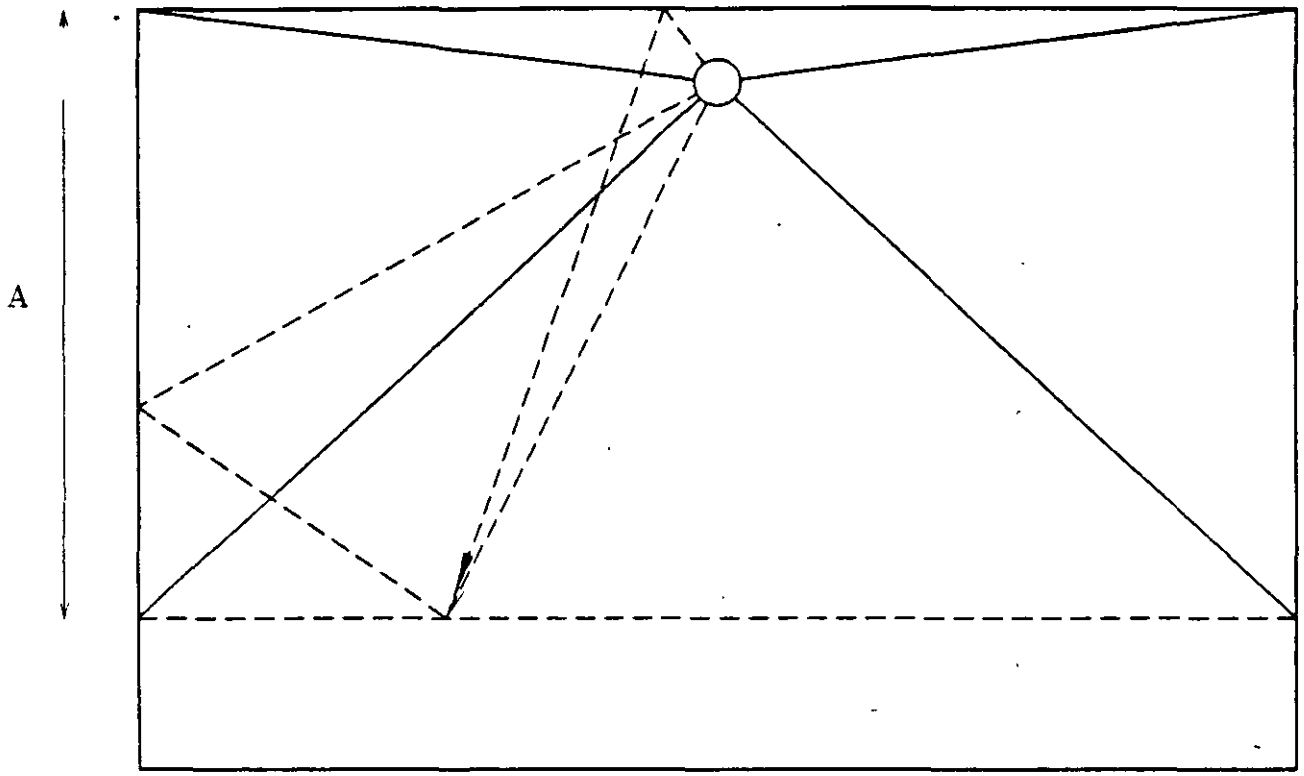
w. En las áreas publicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, cantinas y comedores, los valores de Luxes pueden variar ampliamente, dependiendo de la atmósfera, deseada, los decorados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

1.- 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.

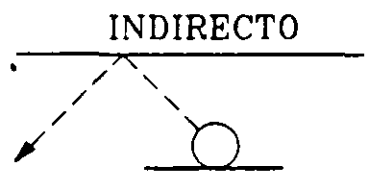
2.- Seleccionar el sistema de alumbrado y las luminarias.- Los sistemas de alumbrado se clasifican de la siguiente manera:

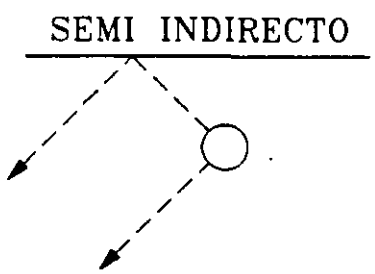
* directo.
* semidirecto.
* general difuso o directo-indirecto.
* semi-indirecto.
* indirecto.

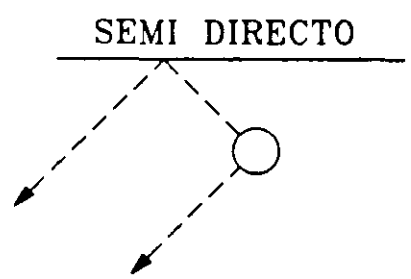
Por lo general, las oficinas quedan mejor iluminadas utilizándose, ya sea un sistema indirecto, un semi-indirecto o un, directo-indirecto. En la industria general se utiliza el sistema directo o el semi-directo y las áreas comerciales pueden usar cualquier tipo de alumbrado o combinación de sistemas.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


A
Plano de trabajo

DIRECTO


INDIRECTO


SEMI INDIRECTO


SEMI DIRECTO

3.- 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 índices 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 del

## 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 | J | J | J | J | J | | | | | | | |
| | 4.26 | G | I | 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 | J | | | | |
| | 10.65 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 12.20 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 15.25 | F | G | H | H | I | I | I | J | J | J | | | | |
| 3.05 | 3.05 | H | H | I | J | J | J | J | J | | | | | | |
| | 3.65 | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | | | |
| | 4.26 | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | | | |
| | 4.87 | F | H | H | I | I | J | J | J | J | J | | | | |
| | 5.48 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 6.10 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 7.30 | F | G | H | H | I | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 9.15 | E | G | H | H | I | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 10.65 | E | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 12.20 | E | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | E | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 18.30 | E | F | G | H | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 21.35 | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 24.40 | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 30.50 | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| 3.65 | 3.65 | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | | | |
| | 4.26 | F | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | | |
| | 4.87 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | | | | | |
| | 5.48 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 6.10 | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 7.30 | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | |
| | 9.15 | E | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 10.65 | E | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | E | F | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | E | E | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 18.30 | E | E | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 21.35 | D | E | F | G | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 24.40 | D | E | F | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 30.50 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| 4.25 | 4.26 | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 4.87 | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 5.48 | F | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | |
| | 6.10 | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | |
| | 7.30 | E | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 9.15 | E | F | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 10.65 | E | E | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | D | E | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | D | E | F | G | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 18.30 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 21.35 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 24.40 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 30.50 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | 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 | J | | | |
| | 6.10 | E | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | | | |
| | 7.30 | E | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 9.15 | D | E | F | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 10.65 | D | E | F | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | D | E | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | C | D | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 18.30 | C | D | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 21.35 | C | D | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 24.40 | C | D | E | F | G | H | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 30.50 | C | D | E | F | G | H | I | J | J | 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 | J | | | |
| | 7.30 | D | E | F | G | H | H | I | I | J | J | J | | | |
| | 9.15 | D | E | F | F | G | H | I | I | J | J | J | J | | |
| | 10.65 | D | E | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | |
| | 18.30 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | |
| | 21.35 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | |
| | 24.40 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | |
| | 30.50 | C | D | E | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | |
| | 36.60 | C | C | D | E | F | 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 | I | 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 | J | 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 | E | E | F | F | G | 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 | C | C | D | 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 | D | E | E | 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 | D | E | F | F | G | H | I | J | J | | |
| | 24.40 | A | B | B | C | D | D | E | E | F | F | G | I | J | J | | |
| | 30.50 | A | B | B | C | C | D | D | 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 | F | 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 | C | D | D | E | F | F | G | H | I | J | | |
| | 24.40 | A | B | B | C | C | D | D | E | E | 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 | 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 | G | G | H | J | J | J |
| | 36.60 | A | A | A | B | B | C | C | D | E | E | F | G | H | J | J | J |
| | 42.70 | A | A | A | B | B | B | C | D | D | 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 | D | D | E | F | G | G | I | J | J | |
| | 24.40 | A | A | A | B | B | C | C | D | E | E | F | G | H | I | J | J |
| | 30.50 | A | A | A | A | 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 | H | I | J | J |
| | 42.70 | A | A | A | A | B | B | C | C | D | E | F | 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 | B | C | D | E | E | F | G | H | I | J | J |
| | 24.40 | A | A | A | A | B | B | C | C | D | E | F | G | G | I | J | J |
| | 30.50 | A | A | A | A | B | B | C | C | D | D | F | F | G | H | I | J |
| | 36.60 | A | A | A | A | A | B | B | C | D | 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 | C | C | D | E | F | G | H | I | J |
| | 60.95 | A | A | A | A | A | A | B | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| 24 40 | 24 40 | A | A | A | A | B | B | A | B | C | C | D | E | F | G | H | I |
| | 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 | D | E | F | G | H | I |
| 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 | C | 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 | A | C | D | E | F | G | H |
| | 60.95 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | B | C | D | E | F | G |

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

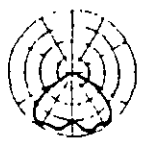
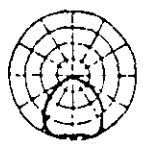
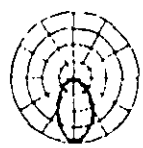
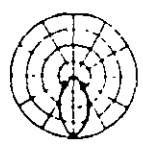
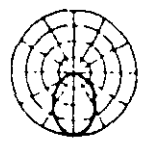
VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL

Relación del local

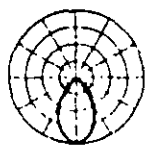
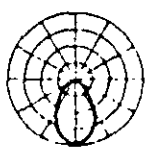
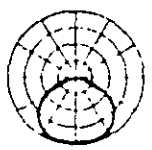
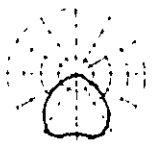
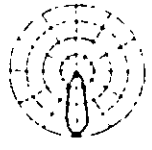
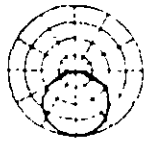
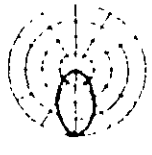
| Indice del local | Valor | Punto central |
|---|---|---|
| J | Menos de 0.7 | 0.60 |
| I | 0.7 a 0.9 | 0.80 |
| H | 0.9 a 1.12 | 1.00 |
| G | 1.12 a 1.38 | 1.25 |
| F | 1.38 a 1.75 | 1.50 |
| E | 1.75 a 2.25 | 2.00 |
| D | 2.25 a 2.75 | 2.50 |
| C | 2.75 a 3.50 | 3.00 |
| B | 3.50 a 4.50 | 4.00 |
|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

La tabla de coeficiente de utilización aplicable a una luminaria

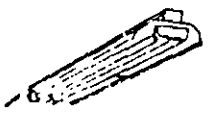
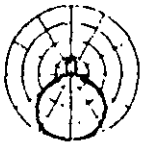
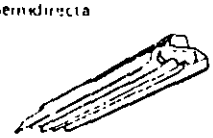
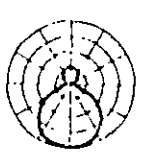
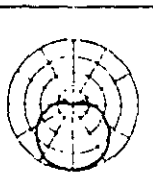
# Coeficientes de Utilización

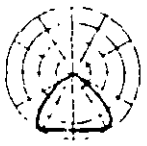
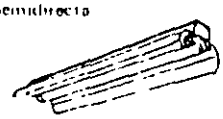
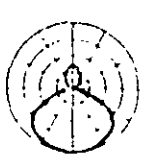
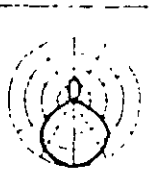
| Tipo | Unidad de alumbrado Directa | Distribución | Distancia entre lámparas interior a | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Techo | 70% | | | 50% | | | 30% | |
| | | | | | Paredes | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 30% | 10% |
| | | | | | Indice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | |
| Incandescentes | Directa<br> <br>Reflector de cúpula RLM | <br>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 | 0.25 |
| | | | | | 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<br> <br>Intemperie dura Haz medio. | <br>71 | 1.7 x Altura de montaje | Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73<br>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 | 0.68 | 0.66 | 0.67 | 0.66 |
| | | | | | A | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.68 | 0.67 |
| | Directa<br> <br>Intemperie dura Haz estrecho. | <br>70 | 0.9 x Altura de montaje | 300-750 W Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73<br>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<br> <br>Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w |  <br>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 | 0.46 | 0.41 |
| | | | | | I | 0.62 | 0.57 | 0.53 | 0.01 | 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 | 0.86 |
| | | | | | 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<br> <br>Lámpara reflectora R-57 Haz estrecho 500 y 750 w. | <br>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 | 0.95 | 0.93 | 0.96 | 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<br> <br>Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz ancho, 400 w H33-1-CD |  <br>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 | 0.52 | 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 | 0.69 | 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<br> <br>Ventilada de aluminio para grandes alturas Haz medio, 400 w H33-1 CD |  <br>75 | 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 | 0.65 | 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<br> <br>Ventilada de aluminio grandes alturas, Haz estrecho, 400 w, H33-1-GL/C |  <br>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<br> <br>Ventilada de aluminio grandes alturas, Haz ancho, 700 ó 1000 w, Vap. merc. color Corr |  <br>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 | 0.59 | 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 | 0.68 | 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 | 0.72 | 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% | |
| | | | | | Indice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | |
| Vapor de mercurio | Directa<br> <br>Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho, 700 ó 1000 w. Vap. merc. color corr. | | 0.9 x Altura de montaje | Bueno 0.68<br>Medio 0.63<br>Malo 0.58 | J | 0.80 | 0.47 | 0.46 | 0.80 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.45 |
| | | | | | I | 0.57 | 0.64 | 0.52 | 0.57 | 0.64 | 0.52 | 0.54 | 0.52 |
| | | | | | H | 0.62 | 0.59 | 0.57 | 0.62 | 0.59 | 0.57 | 0.59 | 0.57 |
| | | | | | G | 0.66 | 0.63 | 0.61 | 0.66 | 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<br> <br>Aluminio grandes alturas con cristal, 700 ó 1000 w. Vapor mercurio, color corregido |  | 0.9 x Altura de montaje | Bueno 0.75<br>Medio 0.72<br>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 | 0.56 | 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<br> <br>Ventilada para bajas alturas 400 w H33 1-GL/C |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.73<br>Medio 0.68<br>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 | 0.52 |
| | | | | | 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 | 0.61 |
| | | | | | 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<br> <br>Ventilada de porcelana Esmaltada para bajas alturas 400 w H33 1 DN/C |  | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.73<br>Medio 0.68<br>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 | 0.75 | 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<br> <br>Intemperie dura. Haz ancho 400 w H33 1 CD |  | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.75<br>Medio 0.72<br>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 | 0.56 | 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 | 0.58 |
| | | | | | A | 0.64 | 0.62 | 0.61 | 0.63 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.59 |
| | Directa<br> <br>Intemperie dura Haz estrecho, 400 w H33 1 CD |  | 0.5 x Altura de montaje | Bueno 0.75<br>Medio 0.72<br>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 | 0.55 | 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 | 0.59 |
| | Directa<br> <br>Intemperie dura Haz medio 1000 w H34-12GV, H36 15GV | | 0.7 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Med o 0.67<br>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 | 0.40 | 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 | 0.44 |
| | | | | | 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 | 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<br> <br>Lámpara reflectora R 57. Haz ancho. 400 w H33 1-F Y |  | 1.3 x Altura de montaje | Bueno 0.80<br>Medio 0.75<br>Malo 0.70 | J | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.38 | 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 | 0.56 | 0.49 | 0.45 | 0.54 | 0.49 | 0.44 | 0.48 | 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 | 0.75 | 0.69 | 0.65 | 0.68 | 0.64 |
| | | | | | 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 | 0.80 |
| | | | | | A | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.90 | 0.87 | 0.84 | 0.85 | 0.82 |
| | Directa<br> <br>Lámpara reflectora R-57. Haz medio 400 w H33 1-HS |  | 0.8 x Altura de montaje | Bueno 0.80<br>Medio 0.75<br>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 | 0.55 |
| | | | | | 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 | 0.71 |
| | | | | | D | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.83 | 0.80 | 0.77 | 0.78 | 0.75 |
| | | | | | C | 0.89 | 0.85 | 0.80 | 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 |

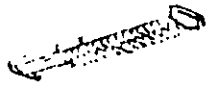
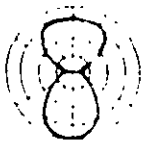
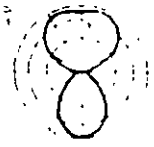
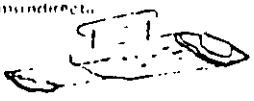
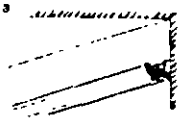
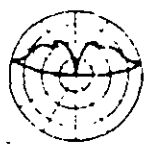
## Coeficientes de Utilización

| | 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 | | | | | | | |
| | Semidirecta<br>  <br>2 lámparas 1.12 | 12<br>↑<br>–<br>↓<br>75<br>  | 1,4 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.58 | 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 | 0.69 |
| | Semidirecta<br> <br>3 lámparas 40 w y "Slimline" | 11<br>↑<br>–<br>↓<br>74<br> | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>Malo 0.50 | J | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.25 | 0.22 |
| | | | | | I | 0.39 | 0.34 | 0.31 | 0.38 | 0.34 | 0.30 | 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<br> <br>2 lámparas 1.12<br>con rejilla difusora de 23° | 18<br>↑<br>–<br>↓<br>60<br> | 1,2 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.65<br>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 | 0.56 | 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<br>  <br>2 lámparas de Alta Emisión<br>de 1.5 amps. | 18<br>↑<br>–<br>↓<br>64<br>  | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.36 | 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 | 0.56 | 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<br> <br>Lámpara Baja Temper.<br>de 100 w. con plástico exterior | 10°<br>↑<br>–<br>↓<br>62<br>  | 1,4 x Altura de montaje | Bueno 0.75<br>Medio 0.70<br>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 | 0.36 | 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 |

| | 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 | | | | | | | |
| | Directa<br> <br>Empotrada con lente prismática | 0<br>↑<br>–<br>↓<br>63<br>  | 1,5 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 |
| | Semidirecta<br>  <br>2 lámparas de 40 w y<br>"Slimline"<br>Sin visera | 18<br>↑<br>–<br>↓<br>68<br>  | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.35 | 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 | 0.48 | 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<br> <br>2 lámparas de 40 w y<br>"Slimline"<br>Con visera | 18<br>↑<br>–<br>↓<br>63<br>  | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.49 | 0.44 | 0.40 | 0.47 | 0.42 | 0.39 |
| | | | | | F | 0.55 | 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% |
| | | | | | Indice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | | |
| Fluorescentes | Semidirecta<br>2 lámparas de 1.20 o 2.40 m. Montaje de superficie | 20 / 73 | 1.4 x Altura de montaje | Bueno 0.75<br>Medio 0.65<br>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 | 0.36 | 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 | 0.66 | 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<br>2 lámparas empotradas con vidrio plano estriado | 0 / 53 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.28 | 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 | 0.46 |
| | | | | | 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<br>2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 45° | 0 / 52 | 1.0 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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<br>4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30° | 0 / 59 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>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 | 0.46 | 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 | 0.49 |
| | | | | | 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<br>8 lámparas empotradas con plástico | 1 / 61 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>Malo 0.50 | J | 0.27 | 0.22 | 0.20 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.25 | 0.22 | 0 |
| | | | | | I | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.33 | 0.29 | 0.25 | 0.32 | 0.28 | 0 |
| | | | | | H | 0.38 | 0.34 | 0.30 | 0.38 | 0.33 | 0.30 | 0.37 | 0.33 | |
| | | | | | G | 0.43 | 0.38 | 0.35 | 0.42 | 0.38 | 0.34 | 0.41 | 0.38 | 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<br>Cielo luminoso 50% de transmisión y 80 % de reflexión en la cavidad | 0 / 69 | | Bueno 0.65<br>Medio 0.55<br>Malo 0.45 | | 10% reflectancia del suelo | | | 30% reflectancia del suelo | | | | | |
| | | | | | J | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | | | |
| | | | | | I | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.31 | 0.25 | 0.22 | | | |
| | | | | | H | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | | | |
| | | | | | G | 0.42 | 0.37 | 0.33 | 0.44 | 0.38 | 0.34 | | | |
| | | | | | F | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.50 | 0.43 | 0.39 | | | |
| | | | | | E | 0.52 | 0.48 | 0.44 | 0.57 | 0.51 | 0.46 | | | |
| | | | | | D | 0.57 | 0.53 | 0.49 | 0.62 | 0.57 | 0.52 | | | |
| | | | | | C | 0.60 | 0.56 | 0.53 | 0.66 | 0.61 | 0.57 | | | |
| | | | | | B | 0.63 | 0.60 | 0.57 | 0.71 | 0.67 | 0.63 | | | |
| | | | | | A | 0.66 | 0.63 | 0.61 | 0.74 | 0.71 | 0.67 | | | |
| | Directa<br>Techo con rejilla difusora visera de 45°, 80% de reflexión en la cavidad | PLASTICO METAL<br>0 / 65 — 0 / 55 | | Bueno 0.70<br>Medio 0.65<br>Malo 0.55 | | Plástico | | | Metal | | | | | |
| | | | | | J | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | | | |
| | | | | | I | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.33 | 0.30 | 0.28 | | | |
| | | | | | H | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.37 | 0.34 | 0.32 | | | |
| | | | | | G | 0.41 | 0.36 | 0.33 | 0.40 | 0.39 | 0.36 | | | |
| | | | | | F | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.43 | 0.41 | 0.39 | | | |
| | | | | | E | 0.49 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.44 | 0.43 | | | |
| | | | | | D | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.45 | | | |
| | | | | | C | 0.55 | 0.52 | 0.49 | 0.50 | 0.48 | 0.47 | | | |
| | | | | | B | 0.58 | 0.55 | 0.53 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | | | |
| | | | | | A | 0.60 | 0.58 | 0.56 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | | | |
| | Directa<br>3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45<br>Montaje de superficie | 1 / 51 | 1.1 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.65<br>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 | 0.36 | 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 | 0.46 | 0.45 |
| | | | | | A | 0.51 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | 0.49 | 0.47 | 0.49 | 0.48 | 0.47 |
| | Directa<br>3 lámparas con plástico<br>Montaje de superficie | 1 / 50 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>Medio 0.60<br>Malo 0.50 | J | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.19 | 0.16 | |
| | | | | | I | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.24 | 0.21 | |
| | | | | | H | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.28 | 0.25 | |
| | | | | | G | 0.33 | 0.29 | 0.27 | 0.32 | 0.29 | 0.27 | 0.32 | 0.29 | |
| | | | | | 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 |

| 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 | | | | | | | |
| Directa<br>  <br>2 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie | <br>7 / 58 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0 70<br>Medio 0.65<br>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<br> <br>4 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie | <br>3 / 52 | 1.1 x Altura de montaje | Bueno 0 70<br>medio 0 65<br>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 38 | 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 | 0.49 0 48 |
| | | | | A | 0 55 | 0.53 | 0.51 | 0.53 | 0 52 | 0.50 | 0 51 | 0.50 0.49 |
| Directa<br> <br>2 lámparas 40 W y "Slimline" con rejilla difusora de 45° y fondo de plástico montaje de superficie | <br>5 / 56 | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0 70<br>medio 0 65<br>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<br> <br>2 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 35° x 45° suspendida y con tapas de plástico |  <br>47 / 39 | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.70<br>medio 0 65<br>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 | 0.28 | 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 59 | 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<br> <br>4 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 45° suspendida y con tapas de plástico |  <br>51 / 31 | 1.4 x Altura de montaje | Bueno 0 70<br>medio 0 65<br>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 |
| Semiindirecta<br>  <br>4 lámparas 40 W "Slimline" suspendida y con tapas y fondo de plástico | <br>62 / 14 | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0 70<br>medio 0 60<br>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 0.08 |
| | | | | 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<br>  <br>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<br>medio 0.50<br>malo 0 40 | J | 0.11 | 0 09 | 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 | 0.33 | 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<br> <br>Con lámpara PAR 38 150 w. difusora Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lumenes | <br>0 / 62 | 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 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0 64 | 0.63 0.63 |
| | | | | A | 0 66 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0 64 | 0.64 | 0 64 0.64 |
| Indirecta<br> <br>Watts lumenes<br>300 5360<br>500 9300<br>750 14600<br>Aro concentrador con lámpara de ampolla plateada |  <br>17 / 2 | 1.5 x Altura de montaje | 300 750 W<br>Bueno 0 70<br>medio 0 60<br>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 |

Eficiencia

e

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.

REFLEXIONES RECOMENDADAS EN %

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

4.- 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 las luminarias no es frecuente y solo se sustituyen las lámparas cuando se funden.

* Factor de mantenimiento malo.- Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

5.- 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.- Intensidad luminosa en lúmenes.

CU.- Coeficiente de utilización.

FC.- Factor de conservación.

N Lu.- Número de luminarias.

L L.- Lámparas por luminaria.

6.- 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 luminarias. 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 fluorescentes 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 reflexión 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.

TABLA DE DATOS DE LAMPARAS

INCANDESCENTES

| WATTS | VOLTS (TENSION DE OPERACION) | LUMENES INICIALES | VIDA APROX EN HORAS | EFICACIA EN LUMENES/ WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO * | ACABADO | LONGITUD TOTAL EN mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 125 | 465 | 1000 | 12 | 0 875 | MEDIA | A-19 | PERLA o CLARO | 108 |
| 60 | 125 | 870 | 1000 | 15 | 0 93 | " | " | " | 112 |
| 60 | 220 | 480 | 1000 | 8 | 0 93 | " | " | " | " |
| 75 | 125 | 1098 | 1000 | 15 | 0.92 | " | " | " | " |
| 100 | 125 | 1565 | 1000 | 16 | 0.905 | " | " | " | " |
| 100 | 220 | 1250 | 1000 | 13 | 0.90 | " | " | " | " |
| 150 | 125 | 2300 | 1000 | 15 | 0 875 | " | A-23 | " | 157 |
| 150 | 220 | 2100 | 1000 | 14 | 0 87 | " | " | " | " |
| 200 | 125 | 3500 | 1000 | 18 | 0 85 | " | PS-25 | " | 176 |
| 200 | 220 | 3000 | 1000 | 15 | 0.90 | " | " | " | " |
| 300 | 125 | 5750 | 1000 | 19 | 0.825 | " | PS-30 | " | 204 |
| 300 | 220 | 4830 | 1000 | 16 | 0.89 | " | " | " | " |
| 500 | 125 | 9825 | 1000 | 20 | 0.89 | MOGUL | PS-40 | " | 247 |
| 500 | 220 | 8900 | 1000 | 18 | 0.87 | " | " | " | " |
| 1000 | 220 | 19500 | 1000 | 20 | 0.89 | " | PS 52 | " | 331 |

*NOTA LA LETRA INDICA LA FORMA DEL BULBO U BOMBILLO Y EL NUMERO QUE LE SIGUE EL DIAMETRO MAXIMO DEL MISMO EN OCTAVOS DE PULGADA

EJEMPLO. PS-40

PS-PERA CON CUELLO RECTO

40/8" DE DIAMETRO

## LAMPARAS FLUORESCENTES

| WATTS | | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA EN HORAS | EFICACIA LUMENES/WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO | LONGITUD EN CENTIMETROS | ENCENDIDO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 1050 | 12000 | 48 | 0.72 | 4 ALFILERES | T-9 | 20.96 ø | RAPIDO |
| 22 | CIRCULAR | LUZ DE DIA | 850 | 12000 | 39 | 0.72 | 4 ALFILERES | T-9 | 20.96 ø | RAPIDO |
| 32 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 1900 | 12000 | 59 | 0.82 | 4 ALFILERES | T-9 | 30.46 ø | RAPIDO |
| 32 | CIRCULAR | LUZ DE DIA | 1500 | 12000 | 47 | 0.82 | 4 ALFILERES | T-9 | 30.48 ø | RAPIDO |
| 40 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 2600 | 12000 | 65 | 0.77 | 4 ALFILERES | T-9 | 40.64 ø | RAPIDO |
| | | | | | | | | | | |
| 20 | | BLANCO FRIO | 1300 | 9000 | 65 | 0.85 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 60.96 | CON ARRANCADOR |
| 20 | | LUZ DE DIA | 1075 | 9000 | 54 | 0.85 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 60.96 | CON ARRANCADOR |
| 21 | | LUZ DE DIA | 1030 | 7500 | 49 | 0.81 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 60.96 | INSTANTANEO |
| 39 | | BLANCO FRIO | 3000 | 9000 | 77 | 0.82 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | INSTANTANEO |
| 39 | | LUZ DE DIA | 2500 | 9000 | 64 | 0.82 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | INSTANTANEO |
| 40 | | BLANCO FRIO | 3150 | 12000 | 79 | 0.83 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 40 | | LUZ DE DIA | 2600 | 12000 | 65 | 0.83 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 40 | TIPO "U" | BLANCO FRIO | 2900 | 12000 | 73 | 0.84 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 57.15 | RAPIDO |
| 75 | | BLANCO FRIO | 6300 | 12000 | 84 | 0.89 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 243.84 | INSTANTANEO |
| 75 | | LUZ DE DIA | 5450 | 12000 | 73 | 0.89 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 243.84 | INSTANTANEO |
| ALTA DESCARGA H.O. 800 mA | | | | | | | | | | |
| 60 | | BLANCO FRIO | 4300 | 12000 | 72 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 85 | | BLANCO FRIO | 6650 | 12000 | 78 | 0.72 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 182.88 | RAPIDO |
| 110 | | BLANCO FRIO | 9200 | 12000 | 84 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 243.84 | RAPIDO |
| 110 | | LUZ DE DIA | 7800 | 12000 | 71 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 243.84 | RAPIDO |
| MUY ALTA DESCARGA V. H. O. 1500 mA | | | | | | | | | | |
| 110 | | BLANCO FRIO | 6250 | 10000 | 57 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 165 | | BLANCO FRIO | 9900 | 10000 | 60 | 0.72 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 182.88 | RAPIDO |
| 215 | | BLANCO FRIO | 14500 | 10000 | 67 | 0.72 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 243.84 | |
| POWER GROOVE 1500 mA | | | | | | | | | | |
| 110 | | BLANCO FRIO | 7450 | 12000 | 68 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 121.92 | RAPIDO |
| 165 | | BLANCO FRIO | 11500 | 12000 | 70 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 182.88 | RAPIDO |
| 215 | | BLANCO FRIO | 16000 | 12000 | 74 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 243.84 | RAPIDO |



Holophane

| DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WATTS | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA APROX. EN HORAS | EFICACIA EN LUMENES/WATTS | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO | LONG. TOTAL APROX. EN CMS. |
| 100 | BLANCO DE LUJO | 4200 | 24, 000 | 42 | 0.67 | MOGUL | BT-25 | 19.1 |
| 175 | BLANCO DE LUJO | 8600 | | 49 | 0.75 | | E - 28 | 21 |
| 175 | COLOR CORREGIDO | 7250 | | 41 | 0.79 | | E - 28 | 21 |
| 250 | BLANCO DE LUJO | 12100 | | 48 | 0.74 | | E - 28 | 21 |
| 250 | COLOR CORREGIDO | 10700 | | 43 | 0.80 | | E - 28 | 21 |
| 400 | BLANCO DE LUJO | 22500 | | 56 | 0.70 | | BT - 37 | 29 2 |
| 400 | COLOR CORREGIDO | 20500 | | 51 | 0.76 | | BT - 37 | 29.2 |
| 700 | BLANCO DE LUJO | 44500 | | 64 | 0.64 | | BT - 46 | 36 8 |
| 1000 | BLANCO DE LUJO | 63000 | | 63 | 0.49 | | BT - 56 | 39 |
| 1000 | COLOR CORREGIDO | 55000 | | 55 | 0.59 | | BT - 56 | 39 |
| DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS | | | | | | | | |
| 175 | CLARO | 14000 | 10000 | 80 | 0 71 | MOGUL | BT - 28 | 21.1 |
| 175 | FOSFORADO | 14000 | 10000 | 80 | 0.71 | | BT - 28 | 21.1 |
| 250 | CLARO | 20500 | 10000 | 82 | 0.75 | | BT - 28 | 21.1 |
| 250 | FOSFORADO | 20500 | 10000 | 82 | 0 75 | | BT - 28 | 21.1 |
| 400 | CLARO | 36000 | 20000 | 90 | 0 72 | | BT - 37 | 29.2 |
| 400 | FOSFORADO | 36000 | 20000 | 90 | 0.72 | | BT - 37 | 29.2 |
| 1000 | CLARO | 110000 | 12000 | 110 | 0 64 | | BT-56 | 39 |
| 1000 | FOSFORADO | 105000 | 12000 | 105 | 0.64 | | BT - 56 | 39 |
| 1500 | CLARO | 155000 | 3000 | 103 | 0 91 | | BT - 56 | 39* |
| 1500 | CLARO | 155000 | 3000 | 103 | 0.91 | | BT - 56 | 39** |
| DATOS DE LAMPARAS VAPOR DE SODIO ALTA PRESION | | | | | | | | |
| 70 | CLARO | 5800 | 24 000 | 83 | 0.90 | MOGUL | E - 23 1/2 | 19.7 |
| 70 | DIFUSO | 5400 | | 77 | 0.90 | | E - 23 1/2 | 19.7 |
| 100 | CLARO | 9500 | | 95 | 0.90 | | E - 23 1/2 | 19.7 |
| 100 | DIFUSO | 8800 | | 88 | 0.90 | | E - 23 1/2 | 19.7 |
| 150 (55) | CLARO | 16000 | | 107 | 0.89 | | E - 28 | 19 7 |
| 150 (55) | DIFUSO | 15000 | | 100 | 0 89 | | E - 28 | 19.7 |
| 250 | CLARO | 27500 | | 110 | 0.88 | | E - 18 | 24.8 |
| 250 | DIFUSO | 26000 | | 104 | 0.88 | | E - 28 | 22.9 |
| 400 | CLARO | 50000 | | 125 | 0.86 | | E - 18 | 24.8 |
| 400 | DIFUSO | 47500 | | 119 | 0.86 | | E - 37 | 28.7 |
| 1000 | CLARO | 140000 | | 140 | 0.84 | | E - 25 | 38.3 |

* BASE - ARRIBA ** BASE ABAJO

## DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION

| WATTS | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA APROX EN HORAS | EFICACIA LUMEN/WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO | LONG. TOTAL EN CMS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | CLARO | 1800 | 10 000 | 100 | 1.0 | B, 22d | T-54 | 21.6 |
| 35 | | 4800 | 20 000 | 137 | | | | 31.1 |
| 55 | | 8000 | | 145 | | | | 42.5 |
| 90 | | 13500 | | 150 | | | T-68 | 52 8 |
| 135 | | 22500 | | 167 | | | | 77 5 |
| 180 | | 33000 | | 183 | | | | 112.00 |

## DATOS DE LAMPARAS DE IODO CUARZO

| WATTS | ACABADO | VOLTS (TENSION) | LUMENES INICIALES | VIDA APROX EN HORAS | EFICACIA LUMENES WAT | FACTOR DE DEPRECIACION | BASE | BULBO | LONG. TOTAL CMS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | CLARO | 125 | 10 950 | 2 000 | 22 | 0.96 | CONTACTO EMBUTIDO | T-3 | 11.9 |
| 1000 | | 220 | 21 400 | | 21 | | | | 25.6 |
| 1500 | | 220 | 35 800 | | 24 | | | | 25.6 |

## DATOS DE LAMPARAS DE LUZ MIXTA

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 160 | COLOR CORRE GIDO | 220 | 3000 | 6000 | 19 | 0.60 | MEDIANA | E - 23 1/2 | 18.4 |
| 250 | | | 5500 | | 22 | 0.65 | MOGUL | E- 28 | 23.8 |
| 500 | | | 12500 | | 25 | 0.75 | MOGUL | E -37 | 28.6 |

1.- Con relación a 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.

2.- Se seleccionan luminarias fluorescentes de 4 x 40 watts de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montadas a 0.61 metros por debajo del techo.

3.- De acuerdo con la tabla de índice de local, para este caso 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.

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

5.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión correspondiente para el cálculo de número de luminarias y de acuerdo con

las características de una lámpara fluorescente de 40 watts, que tiene 2900 lúmenes, obtenemos:

$$N\,Lu = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

6.- 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

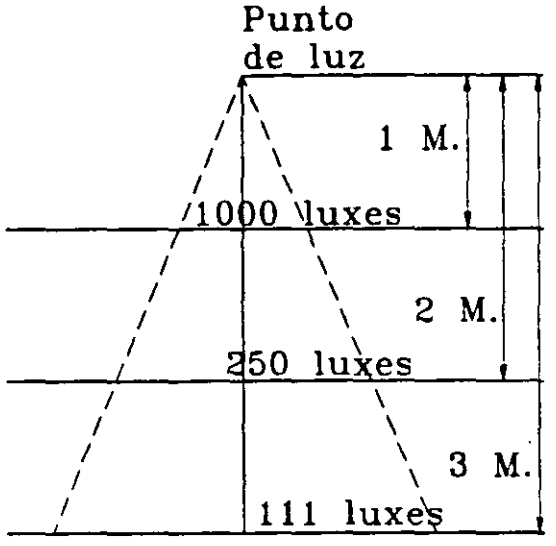
fundamentales:

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

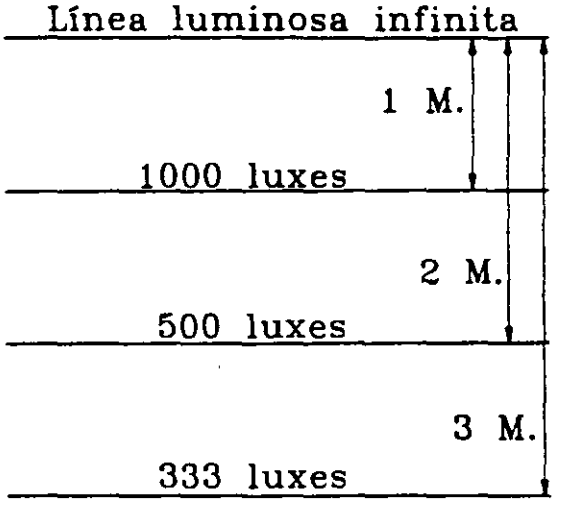
2.- Fuentes lineales de longitud infinita.- La iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Una fila de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia se aproximan a una fuente lineal.

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

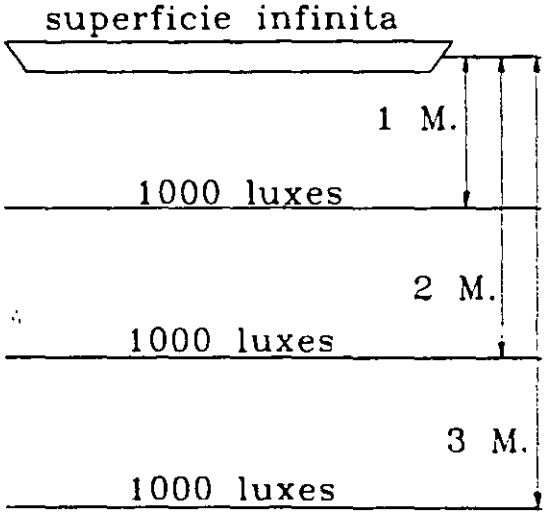
4.- Haz paralelo de luz.- La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector



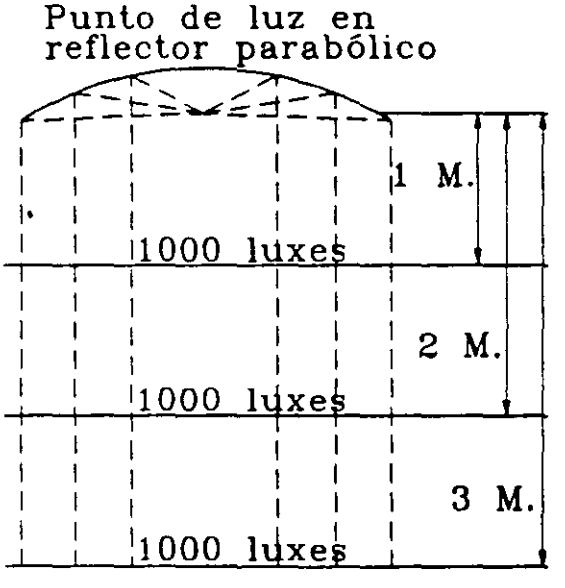

1.-Fuentes puntiformes




2.-Fuentes lineales de longitud infinita




3.-Fuente superficial de área infinita.




4.-Haz paralelo de luz.

perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo, como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas o sea 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.

Teoricamente, 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 una 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:

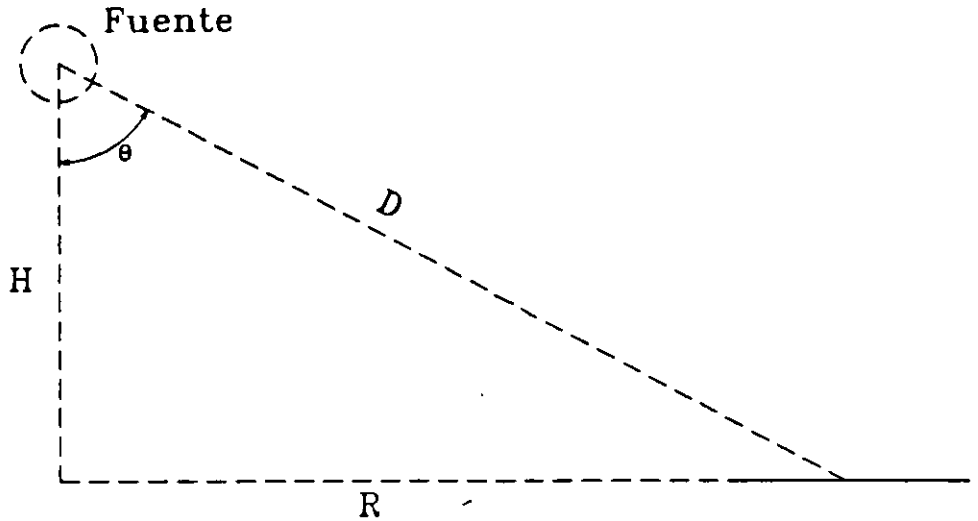
$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \qquad \text{(superficie horizontal)}$$

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

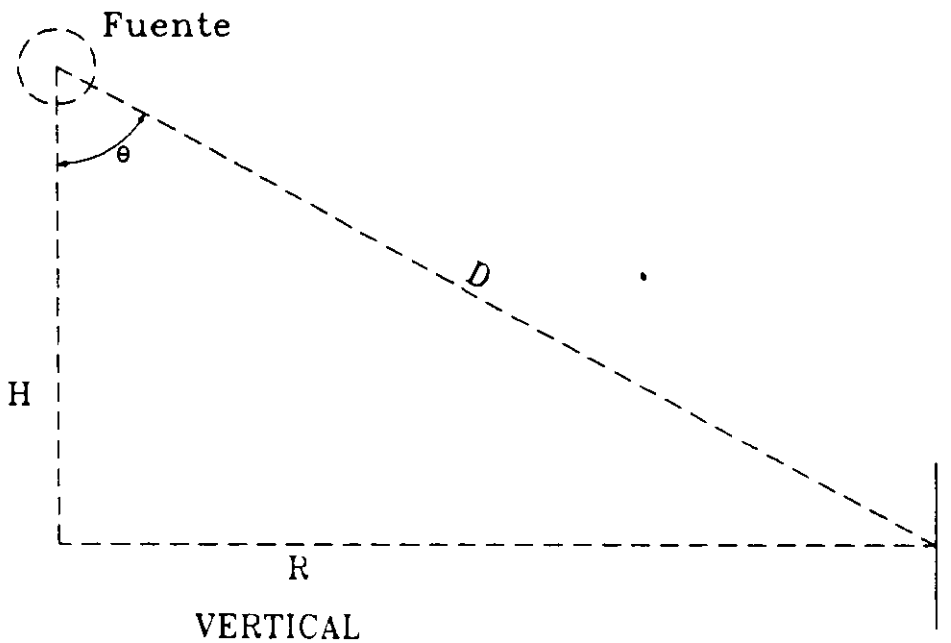
donde:

E.- Nivel de iluminación en luxes.

I.- Intensidad luminosa en candelas.




HORIZONTAL




VERTICAL

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

y como:

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

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:

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

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:

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

2.- 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.

3.- 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 ó 100000 candelas) sobre el que se base la parte de la tabla que se ha utilizado.

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

## 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′ 250,00 | 27° 178 50 | 45° 88,50 | 56° 42,75 | 61° 22,45 | 68° 12 98 | 71° 8 02 | 74° 5 28 | 76° 3 55 | 78° 2 55 | 79° 1,90 | 80° 1 42 | 81° 1,13 | 81° 0,90 |
| 0,90 | 0° 0 111,10 | 18° 95,08 | 34° 64 00 | 45° 39,31 | 53° 24 00 | 59° 15 22 | 63° 10 00 | 67° 6 80 | 69° 4 72 | 72 3,56 | 73° 2 64 | 75° 2 05 | 76° 1 61 | 77° 1,26 |
| 1,20 | 0° 0 62 50 | 14° 57 07 | 27° 44 72 | 37° 12 00 | 45° 22,10 | 51° 13 24 | 56° 10 66 | 60° 7,64 | 63° 5 59 | 66° 4 19 | 68° 1 20 | 70° 2,49 | 72° 1,98 | 73° 1,59 |
| 1,50 | 0° 0 40 00 | 11° 37,71 | 22° 12 02 | 31° 25,22 | 39° 19 04 | 45° 14 14 | 50 10 50 | 54° 7 85 | 58° 5,95 | 61 4,58 | 63° 3 58 | 66° 2,81 | 67° 2 28 | 69° 1,85 |
| 1,80 | 0° 0 27,78 | 9° 26,73 | 18° 21,72 | 27° 19,07 | 34° 16 00 | 40° 12 60 | 45° 9 82 | 49° 7 66 | 51 6,00 | 54° 4 74 | 56° 3,78 | 58° 3 05 | 61° 2,49 | 66° 2 01 |
| 2,10 | 0° 0 20 41 | 8° 19 80 | 16° 18 14 | 23° 15,85 | 30° 13,36 | 36° 11 00 | 41° 8 93 | 45° 7,22 | 49 5,81 | 52 4,71 | 55° 3 85 | 58° 3,16 | 60 2 61 | 62° 2 18 |
| 2,45 | 0° 0 15 63 | 7° 15,27 | 14° 14,27 | 21° 12 83 | 27° 11,18 | 32° 9,51 | 37° 8 00 | 41° 6 72 | 45° 5,52 | 48° 4 56 | 51° 3 81 | 54° 3 18 | 56° 2 67 | 58° 2 25 |
| 2,75 | 0° 0 12,35 | 6° 12,12 | 13° 11,46 | 19° 10 54 | 24° 9,41 | 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 28 |
| 3,05 | 0° 0 10 000 | 5° 9,93 | 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° 2,61 | 52° 2 27 |
| 3,35 | 0° 0 8 26 | 5° 8,12 | 10° 7 87 | 15° 7,42 | 20° 6 86 | 24° 6 23 | 29° 5 59 | 32° 4 96 | 36° 4,37 | 39° 3 81 | 42° 3 55 | 45° 2 92 | 48 2 55 | 50° 2 23 |
| 3,65 | 0° 0 6 94 | 4° 6,86 | 9° 6 68 | 14° 6,34 | 18° 5,93 | 21° 5,46 | 25° 4 97 | 28° 4 48 | 31° 4 00 | 34° 3 56 | 37° 3 18 | 40° 2 83 | 43° 2 78 | 45° 2,46 | 47° 2 17 |
| 3,95 | 0° 0 5,92 | 4° 24 5,87 | 8° 5 71 | 13° 5,47 | 17° 5 17 | 21° 4 81 | 25° 4 47 | 28° 4 04 | 12° 3 66 | 15 3,29 | 18° 2 95 | 40° 2 61 | 43° 2,35 | 45° 2 09 |
| 4,25 | 0° 0 5,10 | 4° 5 5,06 | 8° 4,95 | 12° 4 77 | 16° 4 54 | 20° 4 26 | 23° 3 96 | 27° 3 65 | 30° 3 34 | 33° 3 04 | 36° 2,75 | 38° 2,48 | 41° 2,23 | 43° 2,01 |
| 4,55 | 0° 0 4 44 | 3° 43 4 42 | 8° 4 31 | 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° 35 3 88 | 7° 3 82 | 11° 3 71 | 14° 3 57 | 17° 3 39 | 21° 3 21 | 24° 3 00 | 27° 2 80 | 29 2,63 | 32 2,38 | 35° 2,19 | 37° 2,00 | 39° 1,81 |
| 5,20 | 0° 0 3 46 | 3° 32 3 43 | 7 3,39 | 10° 3 31 | 13° 3,19 | 16° 3 06 | 19° 2,90 | 22 2 74 | 25° 2,56 | 28 2,39 | 30° 2,22 | 33° 2 05 | 35 1 89 | 37 1 74 |
| 5,50 | 0° 0 3 03 | 3° 03 3 02 | 6° 3 01 | 9° 2 97 | 13° 2 87 | 16 2 76 | 18 2 64 | 21 2 50 | 23 2,36 | 27 2,21 | 29° 2 06 | 31° 1 92 | 34° 1 78 | 36° 1,65 |
| 5,80 | 0° 0 2,72 | 2° 72 2,76 | 6° 2 71 | 9° 2 67 | 12° 2 60 | 15° 2 51 | 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° 51 2 49 | 5° 43 2,46 | 8° 2 42 | 11° 2 36 | 14 2 28 | 17 2 19 | 19 2 10 | 22 2 00 | 24 1 90 | 27° 1 79 | 29° 1 68 | 31° 1 58 | 33° 1,47 |



| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,40 | 0° 0 2,32 | 2 13 2,26 | 5° 26 2,19 | 8 2,00 | 11 1,85 | 13° 2,00 | 16° 2,01 | 18° 1,91 | 21 1,85 | 23 1,76 | 25° 1,67 | 28 1,58 | 30 1,33 | 32 1,39 |
| 6,70 | 0° 0 2,07 | 2° 16 2,06 | 5° 19 2,05 | 8 2,01 | 10 1,96 | 13° 1,92 | 15 1,85 | 18 1,79 | 20 1,71 | 22 1,61 | 25° 1,55 | 27° 1,38 | 29° 1,40 | 31° 1,32 |
| 7,00 | 0° 0 1,89 | 2° 29 1,84 | 4 58 1,87 | 7 1,81 | 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° 21 1,71 | 4° 45 1,72 | 7 1,70 | 10 1,66 | 12 1,63 | 14 1,58 | 16 1,53 | 18 1,48 | 21 1,43 | 23° 1,37 | 25° 1,30 | 27° 1,23 | 28 1,18 |
| 7,60 | 0° 0 1,60 | 2° 17 1,60 | 4° 34 1,58 | 7 1,57 | 9 1,54 | 11 1,51 | 14 1,47 | 16 1,43 | 18 1,38 | 20 1,33 | 22 1,28 | 24° 1,23 | 26° 1,17 | 27 1,12 |
| 8,25 | 0° 0 1,47 | 2° 13 1,47 | 4° 14 1,46 | 6 1,45 | 9 1,43 | 10 1,40 | 13 1,36 | 15 1,32 | 17 1,28 | 19 1,23 | 20 1,19 | 22 1,09 | 24° 1,05 | 26 1,00 |
| 9,15 | 0° 0 1,31 | 1° 59 1,31 | 3° 50 1,30 | 6° 31 1,29 | 8 1,28 | 10 1,25 | 12 1,21 | 14 1,18 | 16 1,14 | 17 1,09 | 19° 0,95 | 20 0,92 | 22 0,89 | 23° 0,86 |
| 10,05 | 0° 0 0,92 | 1° 41 0,92 | 3° 28 0,91 | 5° 12 0,91 | 7 0,90 | 9 0,87 | 11 0,82 | 12 0,86 | 14 0,83 | 16 0,82 | 17 0,80 | 18° 0,78 | 20° 0,76 | 22° 0,74 |
| 11,00 | 0° 0 0,77 | 1° 36 0,77 | 3° 11 0,77 | 4 46 0,76 | 6 0,76 | 8 0,75 | 9 0,74 | 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° 26 0,62 | 2° 52 0,62 | 4 17 0,62 | 5 41 0,62 | 7 0,63 | 9 0,60 | 10 0,60 | 11 0,59 | 13 0,58 | 14° 0,57 | 15 0,56 | 17° 0,55 | 18° 0,51 |
| 13,70 | 0° 0 0,49 | 1° 16 0,49 | 2° 41 0,49 | 4 10 0,49 | 5 5 0,49 | 6 0,49 | 8 0,49 | 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° 1 0,40 | 2° 27 0,40 | 3 56 0,40 | 5 14 0,40 | 6 0,39 | 7 0,39 | 8 0,39 | 9 0,38 | 10 0,38 | 11 0,38 | 12° 0,37 | 14 0,37 | 15° 0,36 |
| 16,75 | 0° 0 0,33 | 1° 2 0,33 | 2° 5 0,33 | 3 37 0,33 | 4 50 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 | 0° 57 0,28 | 1° 55 0,28 | 2 52 0,28 | 3 50 0,28 | 4 46 0,27 | 5 43 0,27 | 7° 0,27 | 8 0,27 | 9 0,27 | 10 0,27 | 10° 0,26 | 11° 0,26 | 12° 0,26 |
| 21,35 | 0° 0 0,20 | 0° 49 0,20 | 1° 38 0,20 | 2 34 0,20 | 3 26 0,20 | 4 5 0,20 | 5 51 0,20 | 6 43 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° 0 156,30 | 0 43 156,20 | 1° 26 156,10 | 2 9 155,90 | 2 52 155,70 | 3 35 155,50 | 4 17 155,20 | 5 0 154,90 | 5 43 154,50 | 6 154,30 | 7° 153,70 | 8° 153,00 | 9° 152,00 | 9° 150,40 |
| 30,50 | 0° 0 100,00 | 0 11 99,93 | 1 9 99,83 | 1 41 99,87 | 2 12 99,26 | 2 52 99,65 | 3 26 99,36 | 4 0 99,22 | 4 33 99,05 | 5 9 98,80 | 5 41 98,52 | 6 98,26 | 7° 97,85 | 7° 97,61 |
| 38,10 | 0° 0 61,00 | 0 28 61,99 | 0 55 61,98 | 1 22 61,95 | 1 50 61,90 | 2 17 61,85 | 2 45 61,78 | 3 12 61,70 | 3 40 61,61 | 4 7 61,51 | 4 34 61,39 | 5 2 61,26 | 5 29 61,13 | 6 62,97 |
| 45,70 | 0° 0 43,43 | 0 21 44,43 | 0° 46 44,43 | 1 9 44,42 | 1 32 44,40 | 1 55 44,37 | 2 17 44,33 | 2 40 44,30 | 3 2 44,21 | 3 26 44,16 | 3 49 44,05 | 4 11 44,09 | 4 34 44,02 | 4 57 43,95 |
| 53,35 | 0° 0 32,65 | 0 20 32,63 | 0 39 32,63 | 0 59 32,64 | 1 19 32,61 | 1 39 32,61 | 1 58 32,60 | 2 17 32,58 | 2 37 32,55 | 2 57 32,52 | 3 16 32,49 | 3 36 32,46 | 3 55 32,42 | 4 15 32,38 |
| 60,95 | 0° 0 25,00 | 0 17 25,00 | 0 34 25,00 | 0 52 24,99 | 1 9 24,99 | 1 26 24,98 | 1 43 24,97 | 2 0 24,95 | 2 17 24,93 | 2 35 24,92 | 2 52 24,90 | 3 9 24,89 | 3 26 24,87 | 3 43 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 DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO" (Continuación)**
**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) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3,95 | 4,25 | 4,55 | 4,85 | 5,50 | 6,10 | 6,70 | 7,30 | 7,90 | 8.55 | 9,15 | 10.65 | 12,20 | 15,25 |
| | LUX POR CADA 100 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | 81° 0,90 | 82° 0,70 | 82° 0,58 | 81° 0,48 | 81° 0,38 | 81° 0,25 | 85° 0,20 | 85° 0,15 | 86° 0,13 | 86 0,08 | 86 0,07 | 87 0,04 | 87 0,01 | 87 0,00 |
| 0,90 | 77° 1,26 | 78° 1,00 | 79° 0,81 | 80° 0,70 | 81° 0,50 | 81° 0,36 | 82 0,27 | 84° 0,21 | 84° 0,16 | 84° 0,12 | 85 0,11 | 85 0,07 | 86 0,04 | 87 0,02 |
| 1,20 | 73° 1,59 | 74° 1,30 | 75° 1,07 | 76° 0,90 | 78° 0,64 | 79° 0,47 | 80° 0,37 | 81° 0,28 | 81° 0,22 | 82 0,18 | 82 0,15 | 83 0,09 | 84° 0,06 | 86° 0,01 |
| 1,50 | 69° 1,85 | 70° 1,52 | 72° 1,26 | 73° 1,06 | 74° 0,77 | 76° 0,57 | 77° 0,43 | 78 0,33 | 79 0,27 | 80 0,22 | 81 0,17 | 82 0,10 | 83 0,06 | 84 0,01 |
| 1,80 | 66° 2,05 | 67° 1,70 | 68° 1,42 | 69° 1,20 | 71° 0,88 | 73° 0,66 | 75° 0,51 | 76 0,40 | 77 0,32 | 78 0,26 | 79 0,21 | 80 0,13 | 81° 0,08 | 83 0,03 |
| 2,10 | 62° 2,18 | 63° 1,83 | 65° 1,54 | 66° 1,31 | 69° 0,92 | 71° 0,73 | 72° 0,57 | 73 0,45 | 73 0,36 | 76 0,29 | 77 0,23 | 78 0,16 | 80 0,10 | 82 0,04 |
| 2,45 | 58° 2,25 | 60° 1,93 | 62° 1,61 | 63° 1,40 | 66° 1,05 | 69 0,80 | 70 0,61 | 72 0,50 | 73° 0,30 | 74 0,12 | 75 0,26 | 77 0,18 | 79 0,12 | 81 0,06 |
| 2,75 | 55° 2,28 | 57° 1,96 | 59° 1,68 | 61° 1,46 | 64° 1,10 | 66 0,85 | 68° 0,67 | 69° 0,53 | 71° 0,43 | 72 0,35 | 73° 0,29 | 76 0,19 | 77 0,13 | 80 0,05 |
| 3,05 | 52° 2,22 | 54° 1,96 | 56° 1,71 | 58° 1,49 | 61° 1,15 | 63° 0,89 | 66 0,71 | 67 0,57 | 69 0,46 | 70 0,38 | 72 0,32 | 74 0,21 | 76 0,14 | 79 0,08 |
| 3,35 | 50° 2,21 | 52° 1,95 | 54° 1,71 | 56° 1,50 | 59° 1,17 | 61° 0,92 | 63° 0,73 | 65° 0,60 | 67° 0,49 | 69 0,40 | 70 0,33 | 73 0,23 | 75 0,15 | 78 0,09 |
| 3,65 | 47° 2,17 | 49° 1,91 | 51° 1,69 | 53 1,50 | 56° 1,19 | 59 0,94 | 61° 0,76 | 63 0,63 | 65 0,51 | 67 0,43 | 68 0,36 | 71° 0,25 | 73 0,17 | 77 0,10 |
| 3,95 | 45° 2,09 | 47° 1,87 | 49° 1,66 | 51° 1,48 | 53 1,19 | 57 0,96 | 59° 0,78 | 62 0,65 | 63 0,53 | 65 0,44 | 67° 0,37 | 70 0,25 | 72 0,17 | 76 0,10 |
| 4,25 | 43° 2,01 | 45° 1,80 | 47° 1,62 | 49° 1,46 | 52 1,18 | 55 0,96 | 58 0,79 | 60 0,65 | 62 0,55 | 63° 0,46 | 65 0,39 | 68 0,26 | 71° 0,18 | 75° 0,11 |
| 4,55 | 41° 1,92 | 43° 1,74 | 45° 1,57 | 47° 1,42 | 50° 1,17 | 53 0,96 | 56 0,79 | 58° 0,66 | 60 0,55 | 62 0,47 | 63° 0,40 | 67° 0,27 | 69 0,19 | 73° 0,11 |
| 4,90 | 39° 1,83 | 41° 1,67 | 43° 1,52 | 45° 1,38 | 48° 1,15 | 51° 0,95 | 53° 0,80 | 56 0,67 | 58° 0,56 | 60 0,48 | 62 0,41 | 66 0,28 | 68° 0,20 | 72 0,12 |
| 5,20 | 37° 1,73 | 39° 1,59 | 41° 1,46 | 43° 1,34 | 47° 1,12 | 50° 0,93 | 52 0,79 | 55° 0,69 | 57° 0,57 | 59° 0,48 | 60° 0,42 | 64 0,29 | 67° 0,21 | 71 0,13 |
| 5,50 | 36° 1,65 | 38° 1,52 | 40° 1,40 | 42° 1,29 | 45° 1,09 | 48 0,92 | 51 0,78 | 53° 0,67 | 55 0,57 | 57° 0,49 | 59° 0,42 | 63 0,30 | 66 0,21 | 70 0,13 |
| 5,80 | 34° 1,56 | 36° 1,45 | 38° 1,34 | 40 1,23 | 43° 1,06 | 46° 0,90 | 49° 0,77 | 52 0,66 | 54° 0,57 | 56 0,49 | 58 0,42 | 62 0,30 | 65° 0,22 | 69° 0,14 |
| 6,10 | 33° 1,47 | 35° 1,37 | 37° 1,29 | 39° 1,19 | 42° 1,05 | 45° 0,88 | 48 0,76 | 50 0,66 | 52° 0,57 | 54 0,49 | 56 0,43 | 60 0,30 | 63 0,22 | 68 0,14 |



| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,40 | 32° 1,39 | 34° 1,31 | 36° 1,22 | 37° 1,14 | 41 0,99 | 43 0,86 | 46 0,75 | 48° 0,65 | 50° 0,56 | 52° 0,49 | 55° 0,43 | 59° 0,31 | 62° 0,21 | 67° 0,14 |
| 6,70 | 31° 1,32 | 33° 1,24 | 34° 1,14 | 36° 1,09 | 39 0,96 | 42 0,84 | 45 0,73 | 47° 0,64 | 50 0,56 | 52° 0,49 | 53° 0,43 | 58° 0,33 | 61° 0,23 | 66° 0,14 |
| 7,00 | 29° 1,25 | 31° 1,18 | 33° 1,11 | 35 1,05 | 38 0,92 | 41 0,81 | 43 0,71 | 46 0,63 | 48° 0,55 | 51° 0,49 | 53° 0,43 | 57° 0,33 | 60° 0,23 | 65° 0,14 |
| 7,30 | 28° 1,18 | 30° 1,12 | 32 1,06 | 34 1,01 | 37° 0,89 | 40° 0,79 | 43 0,70 | 45° 0,61 | 47° 0,53 | 49 0,48 | 51° 0,42 | 56° 0,33 | 59 0,23 | 64 0,14 |
| 7,60 | 27° 1,12 | 29° 1,06 | 31° 1,01 | 33 0,96 | 36 0,86 | 39 0,76 | 41 0,68 | 44° 0,60 | 46° 0,53 | 48 0,47 | 50° 0,42 | 55° 0,33 | 58 0,23 | 63 0,15 |
| 8,25 | 25° 1,00 | 27° 0,96 | 29 0,92 | 31 0,87 | 34 0,79 | 37 0,70 | 39° 0,64 | 42 0,57 | 44 0,51 | 46 0,46 | 48° 0,41 | 52 0,33 | 56 0,23 | 62° 0,15 |
| 9,15 | 23° 0,86 | 25° 0,83 | 27° 0,80 | 28 0,77 | 31° 0,70 | 34 0,64 | 36 0,58 | 39 0,53 | 41° 0,48 | 43 0,43 | 45° 0,39 | 49° 0,31 | 53° 0,24 | 59 0,15 |
| 10,05 | 22° 0,74 | 23° 0,72 | 24 0,69 | 26 0,67 | 29 0,62 | 31 0,56 | 34 0,53 | 36 0,49 | 38 0,45 | 40° 0,41 | 42° 0,37 | 47° 0,30 | 50 0,24 | 57° 0,15 |
| 11,00 | 20° 0,64 | 21° 0,62 | 23° 0,61 | 24 0,59 | 27 0,55 | 29 0,52 | 31° 0,48 | 34° 0,44 | 36 0,41 | 38° 0,38 | 40° 0,35 | 44° 0,29 | 48° 0,23 | 54° 0,15 |
| 12,20 | 18 0,54 | 19° 0,53 | 21° 0,51 | 22 0,50 | 25 0,47 | 27 0,45 | 29 0,42 | 31° 0,39 | 33 0,37 | 35° 0,34 | 37° 0,32 | 41° 0,27 | 45 0,22 | 51 0,15 |
| 13,70 | 16° 0,44 | 17° 0,43 | 18° 0,42 | 20 0,41 | 22° 0,40 | 24 0,38 | 26 0,36 | 28 0,33 | 30 0,32 | 32 0,30 | 34° 0,28 | 38 0,25 | 42 0,21 | 48° 0,13 |
| 15,25 | 15° 0,36 | 16° 0,36 | 16° 0,35 | 18 0,35 | 20° 0,33 | 22 0,32 | 24 0,31 | 26 0,29 | 27° 0,28 | 29° 0,27 | 31° 0,25 | 35 0,22 | 39° 0,19 | 45° 0,13 |
| 16,75 | 13° 0,31 | 14° 0,30 | 15° 0,30 | 16 0,29 | 18 0,28 | 20 0,27 | 22 0,26 | 24 0,25 | 25 0,24 | 27° 0,23 | 29° 0,22 | 33° 0,20 | 36° 0,18 | 42° 0,13 |
| 18,30 | 12° 0,26 | 13° 0,26 | 14 0,25 | 15 0,25 | 17 0,24 | 18 0,23 | 20° 0,23 | 22 0,22 | 23 0,21 | 25 0,21 | 27° 0,20 | 30° 0,18 | 34° 0,16 | 40 0,13 |
| 21,35 | 11° 0,19 | 11 0,19 | 12 0,19 | 13 0,19 | 15 0,19 | 16 0,18 | 17 0,18 | 19 0,17 | 20 0,17 | 22 0,16 | 23° 0,16 | 27° 0,15 | 30 0,13 | 36° 0,10 |
| | LUX POR CADA 100 000 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | |
| 24,40 | 9 150 40 | 10 149 30 | 11° 148 20 | 11 147 50 | 13° 144 90 | 14° 142 70 | 15° 140 10 | 17 137,10 | 18° 134 80 | 19° 132 60 | 21° 127 90 | 24° 120 20 | 27° 111 40 | 32 95 33 |
| 30,50 | 7° 97 61 | 8° 97 12 | 9 96 60 | 9 96 30 | 10 95 39 | 11 94 39 | 12 93 30 | 14 91 75 | 15 90 48 | 16° 89 14 | 18 88 19 | 19 84 40 | 22° 29 95 | 27° 21 40 |
| 38,10 | 6° 62 97 | 6 62 86 | 7° 62 62 | 7 62 50 | 8 62 03 | 9 61 63 | 10 61 13 | 11 60 59 | 12 60 01 | 13 59 18 | 14 58 72 | 16° 57 08 | 18 55 23 | 22° 53 20 |
| 45,70 | 4° 52 43 95 | 5° 20 43 47 | 5° 43 43 79 | 6 43 70 | 7 43 49 | 8 43 23 | 9 43 09 | 9 42 80 | 10 42 44 | 11° 42 16 | 12° 41 95 | 14 41 02 | 15 40 08 | 19 38 13 |
| 53,35 | 4° 15 32 18 | 4° 14 32 14 | 4° 51 32 30 | 5 33 32 25 | 6 32 13 | 7 31 99 | 7 31 91 | 8 31 74 | 8° 31 63 | 9 31 45 | 10 31,24 | 11° 30 76 | 13° 30 21 | 16 28 99 |
| 60,95 | 3° 41 24 81 | 4° 0 24 82 | 4° 17 24 79 | 4 34 24 76 | 5 9 24 70 | 5 43 24 63 | 6 24 57 | 7 24 46 | 7° 24 40 | 8 24 28 | 9° 24 15 | 10 23 90 | 11 23 60 | 14 22 82 |





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 el revés: la altura de la fuente luminosa se leerá sobre la escala de distancias horizontales, etc.

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 uniformemente distribuida es de 1000 candelas. Determínese la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

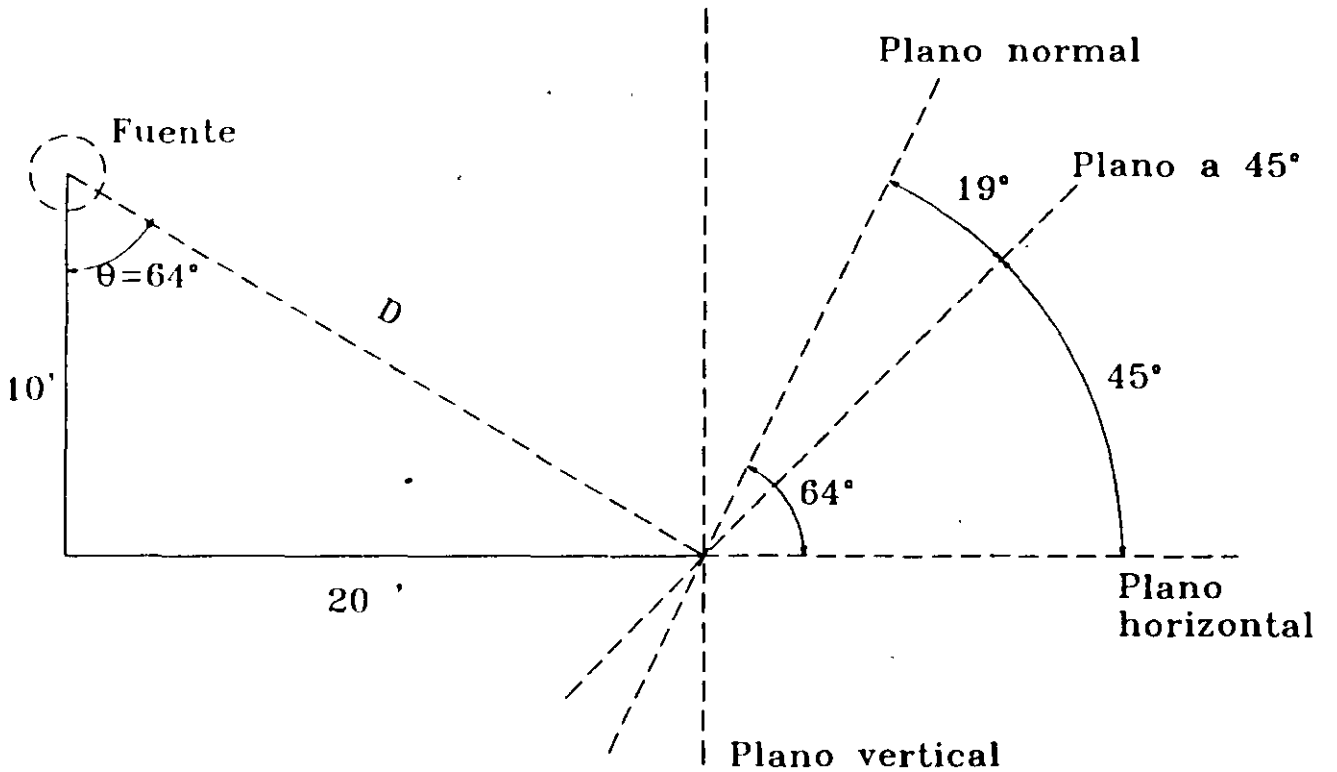
Plano normal.

Plano horizontal.

Plano vertical.

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.

Cálculos:


Plano normal
Fuente
Plano a 45°
19°
θ=64°
D
10'
45°
64°
20 '
Plano
horizontal
Plano vertical

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

$$\theta = 64^\circ$$

$$d^2 = a^2 + b^2 = (10)^2 + (20)^2 = 500$$

$$\text{En} = I / d^2 = 1000 / 500 = 2 \text{ bujias-pie}$$

$$\text{Eh} = \text{En} \cos\theta = (2)(\cos 64^\circ) = 0.88 \text{ bujias-pie}$$

$$\text{Ev} = \text{En} \operatorname{sen}\theta = (2)(\operatorname{sen} 64^\circ) = 1.80 \text{ bujias-pie}$$

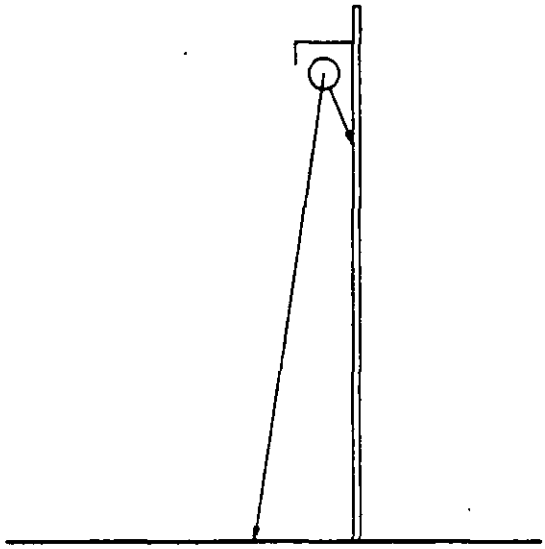
$$\text{E45}^\circ = \text{En} \cos 19^\circ = (2)(0.95) = 1.90 \text{ bujias-pie}$$

Cargas de alumbrado arquitectónica.

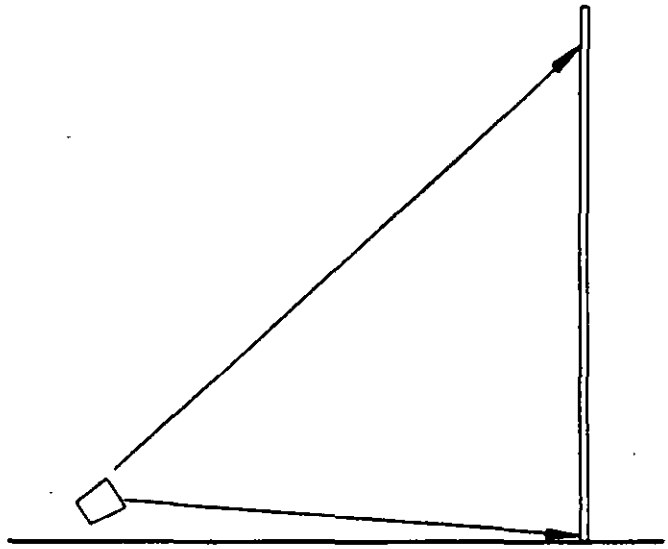
El fin primordial de estas cargas es proporcionar los efectos de contraste entre luz y sombra para hacer resaltar las características particulares de una construcción, aunque en algunas ocasiones puede tener también fines utilitarios.

Podemos clasificar estas cargas de la forma siguiente:

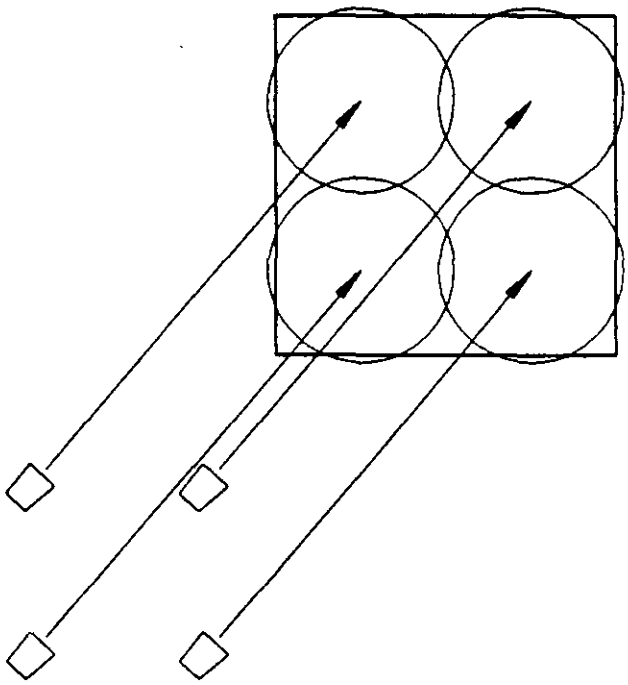
* Con proyectores.
* Rasante.

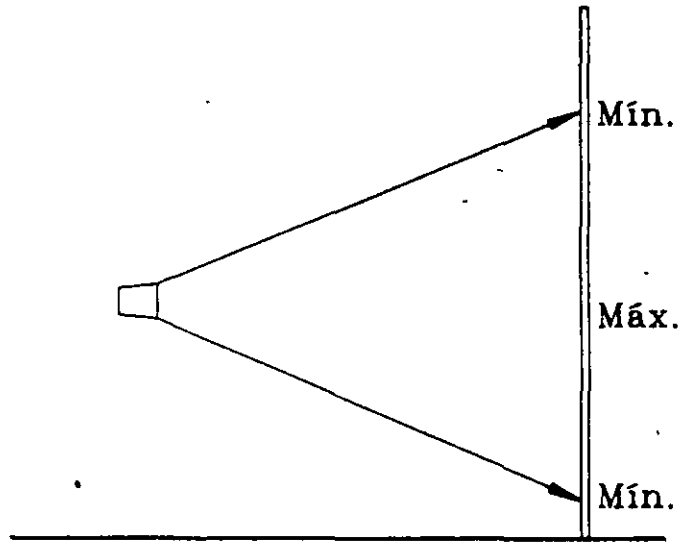


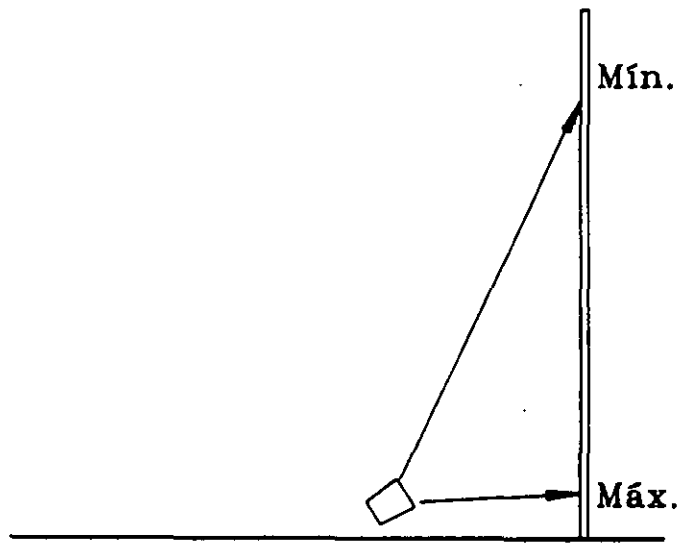
RASANTE



PROYECTOR





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 de ocultar la fuente de iluminación.

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

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 de deberá tener un medio de desconexión. Si son móviles deberá instalarse un contacto especial para su alimentación.

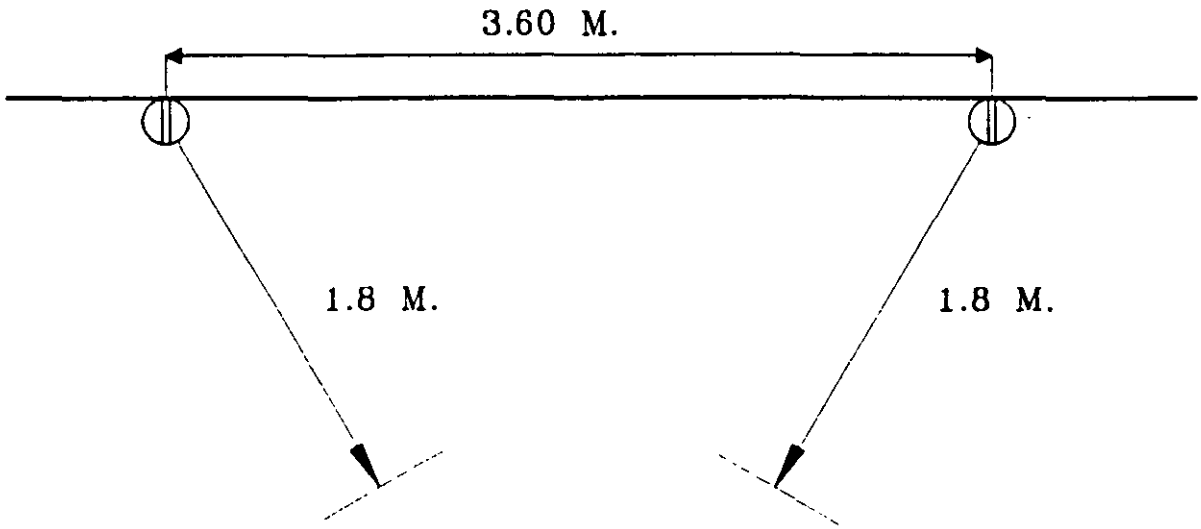
Las cargas de aparatos domésticos son las siguientes:

| | WATTS TIPICOS | VOLTAJE USUAL |
|---|---|---|
| Planchadora | 1600 | 127 |
| Lavadora ropa | 1200 | 127 |
| Secadora | 5000 | 127 - 220 |
| Plancha | 1000 | 127 |
| 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 |

| | WATTS TIPICOS | VOLTAJE USUAL |
|---|---|---|
| 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 alcance 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 donde se vayan a instalar estos contactos se tienen las siguientes recomendaciones:




$S < 40\ M^2$: 1 contacto / 3 M.
$S > 40\ M^2$: 8 contactos + 3 contactos cada 40 $M^2$.

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 3 más por cada 40 metros cuadrados adicionales.

Escuelas.- Un contacto por cada muro.

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

C.- 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.

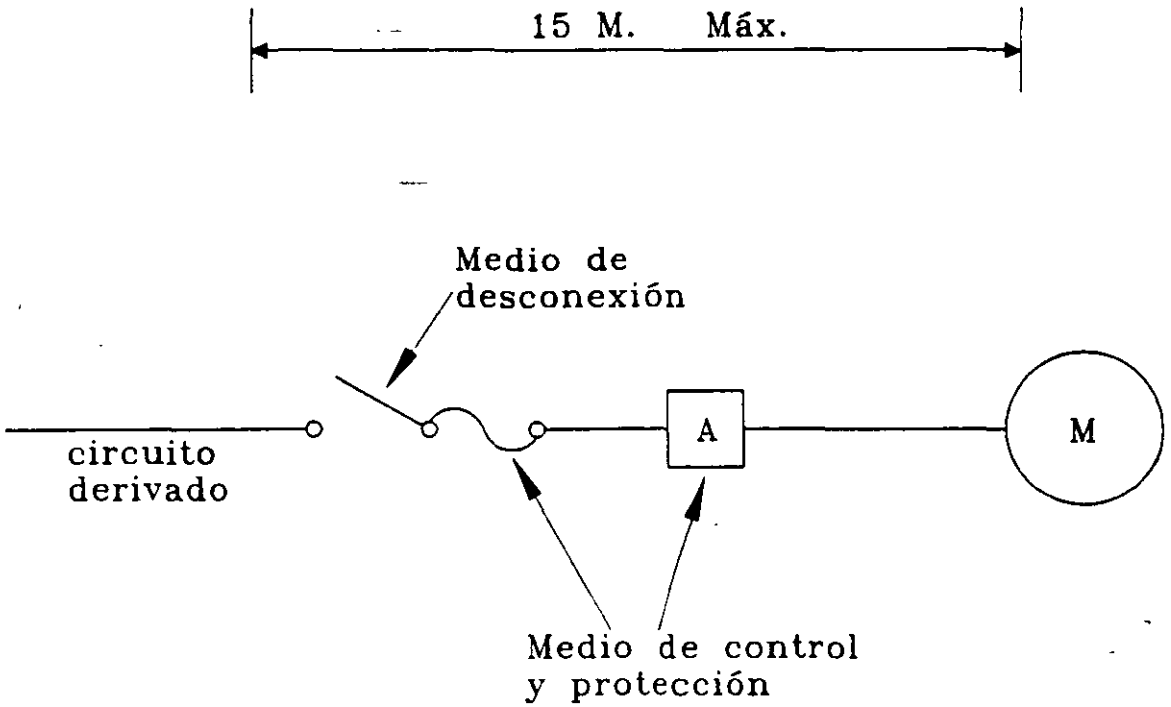
La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación.

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.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

*SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN*

**EXPOSITOR: ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# SISTEMA DE DISTRIBUICION

NOM001 SEDE 27/SEP/99

## FORMADO POR:

Art. No. 215 y 430

## 1 CIRCUITOS ALIMETADORES

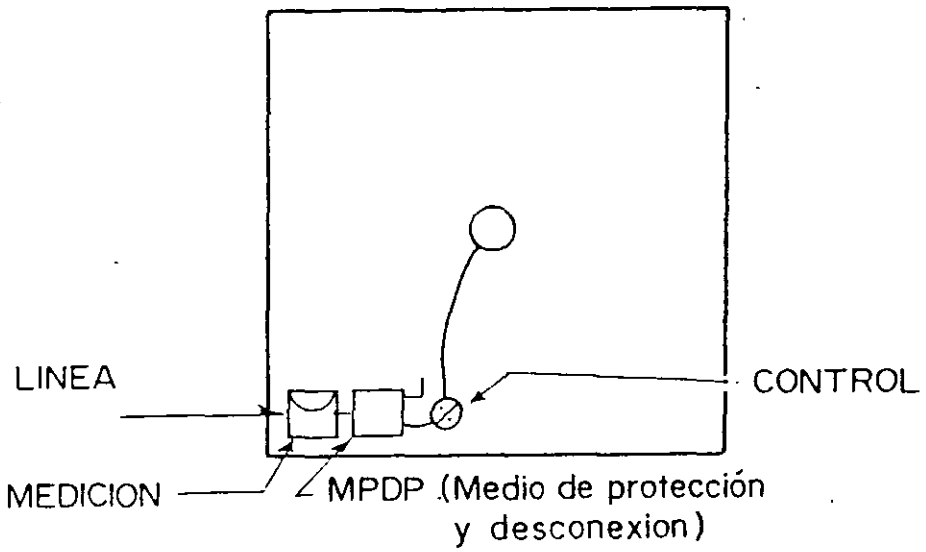
Art. No. 215 y 430

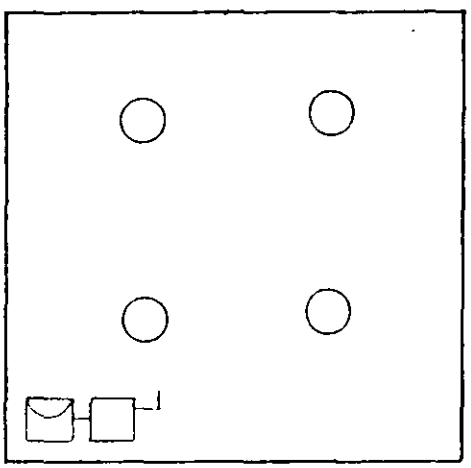
## 2 CENTROS DE DISTRIBUCIÓN (TABLEROS)

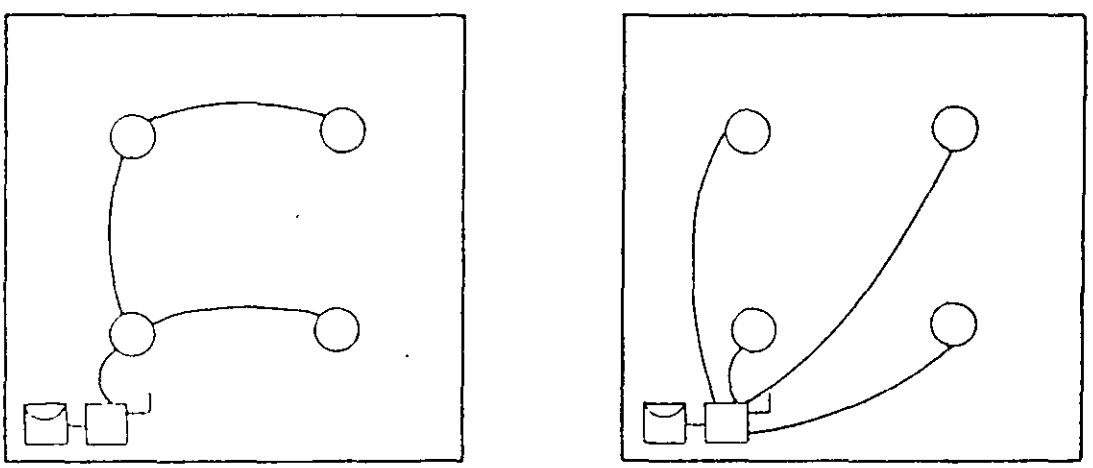
Art. No. 384-32

## 3 CIRCUITOS DERIVADOS

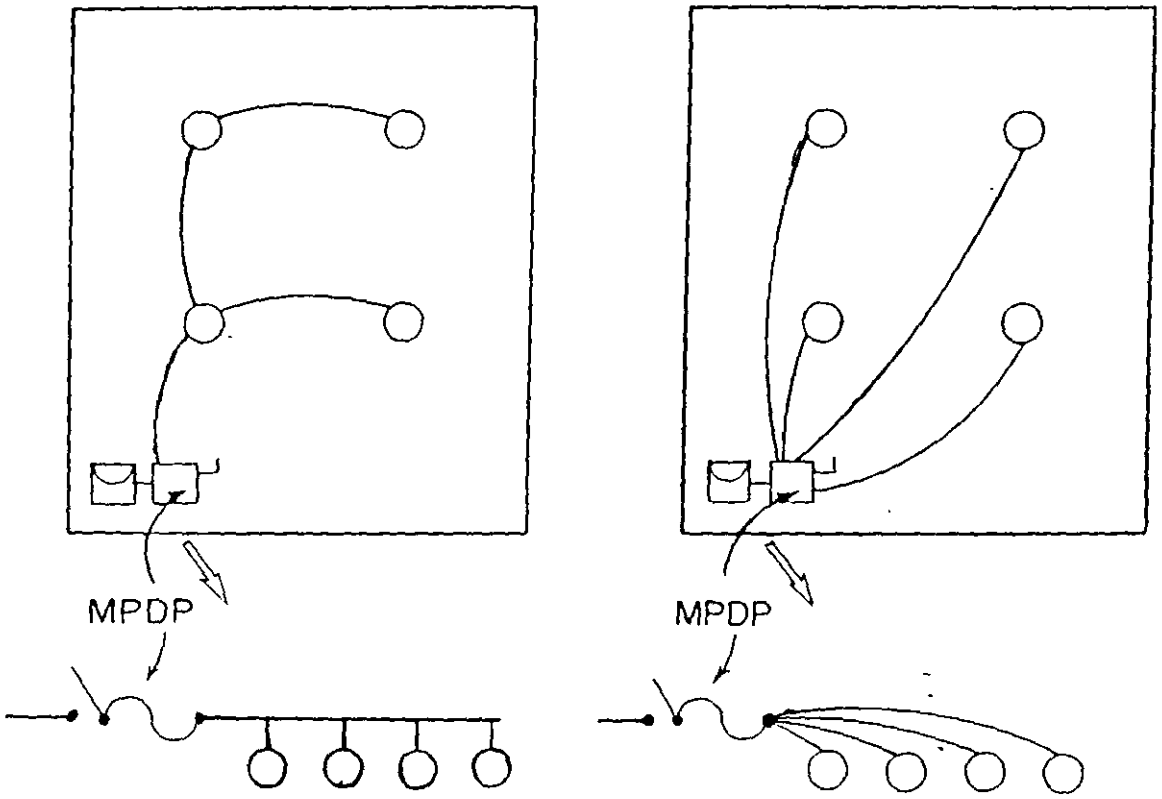
Art. No. 210





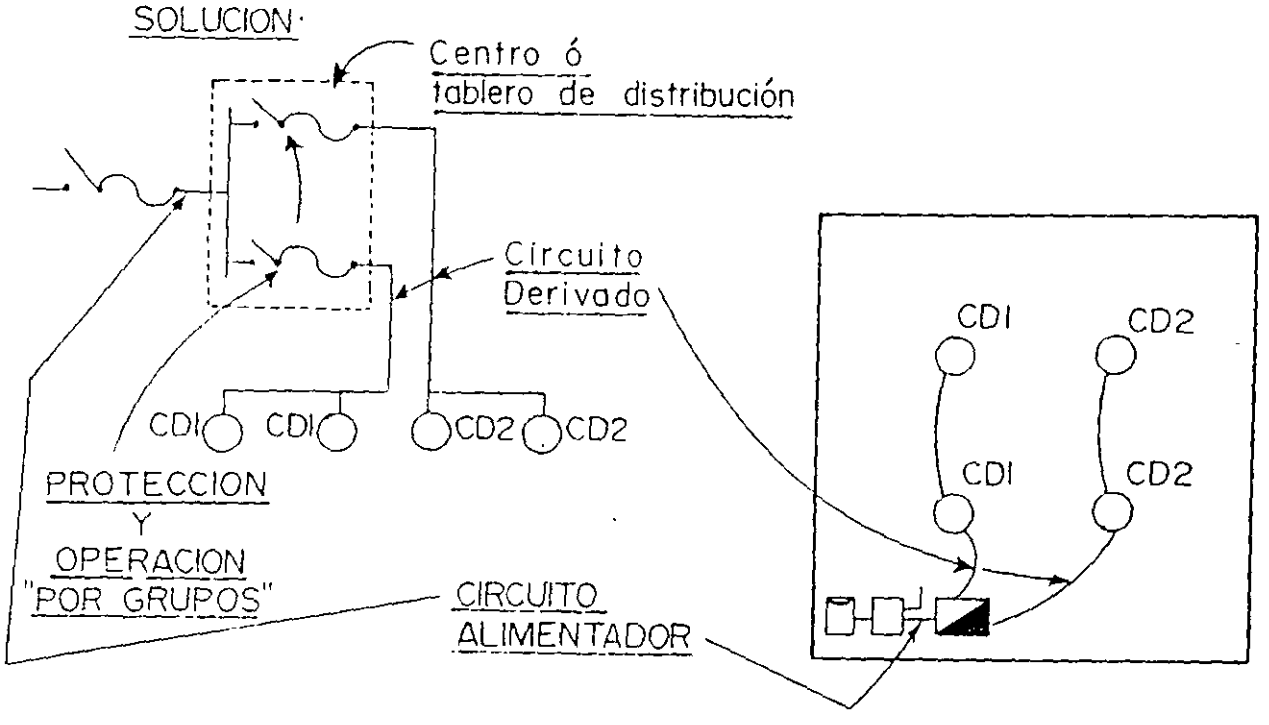
HAY SIEMPRE OPCIONES PARA DISTRIBUIR




FALLA

POSIBILIDAD DE OPERACION } TOTAL

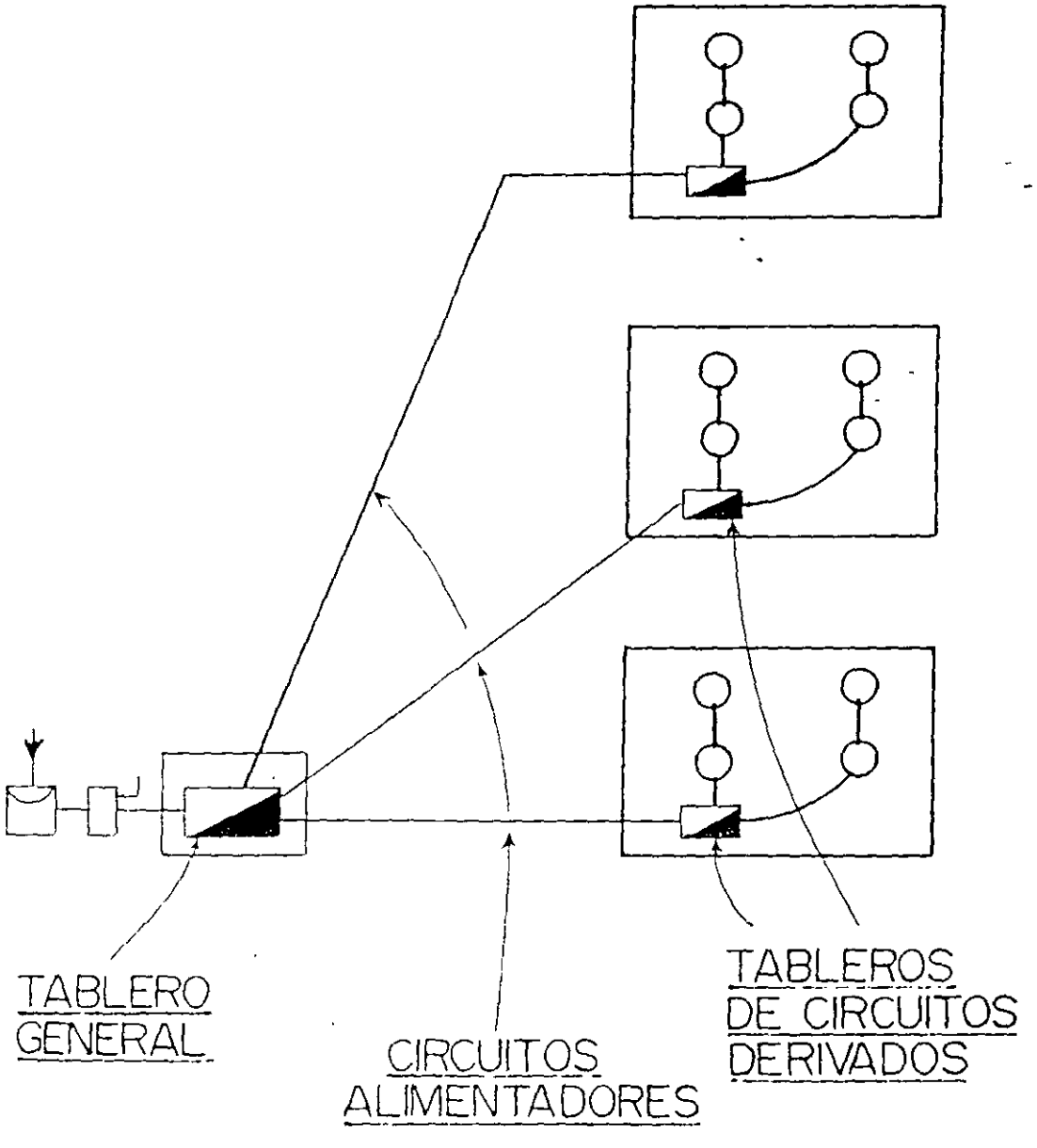
SOLUCION:



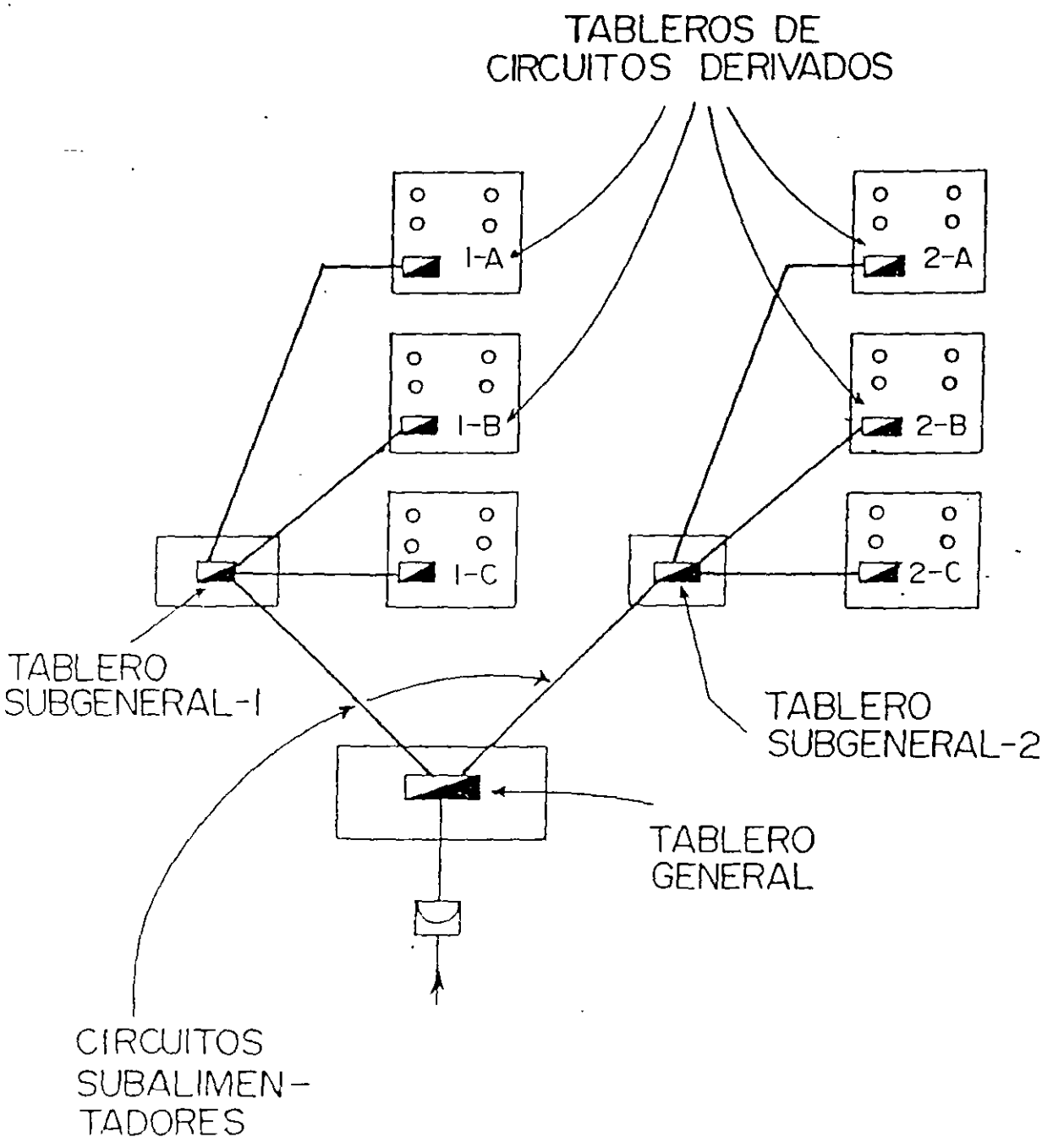
## DIVERSOS EJEMPLOS DE DISTRIBUCION

Buscando siempre resolver adecuadamente la protección y la operación del sistema.

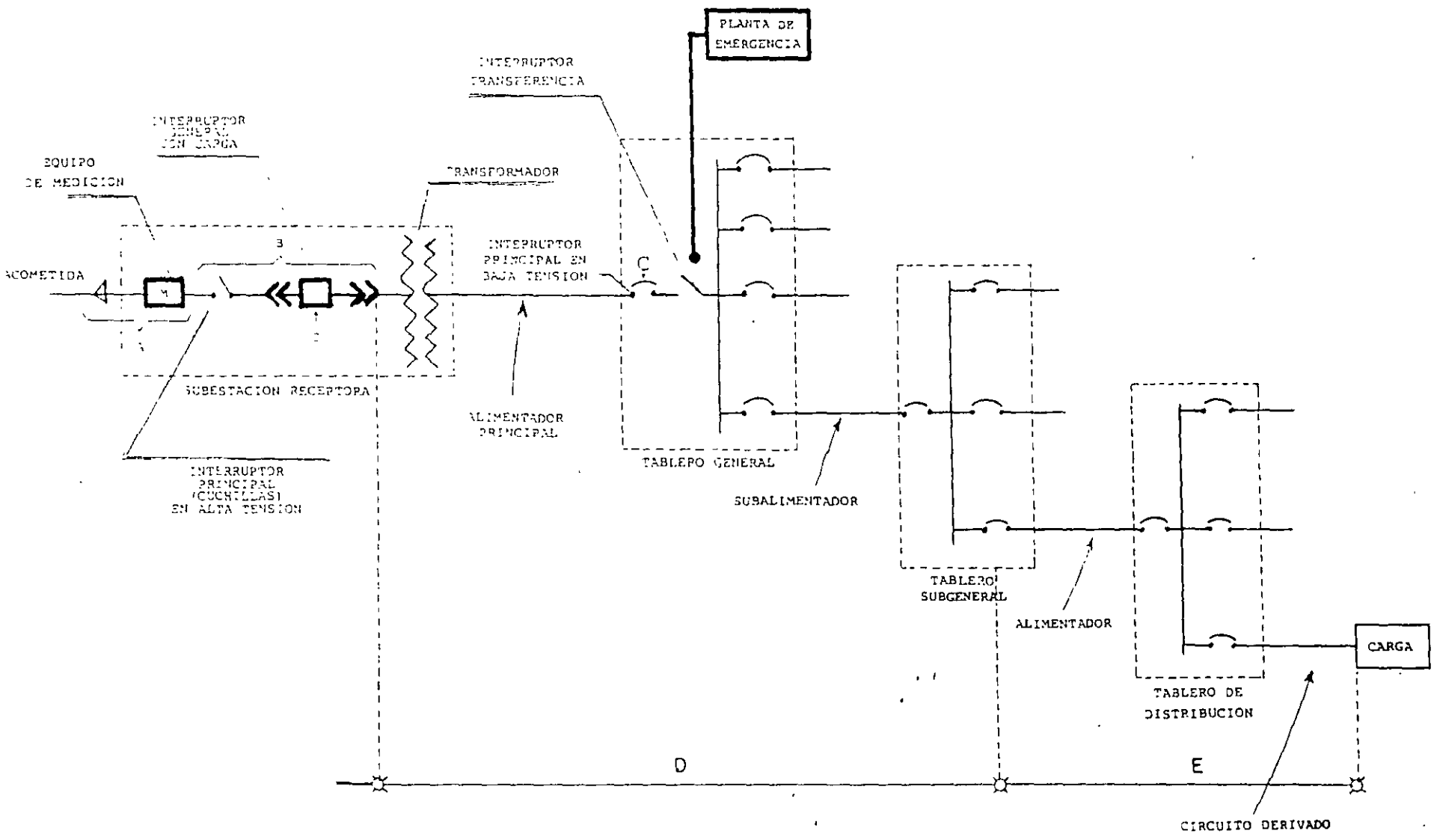
EJEMPLO No. 1



EJEMPLO No. 2


TABLEROS DE
CIRCUITOS DERIVADOS
1-A
1-B
1-C
2-A
2-B
2-C
TABLERO
SUBGENERAL-1
TABLERO
SUBGENERAL-2
TABLERO
GENERAL
CIRCUITOS
SUBALIMEN-
TADORES

EJEMPLO No 3

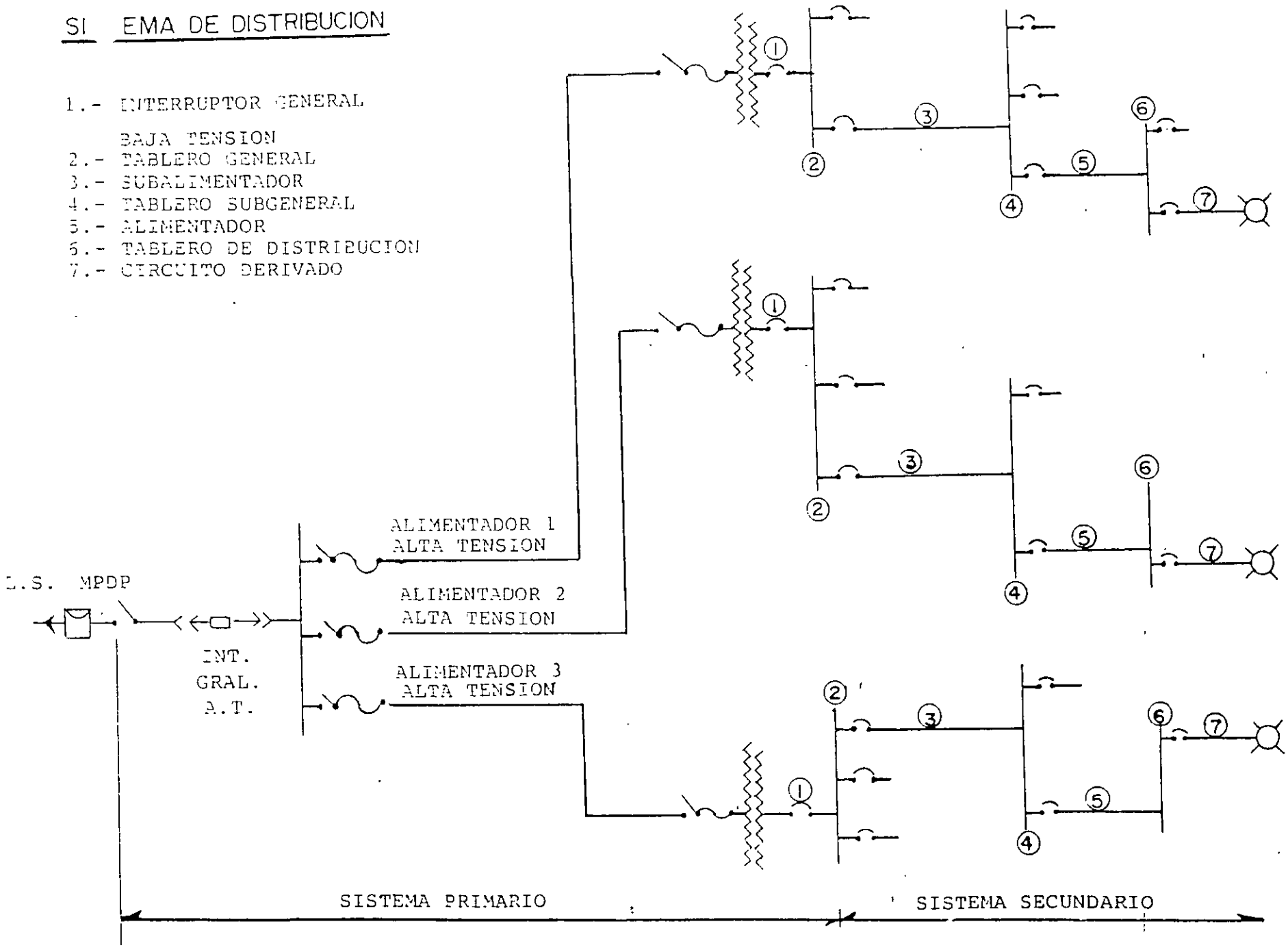



A DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA
B DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE DESCONEXION
C DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE PROTECCION
D SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO
SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIO

## SI EMA DE DISTRIBUCION

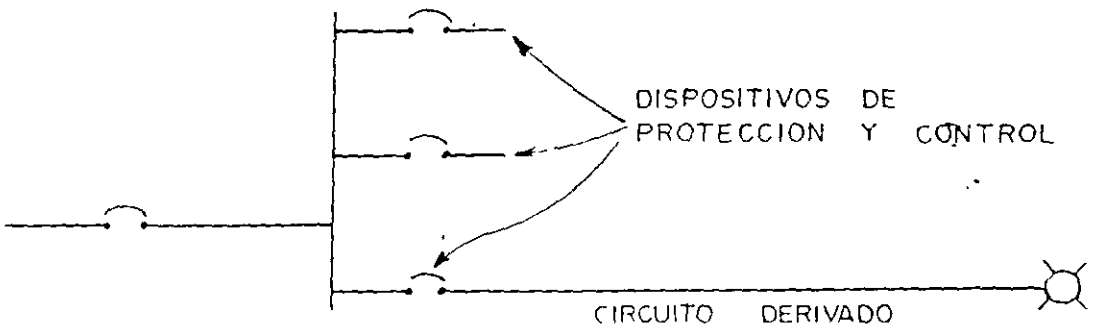
1.- INTERRUPTOR GENERAL

BAJA TENSION
2.- TABLERO GENERAL
3.- SUBALIMENTADOR
4.- TABLERO SUBGENERAL
5.- ALIMENTADOR
6.- TABLERO DE DISTRIBUCION
7.- CIRCUITO DERIVADO

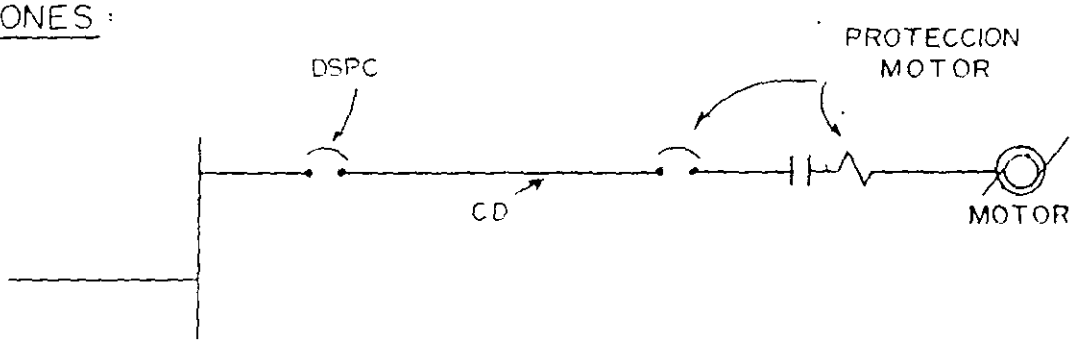


# CIRCUITO DERIVADO

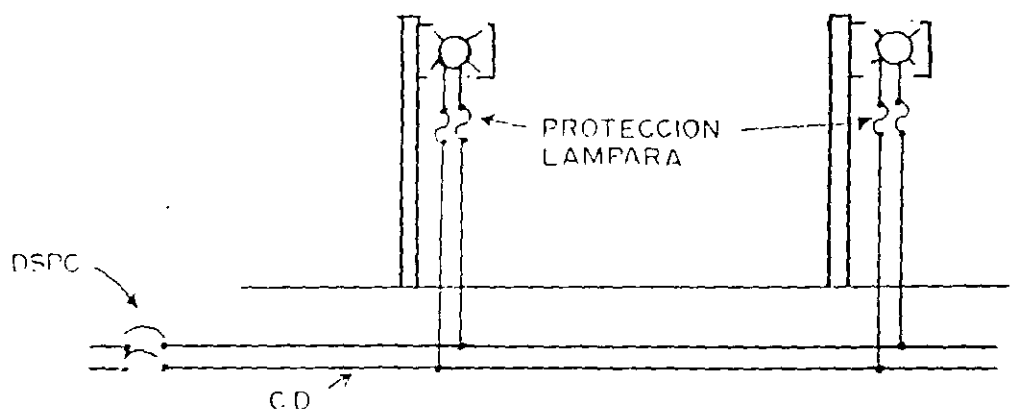
"CONJUNTO DE CONDUCTORES Y DEMAS ELEMENTOS QUE SE EXTIENDEN DESDE LOS ULTIMOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION HACIA LAS CARGAS."




EXCEPCIONES :




ALUMBRADO PUBLICO



# CLASIFICACION DE LOS CIRCUITOS

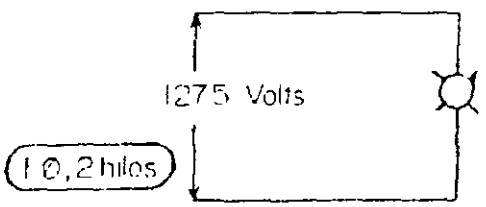
1- De acuerdo con su conexión eléctrica.

2- De acuerdo con su uso.

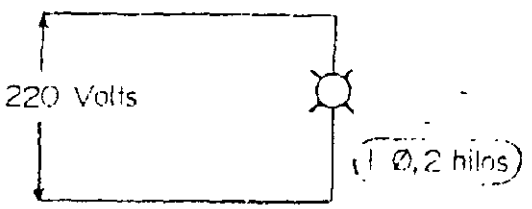
1- De acuerdo con su conexión eléctrica

1.2) En función de la cantidad de conductores que establecen el circuito: (MULTICONDUCTORES)

(1.2.1)

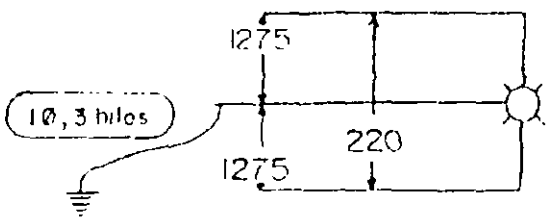



(1.2.2)

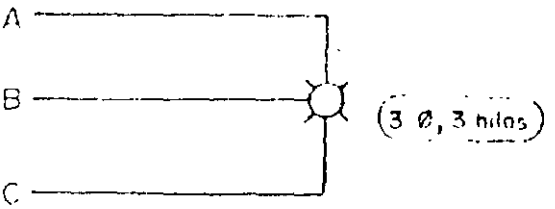



CIRCUITO DERIVADO MULTIFILAR ART. No. 210-4

(1.2.3)

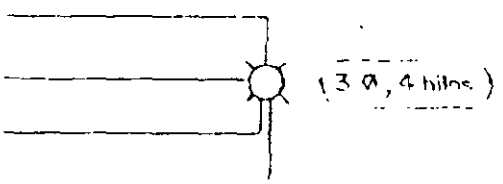



(1.2.4)




"DOS O MAS CONDUCTORES ACTIVOS CON UNA ΔV ENTRE SI ..Y UN CONDUCTOR PUESTO A TIERRA."

(1.2.5)




Codigo de Colores Neutro = Blanco, Tierra = Gris

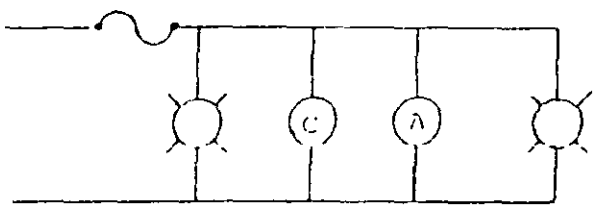
2).- DE ACUERDO CON SU USO ( NO EN NTIE )

2.1).- USO GENERAL
- CIRCUITO DE ALUMBRADO
- CIRCUITO DE CONTACTOS

**2.2).- USOS ESPECIFICOS 210-2 (TABLA)**

USO GENERAL

* PARA CARGAS DE ALUMBRADO Y APARATOS INDISTINTAMENTE NO RECOMENDADO PARA APARATOS QUE TOMEN MAS DE 3 AMP COMO PLANCHAS, PARRILLAS REFRIGERADORES, LAVADORAS,



¿CUANTAS LAMPARAS, CONTACTOS, APARATOS, ETC., SE DEBEN CONECTAR?

ESTO DEPENDE DE LA CLASIFICACION DEL CIRCUITO

¿QUE ESTABLECE LA CLASIFICACION DEL CIRCUITO?

↓

LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO

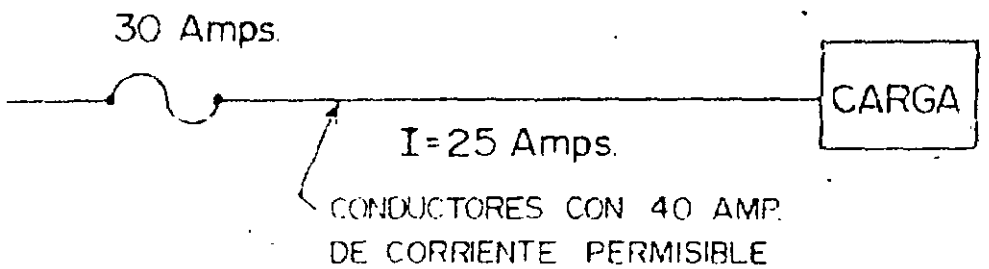
# LA CAPACIDAD DE UN CIRCUITO DERIVADO

# ES IGUAL A

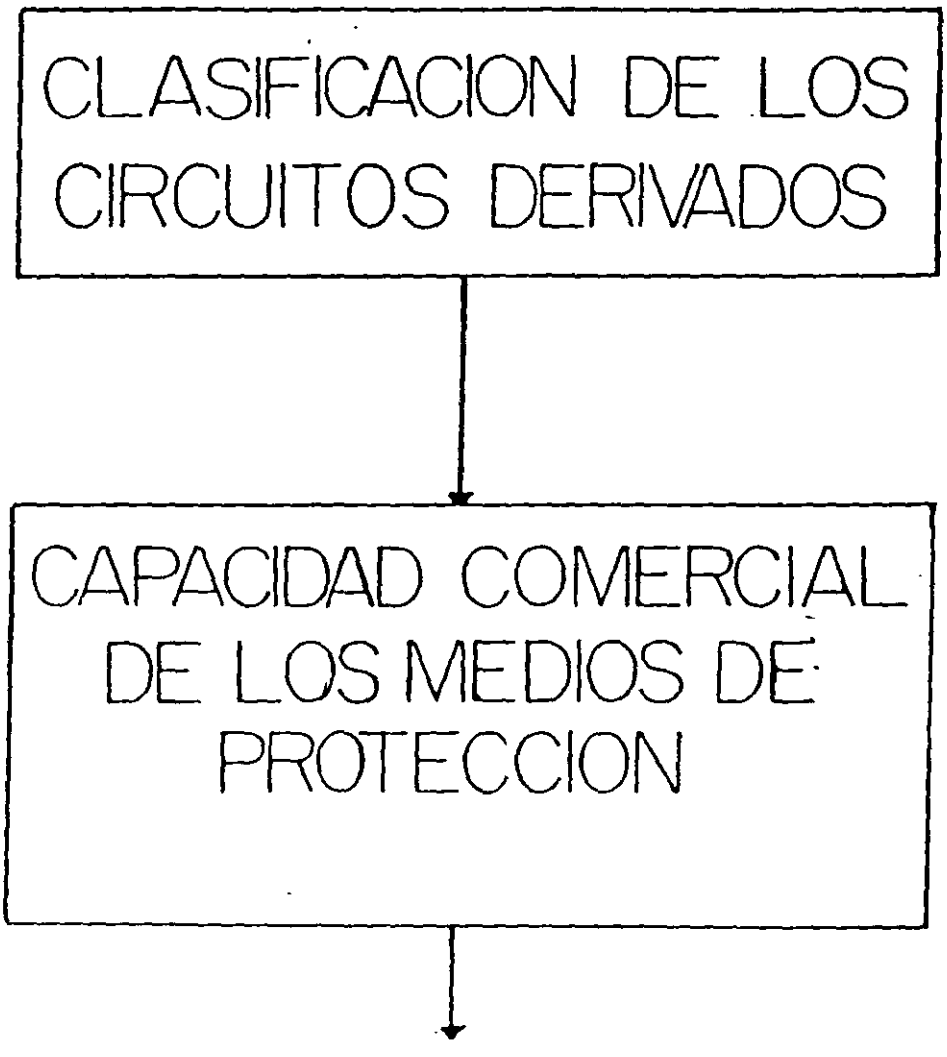
# LA CAPACIDAD DE SU PROTECCION

**QUE ES: 15A, 20A, 30A, 40A, 50A**

EJEMPLO:




LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO DERIVADO ES 30 AMP


CLASIFICACION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS
CAPACIDAD COMERCIAL DE LOS MEDIOS DE PROTECCION
15 Amps.
20 Amps.
30 Amps.
40 Amps.
50 Amps.

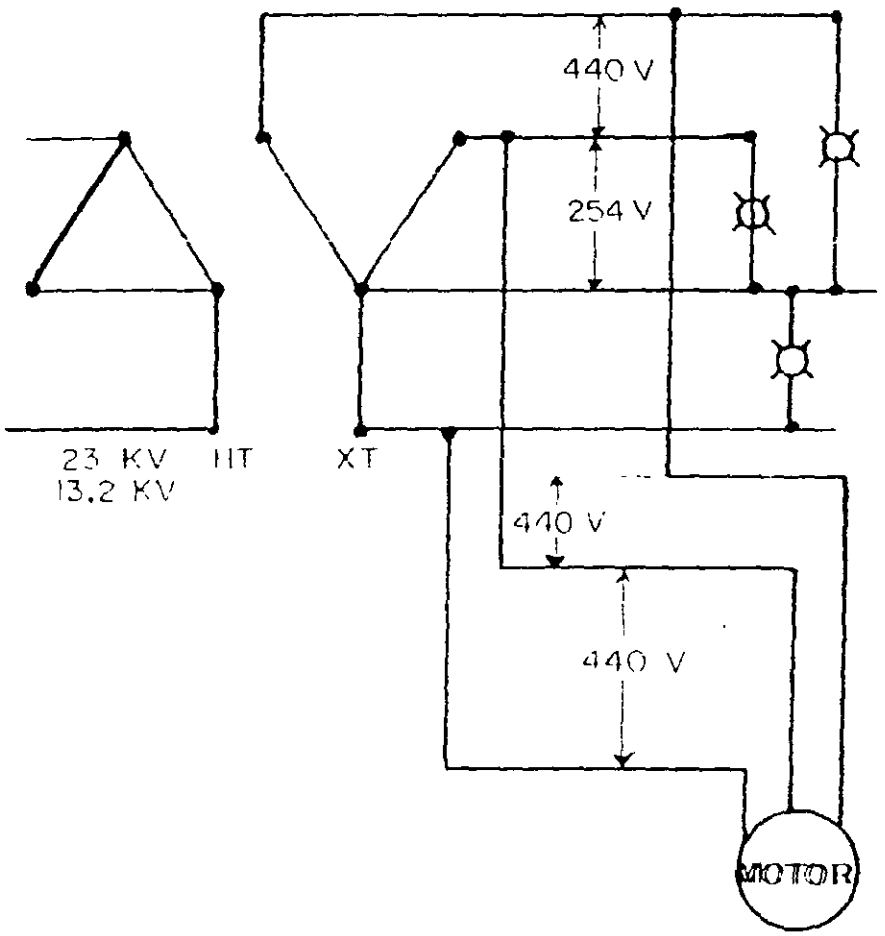
## Limitaciones del circuito de uso general

1.- EN TENSION:

1.1) VOLTAJE AL NEUTRO 127 Volts Art. No.210-6-a

EXCEPCIONES :

a).- EDIFICIOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES (hasta 227V. a tierra Art. No 210-6-b)
- * que tenga mantenimiento responsable
- * que tenga unicamente carga de alumbrado
- * que tenga altura mayor de 2.40 m a las cargas y /ADEMAS SIN INTERRUPTOR INTEGRAL/ Y
- * portalámparas tipo MOGUL




Voltaje > 150 volts

⇩

peligro para las personas pero :

⇩

CON VOLTAJE DE 220 VOLTS EL MOTOR CONSUME "1" Y CON VOLTAJE DE 440 VOLTS EL CONSUMO ES DE "1/2"

Hasta 600V. entre lineas (Art. No. 210-6-b)

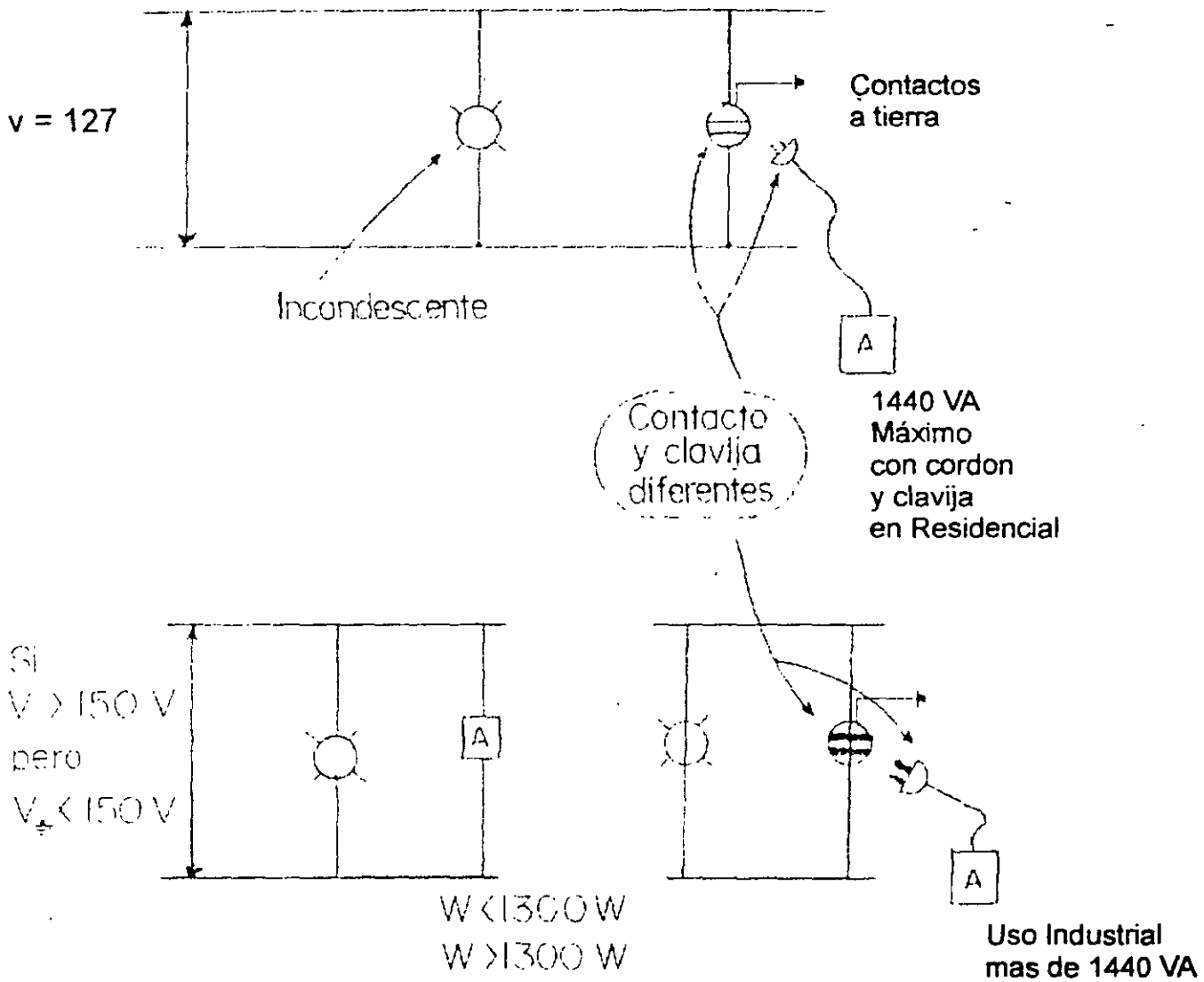
Equipo auxiliar de lamparas de descarga montadas permanentemente a alturas de 5.5 a 6.7 Mts.

# 1.2 TENSION ENTRE CONDUCTORES

En: • CASAS HABITACION

• HOTELES ó

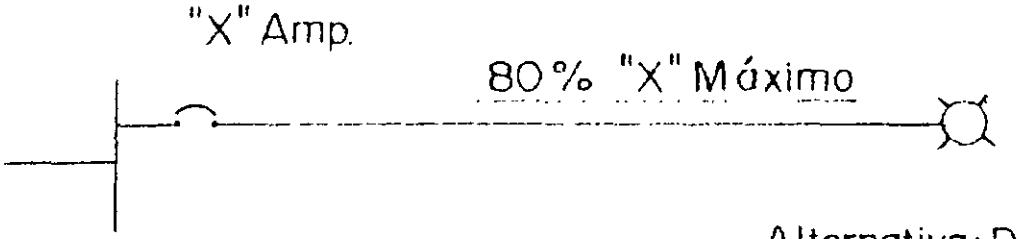
• LOCALES SIMILARES




Tablas Art. No. 210-b-2 y 210-b-3.

## 2.- CIRCUITOS CON "CARGA CONSTANTE"

( 3 Hrs. continuas )




Alternativa: Disminución no necesaria si se usa factor de agrupamiento en diseño

## 3.- RESIDENCIAS

MAXIMO = 20 Amps 2550 W

I x V x f.p.

## 4.- PORTALAMPARAS "SENCILLO"

Capacidad menor de 600 W

Soquets

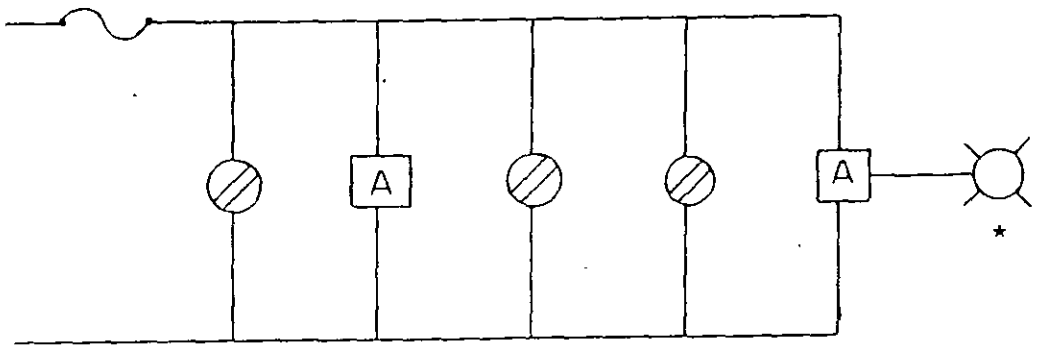
Base FL

Base SL.

MAXIMO = 20 Amps. 2550 W = BASE MOGUL

Resumen Art. No.. 210-24

# CIRCUITO PARA APARATOS




[A] Aparatos

Contactos

Carga definida

* Alumbrado integral

a) - Para cargas definidas (aparatos, no motor)

b).- Para cargas indefinidas

LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO QUEDA DEFINIDA POR LA CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION

Especificaciones de la capacidad de los circuitos :

* Circuito de 15 Amps.
* Circuito de 20 Amps.
* Circuito de 30 Amps.
* Circuito de 40 Amps.
* Circuito de 50 Amps.

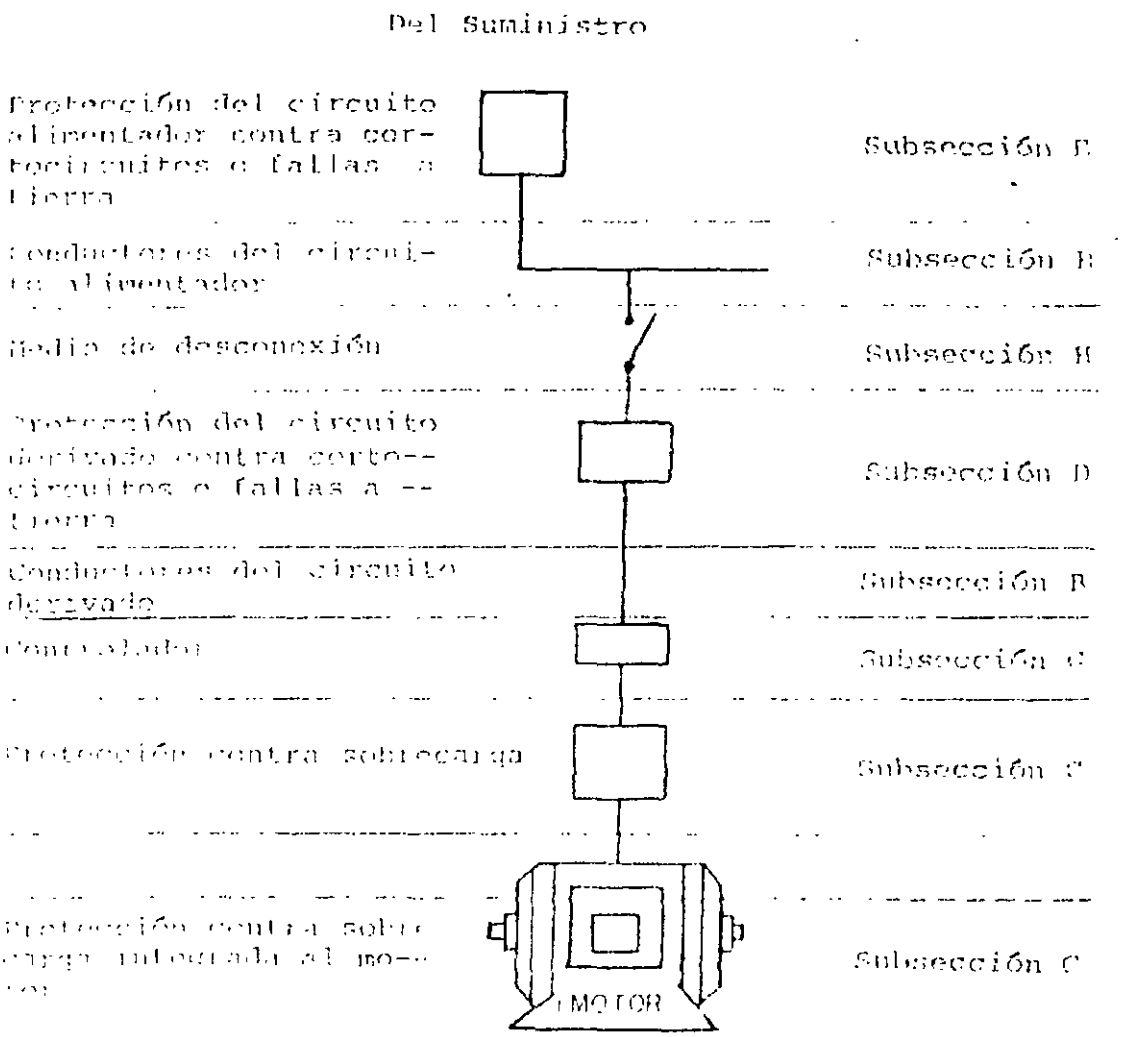
LIMITACION EN TENSION :

SE APLICA TAMBIEN NTIE-202-5-b (1.2-Circuito general)

# CIRCUITO DE FUERZA

## ELEMENTOS INTEGRANTES : Art. No. 430

Figura 430-1



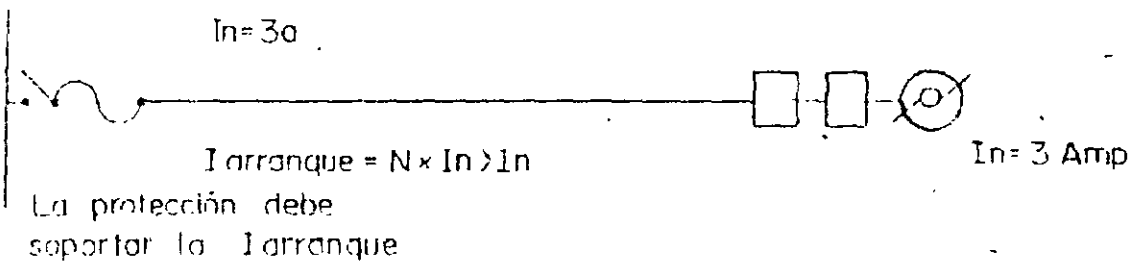

Otras subsecciones que aparecen en esta sección:

Generalidades — Subsección A
Circuitos de control de motores — Subsección F
Requisitos para tensiones mayores de 1,000 Volts — Subsección I
Conexión a tierra — Subsección J

# CAPACIDAD DE UN CIRCUITO DE FUERZA

CAPACIDAD DEL CIRCUITO ≠ CAPACIDAD DEL MEDIO DE PROTECCION DEL CIRCUITO

CAPACIDAD = CAPACIDAD PERMISIBLE DE SUS CONDUCTORES




La capacidad permisible de los conductores que abastecen a un motor es 125 % de la corriente nominal a plena carga del motor (NTIE 403.14)

EXCEPCIONES S/NTIE : Cuando el servicio sea :

De "corto tiempo" — Intermitente — Periódico — Variable en lugar del 125 % usar factores de la tabla siguiente:

**TABLA 430-22**

Factores para seleccionar los conductores para motores que no sean de servicio continuo.

| Tipo de servicio que requiere la carga | Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor. | | | |
| | 5 Minutos | 15 Minutos | 30 y 60 Minutos | Continuo |
| DE CORTO TIEMPO: Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc. | 110 | 120 | 150 | ----- |
| INTERMITENTES: Ascensores y montacargas máquinas-herramientas, bombas, puentes levadizos o giratorios, plataformas giratorias, etc. (para soldadoras de arco véase el artículo 518.12) | 85 | 85 | 90 | 140 |
| PERIODICO: Rodillos, máquinas para manipulación de mineral, etc. | 85 | 90 | 95 | 140 |
| VARIABLE: | 110 | 120 | 150 | 200 |

Cualquier aplicación de un motor se considera como de servicio continuo, a menos que la naturaleza de la máquina o aparato accionado sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquier condición de uso.

CORTO TIEMPO - Funcionamiento de una carga sustancialmente constante por un tiempo corto definido.

INTERMITENTE - Funcionamiento por períodos alternados
1) - Con carga y sin carga
2) - Con carga y desconectado
3) - Con carga, sin carga y desconectado

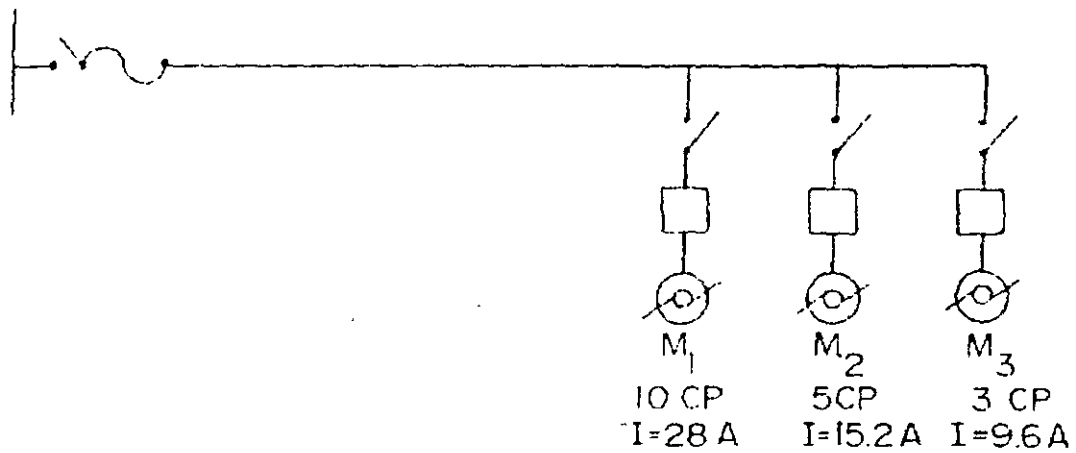
PERIODICO - Intermitente con condiciones de carga recurrentes.

VARIABLE - La carga y sus intervalos de duración sujetos a variaciones considerables

CONTINUO - Carga sustancialmente constante por un tiempo largo indefinido.

## CIRCUITO CON VARIOS MOTORES

Capacidad permisible = $1.25\, I_{Mayor} + \Sigma\, I_i$




Ejemplo: $1.25 \times 28 + 15.2 + 9.6 = 59.8$

MOTORES MONOFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA
CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE

LOS SIGUIENTES VALORES DE CORRIENTE A PLENA CARGA SON PARA MOTORES QUE FUNCIONEN A VELOCIDADES MORMALES Y CON CARACTERISTICAS DE PAR TAMBIEN NORMALES.LOS MOTORES DE VELOCIDAD ESPECIALMENTE BAJA O DE ALTO PAR MOTOR PUEDEN TENER CORRIENTES A PLENA CARGA MAYORES Y LOS DE VELOCIDADES MULTIPLES TENDRAN UNA CORRIENTE A PLENA CARGA QUE VARIA CON LA VELOCIDAD; EN ESTOS CASOS DEBE USARSE LA CORRIENTE A PLENA CARGA INDICADA EN LA PLACA DE DATOS.

| C.P. | 127 Volts. | 220 Volts. |
|---|---|---|
| 1/6 | 4.0 | 2.3 |
| 1/4 | 5.3 | 3.0 |
| 1/3 | 6.5 | 3.8 |
| 1/2 | 8.9 | 5.1 |
| 3/4 | 11.5 | 7.2 |
| 1 | 14.0 | 8.4 |
| 1 1/2 | 18.0 | 10.0 |
| 2 | 22.0 | 13.0 |
| 3 | 31.0 | 18.0 |
| 5 | 51.0 | 29.0 |
| 7 1/2 | 72.0 | 42.0 |
| 10 | 91.0 | 52.0 |

## CIRCUITOS DERIVADOS - REQUERIDOS

ANALIZAR:

1- Cantidad suficiente para alimentar a toda la carga definida.
2- Las limitaciones de cada tipo de circuito.
3- La posición relativa de salidas y de los tableros, y su influencia en la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores.
4- Establecer una distribución UNIFORME de la carga.
5- Se recomienda:

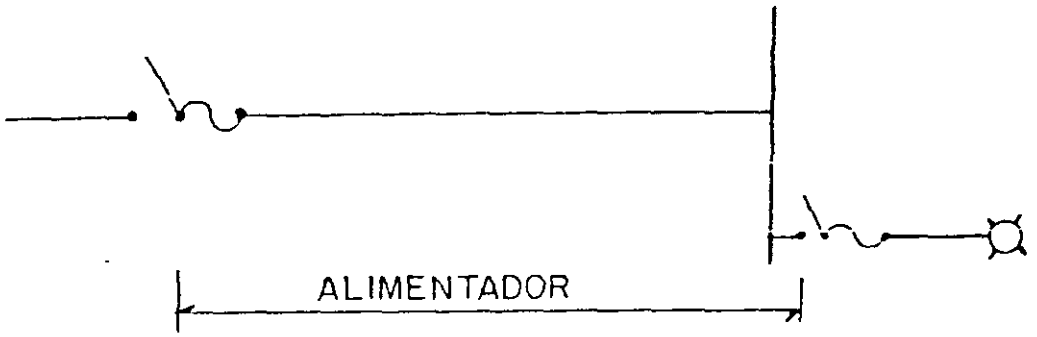
INDEPENDIZAR los circuitos de alumbrado de los circuitos de mas de 3 Amp. C/U.
(para planchas, parrillas, refrigeradores, etc.)

6- En residencias

2 circuitos de 20 Amp., independientes, para contactos de:

- COCINA
- LAVADO
- SALA
- COMEDOR

# CIRCUITOS ALIMENTADORES




"CONJUNTO DE CONDUCTORES Y DEMAS ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN ENTRE EL MEDIO PRINCIPAL DE DESCONEXION Y LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS."

## CALIBRE

DEBE TENER UNA CAPACIDAD NO MENOR A LA DEMANDA MAXIMA DETERMINADA. Art. 215-2

Calibre mínimo : # 10 AWG ( 5.26 $mm^2$ )
No Menos de 30 amp.

DEMANDA MAXIMA: es :

"LA SUMA DE LA CARGA DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS ABASTECIDOS, MULTIPLICADA POR EL "FACTOR DE DEMANDA"

## FACTOR DE DEMANDA

$$F\,D = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA}}{\text{CARGA CONECTADA}}$$

# DETERMINACION DE FACTORES DE DEMANDA

PARA:

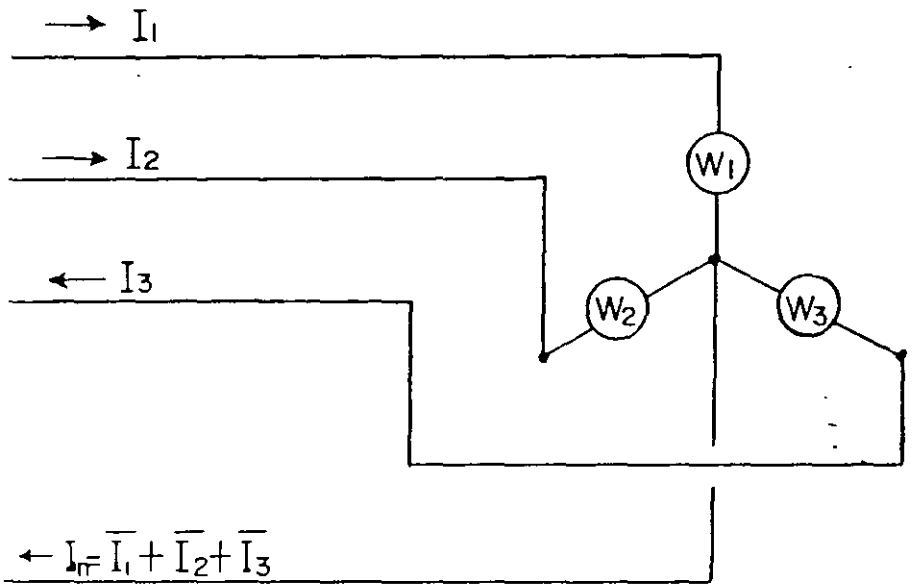
ALUMBRADO GENERAL ——— SEGUN **TABLA 220-11**

CONTACTOS ——— CARGA INDEFINIDA: ESTIMAR 180 W/Ø Y APLICAR **TABLA 220-13**

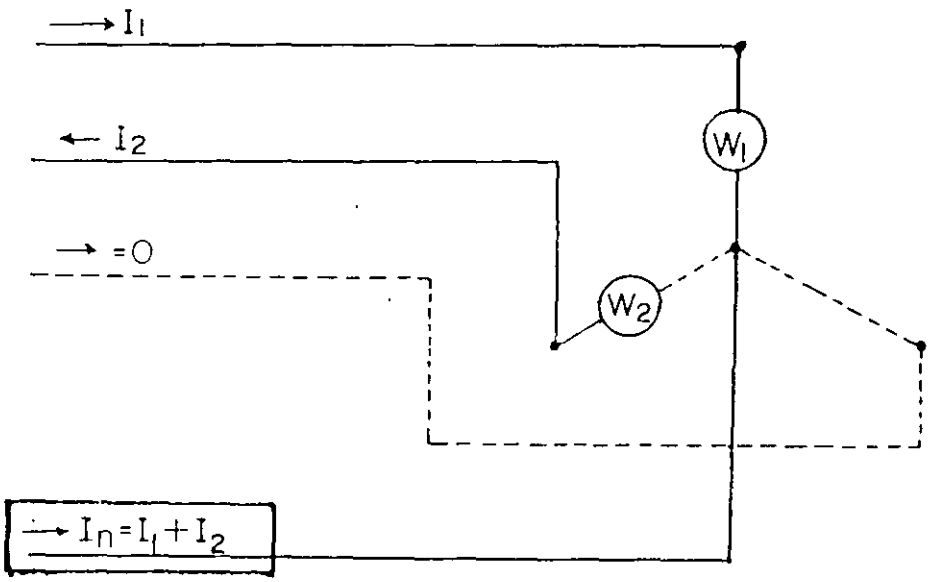
APARATOS ———
- UN [A]/Ø F.D = 100 %
- DOS O MAS [A]/Ø F.D = 75 %
- [A] CALEFACCION F.D. = 100 %

MOTORES ——— SE CONSIDERA NORMA: CIRCUITO PARA DOS O MAS MOTORES

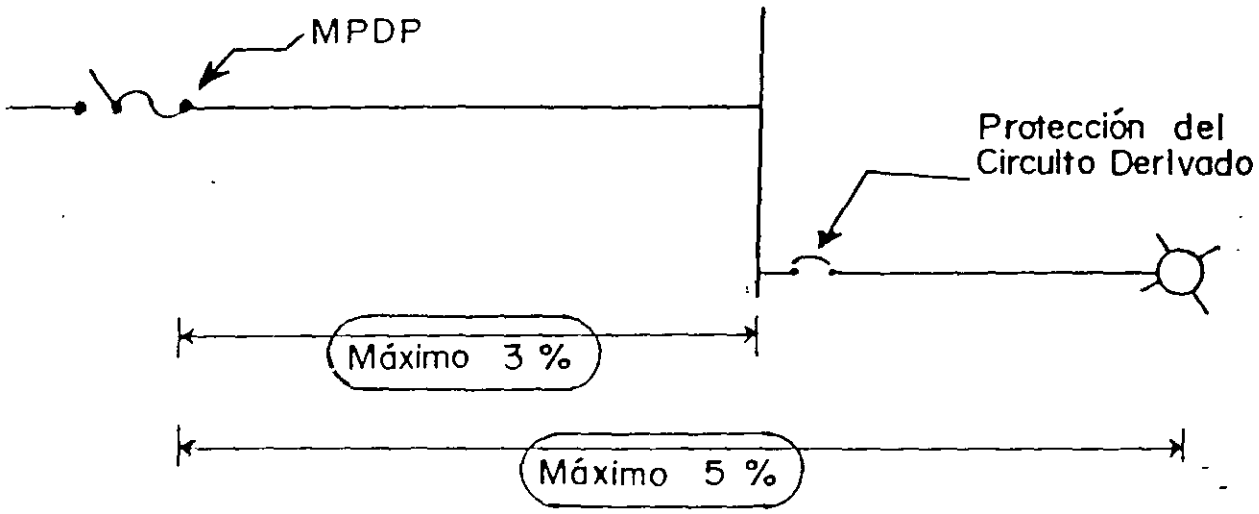
# CARGA DEL CONDUCTOR NEUTRO



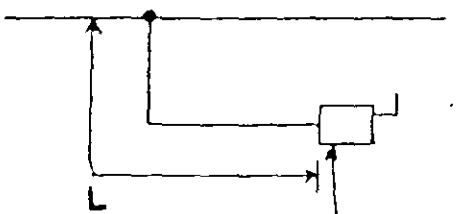

Sí $W_1 > W_2 > W_3$ ➡ CONSIDERAR "DESEQUILIBRIO MAXIMO"



# CAIDA DE TENSION




# DERIVACIONES




L > 10 m :

- DERIVACION MISMA CAPACIDAD DE ALIMENTADOR.

L ≤ 10 m :

- DERIVACION PUEDE TENER 1/3 DE LA CAPACIDAD DEL ALIMENTADOR, PERO CON SUFICIENTE CAPACIDAD PARA LA CARGA.*
- TERMINAR EN UN DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE DE LA MISMA CAPACIDAD DE LA DERIVACION.

*NO SI L ≤ 3 m.

# TABLERO DE DISTRIBUCION

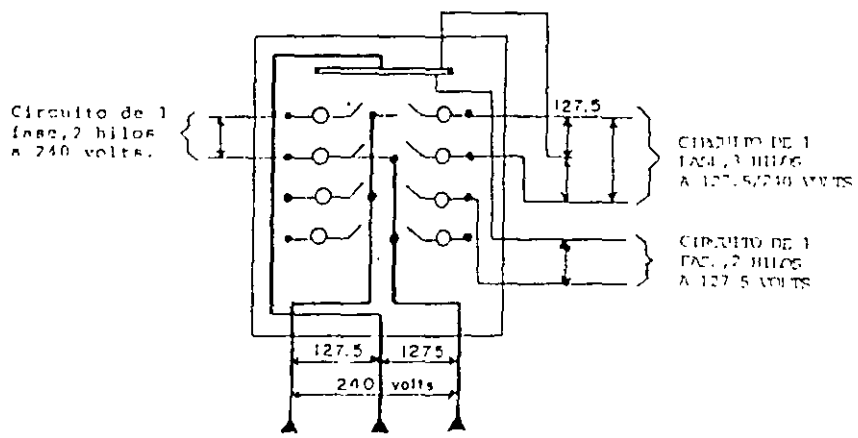
OBJETIVOS:

① DISTRIBUIR LA ENERGIA ELECTRICA, POR GRUPOS O ZONAS DE UTILIZACION, DERIVANDO DE ÉL LOS CIRCUITOS.

② PROTEGER A LOS CIRCUITOS DERIVADOS

③ CENTRO DE OPERACION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES:




Alimentación 1 fase, 3 hilos a un tablero con interruptores y fusibles.

LOS TABLEROS DE CIRCUITOS DERIVADOS

Contienen:

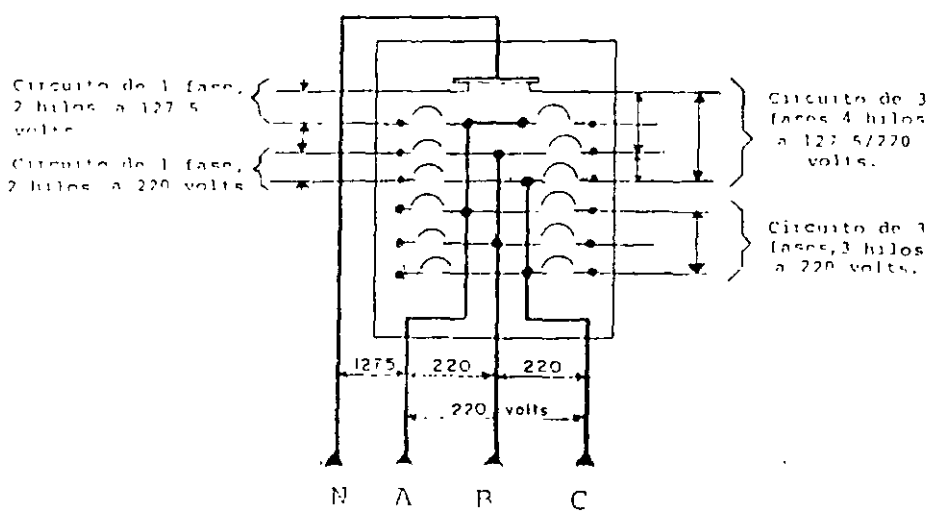
1.- Barras alimentadoras de corriente y neutra.

2.- Interrupción.

a).- Interruptores
b).- Interruptores automáticos
c).- Ninguno

3 - Protección del circuito.

a).- Fusibles
b).- Interruptores automáticos



# TABLEROS DE DISTRIBUCION

USOS:

1):- DISTRIBUIR ENERGIA

2):- PROTEGER LOS CIRCUITOS

3):- OPERAR LOS CIRCUITOS

## PRINCIPALES CONDICIONES A ANALIZAR RELATIVAS A LOS TABLEROS

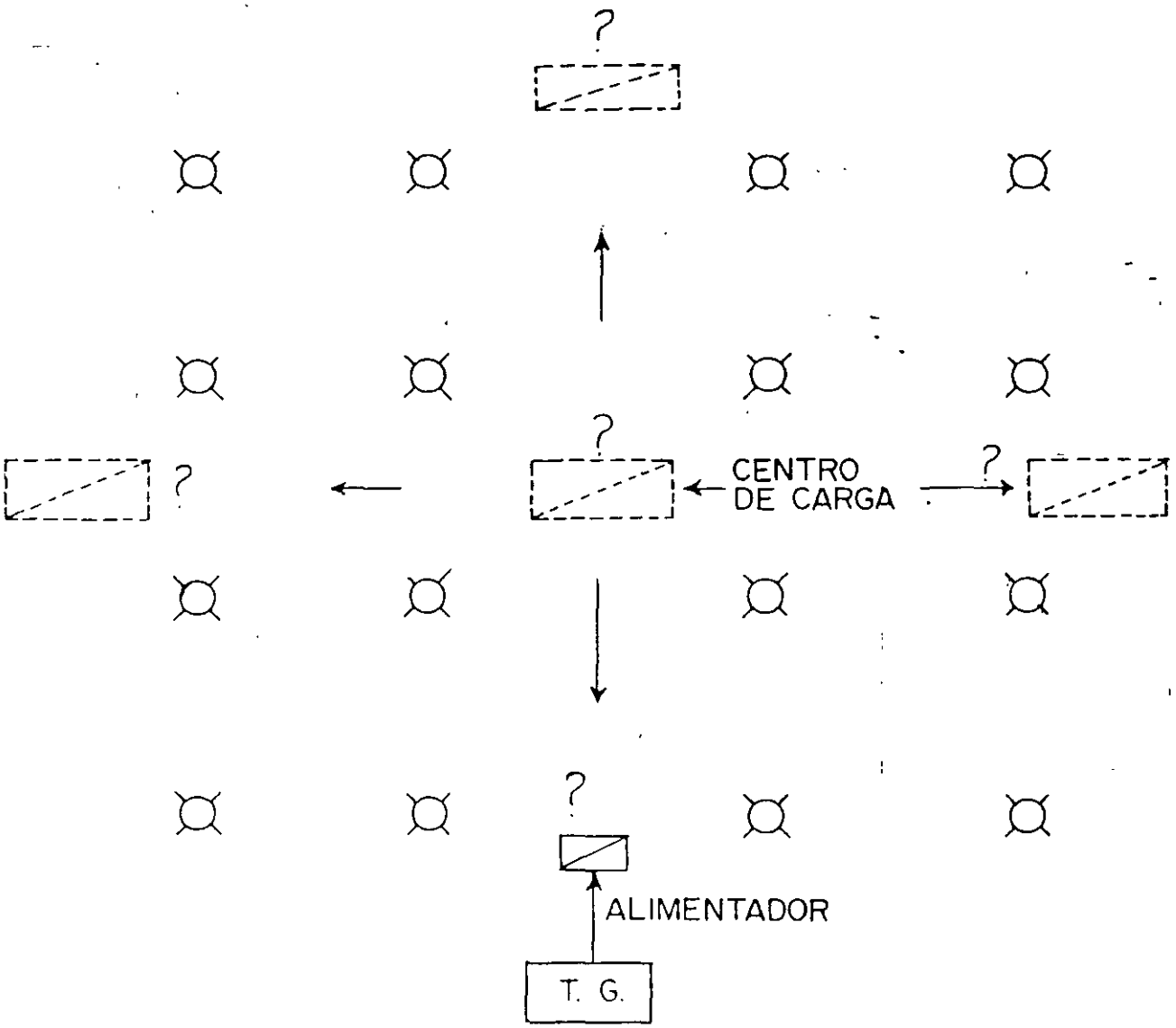
1):- CANTIDAD DE CIRCUITOS (MAX 42)

2):- USO

3):- LOCALIZACION RELATIVA A LAS CARGAS QUE CONTROLA. (CENTRO DE CARGA).

4):- LOCALIZACION RELATIVA A LA TRAYECTORIA DE SU ALIMENTADOR.

5):- ACCESIBILIDAD




¿ CUAL ES LA UBICACION CORRECTA DEL CENTRO DE CARGA ?

**Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado**

| Tipo de local | Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (en VA) | Factor de demanda por ciento |
|---|---|---|
| Almacenes | Primeros 12500 o menos | 100 |
| | A partir de 12500 | 50 |
| Hospitales* | Primeros 50000 o menos | 40 |
| | A partir de 50000 | 20 |
| Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina* | Primeros 20000 o menos | 50 |
| | De 20001 a 100000 | 40 |
| | A partir de 100000 | 30 |
| Unidades de vivienda | Primeros 3000 o menos | 100 |
| | De 3001 a 120000 | 35 |
| | A partir de 120000 | 25 |
| Todos los demás | Total VA | 100 |

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

220-12. **Alumbrado de escaparates.** Para el alumbrado de escaparates se debe incluir una carga no inferior a 200 VA por cada 305 mm de escaparate, medido horizontalmente a lo largo de su base.

*NOTA:* Para los circuitos derivados de escaparates, véase 220-3(c), Excepción 3.

220-13. **Cargas para receptáculos en locales que no sean de vivienda.** En edificios que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida, según 220-3(c)(7), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-11 o también sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-13.

**Tabla 220-13. Factores de demanda para cargas de receptáculos en edificios no residenciales**

| Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA) | Factor de demanda por ciento |
|---|---|
| Primeros 10 kVA o menos | 100 |
| A partir de 10 kVA | 50 |

Tabla 210-24. Resumen de requisitos de los circuitos derivados

| Capacidad de conducción de corriente nominal del circuito (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|
| Conductores (tamaño nominal mínimo mm2-AWG): | | 3.3(12) 2.082(14) | 5.26(10) 2.082(14) | 3.38(8) 3.3(12) | 13.3(6) 3.3(12) |
| Conductores del circuito* | 2.082(14) | Véase 240-4 | | | |
| Derivaciones | 2.082(14) | | | | |
| Cables y cordones de aparatos eléctricos | | | | | |
| Protección contra sobrecorriente (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Dispositivo de salida: Portalámparas permitidos | De cualquier | De cualquier | Servicio pesado | Servicio pesado | Servicio pesado |
| Capacidad de conducción de corriente admisible del receptáculo** | Tipo 15 A máx. | Tipo 15 o 20 A. | 30A | 40 o 50 A | 50 A |
| Carga Máxima (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Carga permisible | Véase 210-23(a) | Véase 210-23(a) | Véase 210-23(b) | Véase 210-23© | Véase 210-23© |

*Estos tamaños se refieren a conductores de cobre

**Para la capacidad de conducción de corriente de los aparatos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordon y clavija, véase 410-30©

210-2. Otros Artículos para circuitos derivados con propósitos específicos. Los circuitos derivados deben cumplir este Artículo y también las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta NOM. Las disposiciones de los circuitos derivados que alimentan equipos de la siguiente lista, modifican o complementan las disposiciones de este Artículos y se deben aplicar a los circuitos derivados referidos en las mismas:

| Concepto | Articulo | Sección |
|---|---|---|
| Anuncios luminosos y alumbrado de realce | | 600-6 |
| Barras colectoras | | 364-9 |
| Casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos de casas móviles | 550 | |
| Circuitos y equipos que funcionan a menos de 50V | 720 | |
| Circuitos de control remoto, señales y con limitación de corriente de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 | 725 | |
| Computadoras electrónicas/equipo de proceso de datos | | 645-5 |
| Distribución en circuito cerrado y de corriente programada | 780 | |
| Elevadores, montacargas, escaleras y pasillos móviles, elevadores para sillas de ruedas | | 620-61 |
| Equipo de aire acondicionado y refrigeración | | 440-6<br>440-37<br>440-32 |
| Equipo de calefacción central, excepto de calefacción central eléctrica fija | | 422-7 |
| Equipo de calefacción central eléctrica fija | | 424-3 |
| Equipo de calefacción industrial por lámparas de infrarrojos | | 422-15<br>424-3 |
| Equipo de calefacción por inducción y dieléctrico | 665 | |
| Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve | | 426-4 |
| Equipo de grabación, de sonido y similares | | 640-6 |
| Equipo de rayos X | | 660-2<br>517-73 |
| Estudios cinematográficos y de TV y locales similares | 530 | |
| Grúas y elevadores | | 610-42 |
| Maquinas de soldar eléctricas | 630 | |
| Marinas y muelles de yates | | 555-4 |
| Motores, circuitos de motores y controladores | 430 | |
| Organos de tubos | | 650-6 |
| Sistemas de alarmas contra incendios | 760 | |
| Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control | | 384-32 |
| Teatros, zonas de espectadores en estudios cinematográficos y de televisión y locales similares. | | 520-41<br>520-52<br>520-62 |
| Vehículos recreativos y estacionamientos de vehículos recreativos | 551 | |

**Tabla 210-21 (b) (2) Carga máxima a un receptáculo para aparatos eléctricos con cordón y clavija**

| Capacidad de conducción de corriente nominal del Circuito (A) | **Capacidad de conducción de corriente admisible de la Base (A)** | **Carga máxima (A)** |
|---|---|---|
| 15 o 20 | **15** | **12** |
| 20 | **20** | **16** |
| 30 | **30** | **24** |

**Tabla 210-21 (b) (3) Capacidad de conducción de corriente admisible de receptáculos en circuitos de diversas capacidad.**

| **Capacidad de conducción de corriente nominal del Circuito (A)** | **Capacidad de conducción de Corriente admisible del receptáculo (A)** |
|---|---|
| **15** | **No mas de 15** |
| **20** | **15 o 20** |
| **30** | **30** |
| **40** | **40 o 50** |
| **50** | **50** |

**Tabla 220-3(b) Cargas de alumbrado general por uso de edificio**

| Uso de edificio | Carga unitaria (VA/m2) |
|---|---|
| Almacenes | 2,5 |
| Bancos | 35** |
| Casa de huéspedes | 15 |
| Clubes | 20 |
| Colegios | 30 |
| Cuarteles y auditorios | 10 |
| Edificio de oficinas | 35** |
| Edificios industriales y comerciales | 20 |
| Estacionamientos públicos | 5 |
| Hospitales | 20 |
| Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina* | 20 |
| Iglesias | 10 |
| Juzgados | 20 |
| Peluquerías y salones de belleza | 30 |
| Restaurantes | 20 |
| Tiendas | 30 |
| Unidades de vivienda* | 30 |
| En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en Viviendas Unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares: | |
| Lugares de reunión y auditorios | 10 |
| Recibidores, pasillos, armarios, escaleras | 5 |
| Lugares de almacenajes | 2,5 |

*Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4(b) y (c); se deben considerar tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.

**Además se debe incluir una carga unitaria de 10,5 VA/$m^2$ para salidas receptáculos de uso general cuando no se sepa el numero real de este tipo de tomas.

**Tabla 220-32 Calculo opcional de los factores de demanda de unidades multifamiliares con tres o más viviendas**

| Número de unidades de vivienda | Factor de demanda por ciento |
|---|---|
| 3-5 | 45 |
| 6-7 | 44 |
| 8-10 | 43 |
| 11 | 42 |
| 12-13 | 41 |
| 14-15 | 40 |
| 16-17 | 39 |
| 18-20 | 38 |
| 21 | 37 |
| 22-23 | 36 |
| 24-25 | 35 |
| 26-27 | 34 |
| 28-30 | 33 |
| 31 | 32 |
| 32-33 | 31 |
| 34-36 | 30 |
| 37-38 | 29 |
| 39-42 | 28 |
| 43-45 | 27 |
| 46-50 | 26 |
| 51-55 | 25 |
| 56-61 | 24 |
| De 62 en adelante | 23 |

## TABLEROS DE CIRCUITOS DERIVADOS

DEFINICION.- Tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos, es aquél que tiene más del 10 por ciento de sus elementos de protección contra sobrecorriente calibrados a 30 amperes o menos y está dotado de barra para conexiones al neutro.

### NORMAS GENERALES PARA LA SELECCION DE UN TABLERO DE CIRCUITOS DERIVADOS

1.- No más de 42 circuitos derivados monopolares de un solo tablero.

2.- La mayor distancia permitida en los conductores entre tablero y la primera salida es de 30 metros.

3.- Los tableros deberán instalarse en sitios de fácil acceso.

4.- Los tableros deberán instalarse tan cercanos como sea posible a su centro de carga.

5.- Para interrumpir un circuito desde su tablero, deberá usarse un interruptor de cuchillas provisto de fusibles o un disyuntor termomagnético.

6.- Para la localización de los tableros, deberá considerarse la menor longitud posible de su alimentador y el mínimo de curvas en su recorrido.

7.- La capacidad de corriente mínima de las barras alimentadoras de los tableros, deberá ser igual o mayor a la mínima requerida por los cables alimentadores para abastecer la carga.

8.- Un tablero para alumbrado y aparatos alimentado con una línea protegida a más de 200 amperes, debe contar en su alimentación con protección contra sobrecorriente con capacidad no mayor que la del tablero, sin exceder 200 amperes.

9.- En edificios comerciales, institucionales y multifamiliares, incluyendo hoteles, se recomienda instalar por lo menos un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos en cada planta.

10.-Una vez seleccionados los circuitos derivados para alumbrado y aparatos, así como el tamaño, tipo y localización de tableros, deberá consignarse en planos y una tabla que indique: designación de cada tablero; localización, número y capacidad de los circuitos derivados, su carga conectada, tipo y capacidad de sus elementos de protección, capacidad de los alimentadores, tamaño y tipo del interruptor general con su elemento de protección y todas aquellas indicaciones que sirvan para aclarar al instalador las intenciones del proyectista.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

## *ANEXO*

## *NORMATIVIDAD*

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA

ARTICULO 28.- CORRESPONDE AL SOLICITANTE DEL SERVICIO REALIZAR A SU COSTA Y BAJO SU RESPONSABILIDAD. LAS OBRAS E INSTALACIONES DESTINADAS AL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA. MISMAS QUE DEBERAN SATISFACER LOS REQUISITOS TECNICOS Y DE SEGURIDAD QUE FIJEN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SOLO SUMINISTRARA ENERGIA ELECTRICA EN SERVICIOS EN ALTA TENSION Y EN LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA, PREVIO A LA COMPROBACION DE QUE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS HAN SIDO CERTIFICADAS POR UNA UNIDAD DE VERIFICACION APROBADA POR LA SECRETARIA DE ENERGIA.

LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION
(PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 1 DE JULIO DE 1992)

LA CERTIFICACION Y VERIFICACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS SE REALIZARA POR LAS DEPENDENCIAS O POR ORGANISMOS DE CERTIFICACION, LABORATORIOS DE PRUEBAS Y DE CALIBRACION Y UNIDADES DE VERIFICACION ACREDITADAS.

# UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Objetivo.

Verificar exclusivamente el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana aplicable a instalaciones eléctricas.

NOM-EM-001-SEMP-1993

Actuación:

A solicitud del usuario.

Función:

Certificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana aplicable a instalaciones eléctricas.

Obligación:

Proporcionar un servicio con calidad y eficiencia.

# NORMA OFICIAL MEXICANA
## NOM-001-SEMP-1994

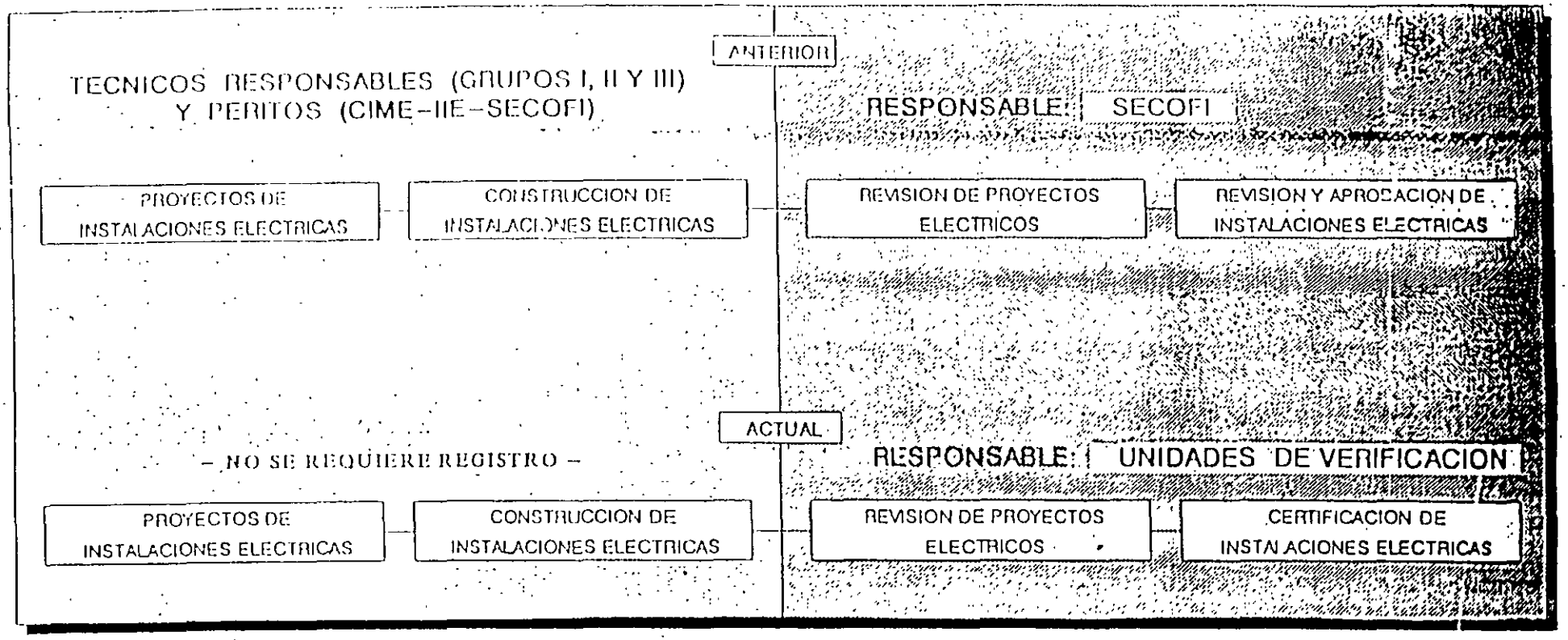
Relativa a instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica

## OBJETIVO

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

Nota: Suple a la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993, cuya prórroga concluyó el 15 de octubre de 1994.

## ACTIVIDADES QUE SE REALIZABAN ANTES Y DESPUES DE LAS MODIFICACIONES A LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA DEL 23 DE DICIEMBRE DE 1992




*DE CONFORMIDAD CON LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION DEL 1º DE JULIO DE 1992.*

*CERTIFICACION :*

*PROCEDIMIENTO POR EL CUAL SE ASEGURA QUE UN PRODUCTO, PROCESO SISTEMA O SERVICIO SE AJUSTA A LAS NORMAS O LINEAMIENTOS O RECOMENDACIONES DE ORGANISMOS DEDICADOS A LA NORMALIZACION NACIONALES O INTERNACIONALES.*

# CONTENIDO DE LA NOM-001-SEMP-1994

INTRODUCCION. (1 Artículo)

PRIMERA PARTE

- CAPITULO 1. Disposiciones generales. (2 Artículos)
- CAPITULO 2. Diseño y protección de las instalaciones eléctricas. (9 Artículos)
- CAPITULO 3. Métodos de instalación y materiales. (42 Artículos)
- CAPITULO 4. Equipos de uso general. (15 Artículos)
- CAPITULO 5. Ambientes especiales. (22 Artículos)
- CAPITULO 6. Equipos especiales. (18 Artículos)
- CAPITULO 7 Condiciones especiales. (11 Artículos)
- CAPITULO 8 Sistemas de comunicación. (3 Artículos)
- CAPITULO 9. Alumbrado público (6 Artículos)
- CAPITULO 10. Tablas.

SEGUNDA PARTE

- CAPITULO 21. Generalidades (3 Artículos)
- CAPITULO 22. Líneas aéreas. (10 Artículos)
- CAPITULO 23. Líneas subterráneas. (9 Artículos)
- CAPITULO 24. Subestaciones. (5 Artículos)

Total: 156 Artículos

# SEGUNDA SECCION

# SECRETARIA DE ENERGIA

## NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), APROBADA EN LA CUARTA REUNION ORDINARIA DEL COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE INSTALACIONES ELECTRICAS, CELEBRADA EL 20 DE ABRIL DE 1999.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Gas L P y de Instalaciones Eléctricas, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracciones II y III, 40 fracciones VIII, X y XIII, 47 fracción IV, 51 y 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 34 y 40 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como 12 Bis del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide y publica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), aprobada por unanimidad por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del 20 de abril de 1999.

Se cancela la NOM-001-SEMP-1994, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica", publicada el 10 de octubre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación

### CONSIDERANDOS

**Primero.**- Que con fecha 22 de diciembre 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1997, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía electrica", a efecto de recibir comentarios de los interesados,

**Segundo.**- Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refería el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita,

**Tercero.**- Que con fecha 19 de abril de 1999, la Secretaría de Energía ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

**Cuarto.**- Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas considero conveniente modificar la denominación y clave del proyecto de norma, haciéndolo mas preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

**Quinto.**- Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45,46 y 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización,

**Sexto.**- Que en atención a la necesidad de contar con el instrumento normativo que regule las instalaciones eléctricas de utilización en forma permanente para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias, se ha tenido a bien expedir la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización)

### PREFACIO

La presente Norma Oficial Mexicana fue armonizada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE) con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) y de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE), bajo la coordinación de la Dirección General de Gas L.P y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía, y consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNNIE

- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS
- Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC

- Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, CIME
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 26 de abril de 1999.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, **Francisco Rodríguez Ruiz**.- Rúbrica.

## ÍNDICE

Introducción
TÍTULO 1 Objetivo
TITULO 2 Campo de aplicación
TITULO 3 Referencias
TÍTULO 4 Especificaciones (Capítulos 1 al 10 y Apéndices A, B y C)
TITULO 5 Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM
TITULO 6 Vigilancia
TÍTULO 7 Concordancia con normas internacionales
TÍTULO 8 Bibliografía
TRANSITORIOS

Introducción

La presente norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas, en adelante NOM, cuyo proyecto fue publicado el 22 de diciembre de 1997, en el Diario Oficial de la Federación toma en cuenta los comentarios recibidos que fueron analizados y aceptados por el CCNNIE así como las opiniones y aportaciones de las instituciones y diversas organizaciones.

La estructura de la NOM responde a las necesidades técnicas que requieren la utilización de las instalaciones electricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más especifica comprensión. Lo que hara más fácilmente atendible sus disposiciones.

Se ha apegado el uso de las unidades al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, con las excepciones y consideraciones permitidas en la NOM-008-SCFI vigente.

En la seccion 5 "Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM", se establece la metodologia para la apropiada aplicacion de las disposiciones establecidas y una guia general para su interpretacion formal.

TÍTULO 1 - Objetivo

El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter tecnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energia eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque electrico, efectos termicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosfericos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizara el uso de la energia eléctrica en forma segura.

TÍTULO 2 - Campo de aplicacion

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energia eléctrica en

a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones electricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecanicos y edificios para fines de recreación.

b) Casas móviles, vehiculos de recreo, edificios flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotriz, estaciones de servicio, lugares de reunion, teatros, salas y estudios de cinematografia, hangares de aviación, clinicas y hospitales, construcciones agricolas, marinas y muelles, entre otros.

c) Plantas generadoras de emergencia o de reserva propiedad de los usuarios.

d) Subestaciones, lineas aereas de energia eléctrica y de comunicaciones e instalacion subterraneas.

e) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energia eléctrica.

*Excepción: Esta NOM no se aplica en:*

*1) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones;*

*2) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotnces.*

*3) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico para la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación de equipo rodante, o instalaciones usadas exclusivamente para propósitos de señalización y comunicación.*

*4) Instalaciones eléctricas en minas y maquinaria móvil autopropulsada para las mismas.*

*5) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones.*

TÍTULO 3 - Referencias

*Para la correcta aplicación de esta NOM es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:*

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento
- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida
- NOM-024-SCFI, Información comercial - aparatos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos - Instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada
- NOM-050-SCFI, Información comercial - Información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera
- NMX-J-098, Sistemas eléctricos de potencia - Suministro - Tensiones eléctricas normalizadas

TÍTULO 4 - Especificaciones

ÍNDICE

4.1 DISPOSICIONES GENERALES
100 DEFINICIONES
A Definiciones generales
B. Definiciones generales para instalaciones de tensión electrica nominal superior a 600 V
110 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
A. Disposiciones generales.
B. Mas de 600 V nominales
4.2 ALAMBRADO Y PROTECCIÓN
200 USO E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA
210 CIRCUITOS DERIVADOS
A Disposiciones generales
B Clasificación de los circuitos derivados
C Salidas necesarias
215 ALIMENTADORES
220 CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS
A. Disposiciones generales
B. Alimentadores y acometidas
C Calculos opcionales para las cargas de alimentadores y acometidas
D Metodo de cálculo de cargas en instalaciones agrícolas
225 CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS EN EXTERIORES
230 ACOMETIDAS
A Disposiciones generales
B Conductores de acometida aerea
C. Acometidas subterraneas
D Conductores de entrada de acometida
E Equipo de acometida - Disposiciones generales
F Equipo de acometida - Medios de desconexión
G. Equipo de acometida - Protección contra sobrecorriente
H. Acometidas de mas de 600 V nominales
240 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE
A Disposiciones generales
B Localizacion
C. Envolventes
D. Desconexión y resguardo
E. Fusibles a presion, portafusibles y adaptadores
F. Fusibles y portafusibles de cartucho
G. Interruptores automáticos de circuito
H. Protección contra sobrecorriente a mas de 600 V nominales

250 PUESTA A TIERRA
- A. Disposiciones generales
- B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos
- C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas
- D. Puesta a tierra de envolventes y canalizaciones
- E. Puesta a tierra de los equipos
- F. Métodos de puesta a tierra
- G. Puentes de unión
- H. Sistema de electrodos de puesta a tierra
- I. Conductores del electrodo de puesta a tierra
- J. Conexiones de los conductores de puesta a tierra
- K. Transformadores de instrumentos, relés, etcétera
- L. Puesta a tierra de sistemas y circuitos de alta tensión (600 V o más)

280 APARTARRAYOS
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación de los apartarrayos
- C. Conexión de los apartarrayos

4.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES

300 MÉTODOS DE ALAMBRADO
- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos para tensiones electricas nominales mayores a 600 V.

305 INSTALACIONES PROVISIONALES

310 CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL

318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

320 ALAMBRADO VISIBLE SOBRE AISLADORES

321 ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO

324 ALAMBRADO OCULTO SOBRE AISLADORES

325 CABLES CON SEPARADOR INTEGRADO DE GAS (Tipo IGS)
- A. Disposiciones generales
- B Instalacion
- C. Especificaciones de construcción

326 CABLES DE MEDIA TENSIÓN (TIPO MV)

328 CABLE PLANO TIPO FCC
- A. Disposiciones generales
- B. Instalacion
- C Especificaciones de construccion

330 CABLE CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METÁLICA, TIPO MI
- A. Disposiciones generales
- B Instalacion
- C Especificaciones de construcción

331 TUBO *(CONDUIT)* NO-METÁLICO
- A Disposiciones generales
- B Instalación
- C. Especificaciones de construccion

332 TUBO *(CONDUIT)* DE POLIETILENO
- A Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

333 CABLE ARMADO TIPO AC
- A. Disposiciones generales
- B. Instalacion
- C Especificaciones de construcción

334 CABLE CON ARMADURA METÁLICA TIPO MC
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C Especificaciones de construcción

336 CABLES CON CUBIERTA TERMOPLÁSTICA (TIPOS NM, NMC Y NMS)
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

338 CABLE DE ENTRADA DE ACOMETIDA

339 CABLES SUBTERRÁNEOS PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS TIPO UF

340 CABLES DE ENERGÍA Y CONTROL TIPO TC PARA USO EN SOPORTES TIPO CHAROLA

342 EXTENSIONES NO-METÁLICAS

343 TUBO *(CONDUIT)* NO-METÁLICO CON CABLES PREENSAMBLADOS PARA USOS SUBTERRÁNEOS
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

345 TUBO *(CONDUIT)* METÁLICO TIPO SEMIPESADO
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C Especificaciones de construcción

346 TUBO *(CONDUIT)* METÁLICO TIPO PESADO
- A Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

347 TUBO *(CONDUIT)* RÍGIDO NO-METÁLICO
- A. Disposiciones generales
- B. Instalacion
- C Especificaciones de construcción

348 TUBO *(CONDUIT)* METÁLICO TIPO LIGERO
- A Disposiciones generales
- B. Instalacion
- C Especificaciones de construccion

349 TUBO *(CONDUIT)* METÁLICO FLEXIBLE TIPO LIGERO
- A. Disposiciones generales
- B Construcción e instalacion

350 TUBO *(CONDUIT)* METÁLICO FLEXIBLE
- A Disposiciones generales
- B Instalacion

351 TUBO *(CONDUIT)* FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS METÁLICO Y NO METÁLICO
- A Tubo *(Conduit)* metalico flexible hermetico a los liquidos
- B Tubo *(Conduit)* no-metalico flexible y hermetico a los liquidos

352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS
- A Canalizaciones superficiales metalicas
- B Canalizaciones superficiales no-metalicas
- C Canal tipo extruido

353 ENSAMBLE DE RECEPTÁCULOS MÚLTIPLES

354 CANALIZACIONES BAJO EL PISO

356 CANALIZACIONES EN PISOS METÁLICOS CELULARES
- A Instalacion
- B Especificaciones de construcción

358 CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR

362 DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA
- A Ductos metálicos
- B. Ductos no-metalicos

363 CABLES PLANOS TIPO FC

364 DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)
- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos para tensión eléctrica mayor a 600 V nominales.

365 CANALIZACIONES PREALAMBRADAS
370 SALIDAS, DISPOSITIVOS, CAJAS DE JALADO Y DE EMPALMES, CAJAS DE P... Y ACCESORIOS
- A. Alcance y disposiciones generales
- B. Instalacion
- C. Especificaciones de construcción
- D. Cajas de empalmes y de paso utilizadas en instalaciones de más de 600 V nominales

373 GABINETES, CAJAS PARA CORTACIRCUITOS Y BASES PARA MEDIDORES
- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

374 CANALES AUXILIARES
380 DESCONECTADORES
- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

384 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y PANELES DE ALUMBRADO Y CONTROL
- A. Disposiciones generales
- B. Tableros de distribucion
- C. Paneles de alumbrado y control
- D. Especificaciones de construccion

4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL
400 CABLES Y CORDONES FLEXIBLES
- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones de construcción
- C. Cables portátiles de tension electrica nominal mayor a 600 V

402 CABLES DE APARATOS ELÉCTRICOS
410 LUMINARIAS, PORTALÁMPARAS, LÁMPARAS Y RECEPTÁCULOS
- A Disposiciones generales
- B. Localización del equipo
- C. Cajas de salida, tapas y cubiertas ornamentales para luminarias
- D. Soportes de luminarias
- E. Puesta a tierra
- F. Alambrado de las luminarias
- G. Construccion de las luminarias
- H. Instalacion de portalámparas
- I Construcción de los portalamparas
- J. Lámparas y equipos auxiliares
- K. Receptaculos, cordones de conexion y clavijas
- L. Disposiciones especiales para luminarias montadas en cavidades o empotradas
- M Requisitos de construccion de luminarias tipo empotrar montaje rasante
- N Disposiciones especiales para sistemas de iluminacion de descarga de 1000 V o menos
- O Disposiciones especiales para luminarias de descarga electrica de más de 1000 V
- P Rieles de iluminacion

411 SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS
422 APARATOS ELECTRICOS
- A Disposiciones generales
- B Requisitos de los circuitos derivados
- C Instalacion de los aparatos electricos
- D. Control y protección de los aparatos electricos
- E. Marcado de los aparatos electricos

424 EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA CALEFACCIÓN DE AMBIENTE
- A Disposiciones generales
- B Instalacion
- C Control y protección de equipo electrico fijo para calefacción de ambiente
- D Marcado del equipo de calefacción
- E Cables eléctricos calentadores de ambiente
- F. Calentadores de ductos
- G. Calderas tipo de resistencias
- H Calderas tipo con electrodos
- I. Paneles electricos calentadores de radiación y conjuntos de paneles calentadores

426 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Elementos de calefacción por resistencia
- D. Calentamiento por impedancia
- E. Calentamiento por efecto superficial
- F. Control y protección

427 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERÍAS PARA LÍQUIDOS Y RECIPIENTES
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Elementos de calentamiento por resistencia
- D. Calentamiento por impedancia
- E. Calentamiento por inducción
- F. Calentamiento por efecto superficial
- G. Control y protección

430 MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES
- A. Disposiciones generales
- B. Conductores para circuitos de motores
- C. Proteccion de sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados
- D. Proteccion de circuitos derivados para motores contra cortocircuitos y fallas a tierra
- E. Proteccion de alimentadores para motores contra cortocircuito y fallas a tierra
- F. Circuitos de control de motores
- G. Controladores de motores
- H. Centros de control de motores (CCM)
- I. Medios de desconexion
- J. Motores que operan a más de 600 V nominales
- K. Proteccion de las partes vivas para todas las tensiones eléctricas
- L. Puesta a tierra para todas las tensiones eléctricas.
- M. Tablas

440 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACIÓN
- A. Disposiciones generales
- B. Medios de desconexion
- C. Proteccion de los circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra
- D. Conductores del circuito derivado
- E. Controladores para motores de compresor
- F. Protección contra sobrecarga de motores - compresores y de los circuitos derivados
- G. Requisitos para acondicionadores de aire para habitación

445 GENERADORES

450 TRANSFORMADORES Y BOVEDAS DE TRANSFORMADORES
- A. Disposiciones generales
- B. Disposiciones especificas aplicables a los diferentes tipos de transformadores
- C. Bovedas de transformadores

455 CONVERTIDORES DE FASE
- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones aplicables a diferentes tipos de convertidores de fases

460 CAPACITORES
- A Tension electrica nominal de 600 V y menos
- B Tensión electrica nominal mayor a 600 V

470 RESISTENCIAS Y REACTORES
- A. Tensión eléctrica nominal 600 V y menos
- B. Tension electrica nominal mayor a 600 V

480 ACUMULADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA (BATERÍA)

4.5 AMBIENTES ESPECIALES

500 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)

501 ÁREAS CLASE I

502 ÁREAS CLASE II

503 ÁREAS CLASE III

504 SISTEMAS INTRÍNSECAMENTE SEGUROS

505 ÁREAS CLASE I, ZONAS 0, 1 Y 2

510 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS) - ESPECÍFICAS
511 TALLERES DE SERVICIO, DE REPARACIÓN Y ESTACIONAMIENTOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES
513 HANGARES DE AVIACIÓN
514 SURTIDORES (DISPENSARIOS) Y ESTACIONES DE SERVICIO Y AUTOCONSUMO
515 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO
516 PROCESOS ACABADO
517 INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCIÓN DE LA SALUD
- A. Disposiciones generales
- B. Alambrado y protección
- C. Sistema eléctrico esencial
- D. Locales para anestesia por innalación
- E. Instalaciones para rayos X
- F. Sistemas de comunicaciones, señales, de información, de señalizacion de protección contra incendio y para tensiones eléctricas menores a 127 V
- G. Sistemas de energia aislados

518 LUGARES DE REUNIÓN
520 TEATROS, ÁREAS DE AUDIENCIA EN CINES Y ESTUDIOS DE TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
- A. Disposiciones generales
- B. Tableros de distribución para escenarios fijos
- C. Equipo fijo para escenarios
- D. Tableros portátiles en el escenario
- E. Equipo portatil del escenario
- F. Camerinos
- G. Puesta a tierra

525 CARNAVALES, CIRCOS, FERIAS Y EVENTOS SIMILARES
- A. Disposiciones generales
- B. Instalacion
- C. Puesta a tierra y puenteo
- D. Medios de desconexión

530 ESTUDIOS DE CINE, TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
- A. Disposiciones generales
- B. Escenario o estudio
- C Camerinos
- D. Mesas de presentación, corte y montaje
- E. Bóvedas de almacenamiento de peliculas de nitrato de celulosa
- F. Subestaciones
- G. Sistemas derivados separados de 60 V a tierra

540 PROYECTORES DE CINE
- A. Disposiciones generales
- B. Definiciones
- C Equipos y proyectores tipo profesional
- D. Proyectores no-profesionales
- E Equipos de grabación y reproduccion de sonido

545 INMUEBLES PREFABRICADOS
547 CONSTRUCCIONES AGRÍCOLAS
550 CASAS MÓVILES, CASAS PREFABRICADAS Y SUS ESTACIONAMIENTOS
- A. Disposiciones generales
- B. Casas moviles
- C. Acometidas y alimentadores

551 VEHÍCULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS
- A. Disposiciones generales
- B. Sistemas de baja tension
- C. Sistemas electricos combinados
- D. Otras fuentes de energia
- E. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
- F. Pruebas en fábrica
- G. Estacionamientos de los vehiculos de recreo

552 REMOLQUES
- A. Disposiciones generales
- B. Sistemas de baja tensión
- C. Sistemas eléctricos combinados
- D. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
- E. Pruebas en fábrica

553 CONSTRUCCIONES FLOTANTES
- A. Disposiciones generales
- B. Acometidas y alimentadores
- C. Puesta a tierra

555 MARINAS Y MUELLES

4.6 EQUIPOS ESPECIALES

600 ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO REALCE
- A. Disposiciones generales
- B. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de 1000 V o menos
- C. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de más de 1000 V

604 SISTEMAS DE CABLEADO PREFABRICADOS

605 INSTALACIONES EN OFICINAS

610 GRUAS Y POLIPASTOS
- A. Disposiciones generales
- B. Instalación eléctrica
- C. Conductores de contacto
- D. Medios de desconexión
- E. Protección contra sobrecomente
- F Control
- G Puesta a tierra

620 ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELÉCTRICAS Y PASILLOS MÓVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS
- A Disposiciones generales
- B. Conductores
- C Instalacion eléctrica
- D Instalación de conductores
- E. Cables moviles
- F. Medio de desconexion y control
- G Proteccion contra sobrecorriente
- H Cuarto de maquinas
- I. Puesta a tierra
- J. Sistemas de energia en emergencia y de reserva

630 MÁQUINAS DE SOLDAR ELÉCTRICAS
- A Disposiciones generales
- B. Maquinas de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c c.
- C. Maquinas de soldar de arco tipo Motor-Generador
- D. Maquinas de soldar por resistencia
- E. Cable para soldar

640 EQUIPOS DE GRABACIÓN DE SONIDO Y SIMILARES

645 EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DE CÓMPUTO ELECTRÓNICO

650 ORGANOS TUBULARES

660 EQUIPOS DE RAYOS X
- A. Disposiciones generales
- B Control
- C Transformadores y capacitores
- D Resguardos y puesta a tierra

665 EQUIPOS DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN Y POR PÉRDIDAS DIELÉCTRICAS
- A Disposiciones generales
- B. Protección e interconexión a tierra
- C. Equipo Motor-Generador
- D Equipo distinto del Motor-Generador

668 CELDAS ELECTROLÍTICAS
669 GALVANOPLASTIA
670 MAQUINARIA INDUSTRIAL
675 MÁQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELÉCTRICAMENTE
A. Disposiciones generales
B. Máquinas de riego con pivote central
680 ALBERCAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES
A. Disposiciones generales
B. Albercas de instalacion permanente
C. Albercas desmontables
D. Fuentes de aguas termales y bañeras térmicas
E. Fuentes
F. Albercas y bañeras para uso terapéutico
G. Bañeras de hidromasaje
685 SISTEMAS ELÉCTRICOS INTEGRADOS
A. Disposiciones generales
B. Interrupción programada
690 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
A. Disposiciones generales
B. Requisitos para los circuitos
C. Medios de desconexión
D. Métodos de alambrado
E. Puesta a Tierra
F Marcado
G. Interconexión a otras fuentes de energia
H. Baterías de acumuladores
695 BOMBAS CONTRA INCENDIOS
4.7 CONDICIONES ESPECIALES
700 SISTEMAS DE EMERGENCIA
A. Disposiciones generales
B Alambrado de circuitos
C. Fuentes de alimentacion
D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza
E. Control de los circuitos del alumbrado de emergencia
F. Protección contra sobrecorriente
701 SISTEMAS DE RESERVA REQUERIDOS LEGALMENTE
A Disposiciones generales
B Alambrado de circuitos
C Fuentes de alimentación
D Protección contra sobrecorriente
702 SISTEMAS DE RESERVA OPCIONALES
A Disposiciones generales
B Alambrado de circuitos
705 FUENTES DE PRODUCCION DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTERCONECTADA
709 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN EN LUGARES DE REUNIÓN
710 INSTALACIONES CON TENSIONES ELECTRICAS NOMINALES MAYORES DE 600 V
A. Disposiciones generales
B . Disposiciones generales para equipos
C Disposiciones especificas para equipos
D. Instalaciones accesibles unicamente a personas calificadas
E Equipo movil y portatil
F Instalaciones en túneles
G. Calderas de electrodos
720 CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V
725 CIRCUITOS CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 PARA CONTROL REMOTO, SEÑALIZACIÓN Y DE POTENCIA LIMITADA
A. Disposiciones generales
B Circuitos Clase 1
C. Circuitos Clase 2 y Clase 3

760 SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
- A. Disposiciones generales
- B. Circuitos de señalización de potencia no-limitada para protección contra incendios
- C. Circuitos de señalización de potencia limitada para protección contra incendios

770 CABLES DE FIBRA ÓPTICA Y SUS CANALIZACIONES
- A. Disposiciones generales
- B. Protección
- C. Cables en el interior de edificios

780 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PROGRAMADA

4.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

800 CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN
- A. Disposiciones generales
- B. Cables en exteriores y entrada a edificios
- C. Proteccion
- D. Métodos de puesta a tierra
- E Conductores de comunicaciones dentro de los edificios

810 EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISIÓN
- A Disposiciones generales
- B. Equipos receptores- Sistemas de antenas
- C. Estaciones transmisoras y receptoras de aficionados – Sistemas de antenas
- D Instalaciones interiores – Estaciones transmisoras

820 ANTENAS DE TELEVISIÓN COMUNITARIAS Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE RADIO
- A Disposiciones generales
- B Cables en exteriores y entrada a edificios
- C. Protección
- D. Métodos de puesta a tierra
- E. Cables dentro de edificios

4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO

920 DISPOSICIONES GENERALES

921 PUESTA A TIERRA
- A Disposiciones generales
- B Lineas aéreas
- C Lineas subterráneas
- D Subestaciones
- E Otros

922 LÍNEAS AÉREAS
- A Disposiciones generales
- B Separacion de conductores en una misma estructura, espacios para subir y trabajar
- C. Separacion entre conductores soportados en diferentes estructuras
- D Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas
- E Separacion de conductores a edificios, puentes y otras construcciones
- F Distancia horizontal de estructuras a vias férreas, carreteras y aguas navegables
- G. Derecho de via
- H Cargas mecanicas en lineas aereas
- I. Clases de construccion en lineas aereas
- J. Retenidas

923 LINEAS SUBTERRÁNEAS
- A Instalacion y aplicacion de cables subterráneos en la via pública
- B. Obra civil

924 SUBESTACIONES

930 ALUMBRADO PÚBLICO
- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado
- C Especificaciones de los componentes
- D Métodos de alambrado

4.10 TABLAS

APÉNDICE A. Tablas adicionales de capacidad de conducción de corriente (normativo)

APÉNDICE B. Catálogo de normas de productos eléctricos (informativo)

APÉNDICE C. Tablas de relleno de conductores en tubo *(conduit)* (informativo)

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

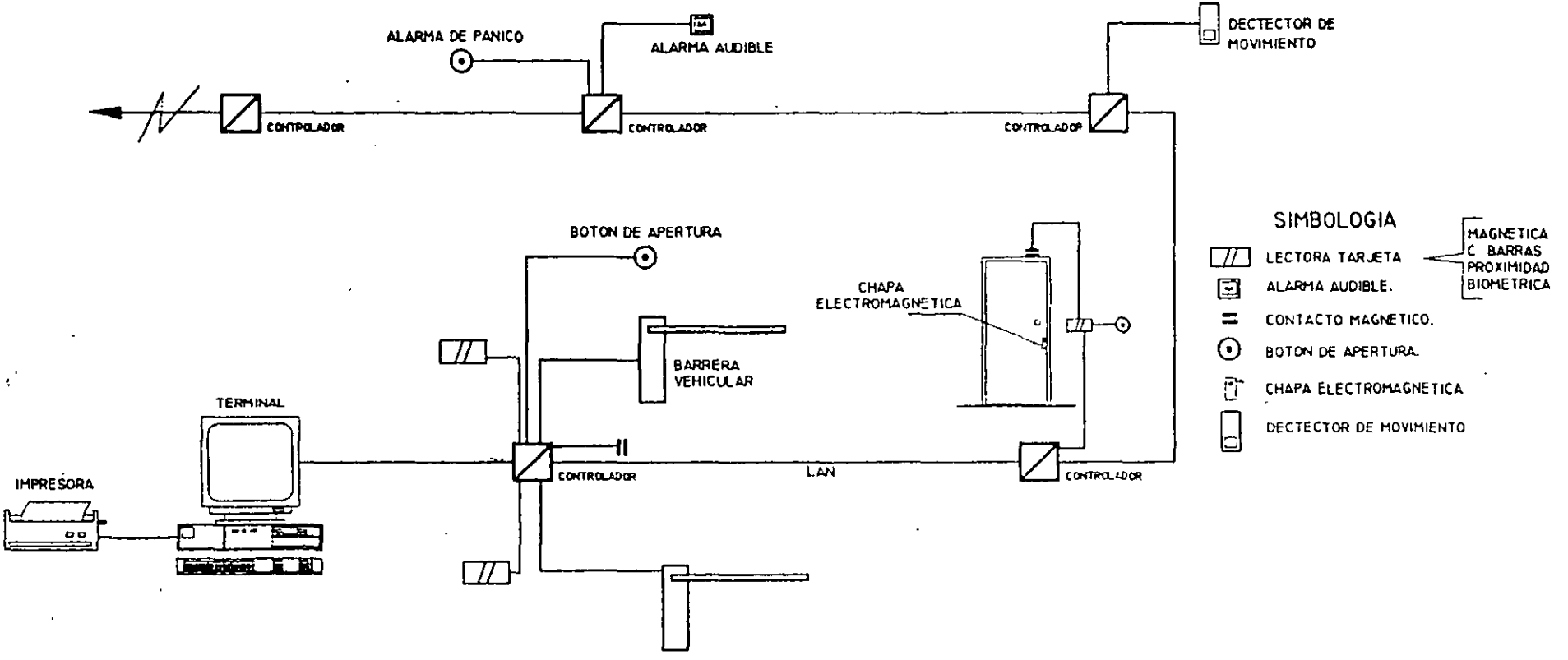
*TEMA*

*INSTALACIONES ESPECIALES*

**EXPOSITOR: ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# ALARMAS Y CONTROL DE ACCESOS

## DIAGRAMA DE BLOQUE



# INSTALACIONES ELECTRICAS ESPECIALES

Introducción

El fin último de toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Estas metas sólo 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, de Seguridad y Automatización" 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. Esto es lo que se ha llamado eufemisticamente "Edificio Inteligente".

En esta sesión, habremos 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.

Las instalaciones más comunes en los edificios son:

1 Instalaciones para Comunicación

- A Redes para Voz y/o Datos: Cubren las comunicaciones telefónicas y la transmisión de datos, internos y externos
- B De Sonido: Para música y voceo
- C De televisión: Distribución de señales de T.V.

2 Automatización

Para la supervisión (monitoreo) y control de los sistemas electromecánicos del Edificio

3 Seguridad

- A Detección y Alarma de Incendio
- B Alarmas Contra Intrusión y Asalto
- C Control de Accesos
- D Circuito Cerrado de T.V.

## 1 Instalaciones de Comunicación

### Consideraciones Generales

En primera instancia y de acuerdo con la dirección del proyecto, debe procederse a la definición de las necesidades presentes y futuras para todos los tipos de instalación que pueden intervenir, a fin de no incurrir en duplicidades u omisiones.

En muchos casos el estudio integral de necesidades, puede mostrar que es posible resolver conjuntamente las Redes de Teléfonos y Computo ya que ambos en esencia son para comunicación, y se diferencian solamente en que las primeras, tradicionalmente son para el manejo de voz las segundas, son redes para el manejo de Datos.

La realidad, es que en muchas ocasiones, ambos servicios pueden resolverse con un sólo sistema, debidamente estructurado.

En muchas ocasiones, es indispensable diseñar conjuntamente los sistemas de comunicaciones, con los de Sonido, Seguridad y Automatización, para coordinar bien las canalizaciones y las trayectorias comunes.

En otras palabras, es cada día mas cierto que los sistemas de Comunicación, Alarma y Control deben ser diseñados y ejecutados integralmente para cada caso especifico y que ya es común tratar con sistemas integrales de estas instalaciones.

Dado que se trata de resolver integralmente, se deben determinar 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 y proyectos arquitectónicos bien definidos, se debe efectuar un anteproyecto, en el cual se establezcan claramente los alcances y cobertura de cada sistema, tomando en cuenta la normatividad aplicable en cada caso. Considerando que se trata de especialidades, en la mayoría de los casos resulta indispensable la asistencia del especialista.

De este anteproyecto debe tenerse la solución conceptual de cada sistema y en su caso la integración global.

De estas soluciones conceptuales y los respectivos diagramas de bloque, se procederá a preparar planos preliminares en los que deben ubicarse con la simbología respectiva, todos los servicios requeridos, procediendo a la proposición de trayectorias de canalización y distribución más funcionales, de acuerdo con los lineamientos siguientes:

1 La distribución debe hacerse en forma escalonada y radial. Cada punto extremo de distribución, no debe excederse en el Número de salidas, particularmente en el caso de Redes de Voz y Datos.

2 La canalización se origina en el sitio elegido para la concentración de los servicios, o sea en el "Distribuidor General" y de aquí se ramifica al o los edificios y hacia el exterior para hacer el enlace correspondiente, usando "Distribuidores Intermedios" y finalmente "Distribuidores Locales".

3 Para servicios de Voz y Datos 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, o para crecimiento. De hecho en algunos casos debe dejarse una doble tubería, particularmente en las trayectorias verticales y en exteriores.

Nota

No deben extenderse tuberías a más de 20 m sin registros, ni debe hacerse más de 2 curvas entre registros.

Los registros de muro deben colocarse en áreas públicas a una altura entre 100 cm sobre el nivel de piso terminado, para facilitar su acceso y atención.

# SISTEMAS DE SONIDO

Objetivo del Sistema y determinación de necesidades

Un sistema de sonido Comercial, es aquel que se aplica a 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 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 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.

En sistemas grandes, se requerirá el uso de equipos materiales de distribución y zonificación.

Es posible que se requieran programas musicales o voceo diferentes en cada zona, lo que obliga a prever 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 ò 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 ò 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 volumen 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 que ramal ocurrió este, por ello es definitivamente necesario dividir el sistema de 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 criticas, como son, iglesias, auditorios, gimnasios, etc., es necesario contar con circuitos de bocinas, arreglados en tal forma, que sean susceptibles de poner en operación solamente aquellas bocinas que sirven a las zonas ocupadas pro el público, a fin de eliminar al máximo los problemas de reverberación.

Selección de Equipo

Clasificación de bocinas y cajas acústicas (altavoces), según su construcción y servicio:

Bafle sencillo (1 bocina)

Servicio Interior

Columna Sonora (varias)

Columna Sonora

Servicio Exterior

Trompeta Reentrante

Se indicó que la respuesta mínima seria 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 costosos 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.

Para el cálculo de potencia se deben considerar varios aspectos interdependientes que son:

Altavoz: Esta compuesto por la bocina propiamente dicha, por la caja acústica y accesorios

Nivel de ruido ambiente del local a sonorizar

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 hechas, y del nivel del ruido ambiente, se han preparado las siguientes fórmulas empíricas para obtener Pt = "Potencia Nominal" en watts del total de bocinas necesarias.

Servicio Interior: Con baffles convencionales o columnas sonoras

$$Pt = \frac{KV}{100}$$

en que:

V = Volumen del local en m3
K = Constante que vale:

5 para ruido ambiente bajo
8 para ruido ambiente medio
12 para ruido ambiente alto

$$\text{Potencia por bocina} = \frac{Pt}{\text{núm. de bocinas}}$$

Cuando s colocan altoparlantes en el techo, en el caso de locales de no más de 4 m. De altura, la distancia entre altoparlantes 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

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

$$N60 = \frac{F}{1.16\ D} \quad y \quad N30 = \frac{F}{0.54\ D}$$

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 deban 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. Caso 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 profundos.

También es aplicable para niveles de alto ruido ambiente.

En el caso en que se aplican columnas sonoras, tanto en interiores como exteriores,

Se tiene que:

$$Pt = 0.8\ D$$

y

$$N = \frac{F}{2D}$$

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 el 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 por la presión acústica
+ Acabado adecuado para el uso, especialmente para la 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 máximos y mínimos. Si en un mismo instante 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", para obtener un trabajo aditivo.

En otras ocasiones es por el contrario, necesario que operen en oposición, como cuando se instalan frente a frente logrando así un efecto aditivo.

## CONTROLES DE VOLUMEN Y SELECTORES

Controles de Volumen

En ocasiones, es necesario controlar el volumen 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 heterogéneo para admitir sólo un control de volumen central. Esto se resuelve mediante la aplicación de controles de volumen, que en esencia son potenciometros 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.

# ELEMENTOS DE ACUSTICA

## Audición al Aire Libre

La potencia acústica de la voz humana es muy pequeña en una conversación normal, la voz masculina tiene una potencia media de 34 uW y la femenina de 19 uW. Si todos los habitantes del Distrito Federal (10 millones) hablarán al mismo tiempo, producirían solo una potencia acústica de unos 250w. Lo que explica que la inteligibilidad al aire libre sea ya defectuosa a unos cuantos metros de distancia. El sonido proporcionado por el sistema de sonido, debe estar dirigido adecuadamente por dos razones principales:

A El micrófono o los micrófonos no deben captar el sonido de los altavoces, pues de lo contrario se provoca una realimentación acústica.

Puede resonar también a ciertas frecuencias o incluso puede oscilar todo el sistema a una frecuencia determinada emitiendo entonces un silbido continuo.

B El sistema de sonido no debe causar molestias en las zonas vecinas. Esto impone también un limite a la potencia de salida.

## Audiciones en Locales Grandes

En una sala de grandes dimensiones la debilidad de la voz humana es causa de la mala inteligibilidad mas allá de ciertas distancias, lo mismo que cuando se habla al aire libre, debe tenerse en cuenta que las frecuencias altas, que son las que mas contribuyen a la inteligibilidad, sufren una obsorción considerablemente mayor que las notas graves que contribuyen a la potencia sonora, pero no a la inteligibilidad. Consecuentemente a cierta distancia del orador, existe un desequilibrio creciente entre la parte alta y baja del espectro sonoro, con notable perjuicio de la intelegibilidad.

Las notas graves darán la sensación de qué la voz llega con intensidad suficiente, pero la debilidad de las notas agudas, harán que la voz sea inintelegible, de aquí, que la función del sistema de sonido no es simplemente amplificar el sonido, sino también, conservar la relación correcta del espectro sonoro, en la zona ocupada por el auditorio. El sistema de altavoces debe tener, por lo tanto, características direccionales adecuadas para hacer llegar el sonido a los lugares que lo necesitan y también, como hemos dicho anteriormente, para evitar que el sonido llegue a los micrófonos.

Audición en Locales Reverberantes

Se dice que un local reúne buenas condiciones acústicas, cuando los asistentes a una conferencia, a un concierto, o a una sesión de cine sonoro, reciben con perfecta nitidez la palabra y la música, o si se trata de una masa coral como música de órgano, cuando el auditorio se siente impresionado por la plenitud del sonido y por la majestuosidad de su conjunto.

El eco y la resonancia se originan del mismo modo, las ondas procedentes de un foco o manantial sonoro se propagan en línea recta en todas direcciones, con frente esférico y en el momento en que alcanan a una persona producen en su iodo cierta sensación. Si se trata de locales cerrados, las ondas sonoras llegan no sólo a las personas sino también a las paredes, techo y piso, los que las reflejan y las hacen llegar de nuevo al auditorio.

Cuando entre la llegada de la onda directa y de la primera onda reflejada, existe un intervalo de un veintavo de segundo o más (50 milisegundos), se perciben dos sensaciones sucesivas como si se tratara de dos sonidos, este fenómeno recibe el nombre de eco. En cambio, debido a la estructura del oído humano, cuando entre dos ondas sucesivas no transcurre ni un veintavo de segundo, se oye como un sólo sonido prolongado, por esta razón, se dice que un veintavo de segundo es el poder de separación del oído humano.

El conjunto de todas las sensaciones percibidas por el oído en un local cerrado procedentes de una onda directa y entre las cuales no haya un intervalo mayor de 50 milisegundos, constituye la reverberación. Esta se mide por su duración que es el "tiempo de reverberación".

La velocidad de propagación del sonido en el aire es de aproximadamente 340 m, por seg., 50 milisegundos corresponden a 17 m aproximadamente. Para evitar la formación del eco, las dimensiones de la sala y por tanto del camino a recorrer por las ondas sonoras han de ser tales que no debe haber mas de 17 m entre frente de la onda directa y la primera onda reflejada. Si bien, la reverberación es deseable para la audición de la música, resulta perjudicial para la inteligibilidad de la palabra, ya que el sonido indirecto o sonido reverberante tiene un nivel de intensidad, prácticamente igual a todos los puntos de la sala. En la figura A y B se representa el sonido reverberante por la recta horizontal. El sonido indirecto es ininteligible, el sonido directo de la voz del orador se debilita rápidamente con la distancia (la curva PD) y más allá de una cierta distancia es ya inferior al indirecto, en las primeras filas de la sala pueda entenderse perfectamente lo que dice el orador, no así en las filas de mas atrás. Los altavoces del sistema de sonido deben tener una característica direccional, de manera que el sonido vaya hacia la parte de atrás de la sala y lo menos posible hacia las superficies reflejasteis (techo y paredes). El sonido dirigido hacia el auditorio es absorbido casi totalmente por el público, las butacas, alfombras,

etc. De este modo se consigue que el sonido de los altavoces refuercen el nivel útil en la parte de atrás de la sala, sin elevar apreciablemente el nivel de reverberación.

Audición en un Ambiente Ruidoso

La inteligibilidad de la palabra puede ser afectada en gran medida por el nivel de ruido, especialmente por las componentes espectrales del ruido que cubren la gama de frecuencias de la palabra y particularmente en las notas altas que son las que contribuyen a la inteligibilidad. El sistema de sonido debe por tanto, reforzar esta gama de frecuencias de la palabra de modo que superen el ruido ambiente y restauren la inteligibilidad.

Según las consideraciones que preceden podemos resumir los requisitos de un sistema de sonido como sigue:

A El micrófono debe captar el mínimo posible de sonido proveniente de los altavoces y de sonido interferente, reverberación y ruido.

B Los altavoces deben dirigir el sonido hacia los lugares donde se necesita, y excluirlo en otros lugares, tales como donde se encuentra el micrófono y las superficies duras, altamente reflejantes del sonido.

C Las características de frecuencia del sistema debe estar adaptada y las circunstancias para obtener los mejores resultados. La mayoría de las veces se requiere la atenuación de las notas graves que favorecen la reverberación. Una respuesta de frecuencia plana no es por tanto una característica de calidad de un sistema de sonido.

El Orador y el Auditorio

En el circuito orador-auditorio, intervienen cuatro elementos principales:

+ Orador
+ El micrófono
+ El amplificador
+ Los altavoces

El Orador

Las características de un buen orador tocantes a la inteligibilidad son: una buena articulación, un nivel medio de intensidad de voz lo más constante posible y un ritmo apropiado. El sistema de sonido puede elevar el nivel de intensidad de un orador con poca voz y mantenerlo constante dentro de ciertos límites, pero no puede mejorar la articulación ni el ritmo del orador; hay que subrayar, que el sistema de sonido ayuda al orador a hacerse entender bajo circunstancias desfavorables ajenas

a su control, pero no es panacea para los malos oradores, por otra parte, hablar ante el micrófono exige una cierta disciplina del orador, este debe tener en cuenta que las variaciones de la distancia entre él y el micrófono a causa de sus movimientos, producirán variaciones muy marcadas en el nivel de salida. Otro punto importante es que el sistema está diseñado e instalado de modo que sólo llegue al micrófono la voz del orador y no el sonido de los altavoces, el orador apenas deberá oírlos pero eso no debe de inducirle a hablar demasiado alto, cansándose sin necesidad, e incomodando incluso a los oyentes. Si se trata de un locutor que habla dentro de una cabina cerrada, ésta cabina no debe tener un amortiguamiento acústico excesivo, es decir paredes demasiado absorbentes, el locutor se oirá así mismo débilmente y de modo natural tendería a hablar demasiado fuerte.

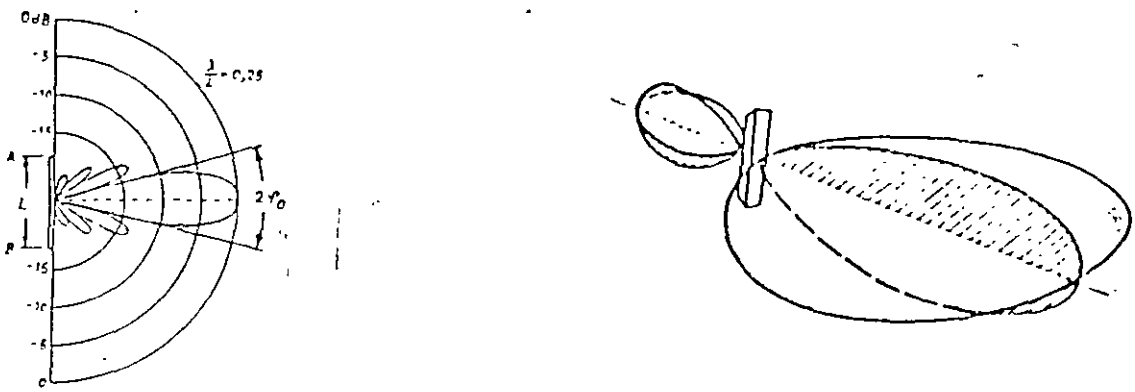
Por otra parte, una cabina demasiado reverberante es muy perjudicial para la inteligibilidad, pues esta reverberación es amplificada en unión con la señal y es dirigida por los altavoces hacia los lugares done es menos deseable, otro tanto puede decirse de los ruidos, la cabina debe estar aislada contra los ruidos del exterior.

El Micrófono

Toda variación de la distancia entre locutor y el micrófono hace variar la potencia de salida del sistema como lo indicamos anteriormente, los inconvenientes derivados de una distancia demasiado pequeña son menos importantes, pueden ser neutralizados por un limitador de volumen en el amplificador, más difícil es contrarrestar los efectos de una distancia demasiado grande, es por eso que en los teatros con un escenario muy grande en el que los actores han de hablar a veces muy lejos del micrófono, plantean uno de los problemas electroacústicos más difíciles, porqué además de la voz del locutor, el micrófono capta el sonido reverberante (lo que implica siempre una realimentación acústica) y el ruido ambiente. La relación entre el sonido útil y el sonido reverberante disminuye a medida que el locutor se aleja del micrófono, además, el sonido perjudicial captado por el micrófono, es amplificado por el sistema y dirigido hacia el auditorio, con lo que aumenta el efecto interferente. Todo esto obliga a usar micrófonos direccionales, los más eficaces son los de características hipercardiode. su sensibilidad en la dirección privilegiada es de 6 dB mayor que la sensibilidad media para el sonido difuso y su sensibilidad media es de 12 dB mayor en el semiespacio anterior (frente) que en el posterior (auditorio) si se desea un efecto direccional más pronunciado, ha de emplearse una columna de micrófono, es decir, un grupo de micrófonos iguales alineados verticalmente. En la Fig. C se representa la característica direccional típica de una columna de micrófonos en el plano de simetría longitudinal, este diagrama es también válido para una columna de altavoces. Como se ve existen lóbulo principal en dirección perpendicular a la columna, el semi-angulo de abertura Fi de este lóbulo es tanto menor cuanto más larga es la columna, y cuanto menor es la longitud de onda. El diagrama de la figura corresponde a una longitud de onda igual a 0.25 de longitud de la columna, la característica direccional en el plano perpendicular a la columna es la que

corresponde a un sólo micrófono, así pues una forma de aumentar la inmunidad del sistema de sonido al ruido y a la reverberación, es emplear en vez de un micrófono aislado una columna vertical cuyo plano medio se haya a la altura de las cabezas de los actores.

Cuando se ha de hablar en un local muy ruidoso, por ejemplo una sala de máquinas, puede recurrirse a otro artificio. Los micrófonos hipercardioides y los de tipo denominado de gradiente de presión, tienen la propiedad de que su sensibilidad para las frecuencias bajas aumenta al disminuir la distancia entre el micrófono y la fuente de sonido. Si el locutor habla muy cerca del micrófono y mediante un filtro eléctrico o acùstico, se asegura la respuesta para las frecuencias bajas y el resultado será una curva plana, pero para el ruido que procede de distancias mayores, la curva caerá bruscamente en las frecuencias bajas que son precisamente las predominantes en el ruido. Los micrófonos basados en este principio, se llaman supresores de ruido y permiten obtener buena inteligibilidad e incluso con un nivel de ruido de 115 dB.



**Patrones de radiaciòn de una columna y de un micròfono**

Curva de Respuesta

Se ha dicho ya en la primera parte de estas notas que la curva de respuesta más adecuada para un sistema de sonido no es precisamente la plana, por diversas razones se requiere siempre una mayor o menor atenuación de las frecuencias bajas Una primera razón para hacerlo así, es que la inteligibilidad depende principalmente de ciertos grupos de frecuencias altas.

De una manera cuantitativa aproximada podemos decir que la parte del espectro por debajo de los 600 Hz proporciona solamente un 25% de la inteligibilidad, aunque contribuye con un 70% a la potencia sonora total.

Que la parte comprendida entre 600 y 7000 Hz proporciona el 75% de la inteligibilidad aunque sólo aporta un 30% de la potencia. Una segunda razón que ya hemos citado, es que las frecuencias bajas son menos absorbidas por el aire que las altas, como resultado, a medida que aumenta la distancia entre los oyentes y los altavoces, las frecuencias bajas van predominando sobre las altas con perjuicio de la inteligibilidad. Una tercera razón es que la reverberación está integrada principalmente por frecuencias bajas, esto se debe en parte a lo que acabamos de decir su menor absorción en el aire, pero sobre todo a que las propiedades direccionales de los altavoces, columnas, bocinas, etc., son mucho menos pronunciadas para las frecuencias bajas que para las altas, por consiguiente las frecuencias altas son dirigidas correctamente hacia el auditorio, pero las bajas son irradiadas prácticamente en todas direcciones dando así lugar a la reverberación.

Altavoces

Un requisito indispensable para que el sistema de sonido de buenos resultados, es que el público no pueda localizar acústicamente los altavoces, es decir, que en cualquier lugar del auditorio se tenga la sensación de que el sonido procede del escenario, y no del techo y otro lugar donde se halle un altavoz cercano. Si los altavoces pueden colocarse cerca del orador la diferencia de dirección será imperceptible para el público o dicho de otro modo predominara la impresión visual que tiende a localizar el sonido en el orador, pero el peligro de la realimentaciòn acústica impide colocar el altavoz demasiado cerca del micrófono a menos que se dé escasa potencia. Cuando un altavoz está situado a distancia considerable del orador es necesario, hacer imperceptible su presencia por otros medios.

Se ha comprobado que el oído establece la posición de una fuente sonora por el primer estimulo que recibe, dicho de otro modo, si después de un primer sonido el oído recibe otros sonidos iguales procedentes de otras direcciones, confundirá está segunda dirección con la primera, incluso, cuando el sonido es potente (afectojas), sin embargo este fenómeno ocurre solamente entre ciertos limites. Si el segundo sonido supera al primero en más de diez fonos el oído lo percibirá distintamente.

Existe una relación entre el retardo y la intensidad permisible, la situación más favorable se consigue cuando el retardo está comprendido entre los 10 y 25 milisegundos, entonces es permisible una diferencia de intensidad de hasta 10 fonos a favor del segundo sonido.

Este retardo puede obtenerse de un modelo natural, por la diferencia de recorrido del sonido del altavoz y por la voz del locutor. Para lograr el retardo de 10 o más milisegundos la diferencia de recorrido debe de ser de 3.5 m o más. Este sistema es fácil y cómodo cuando sólo se emplea un altavoz o una columna.

# INSTALACIONES ESPECIALES

## 1) VOZ+DATOS

+ DISTRIBUICION TIPICA
  + CABLEADO ESTRUCTURADO.
  + CABLEADO CONVENCIONAL.
  + CANALIZACIONES.
  + CABLEADO.

## 2) SONIDO

+ DISTRIBUICION TIPICA
  + CABLEADO.
  + ACUSTICA DEL LOCAL.

## 3) SISTEMA DE SEGURIDAD

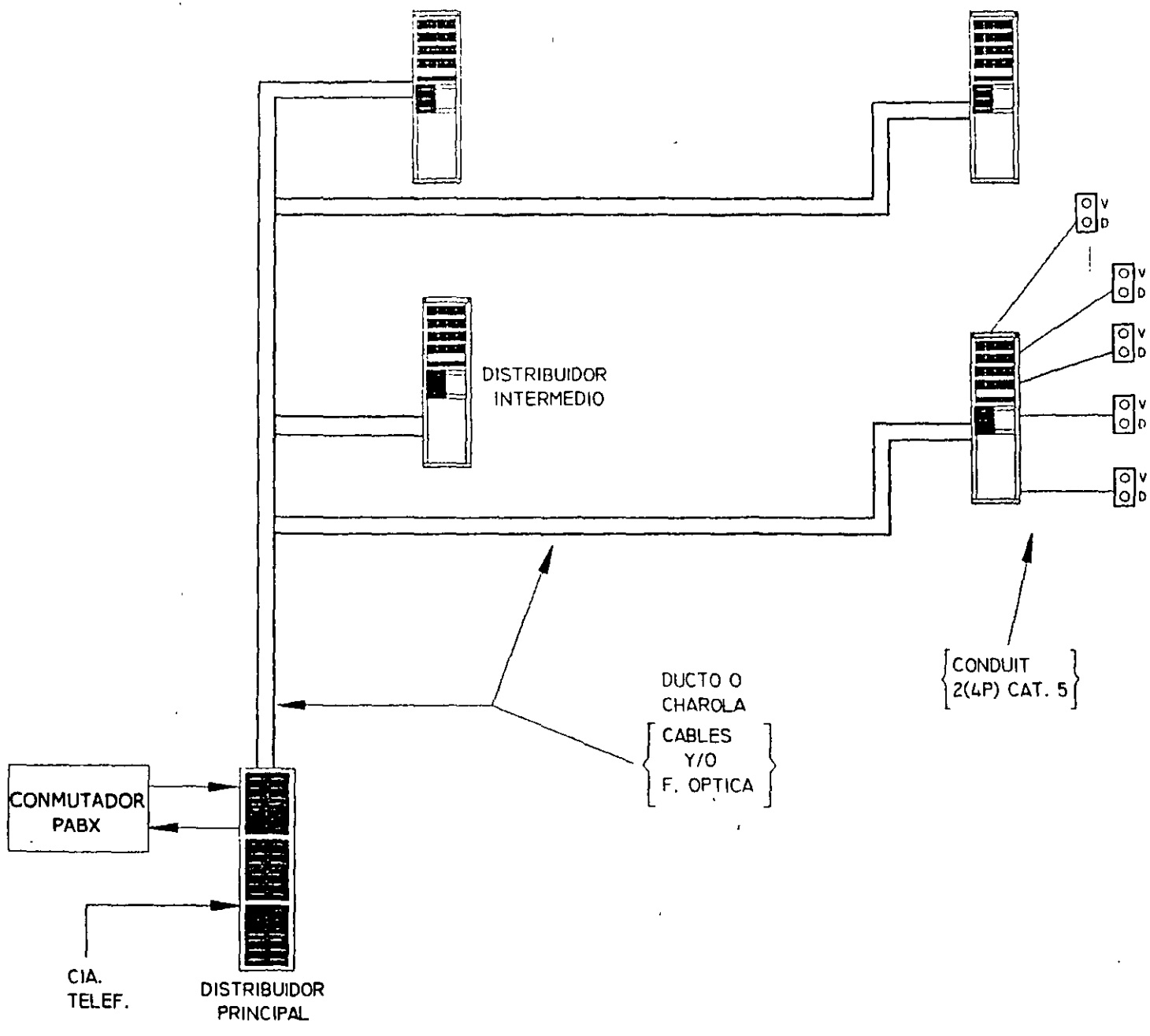
+ DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO.
+ CIRCUITO CERRADO DE T.V.
+ ALARMAS Y CONTROL DE ACCESOS.

## 4) AUTOMATIZACION Y CONTROL

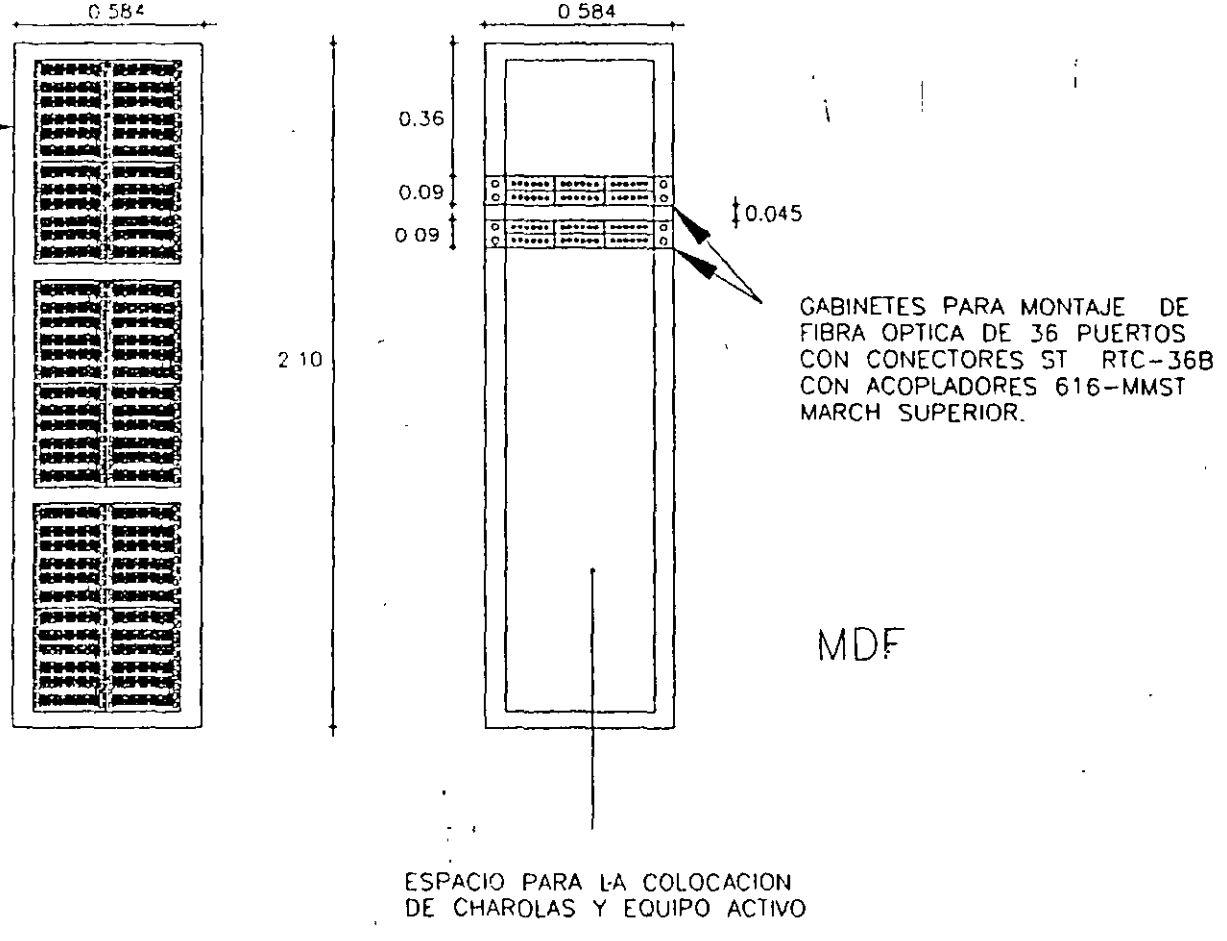
+ OBJETIVO: OPTIMIZACION DE RECURSOS HUMANOS Y ENERGETICOS.
+ CONFIGURACION BASICA.
+ SISTEMAS INTEGRADOS.

# RED CABLEADO ESTRUTURADO VOZ-DATOS

## DIAGRAMA DE BLOQUE



# DISTRIBUIDOR PRINCIPAL (MDF)



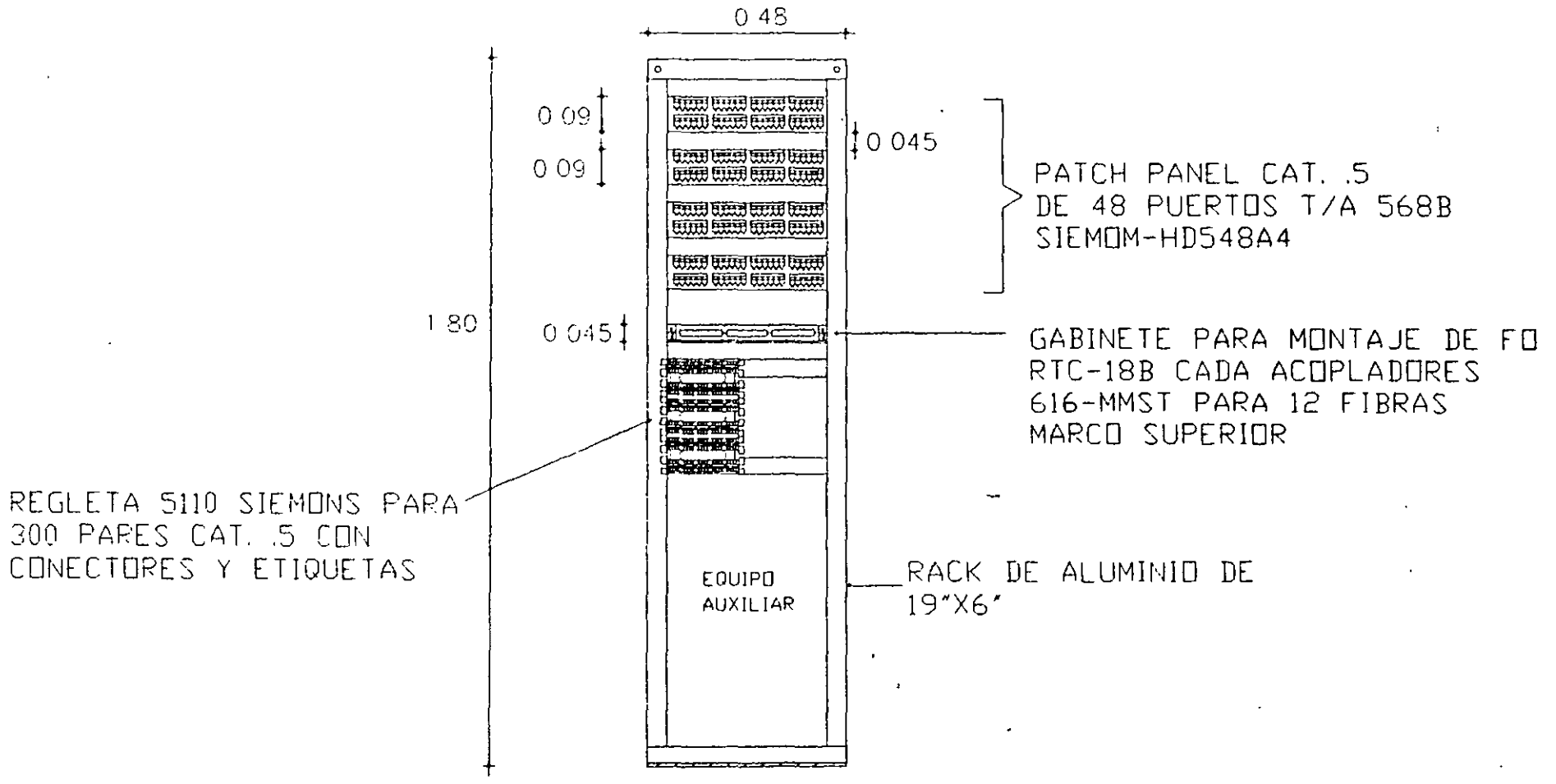

BASTIDOR XL-3600 SIEMON CON CAPACIDAD PARA 3600 PARES EN 12 REGLETAS 5110B DE 300 PARES CADA UNA COMPLETAS CON BLOCK CONECTOR Y ETIQUETAS

GABINETES PARA MONTAJE DE FIBRA OPTICA DE 36 PUERTOS CON CONECTORES ST RTC-36B CON ACOPLADORES 616-MMST MARCH SUPERIOR.

MDF

ESPACIO PARA LA COLOCACION DE CHAROLAS Y EQUIPO ACTIVO

# DISTRIBUIDOR INTERMEDIO (DI)



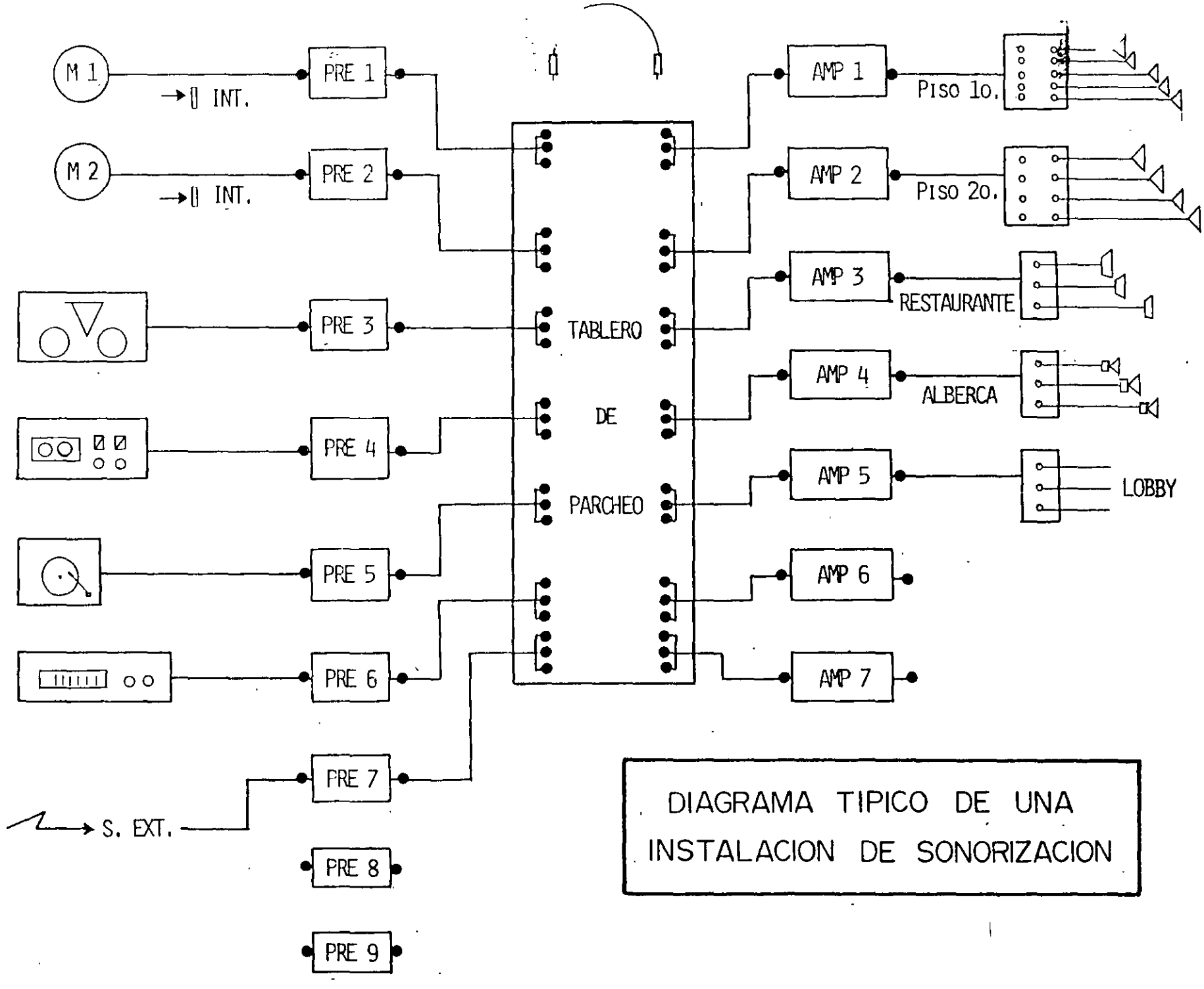
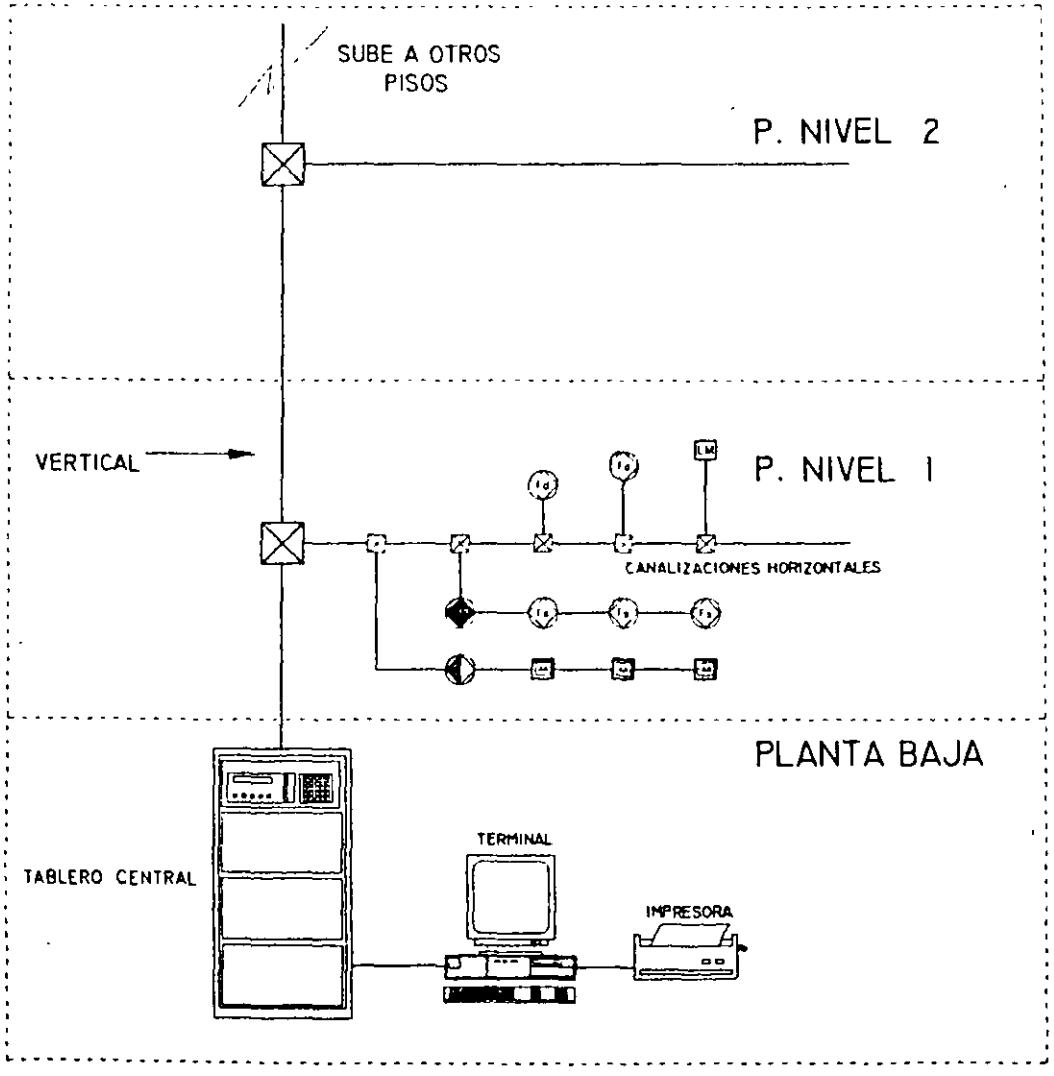



DIAGRAMA TIPICO DE UNA INSTALACION DE SONORIZACION

# SISTEMA PARA DETECCION Y ALARMAS DE INCENDIO

## DIAGRAMA DE BLOQUE

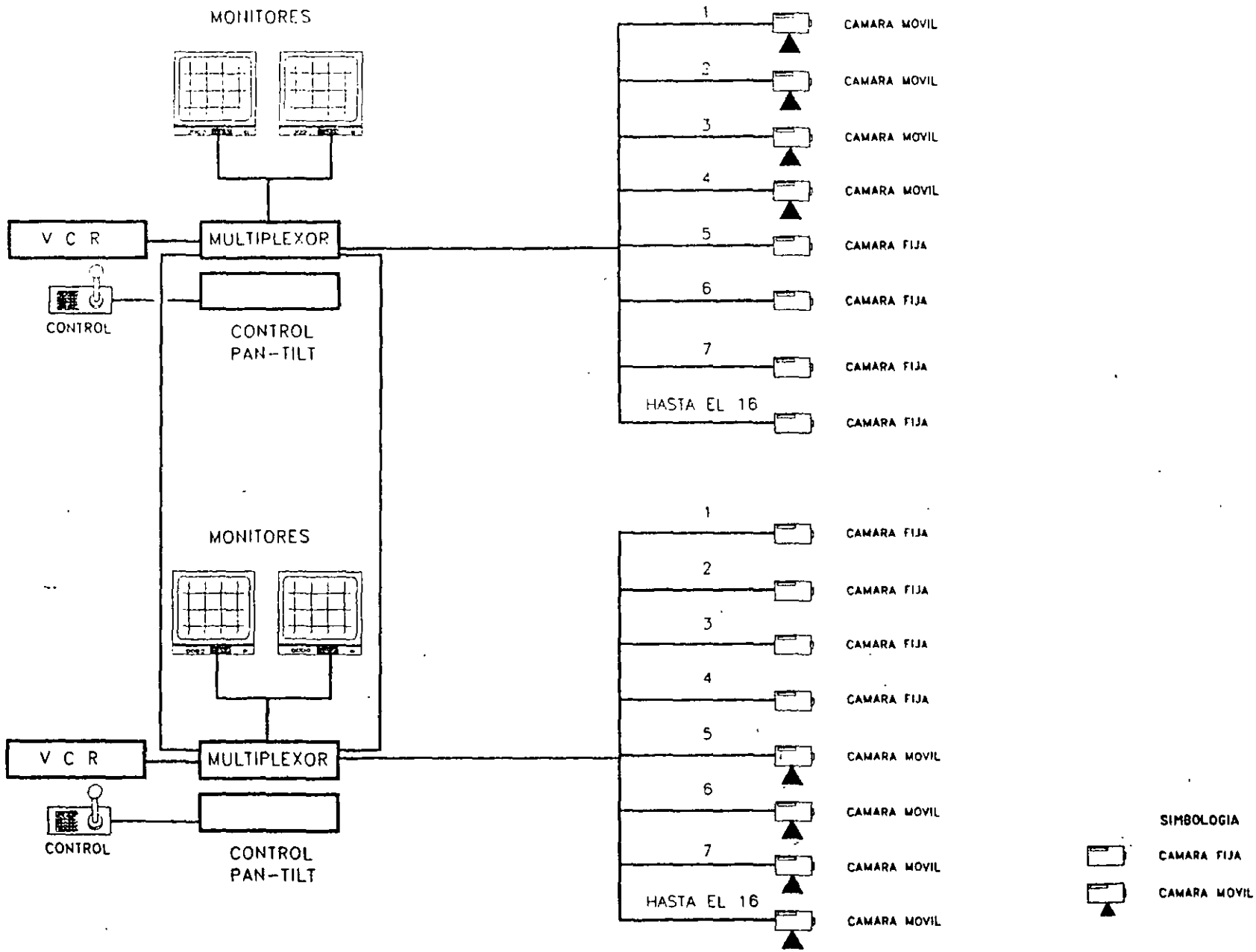



### SIMBOLOGIA

- DETECTOR HUMO FOTOELECTRICO DIRECCIONABLE.
- DETECTOR HUMO FOTOELECTRICO STANDARD.
- MODULO CONTROL.
- MODULO MONITOR.
- ESTACION MANUAL DIRECCIONABLE.
- CAJA DE REGISTRO.
- ALARMA AUDIOVISUAL

# CIRCUITO CERRADO DE TELEVISION

## DIAGRAMA DE BLOQUE



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

## *SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE EMERGENCIA*

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ORDÓÑEZ LEZAMA**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS E INDUSTRIAS

## SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE EMERGENCIA

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

2002

# SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE EMERGENCIA E ININTERRUMPIBLES.

## 1.- I N T R O D U C C I O N

Requisitos

Aplicaciones y Confiabilidad

## 2.- U T I L I Z A C I O N

## 3.- DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

A. Servicio Continuo

B. Servicio de Emergencia

C. Sistemas C.D. (Baterías)

C' Sistemas de Potencia Ininterrumpible (NO BREAK) o (UPS's) e Inversores

D. Sistemas Generación Combinada y Co-generación

## 4.- CALCULOS PARA SELECCIÓN

Cargas por alimentar

Tipo de carga

Componentes de una Planta Eléctrica

Tablas y Gráficas

**Ponenta: Ing. Sergio Ordóñez Lezama**
**Director del Grupo Pisa**
**PROYECTOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.**

# SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA EN EMERGENCIA

## 1. INTRODUCCION

En esta época de modernización en que la Industria se inclina a la automatización: las fábricas robotizadas; los edificios inteligentes, etc., no se concibe una instalación inadecuada que no prevea las características para que el suministro de energía eléctrica sea adecuado y no se interrumpa.

Desde el punto de vista de Proyecto, construcción y operación de instalaciones electromecánicas, es necesario tomar conciencia de que es lo que se está manejando con los sistemas de generación eléctrica y en particular, en los de emergencia.

La importancia de una buena selección, una buena instalación y la correcta operación y mantenimiento de estos sistemas es indispensable para asegurar la continuidad del suministro eléctrico.

En toda instalación eléctrica se cuenta con:

a) Fuente de suministro eléctrico.
b) Instalaciones para su distribución.
c) Equipo que utiliza la energía.

Si además toda instalación eléctrica debe ser flexible, confiable, segura, accesible, etc., debemos analizar cuáles son las características y las necesidades del equipo y circuitos alimentados y actuar en consecuencia desde el momento de hacer el proyecto.

Por ejemplo, si en una industria se producen cables extruído para muy alta tensión, cualquier suspensión del servicio puede arruinar toda la producción o también, si en una sala de cine o teatro existe el peligro de accidentes por aglomeración durante un apagón, debe planearse la solución adecuada analizando el costo – beneficio respectivo.

Así mismo podrán mencionarse otros ejemplos y hacerse otras preguntas:

- ¿ Se cuenta con energía eléctrica adecuada y confiable en el lugar cercano a la instalación?.

- ¿ Hay algún circuito que se tenga que abastecer siempre, porque fallando la energía se tengan pérdidas considerables?.

- ¿ En caso de emergencia pueden perderse vida o causarse accidentes?.

- ¿ Se tendrá problemas por perderse información valiosa en computadoras. sincronía en rastreadoras de satélites o detalles semejantes?.

Conforme a esto, debemos estar concientes del tipo de carga que se tiene y dar la mejor solución técnico-económica a cada problema específico y, para ello, se hace necesario conocer las diversas alternativas de suministro eléctrico para poder escoger entre ellas.

## 2. UTILIZACION

### EJEMPLO DE EQUIPOS Y SISTEMAS QUE REQUIEREN SUMINISTRO ELECTRICO CONTINUO.

- Elevadores de pasajeros.
- Elevadores de camillas en hospitales.
- Montacarga y elevadores de automóviles.
- Alumbrado de emergencia en edificios, fábricas y almacenes de departamentos.
- Alumbrado de salidas de seguridad (salas públicas, etc).
- Quirófanos de hospitales.
- Bombas de agua potable, cárcamos y contra incendio.
- Pistas de aterrizaje.
- Salas de cómputo.
- Motores para algún servicio especial.
- Hornos y equipos similares.
- Refrigeración de sangre. sueros reactivos. etc.
- Microondas y rastreadores de satélites.
- Circuitos de seguridad.
- Etc.

| CARACTERISTICAS DE SUMINISTRO ELECTRICO USUAL | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO | USO | CONFIABILIDAD CMEF (ó MTBF) | CALIDAD DE LA ENERGIA Ó INTERRUP. (MTTR) | TIEMPO DE VIDA UTIL | COSTO DE CAPACIDAD $/KW | EQUIPO<br>Hi D N<br>Te Tu Eo<br>Geo M |
| Suministro Normal C.F.E. (Convencional) | Continuo (Varias Horas) | 200/2000 | Minutos/Horas | Años | Millones | Te Tu Eo<br>Geo N |
| Gen. Propia | Continuo (Respaldo/Emergencia) | 500/2000 | Minutos/Horas | Años | 100-10,000 ó más | di D<br>Te Tu |
| ) Gen Propia | Emergencia | 2000/10,000 | 2-5 seg. ó más (arranque) | Minutos | 20 - 500 ó más | D<br>Ga |
| ) Baterías (c.c) Pats. Ni Cd | Emergencia | 5000/50,000<br>100,000/200,000 | 0.25 seg. | Minutos | 0.1 - 10 (solo corr. Cont.) | Bat. Plomo Acid<br>Bat. Alcalina |
| ) SPI*(MG)* | Continuo | 6000/8000 | - 0 - | Sems. | 30 - 7. | MG con Volante Planta de Respaldo. |
| ) SPI* (Off Line) | Emergencia | 5000/10,000 | 0.15 | Meses 10-30 min. | 0.25-1 | Eq. Electrónico Batería. |
| ) SPI* (On Line) | Continuo | 15,000/50,000 | - 0 - | Meses (Bat. 15 min.) | 1-500 | Equipo Electrónico + Batería.(Respaldo Planta). |
| ) SPI* (On Line) Con redundancia | Continuo (Respaldo) | 60,000/100,000 ó más | - 0 - | Meses Bat. 15 min.. | 1 - 500 (x2 ó x3) | Eq. Elect. + Bat. (Respaldo, otros SPI + Planta). |

*) Abreviaturas: SPI - Sistema de Potencia Ininterrumpible MGV = Moto Generador con Volante E= Electrónica
TMEF- Tiempo Medio entre fallas (ihr) (MTBF)

Hi - Hidráulico D - Diesel N - Nucleoeléctrico
Te - Termoeléctrico Ga- Gasolina Eo- Eólica
Geo - Geotérmica Tu- Turbina M - Maremotriz

Fig. 1

CORTESIA DE: PI SA PROYECTOS INDUSTRIALES, S.A. de C.V.

Por la importancia y prioridad, el suministro eléctrico se divide en:

- .Servicio Normal ( todo lo que puede aceptar interrupción ocasional sin graves daños).
- 3ª. Emerg. o Prioridad "C" (entrada ocasional o conveniente) (manual).
- 2ª. Emerg. o Prioridad "B" (Inmediata tan pronto se disponga y/o diferido después de lo esencial).
- 1ª. Emerg o Prioridad "A" (interrupción mínima o ninguna).

Dentro de los equipos electrógenos, cabe hacer la distinción siguiente. según su forma de operar y su utilización:

**A.- Plantas Eléctricas de Servicio Continuo.**

**B.- Plantas Eléctricas de Emergencia.**

**C.- Sistemas de CD por batería.**

**C'. Sistemas de Potencia Ininterrumpible (SPI) (en inglés UPS o Sistema "No Break"). E Inversores (IPS)**

**D.- Sistemas de Generación combinados industriales y/o co-generación.**

En los incisos A) y B), podemos definir como Planta Eléctrica toda aquella máquina que nos proporciona energía eléctrica de ciertas características, mediante un generador impulsado por un motor primo que transforma un cierto energético en potencia mecánica.

En cuanto a los incisos C) y C'), se refieren a equipos que deben abastecer de inmediato la demanda de cargas críticas y para ello se cuenta con energía almacenada en baterías, efecto volante cinético (ya casi sin uso) u otros medios como equipos independientes conectados permanentemente en paralelo, que al presentarse la falla del suministro, toman la carga correspondiente.

En todos estos equipos la importancia de la confiabilidad es básica según veremos más adelante.

Los Sistemas Industriales D) tienen varias formas de aprovechar su generación y obtener subproductos o economía, como veremos adelante.

## 3. DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

Para analizar los sistemas de generación eléctrica descritos, comenzaremos por analizar sus características:

### A) PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía para:

a) Venta y distribución del fluido.

b) Accionar equipos particulares en lugares donde no existe el suministro público o éste es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que se requieren.

Para las primeras que se citan, generalmente se requieren estudios y especificaciones muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetas 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 esbosan algunas características y estudios que para el primer caso sería necesario ampliar.

Una planta particular de servicio continuo, es aquella en que la operación de la misma se requiere por un periodo largo, ya sea a plena carga o parcialmente y, dependiendo de esto, 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 relación 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 y reparaciones, así como de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre todos éstos, permite escoger aquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

## B) 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 ponga 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 periodos 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.

(Considérese que el precio actual de una planta de emergencia fluctúa entre $220 y $150 dólares/Kw)

De no hacerse una buena selección, podemos cometer alguna LAMENTABLE omisión en algo que precisa de una verdadera meditación y aplicación de los conocimientos a nivel INGENIERIA con la consecuente RESPONSABILIDAD en ello. Una planta eléctrica en buenas condiciones debe arrancar en aproximadamente 5 a 10 segs., incluyendo los movimientos del interruptor de transferencia. Durante este lapso no hay energía en la carga. Si esto afecta, deben considerarse otras soluciones adicionales.

## C) SISTEMA DE C.D.

CA-CD. Este es un sistema de almacenamiento en Corriente Directa mediante baterías, que permite la reposición del suministro eléctrico a lámparas incandescentes y para aparatos que aceptan esta corriente, mediante una pequeña interrupción (0.050 – 0.125 segs.) que generalmente es imperceptible para el ojo humano y se utiliza para la iluminación de quirófanos en hospitales o de tiendas comerciales o como indicación de salidas de emergencia, etc.

La reposición de la energía así consumida, se hace al volver el suministro normal de CA, mediante rectificadores regulados automáticamente.

## C') SISTEMAS DE SERVICIO DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE (SPI).

En los casos en que ciertas cargas críticas se ven afectadas por cualquier interrupción, aunque ésta sea de una fracción de segundo, se utilizan los SPI, cuyo objetivo principal es eliminar cualquier interrupción en momentos en que desaparezca el suministro normal.

Estos requerimientos generalmente se presentan en cargas menores muy especiales como: instrumental médico, equipos para aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad y de la aplicación principalmente.

a) Sistema de Motor Generador con volante (1ª. Generación).

Esto constituyó la primera generación del Sistema Ininterrumpible de Potencia (SPI) con la idea de que por algún momento, el volante acumularía la inercia suficiente durante 3 a 5 segs., para permitir que una Planta Eléctrica arrancara y así recuperar la alimentación faltante, sin embargo la pérdida de velocidad y por lo tanto la frecuencia eléctrica en la corriente alterna generada, constituyó el mayor inconveniente para equipos tan delicados como computadoras que no toleren una caída de frecuencia de más de 1% y esto, siempre que la planta de emergencia arrancara con seguridad al primer intento.

b) Sistema de motor-generador accionado por un motor de C.D. y un generador de CA pero que, además de resultar un equipo muy costoso requería un mantenimiento delicado y una inestabilidad en la frecuencia al variar la carga.

c) Sistema Motor Generador con volante y motor primo.

En este caso se presentan dos soluciones:

I. Un motor diesel acoplado a la misma flecha del conjunto MGV y, mediante un embrague, al faltarle la energía al motor eléctrico, el volante impulsa al motor diesel iniciando así su operación mecánica.

II. En otra versión el Grupo Moto-Generador_Volante, al haber una falla, impulsa eléctricamente la marcha de una planta de emergencia, sin esperar la secuencia de operación de los reles detectores y sin depender de una batería, reconectándose así el motor eléctrico.

En ambos casos, la confiabilidad de la operación depende del exacto funcionamiento del motor diesel y sus componentes y no hay un medio alterno de suplir alguna falla. Además esas soluciones son más caras que los sistemas electrónicos y dependen más de un mantenimiento muy importante y su eficiencia es baja.

d) Unidad Electrónica Convertidor – Batería – Inversor.

En estas unidades hay también varias versiones que deben contemplarse antes de seleccionarla, de acuerdo con las necesidades.

Nos referimos a las más recientes 7ª y 8ª Generación.

Cabe hacer notar que entre los objetivos de estos equipos, está el suministrar.

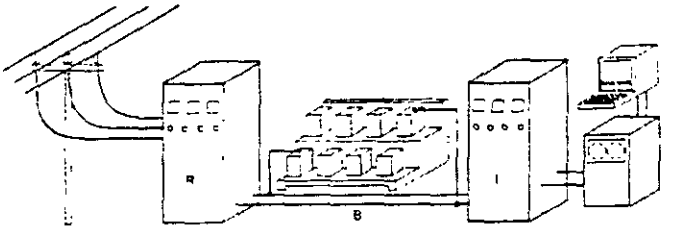
- Tensión eléctrica limpia y constante.
- Frecuencia estable.
- Aislamientos de los transitorios que hay en la línea.
- Continuidad de la alimentación eléctrica durante falta de suministro normal.
- Confiabilidad.
- Memoria para registros e identificación de fallas.

Y esto se hace indispensable en cargas como:

- Procesamiento de datos en computación.
- Controles industriales y robotización.
- Centros hospitalarios (unidades de cuidado intensivo)

- Telecomunicaciones.
- Control de tráfico aéreo y terrestre.
- Señalización y sistemas de seguimiento, etc.
- Otros.

Estas unidades están compuestas como se indica en la figura 1 y 2.



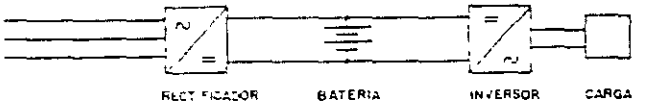



Fig. 1 y 2

La alimentación de C.A., sea monofásica o trifásica se transforma en CD mediante un RECTIFICADOR y esta energía se almacena en una batería de voltaje y capacidad adecuados, la que se mantiene saturada y con carga de flotación, habiendo avances para lograr mayor vida de las baterías.

A su vez, la línea donde se conecta la batería, abastece a un INVERSOR que es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna (CC-CA).

Este último dispositivo es el que ha venido modificándose cada vez más para que la conversión de CC a CA sea lo más eficiente, confiable y de forma de onda, lo más próxima a una senoide.

De los distintos diseños de inversor y de su eficiencia, depende considerablemente la adecuada selección para diferentes aplicaciones.

La forma de operar puede ser EN LINEA (ON LINE) y EN ESPERA (OFF LINE), teniendo desde luego más seguridades y confianza en la primera, pero con un pequeño aumento en el costo y el consumo eléctrico. Los nuevos diseños contemplan ambos sistemas en el mismo equipo.

Cabe hacer notar que las características de una alimentación eléctrica puede presentarse con irregularidades no admisibles para el equipo alimentado, como las siguientes (Ver Fig. 3).

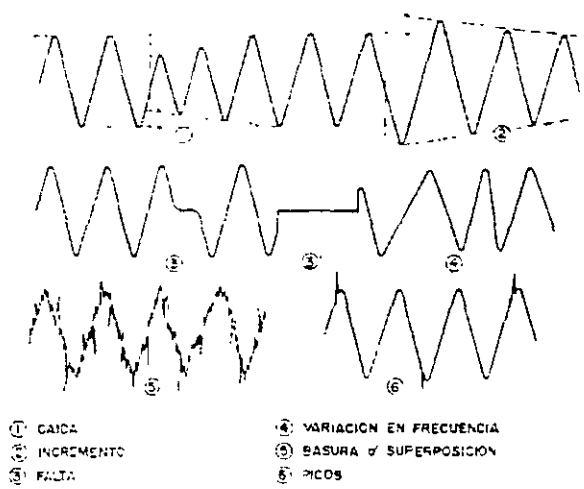



Fig. 3

El equipo que logra dar la mejor característica dentro de las tolerancias aceptable para una carga muy especial, logra calificar dentro de los recomendables para ese uso.

Es de recordarse que, si por ejemplo, en determinado momento se está pasando un programa de computación y éste se interrumpe por fracciones de segundo o considerando que las operaciones dentro de la electrónica se hacen a velocidades nona-segs., o sea millonésimas de segundo, pueden perderse datos o introducirse errores que echan a perder totalmente el programa.

Por esta razón es necesario conocer las características de los equipos confiables y dar las soluciones apropiadas.

Por otra parte, como los mismos equipos SPI son susceptibles de falla, se han previsto soluciones que permitan hacerlos confiables.

Un equipo SPI tiene una configuración como se indica, con sus respectivos interruptores de aislamiento y protección. (Ver Fig. 4)

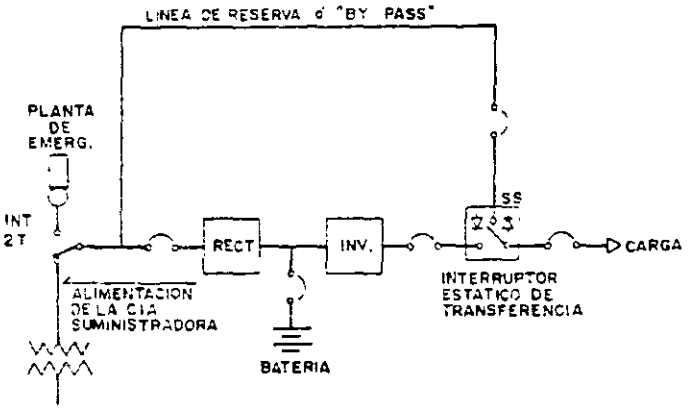



Fig. 4

La operación sobre la marcha permite que, en caso de fallar el equipo SPI o que se requiera aislarlo para mantenimiento, el interruptor estático de transferencia (SS) permite que sin ninguna interrupción, la carga quede conectada a una línea de reserva o de puente desde el bus de alimentación.

Una configuración redundante que permita todavía una mayor protección sería la siguiente:

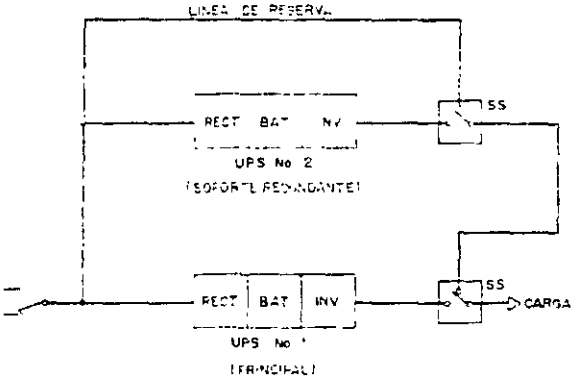



Fig. 5

En caso de tenerse más unidades pueden usarse otras configuraciones como la que se indica.

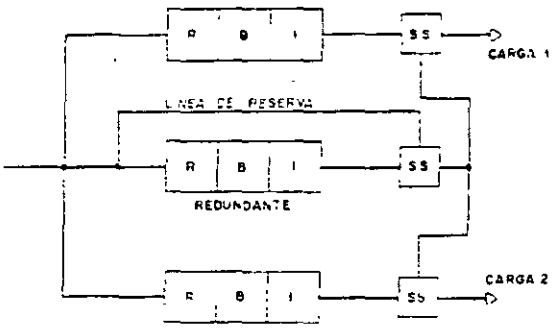



Fig. 6

En estas condiciones, la confiabilidad del conjunto de equipos, (qe pueden medirse en MTBF o sea Tiempo Medio entre Fallas). se incrementa considerablemente.

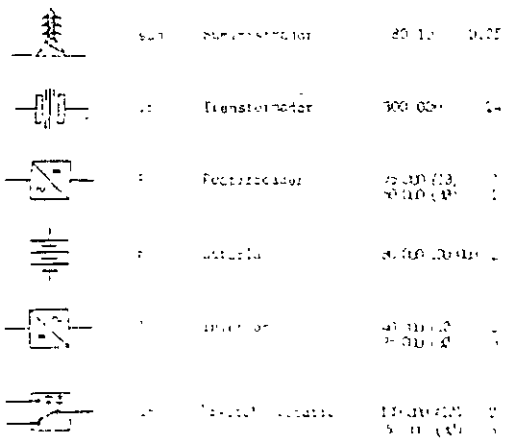


Fig 7

| | | |
|---|---|---|
| TMEF = | Tiempo medio entre fallas | (h) |
| TMDR = | Tiempo medio de reparación | (h) |
| A= | Disponibilidad = | $\frac{TMEF}{TMEF - TMDR}$ |
| $\lambda$= | Indice de fallas = | $\frac{1}{TMEF}$ (1 / h) |
| P= | $\frac{TMDR}{TMEF}$ | Relación para redundancia |

El índice de falla de un conjunto SPI trifásico por ejemplo, es la suma de los índices y falla de sus componentes:

| $\lambda_T =$ | $\lambda_R$ | $\lambda_B$ | $\lambda_I$ | $\lambda_{SS} =$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

$$\lambda_T = \frac{1}{50\,000} + \frac{1}{100\,000} + \frac{1}{25\,000} + \frac{1}{50\,000} =$$

$$\lambda_T = 10^{-6} ( 20 + 10 + 40 + 20 ) = 90 \times 10^{-6}$$

o sea que las probabilidades de falla en 1 hora de funcionamiento del conjunto o sistema son 90 millonésimos.

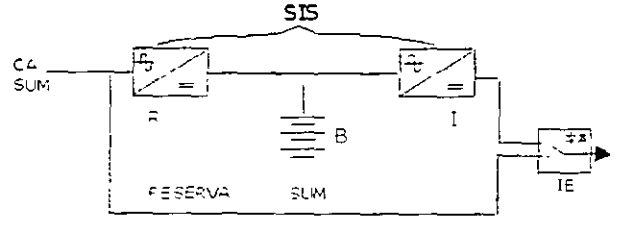
$$TNEF = \frac{1}{\lambda_T} = \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 11.111 \text{ h}$$

o sean 15.22 meses = 1.3

Esto nos da una idea de la confiabilidad de un equipo similar.

En el caso de varias unidades de SPI combinados la confiabilidad resulta muy alta y esto podría calcularse en base a las partes comunes y las propias del sistema y la sola adición de la línea de reserva e interruptor estático aumenta más del doble dicha confiabilidad.

Viendo la figura 8, la línea de reserva se marca SUM y un interruptor estático IE con lo cual se logra la confiabilidad antes señalada.

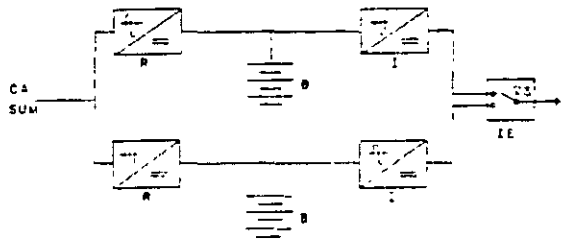



$$\lambda_T = \frac{1}{\lambda SIS} + \frac{1}{\lambda SIS} + \frac{1}{\lambda SIS} - \frac{1}{\lambda SIS} - \frac{1}{TMDRSIS} + \lambda_{IE}$$

| | | TMEF |
|---|---|---|
| Calculando | operación monofásica | 50 000 |
| TMEF para: | operación trifásica | 36 000 |

Fig. 8

Con dos unidades o sistema redundantes y un interruptor estático la confiabilidad nuevamente se incrementa aún más ( Ver Fig. 9).



$$\lambda_T = \left[ \frac{2}{\lambda SIS} + \left( \frac{1}{\lambda SIS} \right)^2 - \frac{1}{TMDRSIS} \right]^{-1} + \lambda_{HE}$$

Calculando TMEF para: ( operación monofásica 99 500 h ; operación trifásica 66 000 h )

Fig. 9

Como se ve, para cargas muy críticas, podemos mencionar el rastreo y control remoto de satélites o naves tripuladas, donde una interrupción de energía o una forma de onda anormal podrían introducir errores que llevarían a resultados fatales en la misión planeada al salirse de órbita o perderse su control.

Después de revisar someramente los equipos usuales, podemos analizar las características de los equipos actuales. Por ejemplo:

La forma de operar de un equipo como un UPS o una computadora, tan sofisticado como en la actualidad lo permiten los adelantos electrónicos, da lugar a tener aparatos o sistemas estáticos muy confiables, de alta eficiencia, inteligentes y fáciles de operar y protegerse; avisar detalles que ponen en peligro la información o la operación, etc., así como alta seguridad para las personas, para los equipos mismos y los resultados, además de ser silenciosos. Todo esto puede además monitorearse y/o ajustarse a través de MODEM y líneas telefónicas y con un Puerto RS 232.

Por lo que respecta a su instalación, cabe hacer notar que en equipos con cargas NO LINEALES, como los circuitos modernos, la instalación del NEUTRO, requiere una particular atención.

Por causa de las armónicas impares, especialmente los múltiplos de 3, se tiene que dimensionar el calibre del NEUTRO hasta en 1.73 veces la corriente normal por fase de la carga NO LINEAL.

Esto se debe a que aún con cargas balanceadas las armónicas impares múltiplos de 3 se suman y regresan por el NEUTRO, pudiendo llegar a esos valores.

En el Reglamento para Instalaciones y el N.E.C., aparece yá este requisito.

Por otra parte, debe considerarse que las plantas de emergencia que alimentan un SPI (UPS), computadoras, rectificadores, "dimmers", etc., con cargas NO LINEALES, deben sobredimensionarse por causas de las armónicas y para estabilidad de la operación.

Se recomienda que por lo menos, el generador de la planta que alimenta Sistemas Ininterrumpibles de Potencia, sea de 1.5 a 2 veces como mínimo, auque el motor primo sea el normal.

Sin embargo, si la planta eléctrica alimenta otras cargas y por ello el generador es mayor, no necesita aumentarse más que la diferencia. Ejemplo: Si el UPS es de 100 KVA pero hay cargas de emergencia de otros 40 ó 60 KVA, el generador puede ser de 150 ó 160 KVA, siempre y cuando no se requiera sobredimensionarlo por causa de arranque de motores u otras razones:

Por lo que respecta al Regulador de Voltaje del generador de la planta, éste debe ser de características especiales para que no se descontrole con las señales provenientes de los alimentadores, cuando éstos tienen una carga NO LINEAL que provoca "ruido" eléctrico y contamina el disparo de los SCRS.

Si un regulador normal se "aloca", puede provocar sobre-voltajes de 150 ó 200% que perjudican a la carga misma.

Por esta razón será INDISPENSABLE un regulador de amplificación magnética o similar o filtros adecuados en el circuito sensor pues tanto el equipo generador como el alimentado, pueden perjudicarse.

## C" INVERSORES (IPS)

Con la misma idea de funcionamiento de los SIP (Sistemas Ininterrumpibles de Potencia), (UPS), los Inversores o IPS resultan una solución menos costosa y de más prolongado respaldo para dar energía eléctrica ante las fallas de suministro que se presentan y sin la sofisticación propia de aquellos equipos que como UPS buscan no solo cubrir la falta de energía sino una protección y serie de avisos como el estado de carga de las baterías y envío de señales para cerrar cálculos en una computadora u otros equipos y evitar pérdidas de datos antes de apagarse.

En los IPS que son menos sofisticados pero mas robustos, se diseña el equipo para aceptar cargas y transientes como los arranques de motores de un refrigerador o bomba de agua, aspiradoras, etc., además de equipos tan potentes como un horno de microondas.

Generalmente su potencia es relativamente pequeña 500 a 5000 W., pero por ahora son equipos monofásicos y su utilización es principalmente doméstica o para pequeños talleres, oficinas, consultorios, etc., pero pueden sostener el servicio eléctrico por varios minutos u horas, según el tamaño de las baterías que lo soportan.

En el cálculo del tiempo de respaldo de baterías, podemos poner el siguiente ejemplo

| CONSUMO | TIPO DE ENSERES COMUNES EN EL HOGAR |
|---|---|
| 60-100 W | Bombillas o focos |
| 100-125 | Computadoras. |
| 200 | Televisor a color |
| 400 | Batidora o Licuadora. |
| 600 | Refrigerador. |
| 1200 | Horno de Microondas. |
| 800 | Operador eléctrico de puertas |

Considerando que el IPS tenga una eficiencia aproximada de 85%, se necesitan 700 Watts de Batería para cubrir 600 W de consumo, al convertir la corriente directa en corriente alterna.

Por otra parte, un alto nivel de potencia reduce la eficiencia del equipo, debido principalmente a las resistencias internas del equipo, así como de las propias baterías. Por tanto, las pérdidas a 2000 Watts van a ser 4 veces mayores que a 1000 Watts.

Por lo anterior se recomienda reducir preferentemente los consumos a un 60 o 75% de la capacidad total.

Tomando como ejemplo de cálculo:

a.) Un refrigerador operando c/20 minutos o sea 8 horas /día con un consumo de 600 W., 600 x 8 hs./1000 = 4.8 Kw - hr.

b.) Televisor a color 200 W x 2 hrs/1000 = 0.4 Kw -hr.

c.) Microondas 1200 W x 15 min. $\frac{1200 \text{ W x } 15 \text{ min } (1 \text{ hr}/60\text{min})}{1000}$ = o.300 Kw - hr

d.) Batidora 800 W x 15 min (1 hr/60min)/1000 = 0.200 Kw - hr.

e.) 5 focos x 60 w x 5 hrs/1000 = 1.5 Kw - hr.

f.) Un operador eléctrico de puertas 800 x 8 x 15 seg x (1hr/3600 seg)/1000 = 0.026 Kw - hr.

Consumo total

| | |
|---|---|
| a.) Refrigerador | 4.8 Kw - hr. |
| b.) Televisor | 0.4 Kw - hr. |
| c.) Microondas | 0.3 Kw - hr. |
| d.) Batidora | 0.2 Kw - hr.. |
| e.) Focos | 1.5 Kw - hr, |
| f.) Operador Puertas | 0.026 Kw - hr. |
| g.) | 7.226 Kw - hr. |

Como se ve, el mayor consumo es el del refrigerador por el tiempo que está operando en el transcurso del día, en cambio el microondas que es la mayor carga momentánea, solo opera unos minutos en el día y un operador de puertas eléctricas que solo opera por segundos, consume muy poca energía.

h.) Aplicando la eficiencia al consumo (85%) se requiere 8.62 Kw - hr./ día.

Si suministramos un banco de 4 baterías de 12 V y 225 Amh c/u.

Energía = V x Amh = 4 x 12 x 225 = 10800 /1000 = 10.8 Kw -hr.

Con esta batería, podemos cubrir no solo 24 hrs. del consumo calculado, sino 30 hrs. dentro de lo cual debemos cuidar principalmente el consumo del refrigerador, procurando no tenerlo abierto demasiado tiempo.

Si el IPS se utiliza solo en emergencias cortas, su batería puede ser relativamente pequeña.

Si el IPS va a utilizarse en una camioneta para "Camping" u otra aplicación similar, es conveniente preveer alguna forma de recuperar la carga de la batería como podría ser, el mismo alternador de la camioneta.

Igualmente en alguna casa de campo, podrían usarse celdas fotovoltaicas o un cargador eólico, pero como no siempre hay viento o puede estar nublado con poca luz de día, debe preveerse una batería mayor o una pequeña planta eléctrica.

## D) SISTEMAS DE CO-GENERACION, "TOTAL ENERGY" Y "NO BREAK" INDUSTRIAL.

Estos sistemas buscan resolver problemas de generación eléctrica a nivel industrial, con fines económicos o de estabilidad y/o aseguramiento de la calidad del producto, etc.

Generalmente se busca generar energía eléctrica y tener algún subproducto adicional o viceversa

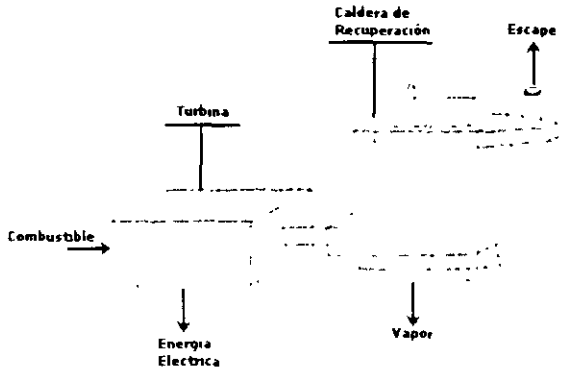



Fig 10

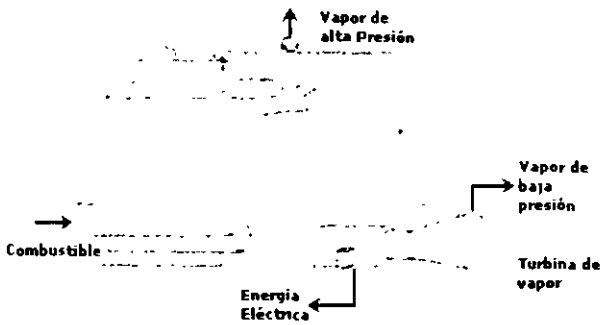



Fig. 11

Dado que la generación eléctrica de vapor puede tener demandas diferentes en los procesos, generalmente se cuenta con un respaldo eléctrico parcial a través de la empresa pública y también se cuenta con caldera o quemadores adicionales para suplir la falla en vapor o calor, etc.

Ante estas condiciones se busca que los procesos más importantes tengan como alimentación principal la propia generación y como emergencia a la compañía suministradora mediante circuitos de transferencia automáticos. (Ver Fig., 12).

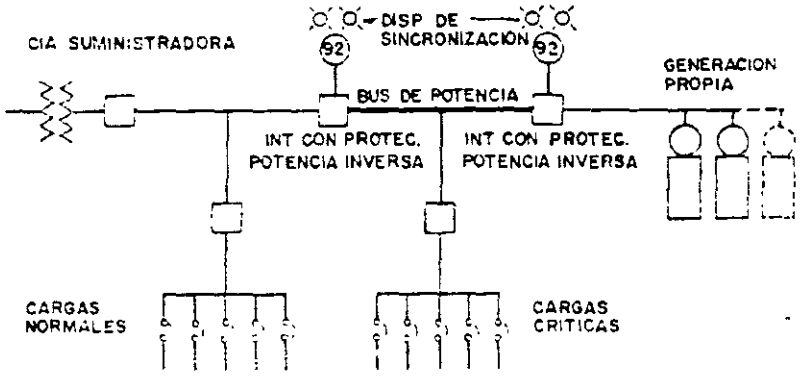



Fig. 12

Ante una situación como se describe, la carga crítica puede funcionar sin interrupción como con un SPI ya que, al fallar energía en el suministro normal, éste se desconecta automáticamente del Bus de potencia constante y lo mismo, al fallar la generación propia se desconecta su interruptor dejando las cargas críticas alimentadas con la compañía suministradora.

## 4. CALCULO PARA SELECCIÓN.

Primeramente se necesita seleccionar cuidadosamente las cargas que conviene incluir en el sistema de 1ª.. 2ª.. ó 3ª.. etc.. emergencias tomando en cuenta que la inversión necesaria en cada caso tiene costos muy diferentes.

Un equipo "No Break" por ejemplo, tiene aproximadamente un precio 5 veces mayor que una planta de emergencia y mientras el primero sostiene la carga aproximadamente 20 minutos, la planta puede usarse varias horas y hasta días.

Por lo anterior, es indispensable seleccionar los equipos que verdaderamente requieren una alimentación ininterrumpible y luego, proteger este equipo y las demás cargas críticas, con una planta de emergencia.

La instalación proyectada debe estar preparada para esta serie de circuitos.

Cabe considerar que cuando las cargas en emergencia incluyen motores grandes, conviene analizar si se separan el "NO BREAK" y algunas cargas ligeras en una planta y los motores y/o cargas pesadas en otra, ya que el equipo de SIP requiere frecuencia y voltaje lo más estable posible y el arranque de motores causa caídas de voltaje y frecuencia importantes.

Por lo que respecta al cálculo de la capacidad necesaria para la planta de emergencia, además de las consideraciones que se hicieron en el párrafo 3. en cuanto a características, se deben cuantificar, primeramente los motores que deben arrancar en emergencia ya que el pico de carga inicial se eleva a 5 veces la carga normal y esto provoca en la planta eléctrica una doble reacción: La frecuencia eléctrica se cae al bajarse la velocidad aproximadamente en 1 a 3% según capacidad y, la tensión eléctrica puede caer un 20 a 25% en ese momento o más, dependiendo del tamaño del motor o motores que arranquen simultáneamente.

Al final se presenta una tabla en la que se enlistan las capacidades de planta eléctrica recomendables para absorber el pico de carga de arranque de motores para un valor predeterminado de caída de voltaje.

En esta misma tabla aparecen datos para arranques a voltaje reducido, lo cual no solo beneficia la condición anterior, sino que resulta más barato este equipo que la diferencia en tamaño de planta que se requería si no se usara.

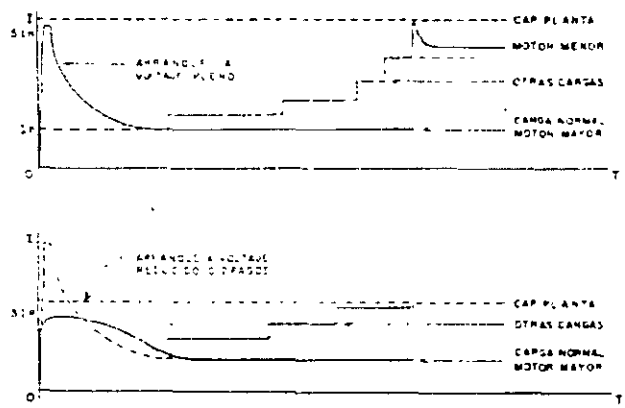



Fig. 13

Conviene si es posible, que el motor más grande arranque primero, ya que eso determina la capacidad de la planta, aunque después, el consumo del mismo sea 1/5 aproximadamente de lo que demanda en el inicio.

Un arrancador magnético a tensión reducida disminuye esa capacidad de la planta y resulta más económico, (aproximadamente 65% del precio), (ver Fig.

Los motores chicos pueden arrancar a tensión plena, pero si son varios y éstos arranca simultáneamente, suman su capacidad como si fuera uno grande, igual a la suma de capacidades.

Para estos casos es conveniente diferir los arranques manual o automáticamente.

## COMPONENTES DE UNA PLANTA ELECTRICA

Para conocer los equipos que vamos a seleccionar comenzaremos con las Plantas Eléctricas.

Una Planta Eléctrica, consta de las siguientes partes principales:

a) Motor primo,
b) Generador,
c) Controles e Interruptor General,
d) Interruptor de Transferencia o doble tiro, 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 de 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.

(Para relacionar RPM y frecuencia con número de Polos, la fórmula es:

$$N = 120\ f / P$$

| | | HP | KW | KVA | FP | I (Amp) | INT (Amp) | Carga Elect % | Efecto Joule % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 225 | [illegible] | 56 | [illegible] | 70 | [illegible] | [illegible] | 500 | [illegible] | [illegible] |

Mismo Motor

Generador 75%

CAPACIDAD EN SERVICIO CONTINUO = { 85 % / 90% DE EMERGENCIA

CAPACIDAD CON TURBO [illegible] 10 a 25% MAS QUE CON ASPIRACION NATURAL, [illegible] PERKINS PARA ALTITUD MEJOR

[illegible] 821130 K 454 [illegible]

PISA

[illegible]

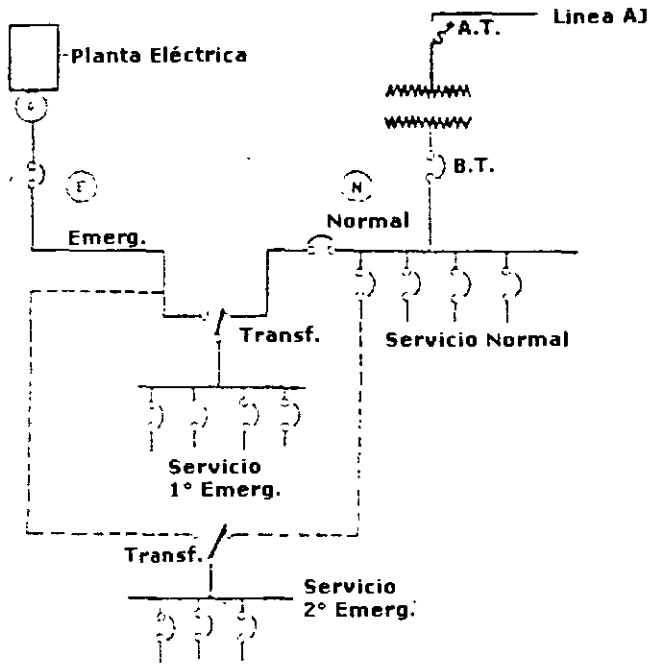



Fig. 14

Si una planta de emergencia tiene sistema automático de arranque y paro, no se concibe que el Interruptor de Doble Tiro sea manual y por consiguiente es necesario un Interruptor Automático de Transferencia que reconozca siempre una alimentación preferente.

Similarmente, si la planta es de operación manual no es necesario transferencia automática.

Sin embargo (Fig. 14) pueden usarse combinaciones de transferencias automáticas y manuales En aplicaciones de motor diesel, la velocidad común es de 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 1200 RPM ó 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 en una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor.

Ver gráfica de Pot. (Fig. 13).

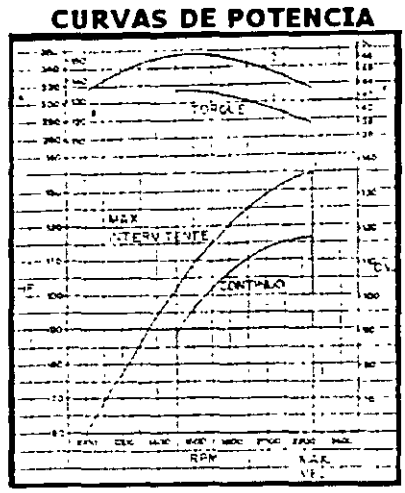



Fig. 15

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 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.

| GENERADORES COMPACTOS | | TABLA I POTENCIA EN H P DEL MOTOR MAYOR QUE SE PUEDE ARRANCAR SIN EXCEDER UNA DETERMINADA C DE VOLT | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KVA | KW | 5% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | | 25% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | | 40% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | |
| - | | ARRANQUE A PLENO VOLTAJE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | ARRANQUE A PLENO VOLTAJE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | ARRANQUE A PLENO VOLTAJE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA |
| | | | 80% | 65% | | | 80% | 65% | | | 80% | 65% | |
| 3 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 | - | - | - | 2 | 1.5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 7 5 | 2 |
| 19.7 | 15 | - | - | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 12 5 | 3 |
| 26 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 | 12.5 | 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 |
| 93.8 | 75 | 3 | 3 | 5 | 20 | 15 | 20 | 30 | 20 | 25 | 30 | 50 | 20 |
| 125 | 100 | 3 | 5 | 7 5 | 25 | 20 | 30 | 40 | 25 | 30 | 50 | 75 | 25 |
| 156 | 125 | 5 | 7.5 | 10 | 30 | 25 | 40 | 60 | 30 | 40 | 60 | 75 | 30 |
| 187 | 150 | 5 | 7 5 | 12.5 | 40 | 30 | 50 | 75 | 40 | 50 | 75 | 100 | 40 |

Fig. 16

| TABLA 2 CORRIENTE Y POTENCIA APROX QUE TOMAN LOS MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POTENCIA EN H P | CARGA DURANTE EL TRABAJO | | | | CARGA EN EL ARRANQUE EN EL VOLTAJE COMPLETO | | | |
| | KWA A PLENA CARGA | KVA A PLENA CARGA | AMPERS A PLENA CARGA | | MOTOR MONOFASICO TIPO DE REPULSION E INDUCCION | | MOTOR TRIFASICO DE PAR DE ARRANQUE NORMAL Y KVA NORMALES DE ARRANQUE | |
| | | | MOTOR MONOFASICO | MOTOR TRIFASICO | KVA | AMPERS | KVA | AMPERS |
| ½ | 5 | 8 | 3.5 | 2 1 | 2 8 | 12 5 | | |
| 1 | 1 0 | 14 | 8 5 | 3 7 | 4 5 | 20 | 7 7 | 20 |
| 2 | 1 9 | 2.4 | 11 0 | 6 3 | 9 0 | 41 | 12.6 | 33 |
| 3 | 2 8 | 3 7 | 17 0 | 9 7 | 12 5 | 56 | 17 0 | 45 |
| 5 | 4 5 | 6 0 | 27 | 15 6 | 20 0 | 90 | 29 8 | 78 |
| 7½ | 6 6 | 8 1 | 37 | 21 | 28 0 | 140 | 43 | 112 |
| 10 | 8 8 | 11 0 | 50 | 29 | 37 0 | 167 | 55 | 144 |
| 15 | 13 0 | 15 0 | | 39 | | | 83 | 220 |
| 20 | 17.2 | 20 0 | | 52 | | | 110 | 290 |
| 25 | 21 4 | 24 5 | | 64 | | | 135 | 352 |
| 30 | 25 5 | 29 0 | | 76 | | | 160 | 420 |
| 40 | 33 8 | 39 4 | | 103 | | | 217 | 570 |
| 50 | 42 2 | 47 8 | | 125 | | | 264 | 690 |
| 60 | 50 0 | 59 3 | | 156 | | | 326 | 850 |
| 75 | 62 5 | 71 0 | | 186 | | | 390 | 1020 |
| 100 | 83 0 | 93 0 | | 244 | | | 511 | 1340 |

Fig. 17

## NOTAS SOBRE LA TABLA No. 1

Cuando se desea una buena calidad del servicio eléctrico, la caída 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 tan importantes puede tolerarse hasta un 25% de caída de voltaje durante el arranque de un motor. Más allá de este límite. cuando hay otros arrancadores y/o contactores magnéticos y relés de protección por bajo voltaje funcionando, van a desconectarse al llegar a menos del 75% del voltaje de suministro dando como resultado que debe iniciarse todos los arranques nuevamente.

En donde el arranque de un motor grande es el único factor para tomarse en cuenta, puede tolerarse hasta 40% de caída de voltaje, siempre y cuando el arranque sea nominal o su bobina no esté en el mismo circuito o sea manual.

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 o voltaje reducido, debe tomarse en cuenta que el par motor se reduce a 65%. Asegúrese de que estos pares de arranque sean suficientes para mover 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.

Multiplíquese por dos los valores de carga de arranque de Tabla dos.

**MOTORES TIPO CAPACITOR**.- Aumentándose 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% 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.

EJEMPLO DE UN CALCULO DE PLANTA ELECTRICA

## EL RECUENTO DE CARGAS NOS DA:

| EQUIPO<br>CARGAS RESISTIVAS: | CAP. MOT. | KW PARA ARRANQUE<br>A VOLT. PLENO | <br>A VOLT REDUCIDO | CARGA KW PERMANENTE |
|---|---|---|---|---|
| Alumbrado Emergencia | - | - | - | 3 |
| Alumbrado Exterior | - | - | - | 2 |
| Contacto Emergencia | - | - | - | 2 |
| Resistencias y Calefactores | - | - | - | 10 |
| **SUBTOTAL 1** | | | | 17 |
| **MOTORES MENORES: (1 HP = 0.746/0.9 = 0.83 KW)** | | | | |
| 4 Motores 0.25 HP (arranque simultáneo) | 4 x 0.25 | 5 | - | 4.15 |
| 1 Motor 2 HP (arranque diferido o simultáneo) | 2 | 10 | - | 8.3 |
| 1 Elevador Mot. 7.5 HP (normalmente arranque diferido) | 7.5 | 35 | - | 6.23 |
| **SUBTOTAL 2** | | 50 | | 18.68 |
| 1 MOTOR 20 HP ( A pleno V) a (arranque a Volt. Red). | 20 | (100) | (40) | 16.60 |
| **SUBTOTAL 3** | | 100 | 40 | 16.60 |

## RESUMEN DE CARGAS:

Si no se planea el arranque de cargas combinadas, (resistivas y motores), pueden presentarse situaciones que van desde dificultades para arrancar, hasta detenerse la operación de la planta y pararse cuando precisamente hay una emergencia. Otra solución sería instalar una planta mayor con una inversión que puede no justificarse, pero además, después de los arranques se quedaría con una carga muy baja que provoca carbonización y rápido deterioro del motor.

En el ejemplo de Recuento de Cargas, debe recontarse todo lo que se alimenta simultáneamente o separar transferencias parciales con algún programador lo que resulta más barato y mejor.

Si sumamos el Sub Total No. 1 de cargas resistivas, con las cargas permanentes de los Sub Totales 2 y 3, tenemos C = 17 + 18.68 + 16.6 = 52.27 Kw o sea 34% de esa capacidad (demasiada poca carga).

Ejemplo 2.- Sub Total 2 igual pero Sub Total 3, a Voltaje reducido, C = 17 + 50 + 40 = 107 Kw.

Ejemplo 3.- Si puede arrancarse primero a Voltaje pleno o reducido, el motor más grande, puede bajar más la capacidad dado que la carga estable de éste va a quedar primero, C = 16.6 + 17 + 50 = 83.6 Kw.

Como se ve, programando los arranques y/o introduciendo arrancadores de Voltaje reducido puede seleccionarse una planta de 100 u 85 Kw en lugar de 167 Kw, con el consiguiente ahorro.

Cuando se puede aplicar, esta solución aunque requiere de equipos más complejos, resulta más barata que una planta mucho mayor.

## EJEMPLO DE CÓMO SELECCIONAR EL MOTOR DIESEL

A la carga máxima requerida (80 KW) debe sumarse aproximadamente 5% para ventilador y bomba pero además, debe buscarse un motor que dé la capacidad requerida al nivel en que va a operar. Por ejemplo: Si se requiere en la Ciudad de México que está a 2,237 m.s.n.m. y la planta es de aspiración natural, el motor pierde aproximadamente 1% por cada 100 m.s.n.m. o sea cerca de 22.40 (F = 0.7763).

La capacidad nominal del motor será entonces:

73.66 / 0.95 x 0.7763 = 99.87 KW y esto significa un motor 100/0.746 x 0.9 = 150 HP al freno nominales a 0 m.s.n.m.

El generador seguiría siendo de 80 KW.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

## *MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCIÓN DE LOS CONDUCTORES*

**EXPOSITOR: ING. LAZARO PONCE DIAZ**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

BASADOS EN LA NOM-001-SEDE-1999

## CONTENIDO:


ART. 300 METODOS DE ALAMBRADO

ART. 318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

ART. 331 TUBO NO-METALICO

ART. 332 TUBO DE POLIETILENO

ART. 345 TUBO METALICO TIPO SEMIPESADO

ART. 346 TUBO METALICO TIPO PESADO

ART. 347 TUBO RIGIDO NO-METALICO

ART 348 TUBO METALICO TIPO LIGERO

ART. 350 TUBO METALICO FLEXIBLE

ART. 351 TUBO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS METALICO Y NO-METALICO

ART 352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METALICAS Y NO METALICAS

ART. 362 CONDUCTOS METALICOS Y NO- METALICOS CON TAPA



ING. LÁZARO PONCE DÍAZ

NOVIEMBRE 2002

## ART. 300 - METODOS DE ALAMBRADO

### A. Disposiciones generales

**300-1. Alcance**

a) **Todas las instalaciones.** Las disposiciones de este Articulo aplican a todas las instalaciones y métodos de alambrado, salvo las excepciones siguientes:

Excepción 1: Sistemas intrinsecamente seguros. ART. 504
Excepción 2: circuitos clase 1, clase 2 y clase 3. Art. 725
Excepción 3: Circuitos de señalización para protección de contra incendios. Art. 760
Excepción 4: Cables de fibra óptica. Art. 770
Excepción 5: Sistemas de comunicaciones. Art. 800
Excepción 6. Equipo de radio y televisión. Art. 810
Excepción 7: Sistemas de distribución comunitaria de antena de radio y televisión. Art. 820

b) **Partes integrales de equipo.** No aplica a los conductores que sean parte integral de equipo, tales como: motores, controladores, centros de control de motores, equipos ensamblados en fabrica.

**300-2 Limitaciones**

a) **Tensión eléctrica.** ... aplica para tensión de **600 V o menor** ...
b) **Temperatura.** La temperatura máxima del conductor debe estar de acuerdo con lo indicado en 310-10

**300-3 Conductores**

a) **Conductores individuales.** Los cables monoconductores especificados en Tabla 310-13 solo den instalarse ... según Capitulo 3.
b) **Conductores del mismo circuito.** Todos los conductores del mismo circuito, el conductor puesto a tierra y los de puesta a tierra del equipo deben instalarse en la misma canalización, charola, zanja o cable.
c) **Conductores de sistemas diferentes.**
   1) **Tensión eléctrica nominal hasta 600 V.**
      .. circuitos de c.a. y de c.c. pueden ocupar la misma canalización, envolvente o cable. .
      ... todos los conductores deben tener un aislamiento adecuado para la tensión nominal máxima . dentro de la canalización ... (no aplica a conductores blindados)
   2) **Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V.** ... no deben ocupar ... la misma canalización que los conductores para tensiones iguales o menores de 600 V.

**300-4 Protección contra daño físico.** En donde los conductores estén expuestos a daño físico, deben protegerse adecuadamente

a) Cables y canalizaciones a través de piezas estructurales de madera
b) Cables con cubierta no-metálica y tubo no-metálico que pasen a través de piezas estructurales metálicas
c) Cables a través de espacios detrás de paneles diseñados para permitir acceso
d) Cables y canalizaciones sobre estructuras
e) Cable y canalizaciones instalados en ranuras poco profundas
f) Protección de material aislante.

**300-5 Instalaciones subterráneas.**

a) **Requisitos de profundidad mínima.**
   Ver Tabla 300-5. Profundidad mínima para sistemas hasta 600 V nominal (cm)
b) **Puesta a tierra.** Todas las instalaciones subterráneas deben estar conectadas a tierra de acuerdo al Art. 250
c) **Cables subterráneos bajo edificios.** . deben colocarse en una canalización ...
d) **Protección contra daños.** Los cables directamente enterrados que salgan de instalaciones subterráneas deben protegerse con canalizaciones . desde . .. 0,45 m (máximo) por debajo del piso terminado hasta 2,50 m sobre el nivel de piso terminado.
e) **Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer empalmes o derivaciones en cables directamente enterrados sin utilizar cajas de empalme de acuerdo a 110-14 (b).
f) **Rellenos.** ... los rellenos no deben dañar las canalizaciones o los cables, ... no deben usarse rocas grar de pavimento, escorias, corrosivos ..
g) **Sellado de canalización.** .... El tubo debe sellarse en uno o ambos extremos cuando la humedad pudiera hacer contacto con partes energizadas ...

**Tabla 300-5. Profundidad mínima para sistemas hasta 600 V nominal (cm)**

| | Método de alambrado o circuito | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Lugar o método de alambrado o circuito | 1<br>Cable directamente enterrado | 2<br>Tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado | 3<br>Canalización no-metálica listada para enterrarse directamente sin concreto ahogado u otra canalización aprobada para tal uso | 4<br>Circuitos derivados residenciales hasta 127 V con protección ICFT y protección de sobrecorriente máxima de 20 A | 5<br>Circuito de control para riego e iluminación exterior limitado a 30 V e instalado con cable tipo UF u otros cables o canalizaciones |
| Todas las condiciones no especificadas abajo | 60 | 15 | 45 | 30 | 15 |
| En zanjas protegidos por concreto de 5 cm de espesor o equivalente | 45 | 15 | 30 | 15 | 15 |
| Bajo edificios | 0<br>(sólo en canalizaciones) | 0 | 0 | 0<br>(sólo en canalizaciones) | 0<br>(sólo en canalizaciones) |
| Bajo banqueta de concreto con espesor mínimo de 10 cm, extendiéndose 15 cm mínimo más allá de la instalación subterránea | 45 | 10 | 10 | 15<br>(directamente enterrado)<br>10 (en canalizaciones) | 15<br>(directamente enterrado)<br>10 (en canalizaciones) |
| Bajo arroyo | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| En entradas y estacionamiento para viviendas unifamiliares | 45 | 45 | 45 | 30 | 45 |
| En aeropuertos, en pistas y lugares adyacentes en donde se prohíba el paso | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |

El enterramiento se define como la distancia más corta medida entre la superficie de cualquier conductor directame enterrado, cable, tubo u otras canalizaciones y la superficie de la tierra, cubierta de concreto u otra cubierta similar.

h) **Boquillas.** ... en el punto donde los cables directamente enterrados entren en un tubo o canalización deben protegerse colocando un monitor (boquilla) o sello adecuado...
i) **Conductores del mismo circuito.** ...Todos los conductores del mismo circuito deben instalarse juntos e a misma canalización o trinchera incluyendo los conductores puestos a tierra y de puesta a tierra (neutro y a fisica)
j) **Asentamiento del terreno.** Cuando las canalizaciones o cables directamente enterrados estén sujetos a asentamiento ... del terreno los conductores y equipos conectados deben protegerse para prevenir daños ..

**300-6 Protección contra la corrosión.** Las canalizaciones metálicas ... y accesorios ... deben ser de materiales aprobados para el medio ambiente donde se instalen conforme con 110-2...
a) **Disposiciones generales.** Las canalizaciones ... y accesorios de fierro ... deben protegerse contra la corrosión en su interior y en su exterior (excepto las roscas) con una capa de material aprobado tal cromo, zinc, cadmio o esmalte
b) **En concreto o en contacto directo con la tierra.** Las canalizaciones . . y accesorios de material ferroso o no-ferroso ... deben fabricarse con materiales adecuados para esa condición o protegidos con una protección adecuada.
c) **Lugares mojados en interiores.** .. en lugares donde las paredes estén o puedan estar mojadas (lecherías, lavanderías, fabricas de conserva) las tuberías y accesorios deben montarse en las paredes con una separación mínima de 6 mm ...

**300-7 Canalizaciones expuestas a diferentes temperaturas**
a) **Sellado.** .. en cámaras frigoríficas o instalaciones similares se debe impedir la circulación de aire a través de la canalización desde una sección caliente a una fria ...
b) **Juntas de expansión.** ... deben instalarse para compensar la expansión y contracción térmica

**300-8 Instalación de conductores con otros sistemas.** Las canalizaciones o soportes tipo charola para cables no deben contener tuberías para vapor, agua, aire, gas o cualquier otro servicio que nó sea eléctrico.

**300-9 Puesta a tierra de envolventes metálicas.** Las canalizaciones metálicas, cajas, gabinetes, cables ar 'os y accesorios deben estar puestas a tierra como indica el Art. 250.
**300-10 Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.** Las canalizaciones metálicas, armaduras de cables y otras envolventes metálicas .. y sus accesorios deben proporcionar una continuidad eléctrica efectiva.

**300-11 Fijación y soportes.**
a) **Fijación correcta. Las canalizaciones, conjunto de cables, cajas, gabinetes y accesorios deben estar firmemente sujetos en su lugar.**
b) **Canalizaciones usadas como medio de soporte.** Las canalizaciones ... (eléctricas) ... no deben usarse como medio de soporte para otras canalizaciones, cables o equipo no eléctrico.

**300-12 Continuidad mecánica de canalización y cables.** Las canalizaciones metálicas y no metálicas... (tubos) . ., armaduras y cubiertas de los cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otras cubiertas, envolventes o salidas

**300-13 Continuidad eléctrica y mecánica de conductores**
a) **Disposiciones generales.** En las canalizaciones, los conductores deben estar continuos entre las cajas de salida, cajas de registro y dispositivos y no debe haber empalmes o derivaciones dentro de ellas.
b) **Continuidad del conductor de puesto a tierra cuando se eliminan dispositivos eléctricos.**

**300-14 Longitud adicional de conductores en cajas de empalme, salidas y punto de cambio.** En cada caja ... debe dejarse por lo menos 15 cm de longitud ... de conductores ... para hacer las conexiones a dispositivos o equipos.

**300-15 Cajas, cajas de paso o accesorios**
a) **Caja o caja de paso.** Se debe instalar una caja ... para cada punto de conexión de empalme de conductores, salida, punto de cambio o unión, punto de jalado para la conexión de tubo metálico, canalizaciones de superficie u otras.
b) **Solo cajas.** ... igual que el anterior pero para cables tipo AC, MC, cables con cubierta metálica, cables con cubierta no-metálica u otros cables.

c) **Accesorios y conectadores.** .. deben emplearse solamente bajo los métodos de alumbrado para los cuales hayan sido diseñados
d) **Equipo.** Pueden emplearse cajas de empalme o compartimentos de alambrado en salidas, en lugar de cajas de registro, cuando forman parte integral del equipo.

**300-16 Canalización o cables en un alambrado oculto o abierto**
a) **Caja de registro o accesorio**
b) **Boquilla**

**300-17 Número y área de la sección transversal de conductores en canalizaciones.** La y área total de la sección transversal de conductores en cualquier canalización no debe ser mayor que el que permita la disipación del calor y la fácil instalación y retiro de los conductores sin dañarlos...

**300-18 Instalación de canalizaciones.** Las canalizaciones deben estar completamente instaladas entre salidas o puntos de empalme, antes de instalar los conductores

**300-19 Soportes de los conductores en canalizaciones verticales**
a) **Separación máxima.** Los conductores en canalizaciones verticales deben tener soportes si la altura excede los valores de la tabla 300-19 (a). Se debe instalar un soporte de cables en el extremo superior de la canalización vertical . . y además en tramos adicionales espaciados según se indica en la Tabla
b) **Métodos de soporte.**
   1) ... dispositivos de mordaza construidos con cuñas aislantes o empleando cuñas aislantes introducidas en los extremos de los tubos .
   2) Intercalando cajas provistas de tapas, a intervalos requeridos, en los cuales se deben instalar soportes aislantes sujetos de manera que resistan el peso de los conductores fijados en ellos .
   3) Desviando los cables mas de 90° en cajas de empalme y llevándolos horizontalmente a una distancia mayor del doble del diámetro del cable, sujetando los cables con dos o más soportes aislantes ..

**Tabla 300-19(a). Distancia entre los soportes de los conductores**

| Designación del conductor | | Distancia máxima de los soportes (m) | |
|---|---|---|---|
| Tamaño nominal ($mm^2$) | Calibre AWG o kcmil | Conductor de aluminio | Conductor de cobre |
| 0,8235 a 8,367 | 18 al 8 | -- | 30 |
| 13,30 a 53,48 | 6 al 1/0 | 60 | 30 |
| 67,43 a 107,2 | 2/0 al 4/0 | 55 | 25 |
| Mayor de 107,2 a 177,3 | Mayor de 4/0 al 350 | 40 | 20 |
| Mayor de 177,3 a 253,4 | Mayor de 350 al 500 | 35 | 15 |
| Mayor de 253,4 a 380,0 | Mayor de 500 al 750 | 30 | 10 |
| Mayor de 380,0 | Mayor de 750 | 25 | 10 |

**300-20 Corrientes eléctricas inducidas en las cubiertas metálicas o en canalizaciones metálicas**
a) **Agrupamiento de conductores.** . Para minimizar el efecto de inducción . todos los conductores de fase, el conductor puesto a tierra y los conductores de puesta a tierra . deben ir juntos en la misma canalización
b) **Conductores individuales.** Cuando un solo conductor que transporta corriente alterna pase a través de un metal con propiedades magnéticas se debe reducir a un mínimo el efecto inductivo por los medios siguientes.
   1) Cortando ranuras en el metal, entre los orificios individuales a través de los cuales pasen los conductores
   2) Pasando todos los conductores del circuito a través de una pared aislante con espacio suficiente para alojar a los mismos

**300-21 Propagación de fuego o de productos de combustión.** Las instalaciones eléctricas en ... huecos, paredes y ductos ventilados . . deben hacerse de modo que .. se evite la posible propagación del fuego . Las aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes resistentes al fuego como . paredes, pisos o techos deben protegerse contra el fuego por métodos adecuados para mantener la resistencia contra el fuego.

## ARTÍCULO 318 – SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

**318-1. Alcance.** Este Artículo cubre los sistemas de soporte para cables tipo charola, incluyendo:

escalera,

fondo ventilado,

malla metálica,

fondo expandido,

canales ventilados,

fondo sólido y

otras estructuras similares

**318-2. Definición. Sistema de soportes tipo charola para cables.**

Es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios,

que forman un sistema estructural rígido

utilizado para soportar cables y canalizaciones.

**318-3. Usos permitidos.**

no se limitarán a los establecimientos industriales.

**a)** Métodos de instalación. Se permite la instalación en soporte para cables tipo charola, en las condiciones establecidas en sus respectivos Artículos, para lo siguiente:

**1)** Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral (Artículo 330)

**2)** Tubo (*conduit)* no-metálico (Artículo 331)

**3)** Cables blindados (Artículo 333)

**4)** Cables con cubierta metálica (Artículo 334)

**5)** Cables con cubierta no-metálica (Artículo 336)

**6)** Cables multiconductores para entrada de acometida (Artículo 338)

**7)** Cables multiconductores para alimentadores subterráneos y circuitos derivados (Artículo 339)

**8)** Cables de energía y control para uso en soporte tipo charola (Artículo 340)

**9)** Cables de instrumentos para uso en soporte tipo charola

**10)** Cables de baja energía para uso en soporte tipo charola (Secciones 725-50, 725-51 y 725-53)

**11)** Otros cables multiconductores de energía, señales y control montados en fábrica, específicamente aprobados para su instalación en soportes tipo charola

**12)** Cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos (Artículo 310). Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN Y THWN (Artículo 310).

**13)** *Tubo (conduit)* metálico tipo semipesado (Artículo 345)

**14)** *Tubo (conduit)* metálico tipo pesado (Artículo 346)

**15)** *Tubo (conduit)* no-metálico tipo pesado (Artículo 347)

**16)** *Tubo (conduit)* metálico tipo ligero (Artículo 348)

**17)** *Tubo (conduit)* metálico flexible tipo ligero (Artículo 349)

**18)** *Tubo (conduit)* metálico flexible uso general (Artículo 350)

**19)** Cables de fibra óptica (Artículo 770)

***20)*** *Tubo (conduit)* flexible hermético a los líquidos metálico y no-metálico (Artículo 351)

Si los cables están expuestos a la luz del Sol, deben estar aprobados e identificados como resistentes a los rayos solares

**b) En instalaciones industriales** Los métodos de alambrado indicados en 318-3(a) se pueden utilizar en cualquier establecimiento industrial

Unicamente en instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola es atendido solo por personas calificadas, se permite instalar cualquiera de los siguientes cables en soporte tipo:

escalera, malla o canalizaciones ventiladas tipo charola.

**1) Cables monoconductores.**

Deben ser de **21,15 mm$^2$ (4 AWG) o mayor**

(de un tipo aprobado, listado y marcado en su superficie para su uso en soporte para cables tipo charola)

| Tamaño nominal | Separación máx. de travesaños |
|---|---|
| De 53,48 mm$^2$ (1/0 AWG) a 107,2 mm$^2$ (4/0 AWG), | 23 cm. |
| Menores de 53,48 mm$^2$ (1/0 AWG) a 21,15 mm$^2$ (4AWG), | 15 cm. |

*Excepción 1: Los cables de máquinas de soldar eléctricas, como se permite en el Artículo 630 Parte E.*

*Excepción 2: Los cables monoconductores utilizados como conductores de tierra de equipo, pueden estar aislados, cubiertos o desnudos, de* 21,15 mm$^2$ (4 AWG) o mayores.

**2) Multiconductores** Los cables multiconductores de tipo MV (Artículo 326), cuando estén expuestos directamente al sol, deben estar aprobados e identificados como resistentes a los rayos solares.

**c) En lugares peligrosos (clasificados).** ... solo deben contener los tipos de cables permitidos en 501-4, 502-4, 503-3 y 504-20

**d) Soporte tipo charola no-metálico para cables**. Se permite utilizar en

zonas corrosivas y

las que requieran aislamiento a la tensión eléctrica

**318-4. Usos no permitidos.**

a) En cubos de elevadores o donde puedan estar sujetos a daño físico severo

b) En espacios de manejo de aire ambiental, excepto lo permitido en 300-22 (proteccion contra el fuego)

c) Como conductor de puesta a tierra de equipos

**318-5. Especificaciones de construcción**

**a) Resistencia y rigidez**. ...para ofrezcer soporte adecuado a todos los cables instalados.

**b) Bordes lisos**. ...para no dañar las cubiertas o aislamientos de los cables.

**c) Protección contra la corrosión.** ...deben ser de materiales resistentes a la corrosión.

**d) Rieles laterales.** ...deben tener rieles laterales u otros miembros estructurales equivalentes.

**e) Accesorios**. ...para poder cambiar la dirección y elevación de los cables

**f) Soporte para cables tipo charola no-metálicos**. deben estar hechos de material resistente a la propagación de la flama.

**318-6. Instalación**

**a) Sistema completo** Los soportes tipo charola deben instalarse como sistemas completos.

**b) Terminación antes de la instalación** Cada tramo del soporte para cables tipo charola debe estar completamente terminado antes de la instalación de los cables

**c) Apoyos**. Se deben instalar apoyos que eviten esfuerzos sobre los cables cuando éstos entren al soporte tipo charola desde canalizaciones u otros envolventes.

En los soportes tipo charola que **lleguen o pasen a través del piso**, deben colocarse tapas que lleguen hasta una altura mínima de 1,80 m sobre el nivel del piso terminado.

**d) Cubiertas** En las partes o tramos que los soportes tipo charola estén expuestos a la caída de objetos o a la acumulación de escombro o materiales corrosivos, o donde se requiera mayor protección, se deben instalar tapas o cubiertas protectoras de un material compatible con el del soporte

**e) Cables multiconductores de 600 V nominales o menos.** Se permite instalar en el mismo soporte tipo charola cables multiconductores de 600 V nominales o menos.

**f) Cables de más de 600 V nominales**. No se deben instalar en el mismo soporte tipo charola cables de más de 600 V nominales con otros cables de 600 V nominales o menores.

*Excepción 1: Cuando estén separados por una barrera fija de un material sólido compatible con el del soporte tipo charola.*

*Excepción 2. Cuando los cables de más de 600 V sean tipo MC.*

**g) Paso a través de paredes y separaciones.** Se permite que los soportes tipo charola se prolonguen transversalmente a través de paredes, o verticalmente a través de pisos y plataformas, en lugares mojados o secos, cuando la instalación completa con los cables esté hecha de acuerdo con los requisitos indicados en 300-21.

**h) Expuestas y accesibles.** Los soporte tipo charola deben estar expuestos y accesibles, excepto en lo permitido en 318-6(g).

**i) Acceso adecuado** Alrededor de los soportes tipo charola se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables

**j) *Tubo (conduit)* y cables instalados en soportes tipo charola**. En instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola es atendido únicamente por personas calificadas y estén proyectados de modo que puedan soportar la carga, **se permite apoyar tubos (*conduit)* y cables**.

Para la terminación de los *tubos (conduit)* en la charola se debe utilizar abrazaderas o adaptadores aprobados y listados y no será necesario un soporte a menos de 0,90 m de la charola.

Para los *tubos (conduit)* y cables que vayan paralelos a la charola, al lado de ella o por debajo, los soportes deberán cumplir los requisitos establecidos en los correspondientes Artículos relativos al *tubo (conduit)* o al cable.

**k) Derivaciones a equipo.** Las derivaciones de soportes tipo charola a equipos deben realizarse de forma que el agua pueda drenarse lejos de la entrada al equipo.

**318-7. Puesta a tierra**

**a) Soporte metálico para cables tipo charola.** Los soportes metálicos tipo charola que soporten conductores se deben poner a tierra como lo exige el Artículo 250 para las cubiertas de conductores.

Para la puesta a tierra deben deben cumplirse los siguientes requisitos:

1) ...las secciones, los accesorios y otras canalizaciones conectadas deben empalmarse según 250-75 y 250-79.

2) .. para la conexión de puesta a tierra se debe proveer un cable de puesta a tierra . . en toda la extension del sistema de soporte.

El conductor debe unirse electricamente a los soportes a intervalos menores de 15 m

El tamaño del conductor debe basarse en la capacidad o ajuste maximo del dispositivo de proteccion....

3) El conductor de puesta a tierra puede alojarse en la parte exterior del soporte ....

**318-8. Instalación de los cables**

**a) Empalmes.** Se **permiten empalmes** ... con métodos y accesorios aprobados, en un soporte tipo charola, siempre que sean accesibles y no sobresalgan de los rieles laterales.

**b) Amarres de seguridad**. En **los tramos distintos a los horizontales**, los cables se deben fijar firme y seguramente a los travesaños de los soportes tipo charola. ... a distancias de 70 cm o menores ..

**c) *Tubo (conduit)* y acoplamientos.** Cuando los cables o conductores estén instalados en *tubo (conduit)* y acoplamientos utilizados para soporte o protección contra daño físico, no es necesario instalar una caja.

**d) Conexión en paralelo**. Cuando los cables monoconductores (fase o neutro) de un circuito se conecten en paralelo como se permite en 310-4, los conductores se deben instalar en grupos consistentes en no-más de un conductor por fase o neutro para prevenir desbalanceo de corriente eléctrica en los conductores en paralelo, debidos a la reactancia inductiva.

o sea **en grupos A-B-C-N** **no** A-A-A, B-B-B, C-C-C, N-N-N

Los cables monoconductores **se deben amarrar firmemente en grupos de circuitos** para evitar movimiento excesivo si se producen esfuerzos mecánicos por fallas a tierra..

**e) Cables monoconductores.** Cuando los cables monoconductores instalados en un soporte **tipo escalera, fondo ventilado o malla**

sean de **21,15 mm$^2$ (4 AWG) a 107,2 mm$^2$ (4/0 AWG),** deben colocarse en **una sola capa**.

**f) Cables de diferentes tensiones eléctricas.** Los soportes tipo charola con elementos de diferente nivel de tensión eléctrica, deben ser colocados en un orden tal que **los cables de mayor tensión queden más alejados de las personas**.

**g) Capacidad de carga de los soportes.** El soporte tipo charola debe seleccionarse de forma que **la suma de los pesos de los cables y canalizaciones** que se coloquen sobre él, **sea igual o menor que la capacidad de carga aprobada para el producto**(véase 110-2).

**318-9. Número de cables multiconductores de 2000 V nominales o menos en soporte para cables tipo charola.** ... Los tamaños nominales de los conductores mencionados se refieren tanto a conductores de cobre como de aluminio.

**a) Cualquier combinación de cables.** Cuando un soporte tipo charola, **de fondo ventilado o malla metálica** contenga ... cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, control y señales, **el número máximo de cables** debe ser el siguiente:

**1)** Si todos los cables son de **107,2 mm² (4/0 AWG) o mayores**, **la suma de los diámetros** de todos ellos incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho del soporte** y **los cables deben ir instalados en una sola capa.**

**2)** Si todos los cables son **menores de 107,2 mm² (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales** incluyendo el aislamiento de todos los cables **no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 1 en la Tabla 318-9**, para el correspondiente ancho del soporte.

**3)** Si en el mismo soporte se **instalan cables de 107,2 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107,2 mm² (4/0 AWG)**, la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables menores a 107,2 mm² (4/0 AWG) **no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 318-9** para el correspondiente ancho del soporte. **Los cables de 107,2 mm² (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.**

**b) Cables multiconductores sólo de control y/o señalización.** Cuando un **soporte tipo escalera, de fondo ventilado o malla metálica**, con **una profundidad interior útil de 15 cm o menos**, contenga **sólo cables multiconductores de control y/o señalización, la suma del área de sección transversal de todos los cables** incluyendo el aislamiento, en cualquier sección de la charola **no debe superar 50% de la sección interior de dicha charola**. Cuando la profundidad interior útil de la charola sea de más de 15 cm, para calcular la sección interior máxima admisible de la charola se debe tomar una profundidad de 15 cm.

**c) Charola de fondo sólido para cualquier combinación de cables.** ... Cuando contenga cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, señalización y control, el número máximo de cables que contenga debe ser el siguiente:

**1)** Si **todos los cables son de 107,2 mm² (4/0 AWG) o mayores**, la suma de los diámetros incluyendo el aislamiento de todos ellos **no debe superar 90% del ancho** del soporte y los cables deben ir **instalados en una sola capa**.

**2)** Si todos los cables **son menores a 107,2 mm² (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables** incluyendo el **aislamiento no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 3 de la Tabla 318-9** para el ancho apropiado del soporte.

**3)** Si en el mismo soporte se instalan **cables de 107,2 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107,2 mm² (4/0 AWG), la suma de las secciones transversales** de todos los cables incluyendo el aislamiento menores a 107,2 mm² (4/0 AWG) **no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 4 de la Tabla 318-9** para el ancho apropiado del soporte. **Los cables de 107,2 mm² (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos**.

**d) Soporte para cables tipo fondo sólido con cables multiconductores únicamente de control y señalización.** .. con una **profundidad interior útil de 15 cm o menos, solo contenga cables multiconductores de control o señalización, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables** incluyendo el aislamiento en cualquier sección del soporte **no debe superar 40% del área de la sección transversal interior** de dicho soporte. Cuando la profundidad interior útil del soporte sea de más de 15 cm, para calcular el área de la sección transversal interior máxima admisible del soporte se debe tomar una profundidad de 15 cm.

**Tabla 318- 9. Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo escalera, tipo malla, de fondo ventilado o de sólido para cables de 2000 V nominales o menos**

| Ancho interior de la charola en cm | Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en $cm^2$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Soportes para cables tipo escalera o fondo ventilado, Sección 318-9(a) | | Soportes para cables de fondo sólido, Sección 318-9(c) | |
| | Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(2) $cm^2$ | Columna 2* Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(3) $cm^2$ | Columna 3 Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(2) $cm^2$ | Columna 4* Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(3) $cm^2$ |
| 15 | 45 | 45 – (3 Sd)** | 35 | 35 – 2,5 Sd |
| 21 | 68 | 68 – (3 Sd) | 52 | 52 – 2,5 Sd |
| 30 | 90 | 90 – (3 Sd) | 70 | 70 – 2,5 Sd |
| 45 | 135 | 135 – (3 Sd) | 106 | 106 – 2,5 Sd |
| 60 | 180 | 180 – (3 Sd) | 142 | 142 – 2,5 Sd |
| 75 | 225 | 225 – (3 Sd) | 177 | 177 – 2,5 Sd |
| 90 | 270 | 270 – (3 Sd) | 213 | 213 – 2,5 Sd |

*La superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en $mm^2$, de un soporte para cables tipo charola de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45 – (3 Sd)

**La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 107,2 $mm^2$ (4/0 AWG) y mayores instalados en el mismo soporte tipo charola con cables más pequeños.

**Nota:** Para anchos de soportes no incluidos en la tabla, interpolar los valores.

**e) Soporte para cables tipo canal ventilado.** Cuando se instalen cables multiconductores ... se debe aplicar lo siguiente:

**1)** Cuando solo haya instalado **un cable multiconductor**, el área de su **sección transversal** no debe exceder el valor especificado en la **columna 1 de la Tabla 318-9(e)**.

**2)** Cuando haya instalado más de un cable multiconductor, **la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el valor especificado en la columna 2 de la Tabla 318-9(e).**

**Tabla 318 – 9(e). Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo charola de canal ventilado para cables de 2000 V nominales o menos**

| Ancho interior del canal (cm) | Superficie máxima admisible de los cables multiconductores ($cm^2$) | |
|---|---|---|
| | Columna 1 Un solo cable | Columna 2 Mas de un cable |
| 7,5 | 14,83 | 8,38 |
| 10 | 29,03 | 16,12 |
| 15 | 45,16 | 24,51 |

**318-10. Número de cables monoconductores de 2000 V nominales o menores en soporte para cables tipo charola.** .. Los conductores o conjuntos de conductores se deben distribuir uniformemente a lo ancho de todo el soporte.

**a) Soporte para cables tipo escalera, de fondo ventilado o malla metálica.** ... el número máximo de éstos debe cumplir con los siguientes requisitos:

**1)** Si todos los cables son de **506,7 mm²** (1000 kcmil) o mayores.

**la suma de los diámetros** de los cables incluyendo el aislamiento

**no debe superar el ancho del soporte tipo charola.**

**2)** Si todos los cables son de **126,7 mm²** (250 kcmil) a **506,7 mm²** (1000 kcmil).

**la suma de las áreas de las secciones transversales** de todos los cables

**no debe superar la superficie máxima permitida en la Columna 1 de la Tabla 318-10**, para el ancho correspondiente del soporte.

**3)** Si . en la misma charola cables monoconductores de

**506,7 mm²** (1000 kcmil) **o mayores** con cables **menores a 506,7 mm²** (1000 kcmil),

la **suma de las áreas de las secciones transversales** de todos los cables incluyendo el aislamiento **menores a 506,7 mm²** (1000 kcmil)

**no debe superar la superficie máxima admisible resultante del cálculo de la Columna 2 de la Tabla 318-10**, para el ancho correspondiente del soporte.

**4)Cuando cualquiera de los cables instalados sean de 53,48 mm²** (1/0 AWG) **a 107,2 mm²** (4/0 AWG),

**la suma de los diámetros de todos los cables** monoconductores incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho del soporte**.

**b) Soporte para cables tipo canal ventilado o malla metálica.** ... **de 7,5, 10 o 15 cm de ancho** contenga cables monoconductores, **la suma de los diámetros de todos los cables** monoconductores incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho interior del canal**.

**318-11. Capacidad de conducción de corriente de los cables de 2000 V o menores en soportes para cables tipo charola**

**a) Cables multiconductores.** . **instalados según los requisitos indicados en 318-9**, deben cumplir con la **capacidad de conducción de corriente de las Tablas 310-16 y 310-18**.

Los **factores de corrección** del Artículo 310, Nota 8(a) de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, se deben aplicar **sólo a cables multiconductores con más de tres conductores** que transporten corriente eléctrica.

*Excepción 1: Cuando los soportes tipo charola tengan* ***cubiertas continuas a lo largo de más de 1,8 m*** *con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables multiconductores tengan más de 95% de la capacidad de conducción de corriente indicada en Tablas 310-16 y 310-18.*

*Excepción 2: Cuando se instalen cables multiconductores en* ***una sola capa*** *en soporte tipo charola sin cubierta, guardando una* **separación entre cables superior al diámetro del cable**, *su capacidad de conducción de corriente no debe exceder la establecida en 310-15(b) para cables multiconductores con no-más de tres conductores aislados de 0 a 2000 V nominales al aire libre, corregido para la correspondiente temperatura ambiente.* Véase la Tabla B 310-3 del Apéndice A.

**Tabla 318 – 10. Superficie máxima admisible de los cables monoconductores en soportes de cables tipo escalera, malla metálica, de canal ventilado o de fondo sólido para cables de 2000 V nominales o menos**

| Ancho interior de la charola (cm) | Superficie máxima admisible de los cables monoconductores ($cm^2$) | |
|---|---|---|
| | Columna 1<br>Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(2) | Columna 2<br>Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(3) |
| 15 | 42 | 42 – (2,8 Sd) ** |
| 23 | 61 | 61 – (2,8 Sd) |
| 30 | 84 | 84 – (2,8 Sd) |
| 45 | 125 | 125 – (2,8 Sd) |
| 60 | 168 | 168– (2,8 Sd) |
| 75 | 210 | 210– (2,8 Sd) |
| 90 | 252 | 252– (2,8 Sd) |

*La superficie máxima admisible de la Columna 2 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en $cm^2$, de una charola de 15 cm de ancho de la Columna 2, debe ser 42 – (2,8 Sd)

**La expresión Sd de la columna 2 es la suma de diámetros en cm de todos los cables monoconductores de 506,7$mm^2$ (1000 kcmil) y mayores instalados en la misma charola con cables más pequeños

**b) Cables monoconductores.**

**1)** ...instalados según **318-10**,

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **304 $mm^2$** (600 kcmil) **y mayores:**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **75%**

en soportes tipo charola **cubiertos más de 1,8 m** **70%**

**2).** ...instalados según **318-10**,

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **21,15 $mm^2$** (4 AWG) a **253,4 $mm^2$** (500 kcmil):

en soportes tipo charola **sin cubrir** **65%**

en soportes tipo charola **cubiertos más de 1,8 m** **60%**

**3)**

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **21,15 $mm^2$** (4 AWG) **y mayores** en **una sola capa** con **separación entre cables mayor o igual al diámetro de cada conductor**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

**4)**

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida en **Tabla A-310-2 del Apéndice A.** para cables de **21,15 $mm^2$** (4 AWG) **y mayores** en **configuración triangular o cuadrada,** con **separación entre circuitos mayor o igual a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor (2,15 x DE),**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

**318-12. Número de cables de Tipo MV y MC (de 2001 V nominales en adelante) en los soportes para cables tipo charola.**

**La suma de diámetros de los cables** monoconductores y multiconductores **no debe superar el ancho de la charola**

**los cables deben estar instalados en una sola capa.**

Cuando los cables monoconductores vayan en **grupos de tres, cuatro o a grupos por circuitos**, **la suma de los diámetros de todos los conductores no debe superar el ancho de la charola**

**estos grupos se deben instalar en una sola capa.**

**318-13. Capacidad de conducción de corriente permitida de los cables de Tipo MV y MC (de 2001 V nominales en adelante) en los soportes para cables tipo charola.**

.... Instalados según 318-12,

**a) Cables multiconductores** La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables multiconductores debe cumplir los requisitos de capacidad de conducción de corriente permitida en las **Tablas 310-75 y 310-76.**

*Excepción 1: Cuando los soportes para cables tipo charola estén* ***cubiertos*** *continuamente a lo largo de* ***más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar****, no se permite que los cables multiconductores tengan más de* ***95%*** *de la capacidad indicada en las* ***Tablas 310-75 y 310-76.***

*Excepción 2: Cuando se instalen cables multiconductores en* ***una sola capa*** *en soportes tipo charola* ***sin tapar****, guardando una* ***separación entre cables no-inferior al diámetro del cable****, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder las establecidas en* ***las Tablas 310-71 y 310-72.***

**b) Cables monoconductores (de 2001 V nominales en adelante).** La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables monoconductores o cables **en grupos de tres, cuatro**, etc , debe cumplir lo siguiente

**1)** . . Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-69 y 310-70** para cables de **21,15 mm²** (4 AWG) **y mayores**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **75%**

en soportes tipo charola **cubiertos más de 1,8 m** **70%**

**2)** Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-69 y 310-70** para cables de **21,15 mm²** (4 AWG) **y mayores** en **una sola capa** con **separación entre cables mayor o igual al diámetro de cada conductor**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

**3)** ... Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida en

**Tablas 310-67 y 310-68** para cables de **21,15 mm²** (4 AWG) **y mayores** en **configuración triangular**, con **separación entre circuitos mayor o igual a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor (2,15 x DE)**,

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

## Tabla 310-17 . Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C

| Tamaño nominal | Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13) | | | | | | Tamaño nominal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 60 °C | 75 °C | 90 °C | 60 °C | 75 °C | 90 °C | |
| mm² | TIPOS TW* | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS THWN*, XHHW*, | TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS THWN-2*, XHHW*, XHHW-2 | TIPOS TW* | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW* | TIPOS THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2 | AWG kcmil |
| | COBRE | | | Aluminio | | | |
| 0,8235 | .... | — | 18 | .... | .... | .... | 18 |
| 1,307 | .... | — | 24 | .... | .... | .... | 16 |
| 2,082 | 25* | 30* | 35* | .... | .... | .... | 14 |
| 3,307 | 30* | 35* | 40* | — | — | — | 12 |
| 5,26 | 40 | 50* | 55* | — | — | — | 10 |
| 8,367 | 60 | 70 | 80 | — | — | — | 8 |
| 13,3 | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 80 | 6 |
| 21,15 | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 110 | 4 |
| 26,67 | 120 | 145 | 165 | 95 | 115 | 130 | 3 |
| 33,62 | 140 | 170 | 190 | 110 | 135 | 150 | 2 |
| 42,41 | 165 | 195 | 220 | 130 | 155 | 175 | 1 |
| 53,48 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 | 1/0 |
| 67,43 | 225 | 265 | 300 | 175 | 210 | 235 | 2/0 |
| 85,01 | 260 | 310 | 350 | 200 | 240 | 275 | 3/0 |
| 107,2 | 300 | 360 | 405 | 235 | 280 | 315 | 4/0 |
| 126,67 | 340 | 405 | 455 | 265 | 315 | 355 | 250 |
| 152,01 | 375 | 445 | 505 | 290 | 350 | 395 | 300 |
| 177,34 | 420 | 505 | 570 | 330 | 395 | 445 | 350 |
| 202,68 | 455 | 545 | 615 | 355 | 425 | 480 | 400 |
| 253,35 | 515 | 620 | 700 | 405 | 485 | 545 | 500 |
| 304,02 | 575 | 690 | 780 | 455 | 540 | 615 | 600 |
| 354,69 | 630 | 755 | 855 | 500 | 595 | 675 | 700 |
| 380,03 | 655 | 785 | 885 | 515 | 620 | 700 | 750 |
| 405,37 | 680 | 812 | 920 | 535 | 645 | 725 | 800 |
| 456,04 | 730 | 870 | 985 | 580 | 700 | 785 | 900 |
| 506,71 | 780 | 935 | 1055 | 625 | 750 | 845 | 1000 |
| 633,39 | 890 | 1065 | 1200 | 710 | 855 | 960 | 1250 |
| 760,07 | 980 | 1175 | 1325 | 795 | 950 | 1075 | 1500 |
| 886,74 | 1070 | 1280 | 1445 | 875 | 1050 | 1185 | 1750 |
| 1013,42 | 1155 | 1385 | 1560 | 960 | 1150 | 1335 | 2000 |

FACTORES DE CORRECCIÓN

| Temperatura Ambiente en °C | Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes. | | | | | | Temperatura Ambiente en °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21-25 | 1,08 | 21-25 | 1,04 | 1,08 | 1,05 | 1,04 | 21-25 |
| 26-30 | 1,00 | 26-30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 26-30 |
| 31-35 | 0,91 | 31-35 | 0,96 | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 31-35 |
| 36-40 | 0,82 | 36-40 | 0,91 | 0,82 | 0,88 | 0,91 | 36-40 |
| 41-45 | 0,71 | 41-45 | 0,87 | 0,71 | 0,82 | 0,87 | 41-45 |
| 46-50 | 0,58 | 46-50 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,82 | 46-50 |
| 51-55 | 0,41 | 51-55 | 0,76 | 0,41 | 0,67 | 0,76 | 51-55 |
| 56-60 | .... | 56-60 | 0,71 | .... | 0,58 | 0,71 | 56-60 |
| 61-70 | .... | 61-70 | 0,58 | .... | 0,33 | 0,58 | 61-70 |
| 71-80 | .... | 71-80 | 0,41 | .... | .... | 0,41 | 71-80 |

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

**Tabla 310 - 72. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado formado de tres conductores aislados de aluminio, al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.**

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| $mm^2$ | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 13,3 | 6 | 61 | 68 | 72 | 80 |
| 21,15 | 4 | 81 | 90 | 95 | 105 |
| 33,62 | 2 | 110 | 120 | 125 | 145 |
| 42,41 | 1 | 125 | 140 | 145 | 165 |
| 53,48 | 1/0 | 145 | 160 | 170 | 185 |
| 67,43 | 2/0 | 170 | 185 | 190 | 215 |
| 85,01 | 3/0 | 195 | 215 | 220 | 245 |
| 107,2 | 4/0 | 225 | 250 | 255 | 285 |
| 126,67 | 250 | 250 | 280 | 280 | 315 |
| 177,34 | 350 | 310 | 345 | 345 | 385 |
| 253,35 | 500 | 385 | 430 | 425 | 475 |
| 380,03 | 750 | 495 | 550 | 540 | 600 |
| 506,71 | 1000 | 585 | 650 | 635 | 705 |

**Tabla 310 - 73. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables tríplex de cobre o de tres conductores aislados en tubo (conduit), al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C**

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| $mm^2$ | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 8,367 | 8 | 55 | 61 | — | — |
| 13,3 | 6 | 75 | 84 | 83 | 93 |
| 21,15 | 4 | 97 | 110 | 110 | 120 |
| 33,62 | 2 | 130 | 145 | 150 | 165 |
| 42,41 | 1 | 155 | 175 | 170 | 190 |
| 53,48 | 1/0 | 180 | 200 | 195 | 215 |
| 67,43 | 2/0 | 205 | 225 | 225 | 255 |
| 85,01 | 3/0 | 240 | 270 | 260 | 290 |
| 107,2 | 4/0 | 280 | 305 | 295 | 330 |
| 126,67 | 250 | 315 | 355 | 330 | 365 |
| 177,34 | 350 | 385 | 430 | 395 | 440 |
| 253,35 | 500 | 475 | 530 | 480 | 535 |
| 380,03 | 750 | 600 | 665 | 585 | 655 |
| 506,71 | 1000 | 690 | 770 | 675 | 755 |

**Tabla 310 - 74. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables triplex de aluminio o de tres conductores aislados en tubo (conduit), al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.**

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| $mm^2$ | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13,3 | 6 | 58 | 65 | 65 | 72 |
| 21,15 | 4 | 76 | 85 | 84 | 94 |
| 33,62 | 2 | 100 | 115 | 115 | 130 |
| 42,41 | 1 | 120 | 135 | 130 | 150 |
| 53,48 | 1/0 | 140 | 155 | 150 | 170 |
| 67,43 | 2/0 | 160 | 175 | 175 | 200 |
| 85,01 | 3/0 | 190 | 210 | 200 | 225 |
| 107,2 | 4/0 | 215 | 240 | 230 | 260 |
| 126,67 | 250 | 250 | 280 | 255 | 290 |
| 177,34 | 350 | 305 | 340 | 310 | 350 |
| 253,35 | 500 | 380 | 425 | 385 | 430 |
| 380,03 | 750 | 490 | 545 | 485 | 540 |
| 506,71 | 1000 | 580 | 645 | 565 | 640 |

**Tabla 310 - 75. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado de tres conductores aislados de cobre en tubo (conduit), para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C**

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| $mm^2$ | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 8,367 | 8 | 52 | 58 | — | — |
| 13,3 | 6 | 69 | 77 | 83 | 92 |
| 21,15 | 4 | 91 | 100 | 105 | 120 |
| 33,62 | 2 | 125 | 135 | 145 | 165 |
| 42,41 | 1 | 140 | 155 | 165 | 185 |
| 53,48 | 1/0 | 165 | 185 | 195 | 215 |
| 67,43 | 2/0 | 190 | 210 | 220 | 245 |
| 85,01 | 3/0 | 220 | 245 | 250 | 280 |
| 107,2 | 4/0 | 255 | 285 | 290 | 320 |
| 126,67 | 250 | 280 | 315 | 315 | 350 |
| 177,34 | 350 | 350 | 390 | 385 | 430 |
| 253,35 | 500 | 425 | 475 | 470 | 525 |
| 380,03 | 750 | 525 | 585 | 570 | 635 |
| 506,71 | 1000 | 590 | 660 | 650 | 725 |

**Tabla 310 - 76. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado de tres conductores aislados de aluminio en tubo (conduit), para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.**

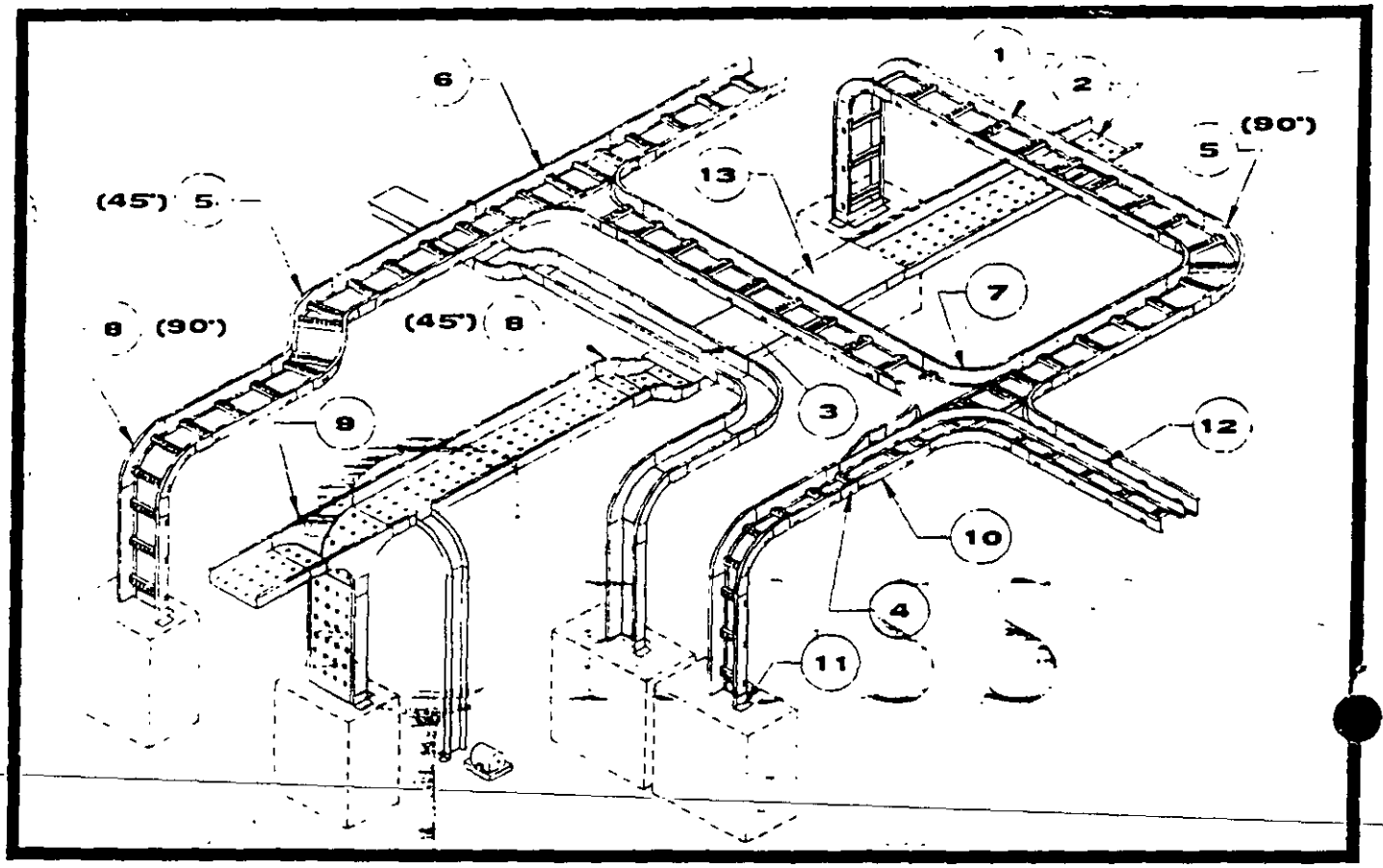
| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| $mm^2$ | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 13,3 | 6 | 53 | 59 | 64 | 71 |
| 21,15 | 4 | 71 | 79 | 84 | 94 |
| 33,62 | 2 | 96 | 105 | 115 | 125 |
| 42,41 | 1 | 110 | 125 | 130 | 145 |
| 53,48 | 1/0 | 130 | 145 | 150 | 170 |
| 67,43 | 2/0 | 150 | 165 | 170 | 190 |
| 85,01 | 3/0 | 170 | 190 | 195 | 220 |
| 107,2 | 4/0 | 200 | 225 | 225 | 255 |
| 126,67 | 250 | 220 | 245 | 250 | 280 |
| 177,34 | 350 | 275 | 305 | 305 | 340 |
| 253,35 | 500 | 340 | 380 | 380 | 425 |
| 380,03 | 750 | 430 | 480 | 470 | 520 |
| 506,71 | 1000 | 505 | 560 | 550 | 615 |

**Tabla A-310-2. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible en dos o tres conductores sencillos aislados de 0 a 2000 V nominales en un cable soportado por un mensajero para una temperatura ambiente de 40°C**

| Tamaño nominal $mm^2$ | Temperatura nominal del conductor (véase la Tabla 310-13 | | Tamaño nominalAWG | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 75°C | 90°C | 75°C | 90°C | |
| | Tipos RH, RHW, THHW, THW, THW-LS, THW-LS,THWN, XHHW | Tipos THHN, THHW, THHW-LS THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2 | Tipos RH, RHW, XHHW | Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, USE-2, | |
| | Cobre | | Aluminio | | |
| 8,367 | 57 | 66 | – | – | |
| 13,3 | 76 | 89 | 59 | 69 | |
| 21,15 | 101 | 117 | 78 | 91 | |
| 26,27 | 118 | 138 | 92 | 10 | |
| 33,62 | 135 | 158 | 106 | 71 | |
| 42,41 | 158 | 185 | 123 | 23 | |
| | | | | 144 | |
| 53,48 | 183 | 214 | 143 | 167 | |
| 67,43 | 212 | 247 | 165 | 193 | |
| 85,01 | 245 | 287 | 192 | 224 | |
| 107,2 | 287 | 335 | 224 | 262 | |
| 126,67 | 320 | 374 | 251 | 292 | |
| 152,01 | 359 | 419 | 282 | 328 | |
| 177,34 | 397 | 464 | 312 | 364 | |
| 202,68 | 430 | 503 | 339 | 395 | |
| 253,35 | 496 | 580 | 392 | 458 | |
| 304,02 | 553 | 647 | 440 | 514 | |
| 354,69 | 610 | 714 | 488 | 570 | |
| 380,03 | 638 | 747 | 512 | 598 | |
| 405,36 | 660 | 773 | 532 | 622 | |
| 456,04 | 704 | 826 | 572 | 669 | |
| 506,71 | 748 | 879 | 612 | 716 | |
| | Factores de corrección | | | | |
| Temperatura ambiente en °C | Para temperatura ambiente distinta de 40°C, multiplicar los valores anteriores por el factor correspondiente de los siguientes: | | | | Temp |
| 21-25 | 1,20 | 1,14 | 1,20 | 1,14 | |
| 26-30 | 1,13 | 1,10 | 1,13 | 1,10 | |
| 31-35 | 1,07 | 1,05 | 1,07 | 1,05 | |
| 36-40 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| 41-45 | 0,93 | 0,95 | 0,93 | 0,95 | |
| 46-50 | 0,85 | 0,89 | 0,85 | 0,89 | |
| 51-55 | 0,76 | 0,84 | 0,76 | 0,84 | |
| 56-60 | 0,65 | 0,77 | 0,65 | 0,77 | |
| 61-70 | 0,38 | 0,63 | 0,38 | 0,63 | |
| 71-80 | — | 0,45 | — | 0,45 | |

# SISTEMA DE SOPORTES METÁLICOS TIPO CHAROLA PARA CABLES
CABLE TRAY SYSTEM

## SECCION 6.- "CHAROLAS" SECTION 6.- CABLE "TRAY"

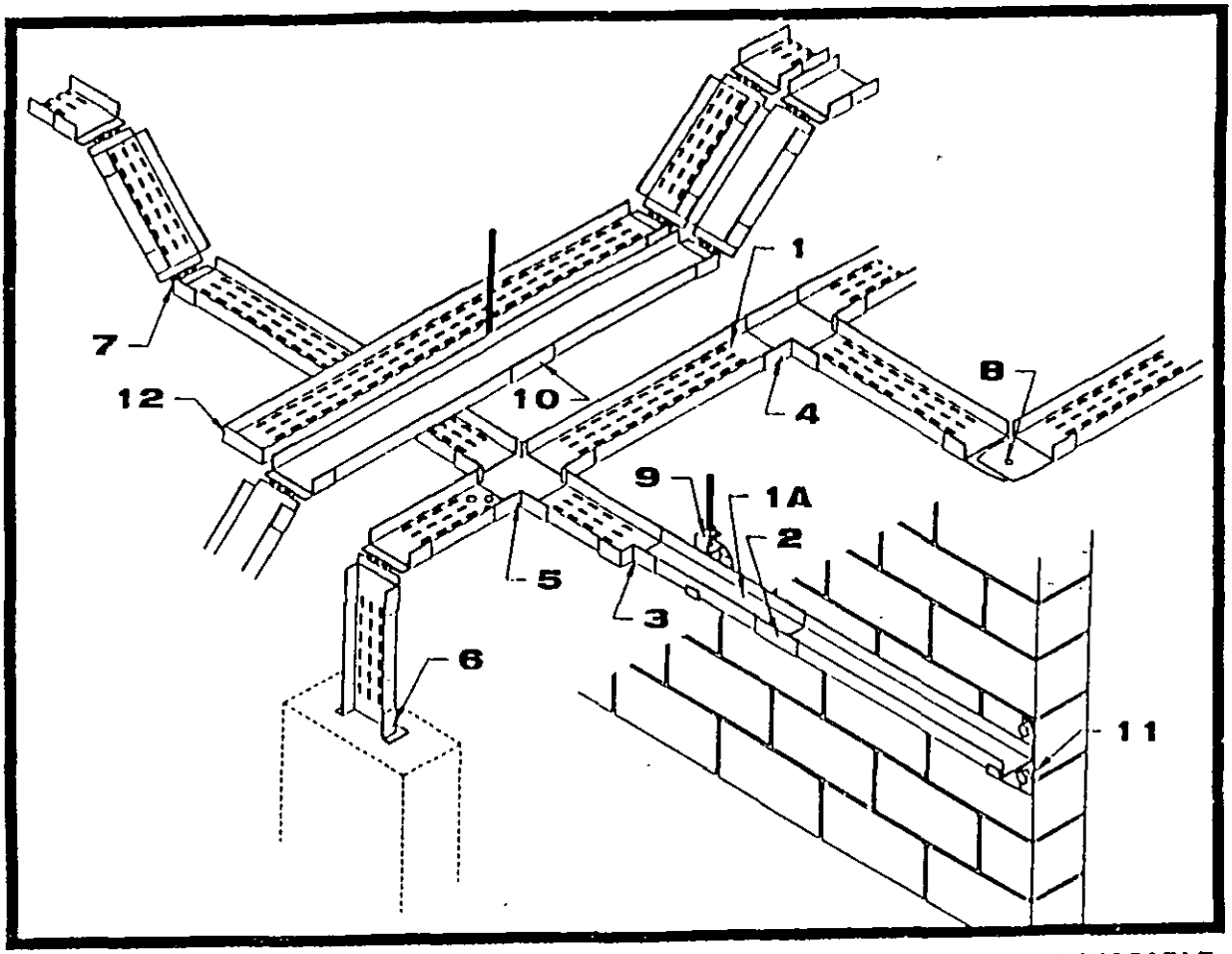



| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **CHAROLA TIPO ESCALERA**<br>LADDER TYPE CABLE TRAY | 7 | **EQIUS HORIZONTAL**<br>HORIZONTAL CROSS |
| 2 | **CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO PERFORADO**<br>VENTILATED SOLID FLAT BOTTOM CABLE TRAY | 8 | **CURVA VERTICAL INTERIOR EXTERIOR**<br>VERTICAL OUTSIDE AND INSIDE BEND |
| 3 | **CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO LISO**<br>SOLID FLAT BOTTOM CABLE TRAY | 9 | **T' VERTICAL**<br>VERTICAL TEE |
| 4 | **CONECTOR**<br>SPLICE PLATE | 10 | **REDUCCION**<br>REDUCER |
| 5 | **CURVA HORIZONTAL**<br>HORIZONTAL BEND | 11 | **CONECTOR CHAROLA A CAJA**<br>FRAME TYPE BOX CONNECTOR |
| 6 | **T' HORIZONTAL**<br>HORIZONTAL 'TEE' | 12 | **BARRERA SEPARADORA**<br>BARRIER STRIP STRAIGHT SECTION |
| | | 13 | **TAPAS (CUBIERTAS)**<br>COVERS |

# SISTEMA DE SOPORTES PARA CABLES TIPO "CANAL

## SECCION 6.- CANALES CHANNEL CABLE TRAY SECTION 6.- CABLE CHANNEL

La mejor y más económica solución para el soporte de fuerza, control, iluminación, etc. cuando su volumen no justifica el uso de los sistemas de charola.




1 TRAMO RECTO DE CANAL PERFORADO
TROUGHT CHANNEL

1A TRAMO RECTO DE CANAL LISO
SOLID BOTTOM CHANNEL

2 CONECTOR 'U' CANAL
"U" SPLICE PLATE

3 CONECTOR REDUCCION PARA CANAL
REDUCER SPLICE PLATE

4 CONECTOR 'T' PARA CANAL
"T" SPLICE PLATE

5 CONECTOR 'X' PARA CANAL
"X" SPLICE PLATE

6 CONECTOR CANAL A CAJA
SPLICE PLATE TO BOX

7 CONECTO VERTICAL AJUSTABLE DE CANAL
VERTICAL SPLICE PLATE

8 CONECTOR HORIZONTAL
HORIZONTAL SPLICE PLATE

9 SOPORTE COLGANTE PARA CANAL
HORIZONTAL SPLICE PLATE

10 SOPORTE DOBLE PARA CANAL
DOUBLE CHANNEL HANGER

11 MENSULA DE PARED, CANAL
WALL SUPPORT

12 PLACA DE CIERRE, CANAL
END PLATE

## ARTÍCULO 331 - *TUBO (CONDUIT)* NO-METÁLICO

### A. Disposiciones generales

**331-1. Definición.** Un *tubo (conduit)* no-metalico es una **canalización corrugada y flexible**, de sección transversal circular, con acoplamientos, conectadores y accesonos integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores electricos Está compuesto de **un material resistente a la humedad, a atmósferas químicas y resistente a la propagación de la flama.**

Una canalización flexible es una canalización que **se puede doblar a mano** aplicando una fuerza razonable, pero **sin herramientas.**

El *tubo (conduit)* no-metálico debe ser de matenal que no exceda las características de ignición, flamabilidad, generación de humo y toxicidad del cloruro de polivinilo rígido (no-plastificado).

**331-2. Otros artículos.** Las instalaciones con *tubo (conduit)* no-metálico deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Articulo 250 se exija un **conductor de puesta a tierra de equipo**, en el *tubo (conduit)* se debe instalar un conductor separado para dicho fin.

**331-3. Usos permitidos.**

1) En cualquier **edificio que no supere tres pisos** sobre el nivel de la calle.
   a) En **instalaciones expuestas** que no estén sujetas a daño fisico.
   b) En instalaciones ocultas **dentro de las paredes, pisos y techos.**

**NOTA:** Para la definición de primer piso, véase 336-5(a)(1).

2) En **edificios que superen tres pisos** sobre el nivel de la calle, el *tubo (conduit)* no-metálico debe ir **oculto en paredes, pisos y techos** cuando ofrezcan una barrera térmica que resista al menos 15 minutos de exposición al fuego, como se estipula en las listas de matenales contra el fuego Esta barrera térmica de 15 minutos se puede usar en paredes, pisos y techos combustibles o no-combustibles

3) En **lugares sometidos a fuertes influencias corrosivas**, como se explica en 300-6, y si están expuestos a productos químicos para los que los matenales estén especificamente aprobados.

4) En **lugares ocultos, secos y húmedos no prohibidos en 331-4**

5) Por **encima de los techos suspendidos,** cuando los techos suspendidos ofrezcan una barrera térmica de material con un acabado de clasificación mínima de 15 minutos, como se indica en las listas de materiales contra el fuego, excepto lo permitido en 331-3(1)(a)

6) **Embebidos en concreto colado**, siempre que se utilicen para las conexiones accesonos aprobados e identificados para ese uso.

7) En **lugares interiores mojados,** como se permite en esta seccion, o **en losas de concreto sobre o bajo el piso**, con accesorios aprobados y listados para ese uso.

**NOTA:** Las temperaturas muy bajas pueden hacer que cierto tipo de tubos no-metálicos se haga más quebradizo y, por tanto, más susceptible a daños por contacto físico.

**331-4. Usos no permitidos**

1) En **lugares peligrosos** (clasificados) *Excepción: Lo permitido en 504-20.*

2) **Como soporte** de aparatos y otro equipo.

3) Cuando esté sometido a temperatura ambiente que supere aquélla para la que el *tubo (conduit)* está aprobado y listado.

**NOTA:** Para esta Sección, la temperatura ambiente del *tubo (conduit)* de PVC se limita a 50 °C.

4) Para **conductores cuya limitación de la temperatura** del aislamiento de operación **exceda** a la cual el ***tubo (conduit)*** está aprobado y listado.

5) Directamente **enterradas**

6) Para tensiones eléctricas **superiores a 600 V.**

7) En **lugares expuestos,** excepto lo permitido en 331-3(1), 331-3(5) y 331-3(7).

8) En **teatros y lugares similares**, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.

9) Cuando estén **expuestas a la luz directa del sol**, a menos que estén aprobadas e identificadas como "resistentes a la luz del Sol"

## B. Instalación

**331-5. Tamaño**

a) **Mínimo.** ... tamaño nominal de **16 mm**.

b) **Máximo.** .. tamaño nominal de **53 mm.**

**331-6. Número de conductores en el *tubo (conduit)* no-metálico.** ... **Tabla 1 del Capítulo 9.**

**331-7. Cortado.** .. los extremos cortados del *tubo* se deben limar por dentro y por fuera hasta dejarlos lisos.

**331-8. Uniones.** ... las uniones entre tramos ... y acoplamientos, ... deben hacerse con accesorios aprobados.

**331-9. Curvas.** Las curvas .. deben hacerse de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diametro interno no se reduzca efectivamente. ... el radio de curvatura de la parte interna ... no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346-10

**331-10. Curvas. Número de curvas en un tramo**. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

**331-11. Soportes.** ... se debe **instalar como un sistema completo**,..., y se debe **sujetar ... a menos de 1 m** de cada caja de salida, de unión, de conexiones, de cada gabinete o accesorio.

El *tubo (conduit)* se deben sujetar como mínimo cada 1 m.

*Excepción 1: Se permiten tramos horizontales del tubo ...* ***soportados por aberturas*** *a través de miembros estructurales a intervalos no-mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los extremos.*

*Excepción 2: Los tramos que no superen una distancia de* ***1,8 m*** *desde la conexión de una terminal de aparatos* ***para interconexión a aparatos de alumbrado.***

**331-12. Cajas y accesorios.** Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370

**331-13. Empalmes e interconexiones.** Los empalmes y las interconexiones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas de paso. (ver Articulo 370).

**331-14. Boquillas.** Cuando un *tubo* entre en una caja, gabinete y otra cubierta, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al cable contra la abrasión, excepto si la caja, gabinete o cubierta ofrecen una protección similar

**NOTA:** Para la protección de conductores de tamaño nominal de 21.15 $mm^2$ (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f)

## C. Especificaciones de construcción

**331-15. Generalidades.** El *tubo* no-metálico debe **estar marcado de modo claro y duradero cada 3 m como mínimo**, como exige el primer párrafo de 110-21. En la marca **se indicará también el tipo de material**. Se permite identificar con el sufijo LS a *tubo* con baja emisión de humos, resistente a la propagación de incendio y baja emisión de gas ácido.

## ARTÍCULO 332 - *TUBO (CONDUIT)* DE POLIETILENO

### A. Disposiciones generales

**332 -1. Definición.** ... es una **canalización semi-rígida, lisa,** con sección transversal circular y sus correspondientes accesorios **aprobados para la instalación de conductores eléctricos**. Está compuesto de un material que es **resistente a la humedad, a atmósferas químicas**. . **no es resistente a la flama.**

**332-2. Otros artículos aplicables.** Las instalaciones ... deben cumplir con lo requerido en el Artículo 300. Cuando el Art.250 requiera la puesta a tierra, debe instalarse dentro del tubo un conductor para ese propósito.

**332-3. Usos permitidos.**

1) En cualquier **edificio que no supere los tres pisos** sobre el nivel de la calle.
2) **Embebidos en concreto colado**, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados.
3) **Enterrados a una profundidad no-menor a 50 cm** condicionado a que se **proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo**

**332 -4. Usos no permitidos.**

1) En **lugares peligrosos** (clasificados)
2) **Como soporte** de aparatos y otro equipo.
3) Cuando estén sometidas a **temperatura ambiente** que supere aquélla para la que está aprobado el *tubo*.
4) **Para conductores** cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el *tubo* está aprobado.
5) Directamente **enterradas.**
6) Para tensiones eléctricas **superiores a 150 V a tierra**.
7) En **lugares expuestos**
8) En **teatros y lugares similares**.
9) Cuando estén **expuestas a la luz directa del Sol**.
10) En **locales de reunión** (véase Artículo 518).
11) En instalaciones **ocultas por plafones**
12) En **cubos y ductos** de instalaciones en edificios.

### B. Instalación

**332--5. Tamaño**

a) **Mínimo.** .. tamaño nominal menor a **16 mm**.
b) **Máximo.** . tamaño nominal mayor a **53 mm**

**332- 6. Número de conductores en un tubo (conduit).** ... **Tabla 1 del Capítulo 9.**

**332 -7. Cortado.** ... los extremos cortados del tubo se deben limar por dentro y por fuera hasta **dejarlos lisos.**

**332 -8. Empalmes. No se permite realizar empalmes**

**332 -9. Curvas.** Las curvas ... deben hacerse de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca efectivamente. ... el radio de curvatura de la parte interna ... no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346-10..

**332 -10. Curvas. Número de curvas en un tramo**. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a dos curvas de 90° (**180° máximo**)

**332 -11. Cajas y accesorios.** .. ver Artículo 370

**332 -12. Empalmes y conexiones.** Los empalmes y conexiones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas tubo (conduit). Ver Artículo 370

**332 -13. Boquillas.** Cuando un tubo entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al cable contra la abrasión, excepto si ...ofrecen una protección similar.

## ARTÍCULO 345 - *TUBO (CONDUIT)* METÁLICO TIPO SEMIPESADO

### A. Disposiciones generales

**345-1. Definición.** Un *tubo* metálico tipo semipesado es una canalización metálica, de sección circular, con juntas, conectadores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos.

**345-2. ...**

**345-3. Usos permitidos**

a) **Todas las condiciones atmosféricas y en edificios.**

- en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier uso. Se debe evitar contacto con metales distintos para evitar reacciones galvanicas

- como conductor de puesta a tierra del equipo.

*Excepción: Se permite utilizar en tubo metálico tipo semipesado cubiertas y accesorios de aluminio.*

b) **Protección contra la corrosión.** Se permite instalar *tubo* y accesorios ... si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

en concreto,

en contacto directo con la tierra o

en zonas sometidas a condiciones corrosivas graves,

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

a) **Relleno de escoria.** Se permite la instalación del *tubo* ..

dentro o debajo del relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no-menor de 5 cm, o

que se coloque a no-menos de 50 cm por debajo del relleno, o

que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

### B. Instalación

**345-5. Lugares húmedos.** Todos los apoyos, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

**345-6. Tamaño**

a) **Mínimo.** ... tamaño nominal **16 mm**

a) **Máximo.** ... tamaño nominal **103 mm**

**345-7. Número de conductores en *tubo (conduit)*.** El número de conductores **no debe superar** lo permitido en la **Tabla 10-1 del Capítulo 10. Ver tamaño nominal del *tubo* en Tabla 10 4, Capítulo 10.**

**345-8. Escariado y abocardado.** ... los extremos cortados del *tubo* se deben limar o acabar para dejarlos lisos. Cuando se rosque en obra, utilizar tarraja normal con conicidad de 19 mm por cada 300 mm.

**345-9. Acoplamientos y conectadores**

a) **Sin rosca.** Los acoplamientos y conectadores sin rosca utilizados con *tubo (conduit)* se deben impermeabilizar. Cuando estén enterrados en ladrillo o concreto deben ser herméticos al mismo; cuando estén en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia.

b) **Con roscas corridas.** En este *tubo* metálico no se deben utilizar conectadores con rosca corrida.

**345-10. Curvas.** Las curvas .. se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El **radio de curvatura** ... no debe ser menor al indicado en la **Tabla 346-10**.

**345-11. Curvas. Número de curvas en un tramo**. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante **(360° en total)**.

**345-12. Soportes.**

- El *tubo* se debe instalar como un sistema completo, como establece el Artículo 300.

- El *tubo* debe estar **soportado como mínimo a cada 3 m**,

- El *tubo* se debe sujetar **a menos de 1 m de cada caja de salida**, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, registro u otra terminación cualquiera.

- Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el *tubo* a cada metro, **se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.**

**345-13. Cajas y accesorios.** Véase el Artículo 370.

**345-14. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para los requisitos sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370

**345-15. Boquillas.** Cuando un *tubo* entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

**NOTA:** Para la protección con boquillas de los conductores de tamaño nominal de 21,15 $mm^2$ (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

### C. Especificaciones de construcción

**345-16. Generalidades.** El *tubo (conduit)* metálico tipo semipesado debe cumplir las siguientes especificaciones.

a) **Longitud. . tramos de 3 m incluyendo un acoplamientos.**

b) **Material resistente a la corrosión.** El *tubo* de metal no-ferroso resistente a la corrosión debe llevar marcas adecuadas.

c) **Marcado.** Cada tramo debe ir marcado de modo claro y duradero de conformidad con la norma de producto.

## ARTÍCULO 346 - *TUBO (CONDUIT)* METÁLICO TIPO PESADO

### A. Disposiciones generales

**346-1. Uso.** Se permite el uso de *tubo* metálico tipo pesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier ocupación, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a) **Protegidos por esmalte.** Si el *tubo* y accesorios de metales ferrosos sólo están protegidos **contra la corrosión por un esmalte,** se permite su uso únicamente en interiores y en edificios no sometidos a condiciones corrosivas graves.

b) **De otros metales.** Cuando sea posible se debe **evitar que haya metales distintos en contacto** dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.

*Excepción: Se permite utilizar accesorios y gabinetes de aluminio con tubo de acero tipo pesado y gabinetes y accesorios de acero con tubo de aluminio de tipo pesado*

c) **Protección contra la corrosión.** Se permite instalar, codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos y no-ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

**346-2. Otros Artículos.** Las instalaciones con *tubo* metálico tipo pesado deben cumplir lo establecido en las correspondientes Secciones del Artículo 300.

### B. Instalación

**346-3. Relleno de escoria.** Se permite instalar *tubo* metálico tipo pesado en o bajo relleno de escoria si están sometidos a humedad permanente, embebido en concreto no-menor a 50 mm de espesor sin escoria; cuando el *tubo (conduit)* esté a no-menos de 46 cm bajo la escoria o cuando esté protegido contra la corrosión y se juzgue adecuado para esas condiciones.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

**346-4. En lugares mojados.** Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente contra la corrosión o estar protegidos con material resistente contra la corrosión.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

**346-5. Tamaño nominal**

a) **Mínimo.** ... tamaño nominal de **16 mm.**

b) **Máximo.** ... tamaño nominal de **155 mm.**

**346-6. Número de conductores en un conducto.** El número de conductores permitido en *tubo* metálico tipo pesado no debe superar el por ciento especificado en la **Tabla 10-1 del Capítulo 10.**

**346-7. Escariado y abocardado**

a) **Escariado.** Todos los extremos cortados de *tubo* metálico tipo pesado se deben escariar o terminar en forma de eliminar los bordes filosos.

b) **Abocardado.** Cuando el *tubo* metálico tipo pesado se rosque en obra, se debe utilizar una tarraja estándar con una conicidad de 19 mm por cada 30 cm.

**346-8. Boquillas.** Cuando un *tubo* metálico tipo pesado entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se deben instalar boquillas o adaptadores que protejan el conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

**NOTA:** Para la protección de los conductores de tamaño nominal 21,15 $mm^2$ (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

**346-9. Acoplamientos y conectadores**

a) **Sin rosca.** Los acoplamientos y conectadores **sin rosca** utilizadas con *tubo* se deben apretar adecuadamente. Cuando estén **enterrados en ladrillo u concreto**, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén **en lugares mojados,** deben ser de tipo hermético a la lluvia.

b) **Con rosca corrida**. En *tubo* metálico tipo pesado no se deben utilizar **conectadores con rosca corrida.**

**346-10. Curvas. Cómo se hacen.** . . se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura del borde interior hecha en obra no debe ser menor al indicado en la **Tabla 346-10**.

**Tabla 346 – 10. Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado**

| Tamaño nominal del tubo (mm) | Conductores sin cubierta de plomo (mm) | Conductores con cubierta de plomo (mm) |
|---|---|---|
| 16 | 102 | 152 |
| 21 | 127 | 203 |
| 27 | 152 | 279 |
| 35 | 203 | 356 |
| 41 | 254 | 406 |
| 53 | 305 | 533 |
| 63 | 381 | 635 |
| 78 | 457 | 787 |
| 91 | 533 | 914 |
| 103 | 610 | 1016 |
| 129 | 762 | 1270 |
| 155 | 914 | 1549 |

**346-11. Curvas.** Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante **(360° en total).**

**Tabla 346 – 10 (Excepción) Radio de curvatura de tubo (conduit) tipo pesado**

| Tamaño nominal (mm) | Radio del centro del tubo en mm |
|---|---|
| 16 | 102 |
| 21 | 114 |
| 27 | 146 |
| 35 | 184 |
| 41 | 210 |
| 53 | 241 |
| 63 | 267 |
| 78 | 330 |
| 91 | 381 |
| 103 | 406 |
| 129 | 610 |
| 155 | 762 |

**346-12. Soportes.** El *tubo* metálico tipo pesado se debe apoyar como sistema completo, como establece el Artículo 300. y sujetarse firmemente. El *tubo* se debe sujetar como mínimo a cada 3 m. Además, se debe sujetar firmemente a menos de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, registro u otras terminales. Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el *tubo* a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

**346-13. Cajas y accesorios.** Véase el Artículo 370

**346-14. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones deben cumplir con los establecido en el Artículo 370.

**Tabla 346 – 12. Soportes para tubo (conduit) metálicos tipo pesado**

| Tamaño nominal (mm) | Distancia máxima entre soportes en metros |
|---|---|
| 16 – 21 | 3,9 |
| 27 | 3,7 |
| 35 –41 | 4,3 |
| 53 – 63 | 4,9 |
| 78 y mayores | 6,1 |

### C. Especificaciones de construcción

**346-15. Disposiciones generales.** El *tubo* metálico tipo pesado debe cumplir con las siguientes especificaciones:

a) **Longitudes.** El *tubo* metálico tipo pesado se suministra en **tramos de 3 m**, incluido el acoplamiento (se suministra un acoplamiento con cada tramo). El *tubo* se debe escariar y roscar en sus dos extremos.

b) **Material resistente a la corrosión.** El *tubo* de metal no-ferroso resistente a la corrosión debe ir marcado adecuadamente.

c) **Identificación permanente.** Cada *tubo* debe ir identificado de modo claro y duradero conforme lo establecido en la norma de producto.

## ARTÍCULO 347 – *TUBO (CONDUIT)* RÍGIDO NO-METÁLICO

### A. Disposiciones generales

**347-1. Definición.** El tubo rígido no-metálico **es una canalización de sección transversal circular** de Policloruro de vinilo **(PVC)** con accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser de **material resistente a la flama**, a la humedad y a agentes químicos.

**Por encima del piso**, debe resistente a la propagación de la flama, a los impactos y al aplastamiento, a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas y a la luz del Sol.

**Para uso subterráneo**, el material debe ser aceptablemente resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante su manejo e instalación. En instalaciones subterráneas se permite *tubo* aprobado para este objetivo en longitudes continuas de un carrete.

Cuando esté diseñado para **enterrarlos directamente**, sin empotrarlos en concreto, el material del *tubo* debe ser capaz de soportar las cargas continuas previstas para después de su instalación.

**347-2. Usos permitidos.** Se permite el uso de *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* aprobado y listado sus accesorios, en las siguientes condiciones:

**NOTA:** Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que algún *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

a) **Ocultos.** En paredes, pisos y techos

b) **En atmósferas corrosivas.** ... como se especifica en 300-6, y sometidos a productos químicos para los que estén aprobados específicamente esos materiales.

c) **Escoria.** Con relleno de escoria.

d) **En lugares mojados.** .. deben estar instalados y equipados de manera que evitên que entre el agua en la tubería. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, deben ser de material resistente a la corrosión.

e) **En lugares secos y húmedos.** En los lugares secos y húmedos no prohibidos en 347-3.

f) **Expuestos.** Para instalaciones expuestas no sometidas a daño físico, si están aprobados e identificados para dicho uso.

g) **En instalaciones subterráneas.** Para las instalaciones subterráneas, véanse 300-5 y 710-4(b).

**347-3. Usos no permitidos.**

a) **En lugares peligrosos.** ... excepto lo establecido en las Secciones 503-3(a), 504-20, 514-8 y 515-5 y en los lugares de Clase I División 2, tal como lo permite la Excepción de 501-4(b).

b) **Como soporte de aparatos.** Como soporte de aparatos u otros equipos.

c) **Expuesto a daños físicos.** Cuando esté expuesto a daños físicos ....

d) **Temperatura ambiente.** .. a temperaturas ambientes superiores a las marcadas en el *tubo*.

e) **Límites de temperatura del aislamiento.** Para conductores cuyos límites de temperatura del aislamiento superen los límites aprobados y listados para el *tubo* .

f) **En teatros y locales similares.** En teatros y locales similares, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.

**347-4. Otros Artículos.** Las instalaciones con *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando, según el Artículo 250, se requiera la puesta a tierra de los equipos, se debe instalar en el *tubo* un conductor de puesta a tierra de equipo independiente.

### B. Instalación

**347-5. Abocardado.** Todos los extremos de *tubo* se deben abocardar por dentro y por fuera para dejarlos lisos.

**347-6. Uniones.** Todas las uniones entre *tubos* y acoplamientos, cajas y accesorios, se deben hacer con accesorios aprobados.

**347-8. Soportes.** El *tubo* **se debe instalar como sistema completo**, ver **300-18 y se deben soportar como exige la Tabla 347-8.** Además el *tubo* **debe sujetarse a menos de 1 m de cada caja de salida,** caja de terminales, caja de dispositivos, registro u otra terminación del *tubo* ..... se debe sujetar de modo que se deje holgura para los movimientos de **expansión o contracción térmica**.

*Excepción: Se permiten tramos horizontales de tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-superiores a los de la Tabla 347-8 y sujetos a menos de 1 m de los puntos de terminación.*

**Tabla 347 – 8. Soportes de tubo (conduit) rígido no-metálico tipo pesado o ligero**

| Tamaño nominal (mm) | Separación máxima entre soportes en metros |
|---|---|
| 16 | 1,0 |
| 21 | 1,0 |
| 27 | 1,0 |
| 35 | 1,5 |
| 41 | 1,5 |
| 53 | 1,5 |
| 63 | 1,8 |
| 78 | 1,8 |
| 91 | 2,1 |
| 103 | 2,1 |
| 129 | 2,1 |
| 155 | 2,4 |

**347-9. Juntas de expansión.** Cuando se espere que la expansión o contracción térmica del *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero*, sea de 6 mm o mayor en un tramo recto entre elementos sujetos como cajas, gabinetes, codos u otras terminaciones del *tubo* , se deben instalar juntas de expansión para compensar dichas expansiones.

**347-10. Tamaño nominal**

a) **Mínimo.** No se debe utilizar *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* de tamaño nominal menor a 16 mm

b) **Máximo.** No se debe utilizar *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* de tamaño nominal superior a 155 mm.

**347-11. Número de conductores.** El número de conductores en un *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* no debe exceder el por ciento de ocupación permitido en la Tabla 1 del Capítulo 9

**347-12. Accesorios.** Cuando un *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar un accesorio adaptador para evitar el daño por abrasión a la cubierta de los conductores, a menos la caja o gabinete ofrezca una protección equivalente.

**NOTA:** Para la protección de los conductores de tamaño nominal de 21,15 $mm^2$ (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

**347-13. Curvas.** Las curvas de *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. Cuando se hagan en obra se debe utilizar únicamente un equipo de doblar aprobado e identificado para ese uso. El radio de curvatura del borde interior de dichas curvas no debe ser menor al especificado en la Tabla 346-10.

**347-14. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total)

**347-15. Cajas y accesorios.** Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

**347-16. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

### C. Especificaciones de construcción

**347-17. Disposiciones generales.** El *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* debe cumplir lo siguiente:

**Marcado.** Cada tramo de *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* se debe marcar en forma permanente por lo menos a cada 3 m con caracteres legibles e indelebles, como establece el primer párrafo de 110-21. Las marcas deben incluir también el tipo de material, a menos que sea identificable visualmente Se permite marcar *tubo* en la superficie para indicar las características especiales del material. Se debe indicar nombre o marca del fabricante, material del que está fabricado, si es de tipo pesado o ligero, diámetro nominal y uso.

**NOTA:** Por ejemplo, algunas de estas marcas opcionales pueden ser "LS" (de baja emisión de humos), "resistente a la luz del sol", etcétera.

CONDUMEX

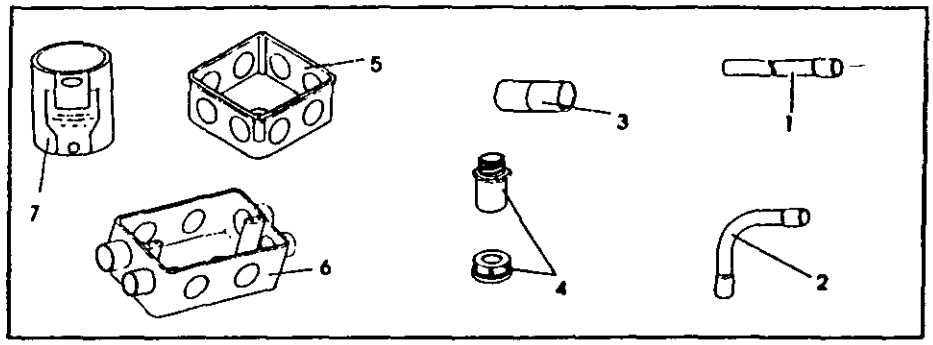
# CONDUIT DE PVC DURALON[M.R.] TIPO NORM/

TC 01.0

**DESCRIPCION:**

Tubería Conduit de PVC pared normal, con un extremo abocinado, para instalaciones ocultas.

1. Tubería
2. Codos de 90°
3. Coples
4. Conectores
5. Caja cuadrada
6. Chalupa
7. Cemento




**APLICACIONES:**

Para instalaciones ocultas ya sea empotrada o en plafones.
En construcción media, hotelería, zona costera e industria ligera.

**PROPIEDADES:**

- Resistencia al aplastamiento:
  Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
- Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
  Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
  Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
  Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
  Resistente al ataque de químicos inorgánicos.
- Autoextinguible:
  No propaga la llama.
- Aislante:
  Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
  Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
  Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra.

**ESPECIFICACIONES:**

NOM-E-12

**REGISTRO:**

Autorización NOM

**DATOS PARA PEDIDO:**

Conduit de PVC DURALON[M.R.] indicando:
- Tipo normal.
- Producto (tubería, codo 90°, coples, conectores, cajas, cemento).
- Número de piezas.
- Diámetro en mm (excepto en cemento).
- Número de producto.

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal | Diámetro exterior | Diámetro interior | Espesor de pared | Area interior | Peso | Largo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | D | d | e | A | | L |
| | mm | mm | mm | mm | mm² | kg/m | m |
| 401001 | 13 | 17.8 | 15.8 | 1.0 | 196 | 0.083 | 3 |
| 401002 | 19 | 23.3 | 21.3 | 1.0 | 356 | 0.110 | 3 |
| 401003 | 25 | 29.4 | 27.0 | 1.2 | 572 | 0.165 | 3 |
| 401004 | 32 | 38.0 | 35.6 | 1.4 | 995 | 0.254 | 3 |
| 401005 | 38 | 44.0 | 41.0 | 1.5 | 1320 | 0.324 | 3 |
| 401006 | 50 | 55.9 | 52.7 | 1.6 | 2180 | 0.438 | 3 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas en la Sección Técnica al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

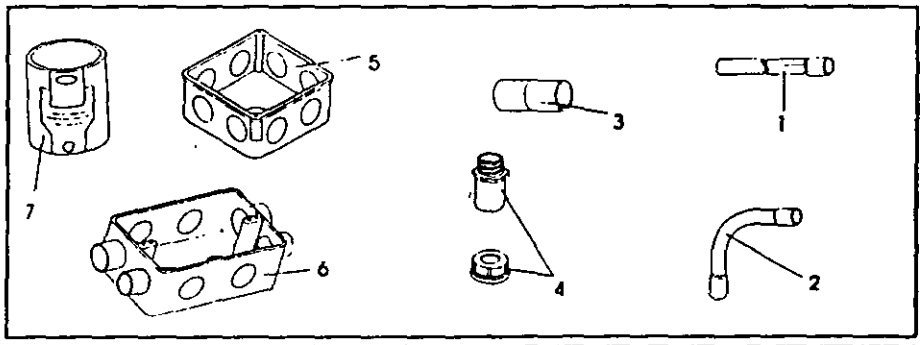
CONDUMEX

# CONDUIT DE PVC DURALON[M.R.]
## TIPO PESADO

TC 02.0

**DESCRIPCION:**

Tubería Conduit de PVC pared gruesa, con un extremo abocinado, para instalaciones Ocultas y Visibles interiores.
1- Tubería.
2- Codos de 90°.
3- Coples.
4- Conectores.
5- Cajas cuadradas.
6- Chatupa.
7- Cemento.




**APLICACIONES:**

Para instalaciones Ocultas y Visibles, no expuestas al sol.
En edificios, industria, centros comerciales, zonas costeras y de alta contaminación, distribución y servicios.

**PROPIEDADES:**

- Resistencia al aplastamiento:
  Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
- Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
  Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
  Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
  Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
  Resistente al ataque de químicos inorgánicos.
- Autoextinguible:
  No propaga la flama.
- Aislante:
  Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
  Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
  Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra.

**ESPECIFICACIONES**

NOM-E-12

**REGISTRO**

Autorización NOM

**DATOS PARA PEDIDO:**

Conduit de PVC DURALON[M.R.] indicando:
- Tipo pesado.
- Producto (tubería, codo 90°, coples, conectores, cajas, cemento).
- Número de piezas.
- Diámetro en mm (excepto cemento).
- Número de producto.

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal | Diámetro exterior | Diámetro interior | Espesor de pared | Area interior | Peso | Largo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | D | d | e | A | | L |
| | mm | mm | mm | mm | mm² | kg/m | m |
| 402001 | 13 | 21.4 | 18.4 | 1.5 | 266 | 0.145 | 3 |
| 402002 | 19 | 26.8 | 23.8 | 1.5 | 445 | 0.186 | 3 |
| 402003 | 25 | 33.5 | 30.5 | 1.5 | 730 | 0.235 | 3 |
| 402004 | 32 | 42.3 | 39.1 | 1.6 | 1200 | 0.317 | 3 |
| 402005 | 38 | 48.5 | 44.7 | 1.9 | 1569 | 0.425 | 3 |
| 402006 | 50 | 60.5 | 55.9 | 2.3 | 2453 | 0.636 | 3 |
| 402007 | 60 | 73.2 | 67.6 | 2.8 | 3587 | 0.896 | 3 |
| 402008 | 75 | 89.1 | 83.7 | 2.8 | 5500 | 1.137 | 3 |
| 402009 | 100 | 114.5 | 108.9 | 2.8 | 9309 | 1.473 | 3 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas en la Sección Técnica al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura

CONDUMEX

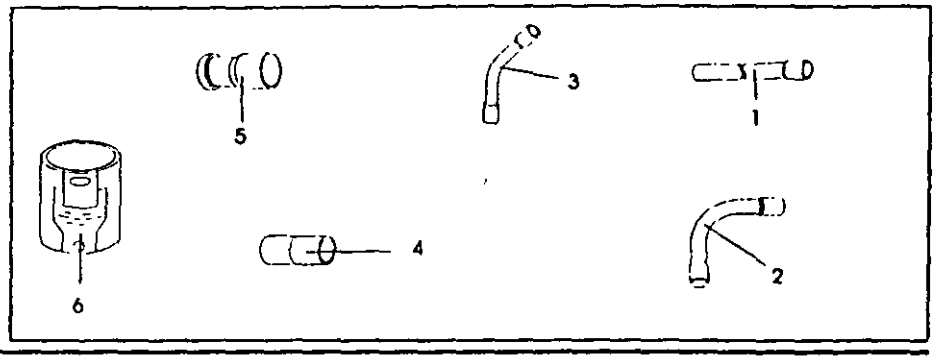
# CONDUIT DE PVC DURALON' TIPO SUBTERRANI

TC 03.0

**DESCRIPCION:**

Tubería Conduit de PVC tipo SU anticorrosiva de pared lisa con campana en un extremo para su acoplamiento.

1. Tubería.
2. Codos de 90°.
3. Codos de 45°.
4. Coples.
5. Terminal campana.
6. Cemento.




**APLICACIONES:**

Para instalaciones de tipo subterráneo, industriales, alumbrado público, cableado telefónico, instalación de fibra óptica y distribución zona costera.

**PROPIEDADES:**

- Resistencia al aplastamiento:
  Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
  Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
  Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
  Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
  Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
  Resistente al ataque de químicos inorgánicos.
- Autoextinguible:
  No propaga la llama.
- Aislante:
  Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
  Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
  Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra, además de su presentación en tramos de 6 metros.

**ESPECIFICACIONES:**

NOM-E-12

**REGISTRO:**

Autorización NOM

**DATOS PARA PEDIDO:**

Conduit de PVC DURALON MR.
Indicando:
- Tipo subterráneo
- Producto (tubería, codo 90° ó 45°, coples terminal campana, cemen
- Número de piezas
- Diámetro en mm (excepto cemento)
- Número de producto

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal | Diámetro exterior | Diámetro interior | Espesor de pared | Area interior | Peso | Largo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | D | d | e | A | | L |
| | mm | mm | mm | mm | mm² | kg/m | m |
| 406001 | 25 | 29.4 | 27.0 | 1.2 | 572 | 0.164 | 6 |
| 406002 | 38 | 39.8 | 36.2 | 1.8 | 1029 | 0.325 | 6 |
| 406003 | 50 | 49.8 | 46.2 | 1.8 | 1676 | 0.410 | 6 |
| 406005 | 75 | 74.7 | 71.1 | 1.8 | 3969 | 0.623 | 6 |
| 406006 | 100 | 103.3 | 98.7 | 2.3 | 7647 | 1.157 | 6 |
| 406008 | 150 | 159.6 | 153.0 | 3.3 | 18376 | 2.425 | 6 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

## ARTÍCULO 348 – *TUBO (CONDUIT)* METÁLICO TIPO LIGERO

### A. Disposiciones generales

**348-1. Uso.** Se permite el uso de *tubo* metálico tipo ligero **en instalaciones expuestas y ocultas**

**No se debe utilizar** *tubo* metálico tipo ligero:

(1) cuando durante su instalación o después pueda verse **sometido a daño físico grave**;

(2) cuando estén protegidas contra la corrosión **solo por un esmalte**;

(3) en concreto de escoria o relleno de escoria **cuando estén sometidas a humedad permanente**, si no están embebidos en concreto sin escoria de 51 mm de espesor mínimo o si la tubería no está como mínimo a 46 cm bajo el relleno,

(4) **en cualquier lugar peligroso** (clasificado) excepto lo permitido en 502-4, 503-3 y 504-20, o (5) como soporte de aparatos u otros equipos, excepto de registros no-mayores al *tubo* de mayor tamaño nominal. Cuando sea posible, se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.

*Excepción. Se permite utilizar accesorios y gabinetes de aluminio con tubo metálico tipo ligero.*

**Se permite instalar** *tubo* metálico tipo ligero, codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos o no-**ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas expuestas a ambientes corrosivos** severos **cuando estén protegidos contra la corrosión** y se consideren adecuados para esas condiciones.

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6

**348-2. Otros Artículos.** Las instalaciones de *tubo* metálico tipo ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

### B. Instalación

**348-4. En lugares mojados.** Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, **deben ser de material resistente a la corrosión** o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión

**NOTA:** Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

**348-5. Tamaño nominal**

a) **Mínimo.** ... tamaño nominal 16 mm.

b) **Máximo.** ... tamaño nominal 103 mm.

**348-6. Número de conductores en una tubería.** El número de conductores en un *tubo* no debe exceder los por cientos de ocupación permitidos en la Tabla 10 del Capítulo 10

**348-7. Roscas.** El *tubo* metálico tipo ligero **no debe tener roscas.** Cuando se utilicen acoplamientos integrados, dichos acoplamientos se deben roscar en fábrica.

**348-8. Copies y conectadores.** Los copies y conectado se deben sujetar firmemente. Cuando estén **enterrados en ladrillo u concreto**, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén **en lugares mojados**, deben ser de tipo hermético a la lluvia.

**348-9. Curvas. Cómo se hacen.** Las curvas se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura del borde interior de cualquier curva hecha en obra no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

**348-10. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante **(360° en total).**

**348-11. Abocardado.** Todos los extremos del *tubo* metálico tipo ligero se deben abocardar por dentro y por fuera para eliminar los bordes filosos.

**348-12. Soportes.** El *tubo* metálico tipo ligero se debe **instalar como sistema completo**, como establece el Artículo 300, y **sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m y a menos de 1 m de cada caja de salida**, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, registro u otra terminación cualquiera.

Se permiten tramos horizontales de *tubo* metálico tipo ligero soportados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-superiores a 3 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los puntos de terminación.

**348-13. Cajas y accesorios.** Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

**348-14. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

## C. Especificaciones de construcción

**348-15.** ***Disposiciones generales.*** El *tubo* debe cumplir con las siguientes especificaciones:

a) **Sección.** El *tubo* metálico tipo ligero y los codos y otras secciones curvas que se utilicen con los mismos, **deben ser de sección circular.**

b) **Acabado.** El *tubo* metálico tipo ligero debe tener un acabado o tratamiento en su superficie exterior que le proporcione un medio aprobado y duradero que lo distinga fácilmente, una vez instalado, de los otros tipos de *tubo* metálicos

c) **Coples.** Cuando el *tubo* metálico tipo ligero se una a rosca, los coples deben estar diseñados de modo que evite que el *tubo* se curve en cualquier parte de la rosca.

d) **Marcado.** El *tubo* debe ir **marcado** de modo claro y duradero por lo menos cada 3 m, como se exige en el primer párrafo de 110-21.

## ARTÍCULO 350 - *TUBO (CONDUIT)* METÁLICO FLEXIBLE

### A. Disposiciones generales

**350-1. Alcance.** Este Artículo trata del uso e instalaciones con *tubo* metálico flexible y sus correspondientes accesorios.

**350-2. Definición.** Un *tubo* metálico flexible es una canalización de sección circular hecha de una banda metálica devanada helicoidalmente, preformada y engargolada.

**350-3. Otros Artículos.** Las instalaciones con *tubo* metálico flexible deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300

**350-4. Usos permitidos.** El *tubo* metálico flexible debe estar aprobado y listado y se puede usar en lugares expuestos y ocultos.

**350-5. Usos no permitidos.** No se debe usar *tubo* metálico flexible:

1) En lugares mojados, si los conductores no están aprobados para esas condiciones específicas y si la instalación es tal que no haya posibilidad de que el líquido pueda entrar en las canalizaciones o cubiertas a las que vaya conectado el *tubo* .
2) En huecos de elevadores, excepto lo permitido en 620-21(a)(1).
3) En cuartos de bancos de baterías.
4) En lugares peligrosos (clasificados), excepto lo permitido en 501-4(b) y 504-20.
5) Cuando esté expuesto a materiales que puedan producir el deterioro de los conductores instalados, como aceite o gasolina.
6) Subterráneo o empotrados en colados o agregados de concreto.
7) Cuando esté expuesto a daño físico.

### B. Instalación

**350-10. Tamaño nominal**

a) **Mínimo.** No se debe utilizar *tubo* metálico flexible de tamaño nominal menor a 16 mm, excepto lo permitido en los siguientes apartados (1) a (5) para *tubo* de 10 mm:
   1) Para cables de motores, como se permite en 430-145(b)
   2) En tramos no-mayores a 1,8 m, como parte de un ensamble aprobado y listado o en salidas para elementos de alumbrado como se permite en 410-67(c), o para equipos de utilización.
   3) En instalaciones prefabricadas como se permite en 604-6(a).
   4) En los huecos de ascensores, como se permite en 620-21(a)(1).
   5) Como parte de un ensamble aprobado y listado para conectar cables de aparatos, como se permite en 410-77(c).

b) **Máximo.** No se debe utilizar *tubo* metálico flexible de tamaño nominal mayor de 103 mm.

**350-12. Número de conductores.** El número de conductores permitido en un *tubo* metálico flexible no debe exceder el por ciento de ocupación establecido en la Tabla 1, Capítulo 9, o lo que permite la Tabla 350-12 para *tubo* metálico flexible de 10 mm

**350-14. Puesta a tierra.** Se permite usar *tubo* metálico flexible para puesta a tierra, según lo establecido en 250-91(b). Cuando haya que conectar un puente de unión alrededor de un *tubo* metálico flexible, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79

*Excepción: Se permite utilizar un tubo metálico flexible como medio de puesta a tierra si la longitud total del tramo es de 1,8 m o menos, si el tubo termina en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos.*

Cuando se usen para conectar equipos con cierta flexibilidad, se debe instalar un conductor de puesta a tierra de los equipos.

**Tabla 350 – 12. Número máximo de conductores aislados en *tubo (conduit)* metálico flexible de 10 mm***

Columna A Con accesorios dentro del *tubo*
Columna B: Con accesorios fuera del *tubo*

| Tamaño nominal mm² (AWG) | Tipos RFH – 2, SF - 2 | | Tipos TF, XHHW, AF, TW THW, THHN | | Tipos TFN, THHN, THWN | | Tipos FEP, FEPB,PF,PGF | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 0,82 (18) | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 8 | 5 | 8 |
| 1,3 (16) | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 6 | 4 | 6 |
| 2,08 (14) | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 3,3 (12) | – | – | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 5,26 (10) | – | – | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

*Además está permitido un conductor adicional de puesta a tierra de los equipos del mismo tamaño, cubierto o desnudo.

**350-16. Curvas.** No debe haber más curvas que el equivalente a 360° entre los puntos de sujeción, por ejemplo en registros y cajas. Las curvas en el *tubo* deben hacerse de modo que el *tubo* no se dañe y que su diámetro interior no se reduzca. El radio de curvatura en el borde interior de cualquier curva hecha en obra, no debe ser menor a los de la Tabla 346-10.

**350-18. Soportes.** El *tubo* metálico flexible se debe sujetar firmemente por medios aprobados por la autoridad competente[3], a menos de 3 m de cada caja, gabinete, registro u otra terminación del *tubo* y deben ir apoyados y sujetos a intervalos no-mayores a 1,4 m

*Excepción 1: Cuando el tubo metálico flexible esté sujeto por sus extremos.*

*Excepción 2. Tramos que no superen 1 m entre terminales, cuando sea necesaria cierta flexibilidad.*

*Excepción 3: Tramos que no superen 1,8 m desde una conexión terminal para conexiones de salidas para aparatos de alumbrado, como se permite en 410-67(c)*

Se permite el uso de *tubo* metálico flexible instalado horizontalmente que esté soportado por aberturas a través de los miembros de la estructura a intervalos menores a 1,4 m y sujeto firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

**350-20. Accesorios.** Los accesorios utilizados con *tubo* metálico flexible deben estar aprobados y listados. No se utilizarán secciones angulares para instalaciones en canalizaciones ocultas.

**350-22. Abocardado.** Todos los extremos del *tubo* se deben abocardar por dentro y por fuera para dejarlos lisos, excepto cuando se usen accesorios roscados.

**350-24. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

## ARTÍCULO 351 – *TUBO (CONDUIT)* FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS Y METÁLICO NO-METÁLICO

**351-1. Alcance.** Este Artículo cubre a instalaciones realizadas con *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos y con *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos.

### A. *Tubo* metálico flexible hermético a los líquidos

**351-2. Definición.** Un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos es una canalización de sección circular que lleva una cubierta exterior hermética a los líquidos, no-metálica y resistente a la luz del Sol sobre un núcleo metálico flexible con sus acoplamientos, conectadores y accesorios, y aprobado para la instalación de conductores eléctricos.

**351-3. Otros Artículos.** La instalación con *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos debe cumplir las disposiciones correspondientes del Artículo 300 y las Secciones específicas de los Artículos 350, 501, 502, 503 y 553, a las que se hace referencia a continuación

**NOTA:** En cuanto a las marcas, véase 110-21.

**351-4. Usos**

a) **Permitidos.** Se permite en instalaciones expuestas u ocultas:

1) Cuando las condiciones de instalación, funcionamiento o mantenimiento requieran flexibilidad o protección contra líquidos, vapores o sólidos.

2) Según se permita en 501-4(b), 502-4, 503-3 y 504-20 y en otros lugares peligrosos (clasificados) específicamente aprobados, y según se indica en 553-7(b).

3) Enterrado directamente, cuando esté aprobado e identificado para ese uso

b) **No permitidos.** No se debe usar *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos:

1) Cuando esté expuesto a daño físico

2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores, pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquélla para la cual está aprobado el material.

**351-5. Tamaño nominal**

a) **Mínimo.** .. tamaño nominal inferior 16 mm.

*Excepción: Se permite instalar tubo de sección comercial de 10 mm según lo establecido en 350-10 (a).*

b) **Máximo.** El tamaño máximo nominal es de 103 mm.

**351-6. Número de conductores**

a) **Un solo *tubo*** . El número de conductores permitido en un *tubo* de tamaño nominal de 16 a 103 mm, no debe exceder el por ciento de ocupación especificado en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

b) ***Conduit* de 10 mm.** El número de conductores permitidos en un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos de 10 mm no debe exceder lo permitido en la Tabla 350-12.

**351-7. Accesorios.** El *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos sólo se debe usar con accesorios terminales aprobados. No se deben utilizar conectadores angulares en instalaciones ocultas.

**351-8. Soportes.** El *tubo* metálicos flexible hermético a los líquidos se debe sujetar firmemente mediante medios aprobados por la autoridad competente[3], a menos de 3 m de cada caja, gabinete, registro u otra terminación del *tubo* y debe ir soportado y sujeto a intervalos no-mayores a 1,4 m.

Se permiten tramos horizontales de *tubo* rígido no-metálico apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-superiores a 1,4 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

**351-9. Puesta a tierra.** Se permite usar un *tubo* metálico flexible hermético a los **líquidos para puesta a tierra, según lo establecido en 250-91(b)**. Cuando se conecte un puente de unión alrededor de un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79.

*Excepción: Se permite utilizar un tubo metálico flexible hermético a los líquidos como medio de puesta a tierra, si la longitud total del tramo de tierra es de 1,8 m o menos, si el tubo termina en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos para tubo de tamaño nominal de 10 mm y 16 mm y de 60 A o menos para tubo de tamaño nominal desde 21 mm hasta 35 mm.*

Cuando se usen para conectar equipo con cierta flexibilidad, se debe instalar un conductor de puesta a tierra del equipo

**NOTA:** Para los tipos de conductores de puesta a tierra de equipo, véanse las Secciones 501-16(b), 502-16(b) y 503-16(b).

**351-10. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante ($360^0$ en total).---

**351-11. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370

### B. *Tubo (conduit)* no-metálico flexible y hermético a los líquidos

**351-22. Definición.** Un *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos es una canalización de sección circular de uno de los siguientes tipos:

1) Con un núcleo interior liso, sin costuras y una cubierta adherida al núcleo y teniendo uno o más refuerzos entre el núcleo y la cubierta.
2) Una superficie interior lisa con refuerzos integrados dentro de la pared del *tubo* .
3) Una superficie corrugada por dentro y por fuera sin refuerzos integrados dentro de la pared del *tubo*

Este *tubo* debe ser resistente a la flama y aprobado, junto con sus accesorios, para la instalación de conductores eléctricos.

**351-23. Usos**

a) **Permitidos.** Se permite usar *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos en instalaciones expuestas u ocultas·

**NOTA:** Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos *tubo* no-metálicos se vuelvan quebradizos y por tanto sean más susceptibles de daños por contacto físico.

1) Cuando se necesite flexibilidad de instalación, funcionamiento o mantenimiento
2) Cuando haya que proteger a los conductores de los vapores, líquidos o sólidos
3) En instalaciones en exteriores cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

**NOTA:** Para los requisitos de las marcas, véase 110-21.

4) Enterrado directamente cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

b) **No permitidos.** No se debe usar *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos:

1) Cuando esté expuesto a daño físico
2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores, pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquélla para la cual está aprobado el material.
3) En tramos no-superiores a 1,8 m

*Excepción 1: Se permite usar tubo no-metálico flexible hermético a los líquidos, como se define en 351-22(2), para instalarlo en tramos superiores a 1,8 m si están sujetos de acuerdo con lo indicado en 351-27.*

*Excepción 2: Cuando sea necesaria mayor longitud para obtener el grado de flexibilidad deseado.*

4) Cuando la tensión eléctrica entre los conductores contenidos en el *tubo* sea superior a los 600 V nominales.

*Excepción: Lo permitido en la Excepción de 600-32(a) para anuncios luminosos de más de 600 V.*

**351-24. Tamaño nominal.** El *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos debe ser de tamaño nominal de 16 a 103 mm.

*Excepción 1: Se permite instalar tubo de 10 mm de tamaño nominal según lo establecido en 430-135(b).*

*Excepción 2: Se permite instalar tubo de 10 mm de tamaño nominal en tramos no-superiores a 1,8 m como parte de un ensamble aprobado y listado para elementos de alumbrado, según 410-67(c), o para equipos de utilización.*

*Excepción 3 El tubo de 10 mm para conductores de señales eléctricas en aisladores según se establece en 600-32(a).*

**351-25. Número de conductores.** El número de conductores permitidos en un *tubo* individual debe cumplir los por cientos de ocupación establecidos en la Tabla 1, Capítulo 9.

**351-26. Accesorios.** El *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos solo debe usarse con accesorios terminales aprobados e identificados para ese uso No se deben utilizar conectadores angulares en instalaciones ocultas.

**351-27. Soportes.** El *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos, tal como se define en 351-22(2), se debe sujetar firmemente a intervalos no-mayores a 1 m y a menos de 30 cm de cada lado de cada caja de salida, cajas de terminales, gabinetes o accesorios.

*Excepción 1: Cuando el tubo no-metálico flexible y hermético a los líquidos vaya sujeto por sus extremos.*

*Excepción 2. Tramos que no superen 1 m entre terminales, cuando sea necesaria cierta flexibilidad.*

*Excepción 3. Tramos que no superen los 1,8 m desde una conexión terminal para salidas de aparatos de alumbrado, como se permite en 410-67(c).*

Se permiten tramos horizontales de *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

**351-28. Puesta a tierra de los equipos.** Cuando sea necesario instalar un conductor de puesta a tierra de equipo para circuitos instalados en *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos, se permite instalarlo dentro o fuera del *tubo* Cuando se instale fuera, la longitud del conductor de puesta a tierra de los equipos no debe superar 1,8 m y debe seguir el mismo camino que la canalización o cubierta. Los accesorios y cajas se deben poner a tierra o empalmar, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

**351-29. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15 Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

**351-30. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante ($360^{\circ}$ en total).

## ARTÍCULO 352 - CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS

### A. Canalizaciones superficiales metálicas

**352-1. Uso.** Se permite el uso de canalizaciones superficiales metálicas en lugares secos. No se permite utilizarlas: (1) cuando estén expuestas a daño físico, si no están aprobadas para ello; (2) cuando exista una tensión eléctrica entre conductores de 300 V o más, excepto si el metal tiene un espesor no-menor a 1 mm; (3) cuando estén expuestas a vapores corrosivos; (4) en los huecos de los ascensores; (5) en los lugares peligrosos (clasificados) excepto los de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b), ni (6) en instalaciones ocultas, con la Excepción siguiente.

*Excepción: Lo que se permite en 645-5(d)(2).*

**NOTA:** Véase en el Artículo 100 la definición de "Expuesto (Instalaciones)".

**352-2. Otros Artículos.** Las canalizaciones superficiales metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

**352-3. Tamaño nominal de los conductores.** En una canalización superficial metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal de aquellos para los cuales esté diseñada la canalización.

**352-4. Número de conductores en las canalizaciones.** El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial metálica no debe ser mayor a aquél para el que está diseñada la canalización.

Los factores de corrección de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, Nota 8(a) del Artículo 310, no aplican a los conductores instalados en canalizaciones superficiales metálicas, si se cumplen los requisitos siguientes: (1) el área de la sección transversal de la canalización es mayor a 2600 $mm^2$; (2) los conductores activos no son más de 30, (3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente de la canalización.

**352-5. Extensiones a través de paredes y pisos.** Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

**352-6. Combinación en canalizaciones.** Cuando se usen las canalizaciones superficiales metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes, identificados mediante colores de alto contraste en su interior. En toda la instalación se mantendrá la misma posición relativa de esos compartimentos.

**352-7. Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales metálicas que tengan tapa removible accesible después de la instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de terminales. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

**352-8. Disposiciones generales.** Las canalizaciones superficiales metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se utilicen en las canalizaciones superficiales metálicas tapas y accesorios no-metálicos, éstos deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

**352-9. Puesta a tierra.** Las cubiertas de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como paso a otro tipo de instalación, deben tener un medio para interconexión de puesta a tierra de equipo.

### B. Canalizaciones superficiales no-metálicas

**352-21. Descripción.** La parte B de este Artículo se debe aplicar a un tipo de canalización superficial no-metálica y de accesorios de material no-metálico resistente a la humedad y a las atmósferas químicas. También debe ser resistente a la propagación de la flama, resistente a impactos y aplastamientos, resistente a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas. Se permite identificar las canalizaciones superficiales no-metálicas con baja emisión de humos, resistencia a la propagación de incendio y baja acidez con el sufijo LS.

**352-22. Uso.** Se permite usar canalizaciones superficiales no-metálicas en lugares secos No se debe usar (1) en instalaciones ocultas; (2) si están expuestas a daño físico; (3) cuando exista una tensión eléctrica entre conductores de 300 V o más, excepto que esté aprobada y listada para una tensión eléctrica más alta; (4) en los huecos de los ascensores; (5) en los lugares peligrosos (clasificados) excepto los de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b); (6) cuando estén expuestas a temperaturas que superen aquéllas para las que está aprobada la canalización, ni (7) para conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen la temperatura para la que está aprobada la canalización.

**352-23. Otros Artículos.** Las canalizaciones superficiales no-metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando el Artículo 250 exija poner a tierra al equipo, se debe instalar en la canalización un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

**352-24. Tamaño nominal de los conductores.** En una canalización superficial no-metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización

**352-25. Número de conductores en las canalizaciones.** El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial metálica no debe ser superior a aquél para el que está diseñada la canalización.

**352-26. Combinación en canalizaciones.** Cuando se usen las canalizaciones superficiales no-metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes identificados mediante colores de mucho contraste en su interior En toda la instalación se mantendrá la misma posición relativa de esos arreglos.

**352-27. Disposiciones generales.** Las canalizaciones superficiales no-metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

**352-28. Extensiones a través de paredes y pisos.** Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

**352-29. Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales no-metálicas que tengan tapa removible y accesible después de su instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones no-metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de terminales. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

### C. Canal tipo extruído

**352-40. Descripción.** La parte C de este Artículo se debe aplicar al canal tipo extruído y sus accesorios, hechos de metal resistente a la humedad o protegido contra la corrosión y que se estime adecuado para esas condiciones. Se permite que estas canalizaciones con tapa a presión removible estén galvanizadas o sean de acero inoxidable, acero esmaltado o recubierto de PVC o de aluminio. Sus tapas pueden ser metálicas o no-metálicas.

**352-41. Usos permitidos.** Se permite instalar canal tipo extruído: (1) en instalaciones expuestas; (2) en lugares húmedos; (3) en lugares expuestos a vapores corrosivos, cuando estén protegidas por un acabado que se estime adecuado para esas condiciones; (4) en instalaciones cuya tensión eléctrica sea de 600 V o menos y (5) como postes eléctricos.

**352-42. Usos no permitidos.** No está permitido utilizar canal tipo extruído: (1) en instalaciones ocultas o (2) en lugares peligrosos.

*Excepción: Lo que se permite en la Excepción de 501-4(b),.*

Se permite utilizar canal tipo extruído de metal ferroso protegido contra la corrosión únicamente por un esmalte, exclusivamente en interiores y en lugares no expuestos a condiciones corrosivas severas.

**352-43 Otros Artículos.** Las instalaciones de canal tipo extruído deben cumplir las disposiciones aplicables de los Artículos 250 y 300.

**352-44. Tamaño nominal de los conductores.** En un canal tipo extruido no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización.

**352-45. Número de conductores en una canalización.** El número de conductores permitido en un canal tipo extruido no debe superar los por cientos de la Tabla 352-45, ni las dimensiones del diámetro exterior (DE) de los cables de los tipos y tamaño nominales dados en las Tablas del Capítulo 9.

No se debe aplicar a los conductores instalados en un canal tipo extruido los factores de corrección de la Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, si no se dan todas las siguientes condiciones: (1) si el área de la sección transversal de la canalización es superior a 2600 $mm^2$; (2) los conductores activos no son más de 30; (3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente a la canalización.

**Tabla 352 – 45. Sección de la canalización y diámetro interior de canalizaciones con tapa a presión removible**

| Tamaño de la canalización en cm | Superficie ($mm^2$) | 40% superficie ($mm^2$) | 25% superficie ($mm^2$) |
|---|---|---|---|
| 4,2 x 2,1 | 570 | 230 | 140 |
| 4,2 x 2,5 | 740 | 300 | 185 |
| 4,2 x 3,5 | 1080 | 430 | 270 |
| 4,2 x 4,1 | 1310 | 520 | 330 |
| 4,2 x 6,2 | 2045 | 820 | 510 |
| 4,2 x 8,3 | 2780 | 1110 | 695 |
| 3,8 x 1,9 | 550 | 220 | 135 |
| 3,8 x 3,8 | 1180 | 470 | 295 |
| 3,8 x 4,8 | 1485 | 595 | 370 |
| 3,8 x 7,6 | 2490 | 995 | 620 |

**Comentario:** Fórmula de la superficie ocupada por los cables:

$$N = \frac{AC}{AW}$$

Donde:

N = número de conductores.

AC = Area de la sección transversal del canal en $mm^2$.

AW = Area de la sección transversal del conductor en $mm^2$.

**Observaciones:**

1. Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones externas se toma un 40%

2. Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones internas se toma un 25%.

**352-46. Extensiones a través de paredes y pisos.** Se permite que tramos continuos de canal tipo extruido se extiendan a través de paredes, tabiques y pisos si las tiras de la cubierta se pueden quitar desde los dos lados y la parte de la canalización que atraviesa la pared, tabique o piso permanece cubierta.

**352-47. Soportes de canal tipo extruido**

a) **Instalación superficial.** Un canal tipo extruido se debe sujetar a la superficie sobre la que va instalado mediante abrazaderas externas al canal a intervalos que no superen 3 m y a menos de 30 cm de cada caja de salida, gabinete, caja de terminales o cualquier otra terminación del canal.

b) **Instalación suspendida.** Se permite instalar el canal tipo extruido suspendido en el aire por medio de accesorios aprobados diseñados para ese uso y a intervalos que no superen 3 m.

**352-48. Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer en el canal tipo extruido empalmes y derivaciones que sean accesibles después de su instalación a través de una tapa desmontable. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del canal en ese punto. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

**352-49. Disposiciones generales.** El canal tipo extruido debe estar construido de modo que se distinga de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se use en canal tipo extruido metálico abrazaderas de sujeción y accesorios de material no-metálico, deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

**352-50. Puesta a tierra.** Las envolventes de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como paso a otro tipo de instalación, deben tener un medio para interconexión a tierra de equipo. Se permite usar el canal tipo extruido como conductor de puesta a tierra de equipo de acuerdo con lo indicado en 250-91(b)(11). Cuando se utilice una tapa metálica a presión en un canal tipo extruído, para conseguir la continuidad eléctrica de acuerdo con sus valores especificados, no se permite usar esa tapa como medio de continuidad eléctrica de cualquier salida de corriente eléctrica montada en la misma.

**352-51. Marcado.** Todos los tramos del canal tipo extruido se deben marcar de modo claro y duradero, según requiere el primer párrafo de 110-21

## ARTÍCULO 362 – CONDUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA

### A. Conductos Metálicos

**362-1. Definición.** Los conductos metálicos son conductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el conducto, como un sistema completo

**362-2. Uso.** Sólo se permite usar los conductos metálicos en instalaciones expuestas. Los conductos metálicos instalados en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia. No se debe instalar conductos metálicos (1) cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos ni (2) en ningún lugar peligroso (clasificado), excepto lo permitido en 501-4(b), 502-4(b) y 504-20.

*Excepción: Se permite instalar conductos en espacios ocultos según lo establecido en el inciso c) de la Excepción 640-4.*

**362-3. Otros Artículos.** Las instalaciones de conductos deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

**362-4. Tamaño nominal de los conductores.** No se debe instalar en un conducto ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado.

**362-5. Número de conductores.** Los conductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte. No se consideran conductores de fase los de circuitos de señalización o los conductores de control y su controlador, utilizados únicamente para el arranque del motor.

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del conducto no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

No se deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310 Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, a los 30 conductores de fase que ocupen 20% del espacio, como se especificó anteriormente.

*Excepción 1: Cuando se aplique los factores de corrección especificados en el Artículo 310 8(a) de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, no se debe limitar el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del conducto no debe exceder 20% del área de la sección transversal interior del mismo.*

*Excepción 2: Como se establece en 520-6, la limitación a 30 conductores no se debe aplicar en teatros ni locales similares.*

*Excepción 3: Como se establece en 620-32, la limitación de 20% de ocupación no se debe aplicar para elevadores y montacargas.*

**362-6. Conductores aislados doblados.** Cuando en un conducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del conducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.

**362-7. Empalmes y derivaciones.** En los conductos se permite hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del conducto en ese punto

**362-8. Soportes.** Los conductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

a) **Soporte horizontal.** Cuando se instalen horizontalmente, los conductos se deben sujetar a intervalos que no excedan 1,5 m o para tramos que excedan 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe exceder de 3 m.

b) **Soporte vertical.** Los tramos verticales de conductos se deben sujetar firmemente a intervalos que no excedan de 4,5 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los conductos se deben sujetar firmemente, de modo que constituyan una junta rígida.

**362-9. Extensión a través de paredes.** Se permite que los conductos metálicos pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

**362-10. Extremos finales.** Los extremos finales de los conductos para cables deben estar cerrados.

**362-11. Extensiones a partir de conductos.** Las extensiones que salen de los conductos se deben efectuar usando cordones o cualquier método de cableado del Capítulo 3 que incluya un medio de puesta a tierra del equipo. Cuando se utilice un conductor independiente de puesta a tierra del equipo, la interconexión de los conductores de tierra de la instalación con el conducto debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118. Cuando se emplee *tubo* no-metálico tipo pesado, tipo ligero o *tubo* no-metálico

flexible y hermético a los líquidos, la interconexión del conductor de puesta a tierra del equipo de la canalización no-metalica al conducto metálico debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118

**362-12. Marcado.** Los conductos se deben marcar de modo que después de su instalación quede claramente visible el nombre del fabricante o su marca comercial.

**362-13. Puesta a tierra.** La puesta a tierra debe cumplir las disposiciones del Artículo 250.

**B. Conductos no-metálicos**

**362-14. Definición.** Los conductos no-metálicos son conductos de material no-metálico retardante a la flama, con tapa con bisagras o removible, para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalado el conducto, como un sistema completo.

**362-15. Usos permitidos.** Se permite el uso de conductos no-metálicos aprobados y listados:

1) Sólo en instalaciones expuestas.

*Excepción: Se permite instalar conductos en espacios ocultos según lo establecido en 640-4, Excepción, inciso c.*

2) Donde estén expuestos a vapores corrosivos.

3) En lugares mojados, cuando estén aprobados y listados para ese fin.

**NOTA:** Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos tubos no-metálicos se vuelvan frágiles y por tanto sean más susceptibles de daño por contacto físico.

**362-16. Usos no permitidos.** No se deben utilizar conductos no-metálicos.

1) Cuando estén expuestos a daño físico.

2) En lugares peligrosos (clasificados).

*Excepción: Lo permitido en 504-20.*

3) Cuando estén expuestos a la luz del Sol, excepto si están aprobados e identificados para ese uso.

4) Cuando estén expuestos a temperatura ambiente distinta para la que fue aprobado el conducto no-metálico.

5) Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen aquéllos para los que está aprobado y listado el conducto no-metálico.

**362-17. Otros Artículos.** Las instalaciones de conductos no-metálicos para cables deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se exija la puesta a tierra del equipo, en el conducto no-metálico se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

**362-18. Tamaño nominal de los conductores.** En un conducto no se debe instalar ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado el conducto.

**362-19. Número de conductores.** La suma del área de la sección transversal de todos los conductores de activos contenidos en cualquier parte de un conducto no-metálico no debe exceder 20% del área de la sección transversal del mismo. No se consideran conductores activos los de los circuitos de señalización o los conductores entre un motor y su control de arranque, utilizados únicamente para el arranque del motor.

A los conductores portadores de corriente eléctrica que ocupen 20% del espacio, como se acaba de indicar, se les deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310, Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente, de 0 a 2000 V.

**362-20. Conductores aislados doblados.** Cuando dentro de un conducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del conducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.

**362-21. Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer derivaciones en los conductos que sean accesibles Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del conducto en ese punto.

**362-22. Soportes.** Los conductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

a) **Soporte horizontal.** Cuando vayan instalados horizontalmente, los conductos se deben sujetar a intervalos que no excedan de 1 m y en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. En ningún caso la distancia entre los soportes debe exceder de 3 m.

b) **Soporte vertical** Los tramos verticales de conductos se deben sujetar de forma firme a intervalos que no excedan de 1,2 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes Las secciones unidas de los conductos se deben sujetar de forma segura de modo que constituyan una junta rígida.

**362-23. Juntas de expansión.** Cuando en un conducto no-metálico se esperen variaciones de longitud en un tramo recto de 6 mm o más, se deben instalar dispositivos de dilatación que compensen la expansión térmica y contracción.

**362-24. Extensión a través de paredes.** Se permite que los conductos no-metálicos para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

**362-25. Extremos finales.** Los extremos finales de los conductos deben quedar cerrados.

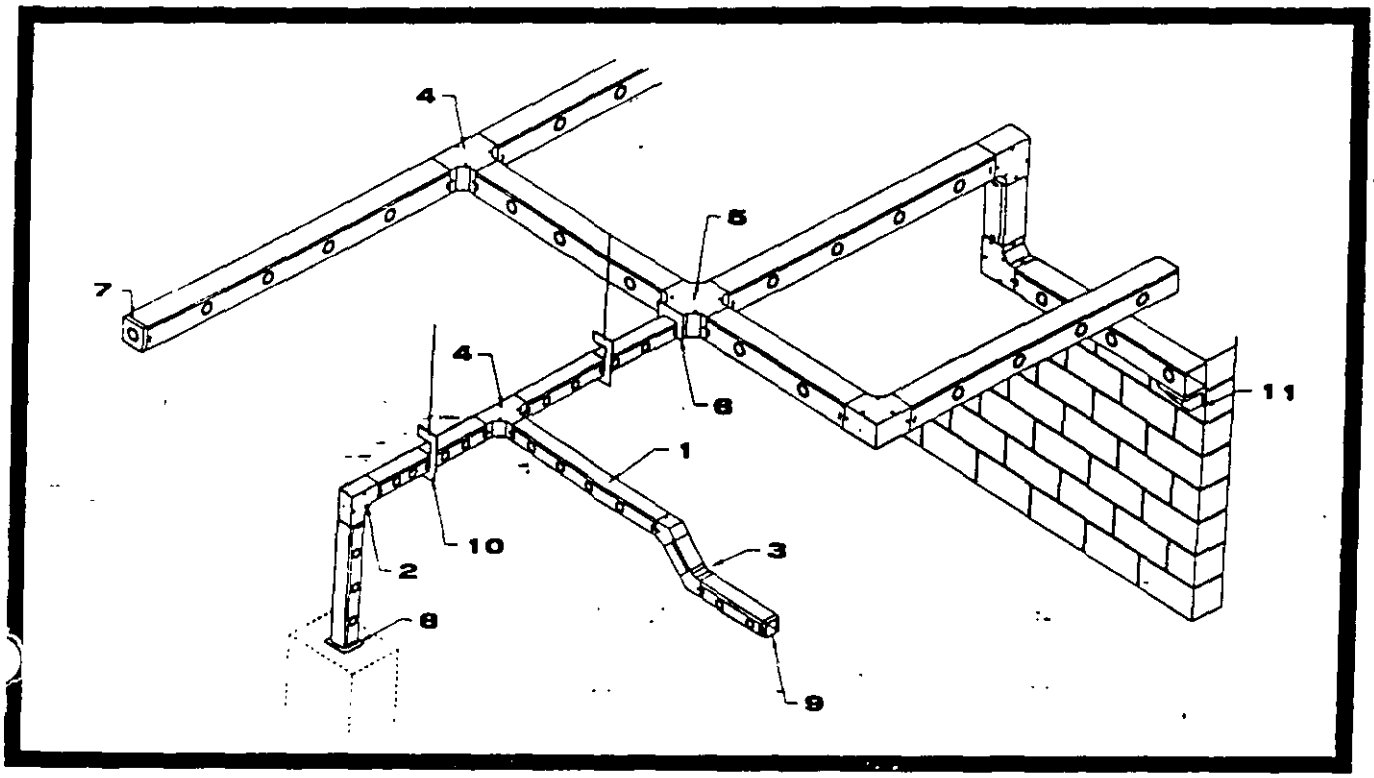
**362-26. Extensiones de los conductos.** Las extensiones de los conductos para cables se deben hacer mediante cordones colgantes o cualquier método de cableado del Capítulo 3. Se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra del equipo por cualquiera de los métodos aplicados al cableado de la extensión.

**362-27. Marcado.** Los conductos no-metálicos deben ir marcados de modo que, después de su instalación, se vea claramente el nombre del fabricante o su marca comercial y el área de su sección transversal en $cm^2$ Se permite identificar con el sufijo LS los conductos no-metálicos con baja emisión de humos, resistentes a la propagación de incendio y baja acidez.

# WIREWAY SYSTEMS

## SECCION 2.- DUCTO CUADRADO

## SECTION 2.- SQUARE DUCT WIREWAY




1 **TRAMO RECTO**
SQUARE DUCT

2 **CODO 90°**
90° ELBOW

3 **TEE**
'T'

4 **CODO 45°**
45° ELBOW

5 **EQUIS**
CROSS

6 **REDUCCION**
REDUCER

7 **PLACA CIERRE**
END PLATE

8 **ADAPTADOR A TABLERO**
BOX ADAPTER CONNECTOR

9 **CONECTOR**
CONNECTOR

10 **COLGADOR**
HANGER

11 **MENSULA**
BRACKET

NOTA IMPORTANTE
MANUFACTURERA METAL MECANICA CROSS LINE SE RESERVA EL DERECHO DE MODIFICAR SIN PREVIO AVISO LOS DISEÑOS. ESPECIFICACIONES Y DATOS TECNICOS QUE SE REPRODUCEN EN LAS SIGUIENTES PAGINAS.

# DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO

El Ducto cuadrado embisagrado es un sistema ideal de canalización para conductores eléctricos que presenta una facilidad máxima en la instalación de alambrados en su interior ya que todos los ductos y las conexiones se abren mediante bisagras de manera que permiten la colocación de dichos alambres en toda su longitud.

No hay necesidad de jalar alambres a lo largo del ducto, simplemente se colocan en él, con lo cual se facilita grandemente la operación, se evita que los forros de los alambres se deterioren y se ahorra tiempo y dinero.

Cuenta con salidas troqueladas para recibir tubo conduit a todo lo largo, a manera de poder facilmente hacer derivaciones ó conexiones a interruptores ó arrancadores.

Se fabrican en longitudes de 30.5, 61 y 152.4 cm. correspondientes a 1, 2 y 5 pies.

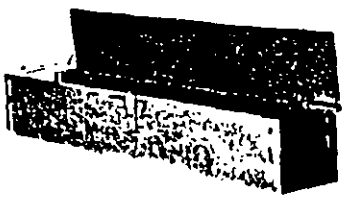
Todas las partes excepto colgadores - se entregan con tornillos y tuercas.

Para determinar el número de conductores que pueden colocarse en el interior de los ductos de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de México, véase la tabla de la Pág. No. 27

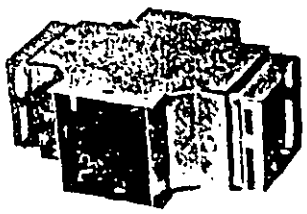
Solicitar precios a la planta para ducto cuadrado atornillado " A prueba de Intemperie".

Se recomienda instalar dos colgadores por tramo de ducto.

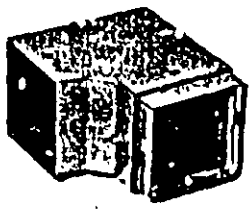
| COMPONENTE | DESCRIPCION | Conectores Incluidos | SECCION CUADRADA DE | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 6.5 x 6.5 cm. | 10 x 10 cm. | 15 x 15 cm. |
| | | | CAT. No. | CAT. No. | CAT. No. |
| Tramo Recto | 30.5 cm. long. | 0 | LD-21 | LD-41 | LD-61 |
| | 61.0 cm. long. | 0 | LD-22 | LD-42 | LD-62 |
| | 152.4 cm. long. | 0 | LD-25 | LD-45 | LD-65 |
| Codo | 90 grados | 0 | LD-290L | LD-490L | LD-690L |
| | 45 grados | 0 | LD-245L | LD-445L | LD-645L |
| | 22.5 grados | 0 | LD-225L | LD-425L | LD-625L |
| Te | Para derivación | 0 | LD-2T | LD-4T | LD-6T |
| Cruz | de 4 aberturas | 0 | LD-2J | LD-4J | LD-6J |
| Registro | ——— | 0 | ——— | LD-4PB | LD-6PB |
| Telescopio | Con ajuste | 0 | LD-2TF | LD-4TF | LD-6TF |
| Conector | ——— | 0 | LD-2C | LD-4C | LD-6C |
| Colgador | Universal | 0 | LD-2H | LD-4H | LD-6H |
| Placa Cierre | para aberturas | 0 | LD-2CP | LD-4CP | LD-6CP |
| Adaptador | conecta a tablero | 0 | LD-22A | LD-44A | LD-66A |
| Reductor | 10 x 10 a 6.5 x 6.5 | 0 | ——— | LD-42R | ——— |
| Reductor | 15 x 15 a 10 x 10 | 0 | ——— | ——— | LD-64R |
| Escuadra | Montaje s/pared | 0 | LD-2GB | LD-4GB | LD-6GB |
| Niple | 7.6 cm. | 0 | LD-23N | LD-43N | LD-63N |
| | 15.2 cm. | 0 | LD-26N | LD-46N | LD-66N |
| | 22.8 cm. | 0 | LD-29N | LD-49N | LD-69N |



TRAMO RECTO



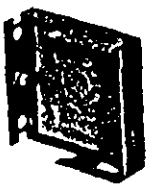
CRUZ



CODO

COLGADOR

CONECTOR ABIERTO



PLACA DE CIERRE

**Tabla 10-4. Dimensiones de *conduit* metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores** (basado en la Tabla 10-1, capitulo 10)

| Diámetro nominal mm | Diámetro interior Mm | Área interior total $mm^2$ | Área disponible para conductores $Mm^2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | uno conductor fr = 53% | Dos Conductores fr = 31 % | Más de dos conductores fr = 40% |
| 13 | 15,80 | 196 | 103 | 60 | 78 |
| 19 | 20,95 | 344 | 181 | 106 | 137 |
| 25 | 26,65 | 557 | 294 | 172 | 222 |
| 32 | 35,05 | 965 | 513 | 299 | 387 |
| 38 | 40,90 | 1313 | 697 | 407 | 526 |
| 51 | 52,50 | 2165 | 1149 | 671 | 867 |
| 63 | 62,71 | 3089 | 1638 | 956 | 1236 |
| 76 | 77,93 | 4761 | 2523 | 1476 | 1904 |
| 89 | 90,12 | 6379 | 3385 | 1977 | 2555 |
| 102 | 102,26 | 8213 | 4349 | 2456 | 3282 |
| 127 | 128,20 | 12907 | 6468 | 4001 | 4881 |
| 152 | 154,00 | 18639 | 9879 | 5778 | 7456 |

*Para *conduit* flexible metálico o no-metálico y para conduit de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto

## CAPÍTULO 10 (4.10) TABLAS

**Tabla 10-1. Factores de relleno en *conduit***

| Número de conductores | uno | dos | Más de dos |
|---|---|---|---|
| Todos los tipos de conductores | 53 | 31 | 40 |

**NOTA:** Esta Tabla 1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

**Instrucciones para uso de las Tablas**

**1.** Véase en el Apéndice C el número máximo de conductores y cables de aparatos (todos de igual área de sección transversal, incluido el aislamiento) permitidos para las distintas dimensiones nominales de *conduit*.

**2.** La Tabla 1 se aplica sólo a instalaciones completas de *conduit* y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.

**3.** Para calcular el por ciento de ocupación de los cables en *conduit*, se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.

**4.** Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de *conduit* cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 60% de su sección transversal total, y que no se aplique lo que establece la Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V del Artículo 310.

**5.** Para conductores no incluidos en el Capítulo 9, como por ejemplo los cables de varios conductores, se deben utilizar sus dimensiones reales.

**6.** Para combinaciones de conductores de distinto tamaño nominal se aplican las Tablas 10-5 y 10-8 del Capítulo 10 para dimensiones de los conductores y la Tabla 10-4 del mismo Capítulo 10 para las dimensiones de *conduit*.

**7.** Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en *conduit*, todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.

**8.** Cuando otras Secciones de esta NOM permitan utilizar conductores desnudos, se permite utilizar las dimensiones de los conductores desnudos de la Tabla 8 del Capítulo 9.

**9.** Para calcular el por ciento de ocupación en *conduit*, un cable de dos o más conductores se considera como un solo conductor. Para cables de sección transversal elíptica, el cálculo del área de su sección transversal se hace tomando el diámetro mayor de la elipse como diámetro de un círculo

**10** Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

**Tabla 10-5 (continuación 1)**
**Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos**

| Tipo | Tamaño nominal | | Diámetro aproximado | Area aproximada |
|---|---|---|---|---|
| | mm² | AWG | Mm | mm² |
| SF-2, SFF-2 | 0,8235 | 18 | 3,07 | 7,42 |
| | 1,307 | 16 | 3,38 | 8,97 |
| | 2,082 | 14 | 3,76 | 11,10 |
| SF-1, SFF-1 | 0,8235 | 18 | 2,31 | 4,19 |
| RFH-1, AF, XF, XFF | 0,8235 | 18 | 2,69 | 5,16 |
| AF, TF, TFF, XF, XFF | 1,307 | 16 | 3,00 | 7,03 |
| AF, TW, XF, XFF | 2,082 | 14 | 3,38 | 8,97 |
| TW | 3,307 | 12 | 3,86 | 11,68 |
| | 5,26 | 10 | 4,47 | 15,68 |
| | 8,367 | 8 | 5,99 | 28,19 |
| RHH*, RHW, RHW-2, THHW, THW, THW-2 | 2,082 | 14 | 4,14 | 13,48 |
| **Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHHN, RHHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF,XFF** | | | | |
| RHH*, RHW*, RHW-2* | 3,307 | 12 | 4,62 | 16,77 |
| THH,THW, AF,XF,XFF | 5,26 | 10 | 5,23 | 21,48 |
| RHH*, RHW*,RHW-2*, THHW, THW, THW-2 | 8,367 | 8 | 6,76 | 35,87 |
| TW, THW | 13,3 | 6 | 7,72 | 46,84 |
| THHW | 21,15 | 4 | 8,94 | 62,77 |
| THW-2 | 26,67 | 3 | 9,65 | 73,16 |
| RHH* | 33,62 | 2 | 10,46 | 86,00 |
| RHW* | 42,41 | 1 | 12,50 | 122,64 |
| RHW-2* | 53,48 | 1/0 | 13,51 | 143,42 |
| | 67,43 | 2/0 | 14,68 | 169,29 |
| | 85,01 | 3/0 | 16,00 | 201,10 |
| | 107,2 | 4/0 | 17,48 | 239,87 |
| | 126,67 | 250 | 19,43 | 296,52 |
| | 152,01 | 300 | 20,83 | 340,71 |
| | 177,34 | 350 | 22,12 | 384,39 |
| | 202,68 | 400 | 23,32 | 427,03 |
| | 253,35 | 500 | 25,48 | 509,74 |
| | 304,02 | 600 | 28,27 | 627,68 |
| | 354,69 | 700 | 30,07 | 65,16 |
| | 380,03 | 750 | 30,94 | 751,74 |
| | 405,37 | 800 | 31,75 | 791,74 |
| | 456,04 | 900 | 33,38 | 874,90 |
| | 506,71 | 1000 | 34,85 | 953,80 |
| | 633,39 | 1250 | 39,09 | 1200,13 |
| | 760,07 | 1500 | 42,21 | 1399,67 |
| | 886,74 | 1750 | 45,11 | 1598,25 |
| | 1013,42 | 2000 | 47,80 | 1794,71 |

**Tabla 10-8. Propiedades de los conductores**

| Tamaño nominal | | Conductores | | | | Resistencia a la c.c. a 75 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Alambres componentes | | Total | | cobre | | aluminio |
| $mm^2$ | AWG kcmil | Cantidad | Diámetro mm | Diámetro mm | Área $mm^2$ | Sin recubrir Ω/km | Recubierto Ω/km | Ω/km |
| 0,8235 | 18 | 1 | 1,02 | 1,02 | 0,82 | 25,5 | 26,5 | 42,0 |
| 0,8235 | 18 | 7 | 0,381 | 1,17 | 1,07 | 26,1 | 27,7 | 43,0 |
| 1,307 | 16 | 1 | 1,29 | 1,29 | 1,31 | 16,0 | 16,7 | 26,4 |
| 1,307 | 16 | 7 | 0,483 | 1,47 | 1,70 | 16,4 | 17,4 | 26,9 |
| 2,082 | 14 | 1 | 1,63 | 1,63 | 2,08 | 10,1 | 10,5 | 16,6 |
| 2,082 | 14 | 7 | 0,61 | 1,85 | 2,70 | 10,3 | 10,7 | 17,0 |
| 3,307 | 12 | 1 | 2,05 | 2,05 | 3,32 | 6,33 | 6,59 | 10,4 |
| 3,307 | 12 | 7 | 0,762 | 2,34 | 4,29 | 6,50 | 6,73 | 10,7 |
| 5,26 | 10 | 1 | 2,59 | 2,59 | 5,26 | 3,97 | 4,13 | 6,56 |
| 5,26 | 10 | 7 | 0,965 | 2,95 | 6,82 | 4,07 | 4,23 | 6,69 |
| 8,367 | 8 | 1 | 3,26 | 3,26 | 8,37 | 2,51 | 2,58 | 4,13 |
| 8,367 | 8 | 7 | 1,24 | 3,71 | 10,8 | 2,55 | 2,65 | 4,20 |
| 13,3 | 6 | 7 | 1,55 | 4,67 | 17,2 | 1,61 | 1,67 | 2,65 |
| 21,15 | 4 | 7 | 1,96 | 5,89 | 27,3 | 1,01 | 1,05 | 1,67 |
| 26,67 | 3 | 7 | 2,21 | 6,60 | 343 | 0,804 | 0,833 | 1,32 |
| 33,62 | 2 | 7 | 2,46 | 7,42 | 43,2 | 0,636 | 0,659 | 1,05 |
| 42,41 | 1 | 19 | 1,68 | 8,43 | 55,9 | 0,505 | 0,525 | 0,830 |
| 53,48 | 1/0 | 19 | 1,88 | 9,45 | 70,1 | 0,400 | 0,417 | 0,659 |
| 67,43 | 2/0 | 19 | 2,13 | 10,6 | 88,5 | 0,317 | 0,331 | 0,522 |
| 85,01 | 3/0 | 19 | 2,39 | 11,9 | 112 | 0,252 | 0,261 | 0,413 |
| 107,2 | 4/0 | 19 | 2,69 | 13,4 | 141 | 0,199 | 0,205 | 0,328 |
| 126,67 | 250 | 37 | 2,08 | 14,6 | 168 | 0,169 | 0,176 | 0,278 |
| 152,01 | 300 | 37 | 2,29 | 16,0 | 201 | 0,141 | 0,146 | 0,232 |
| 177,34 | 350 | 37 | 2,46 | 17,3 | 235 | 0,120 | 0,125 | 0,198 |
| 202,68 | 400 | 37 | 2,64 | 18,5 | 269 | 0,105 | 0,109 | 0,174 |
| 253,35 | 500 | 37 | 2,95 | 20,7 | 335 | 0,0846 | 0,0869 | 0,139 |
| 304,02 | 600 | 61 | 2,51 | 22,7 | 404 | 0,0702 | 0,0731 | 0,116 |
| 354,69 | 700 | 61 | 2,72 | 24,5 | 471 | 0,060 | 0,0620 | 0,0994 |
| 380,03 | 750 | 61 | 2,82 | 25,3 | 505 | 0,056 | 0,0577 | 0,0925 |
| 405,37 | 800 | 61 | 2,90 | 26,2 | 538 | 0,053 | 0,0544 | 0,0869 |
| 456,04 | 900 | 61 | 3,10 | 27,8 | 606 | 0,047 | 0,0482 | 0,0771 |
| 506,71 | 1000 | 61 | 3,25 | 29,3 | 672 | 0,042 | 0,0433 | 0,0695 |
| 633,39 | 1250 | 91 | 2,97 | 32,7 | 842 | 0,034 | 0,0348 | 0,0544 |
| 760,07 | 1500 | 91 | 3,25 | 35,9 | 1010 | 0,028 | 0,0289 | 0,0462 |
| 886,74 | 1750 | 127 | 2,97 | 38,8 | 1180 | 0,024 | 0,0248 | 0,0397 |
| 1013,42 | 2000 | 127 | 3,20 | 41,4 | 1350 | 0,021 | 0,0217 | 0,0348 |

**Notas a la tabla 8:** Estos valores de resistencia son válidos solo para los parámetros indicados. Los valores varían para conductores de distinto trenzado y sobre todo para otras temperaturas. La fórmula para otras temperaturas es :

$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T2 - 75)]$, donde $\alpha = 0,00323$ para el cobre y $\alpha = 0,00330$ para el aluminio. Los conductores con trenzado compacto y comprimido tienen aproximadamente un 9 y 3% menos de diámetro respectivamente de los conductores desnudos que aparecen en la Tabla. Para las dimensiones reales de los cables compactos, véase la tabla 5-A.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

*INTRODUCCION*

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZÁLEZ CASTILLO**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# INSTALACIONES

# ELECTRICAS

# PARA

# EDIFICIOS

OBJETIVO:

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

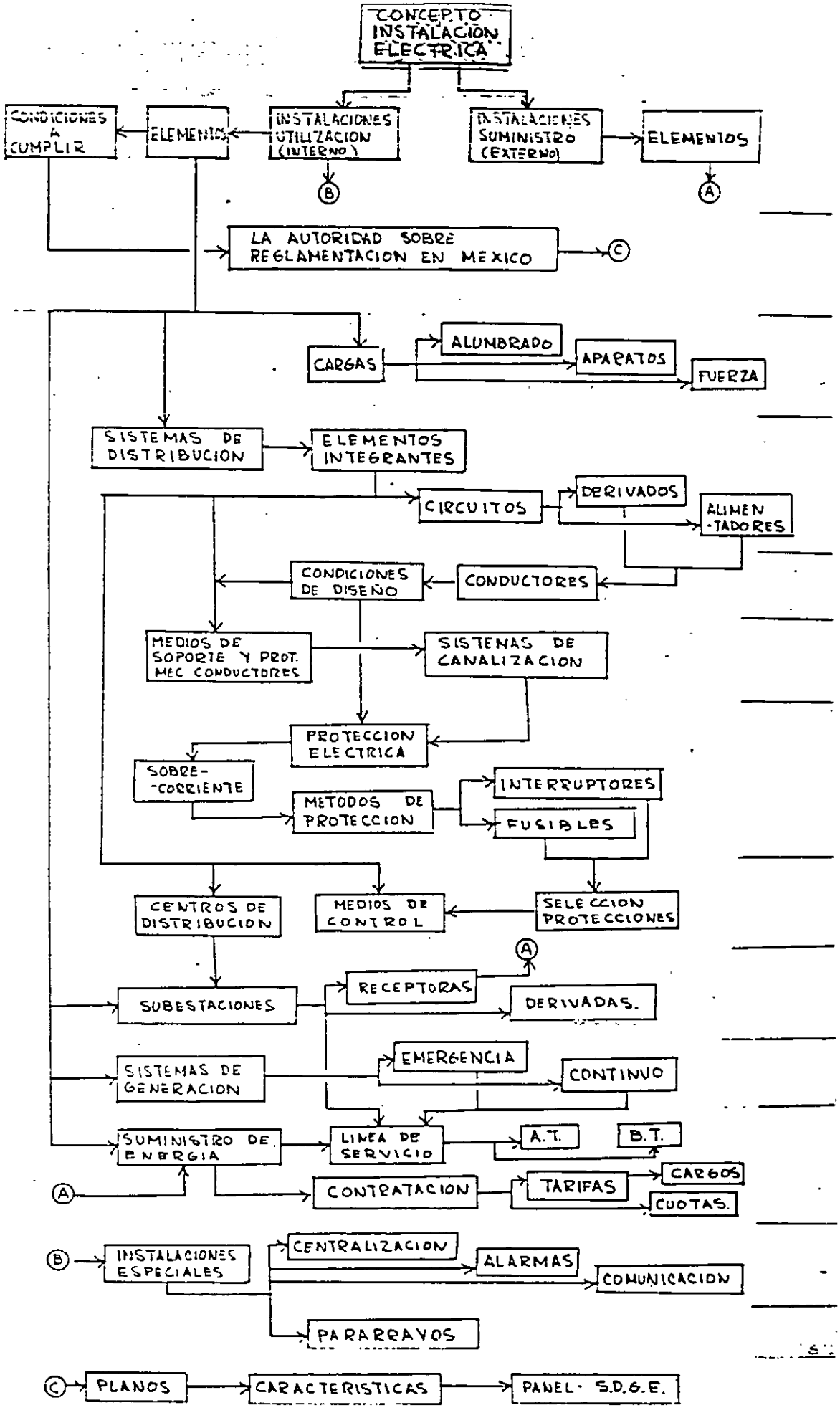
## METODOLOGIA

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 CONSTRUCCION DE UNA I.E.
- LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN COMPLIR:
  - MATERIALES
  - EQUIPOS



GNACIO O. GONZALEZ CAST


CONCEPTO INSTALACION ELECTRICA
CONDICIONES A CUMPLIR
ELEMENTOS
INSTALACIONES UTILIZACION (INTERNO)
INSTALACIONES SUMINISTRO (EXTERNO)
ELEMENTOS
B
A
LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO
C
CARGAS
ALUMBRADO
APARATOS
FUERZA
SISTEMAS DE DISTRIBUCION
ELEMENTOS INTEGRANTES
CIRCUITOS
DERIVADOS
ALIMEN -TADORES
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
A
SUBESTACIONES
RECEPTORAS
DERIVADAS.
SISTEMAS DE GENERACION
EMERGENCIA
CONTINUO
SUMINISTRO DE ENERGIA
LINEA DE SERVICIO
A.T.
B.T.
A
CONTRATACION
TARIFAS
CARGOS
CUOTAS.
B
INSTALACIONES ESPECIALES
CENTRALIZACION
ALARMAS
COMUNICACION
PARARRAYOS
C
PLANOS
CARACTERISTICAS
PANEL · S.D.G.E.

INSTALACION

ELECTRICA:

-CONJUNTO DE:

- APARATOS
- CONDUCTORES
- ACCESORIOS

-DESTINADOS PARA:-

- PRODUCCION (GENERACION)
- DISTRIBUCION
- UTILIZACION

DE

ENERGIA ELECTRICA

# DIFERENTES PUNTOS DE VISTA DEL CONCEPTO I.E. :-

INSTALACIONES P/
SUMINISTRO
ENERGIA

C.F.E.

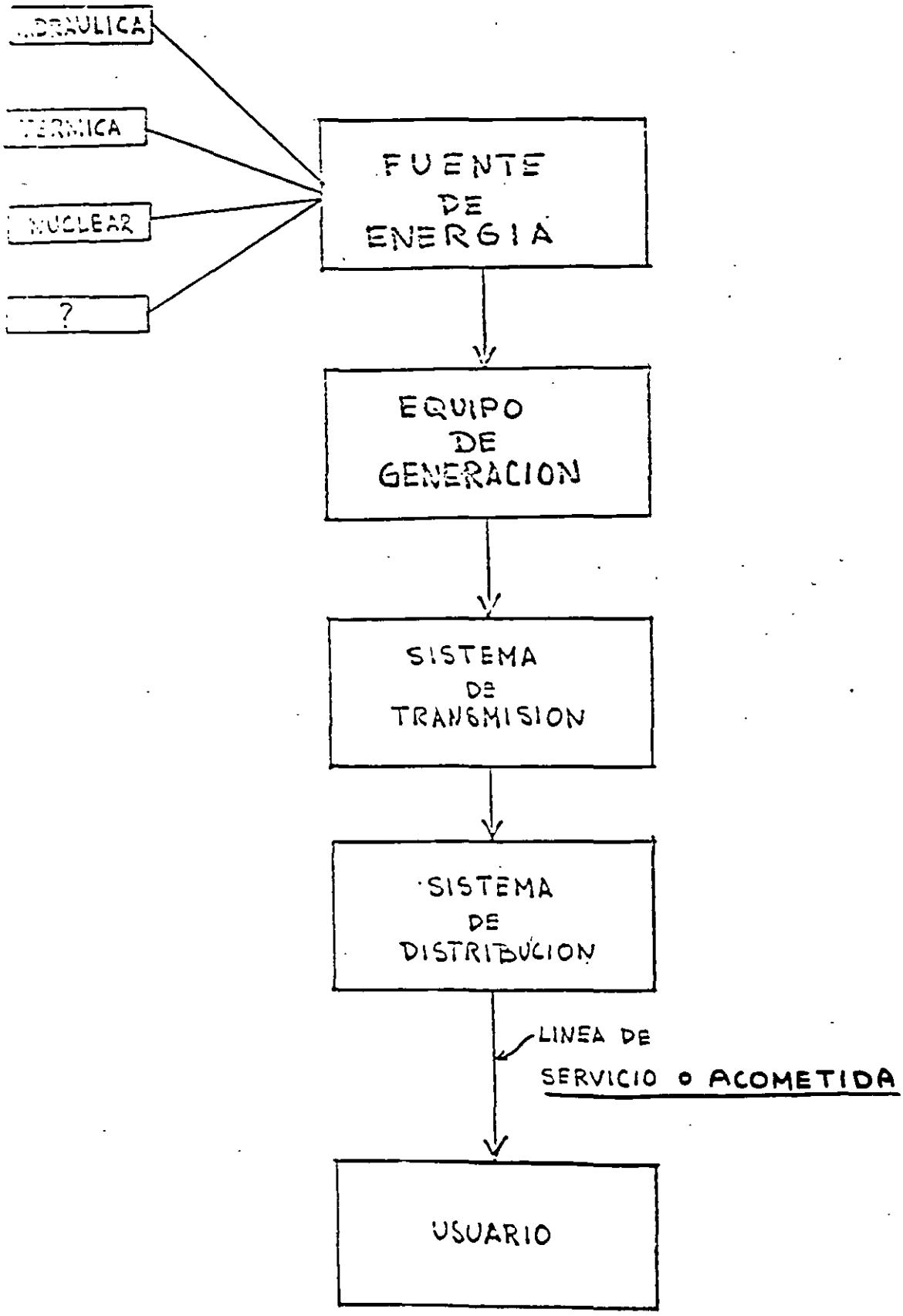
XTERNO

---

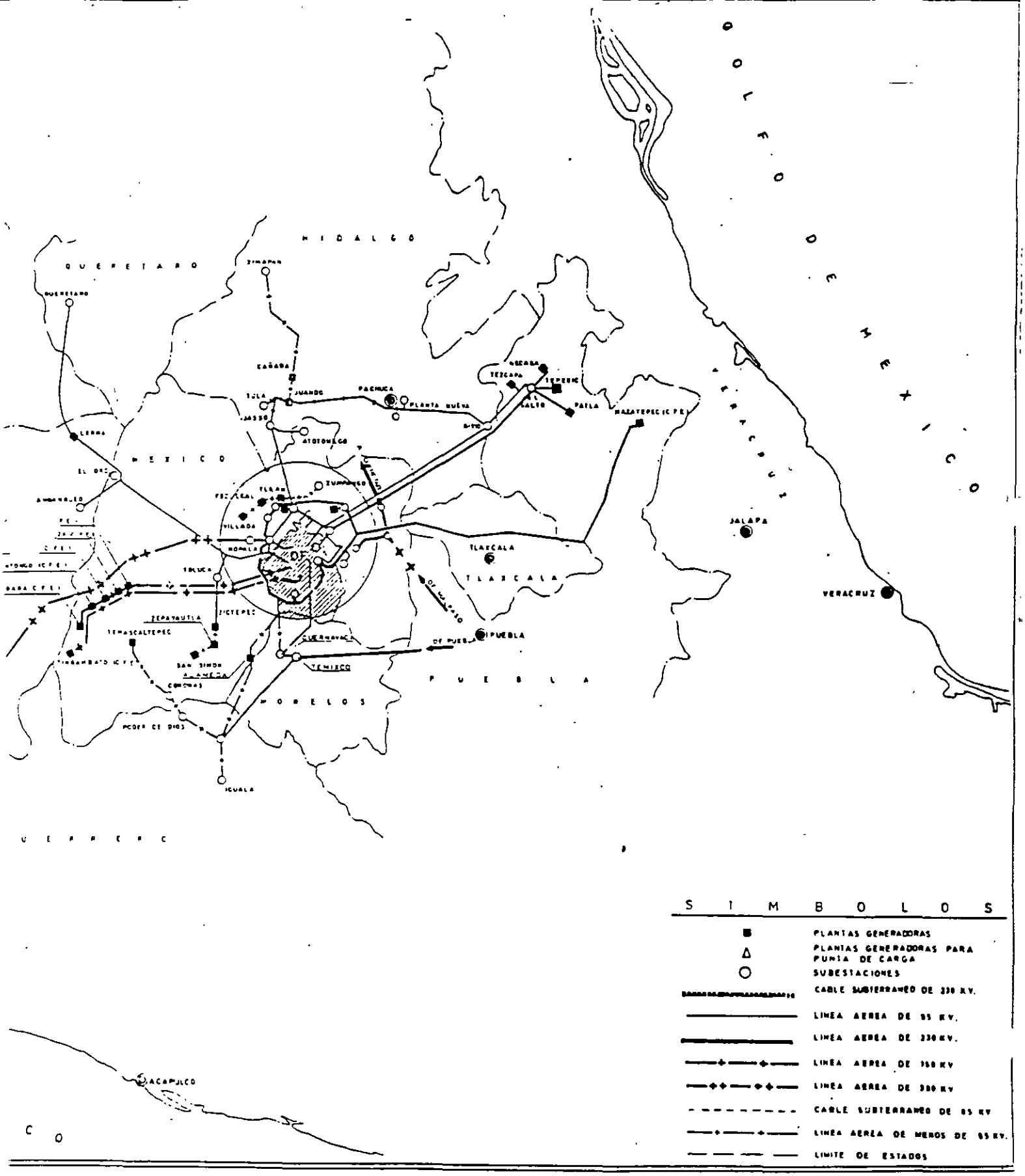
JTERNO

USUARIO

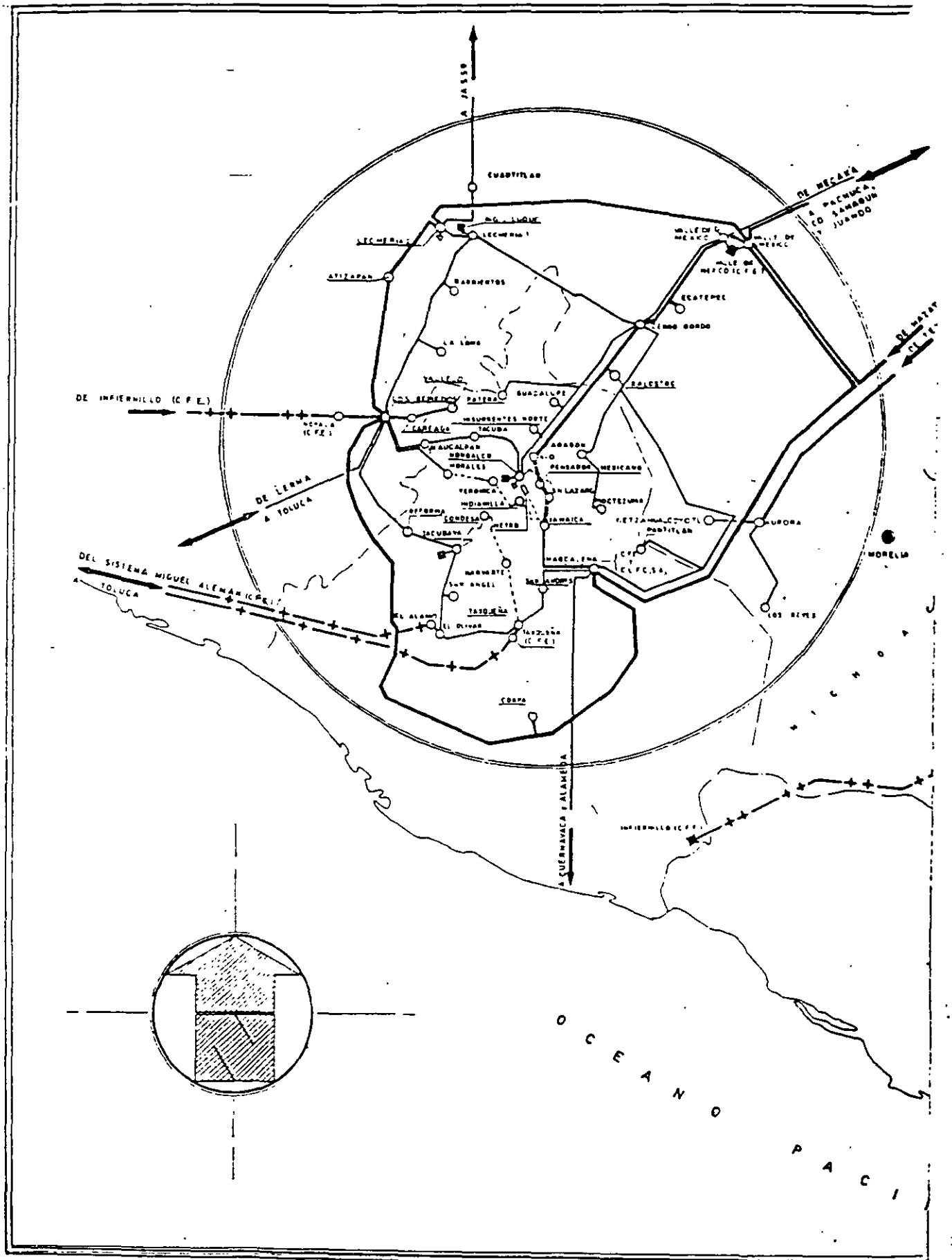
INSTALACIONES P/
UTILIZACION
ENERGIA.

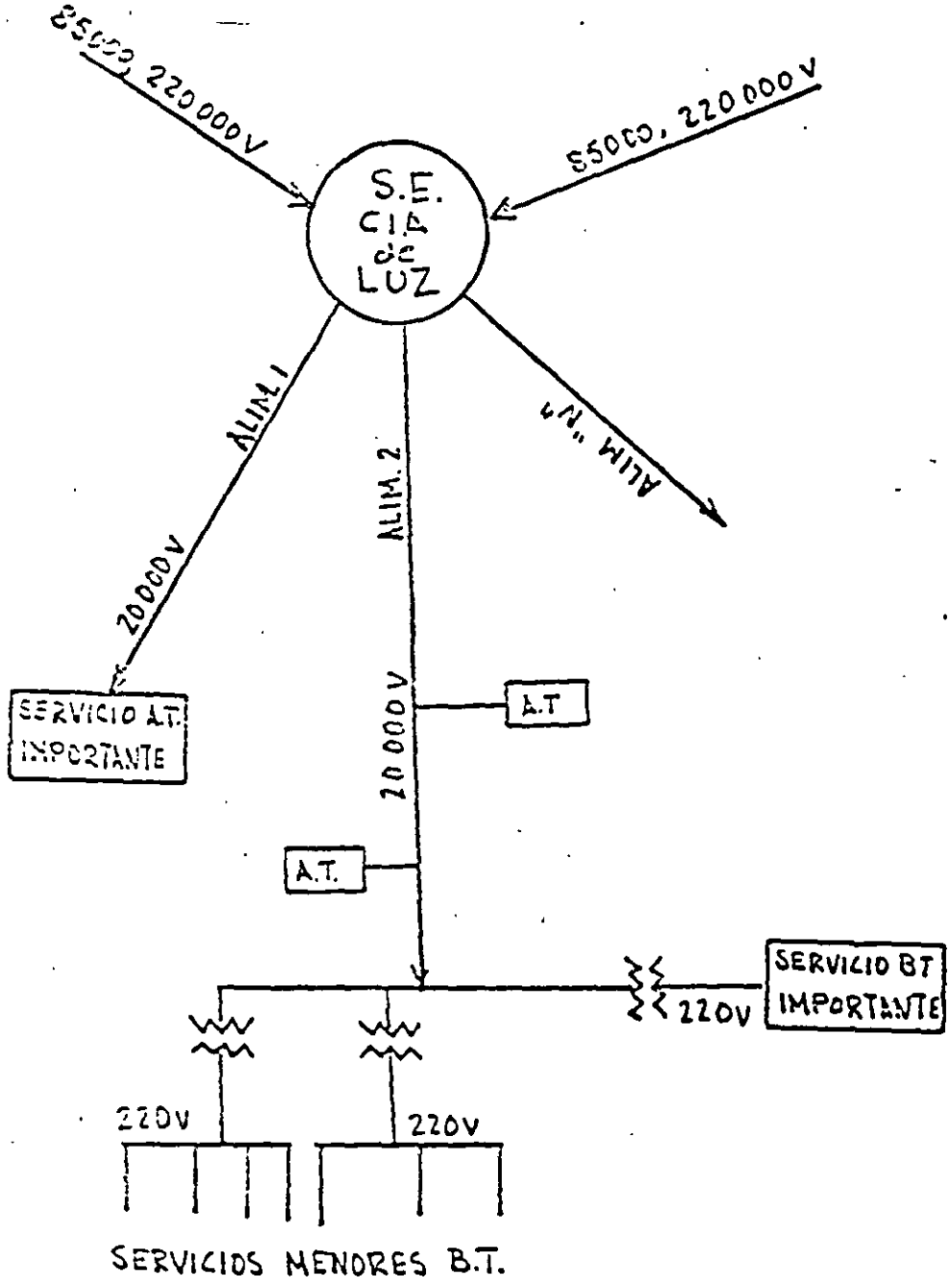

HIDRAULICA
TERMICA
NUCLEAR
?
FUENTE DE ENERGIA
EQUIPO DE GENERACION
SISTEMA DE TRANSMISION
SISTEMA DE DISTRIBUCION
LINEA DE SERVICIO O ACOMETIDA
USUARIO

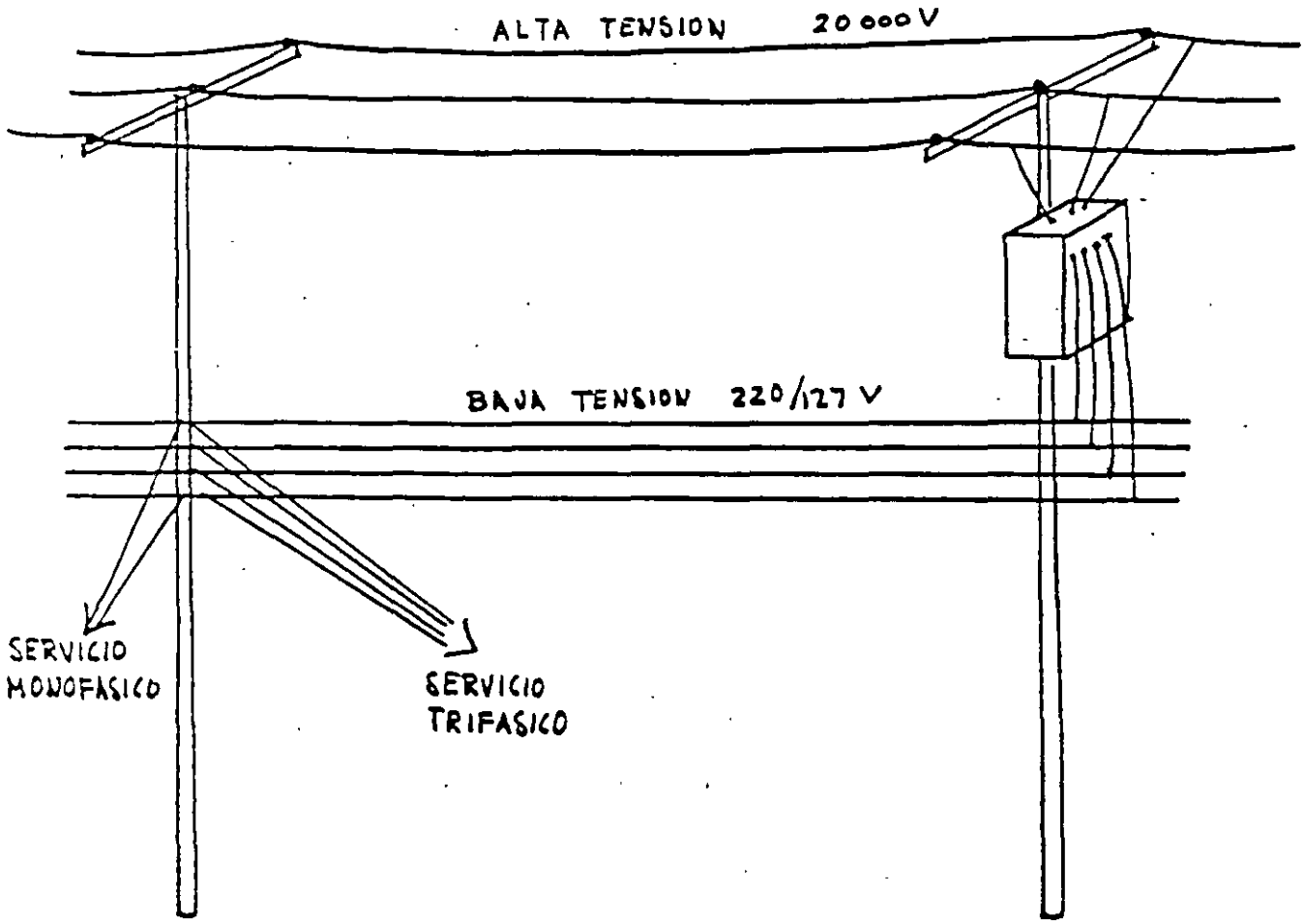
# fica de Plantas, Subestaciones y que dan servicio al Sistema Central

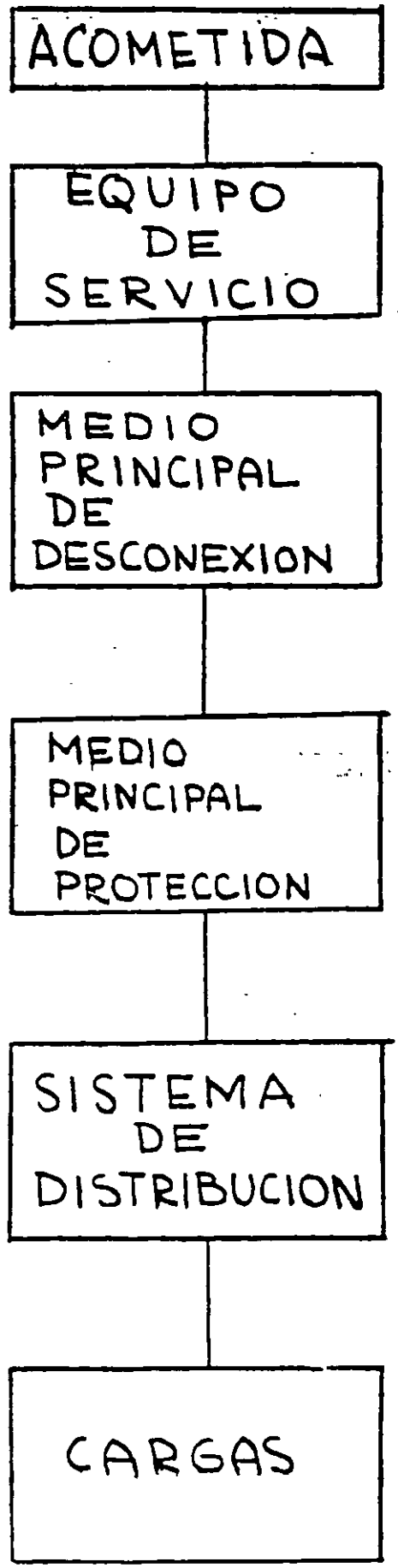


# Localización geog
# Líneas de Transmisión



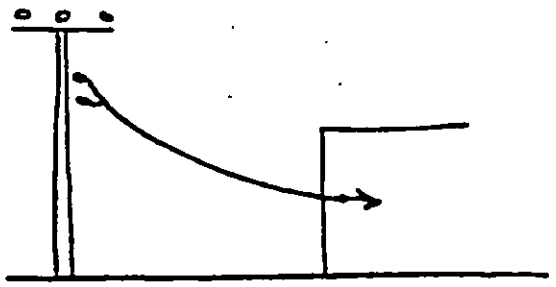

S.E.
CIA
DE
LUZ
SERVICIO A.T.
IMPORTANTE
A.T
A.T.
SERVICIO BT
IMPORTANTE
220V
220V
220V
SERVICIOS MENORES B.T.


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

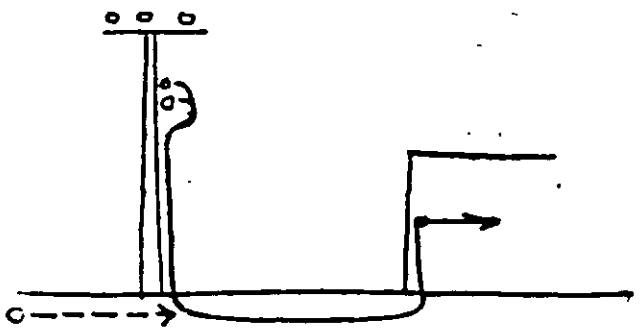

ACOMETIDA
EQUIPO DE SERVICIO
MEDIO PRINCIPAL DE DESCONEXION
MEDIO PRINCIPAL DE PROTECCION
SISTEMA DE DISTRIBUCION
CARGAS

# ACOMETIDA CLASIFICACION

- DE ACUERDO AL TIPO DE LINEA
  - AEREA

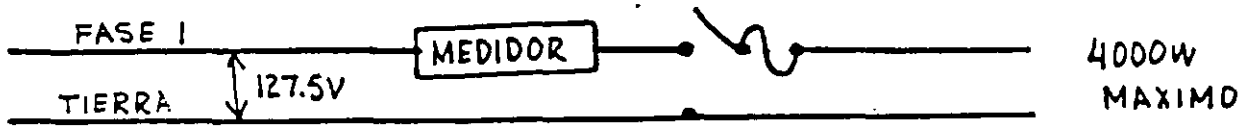


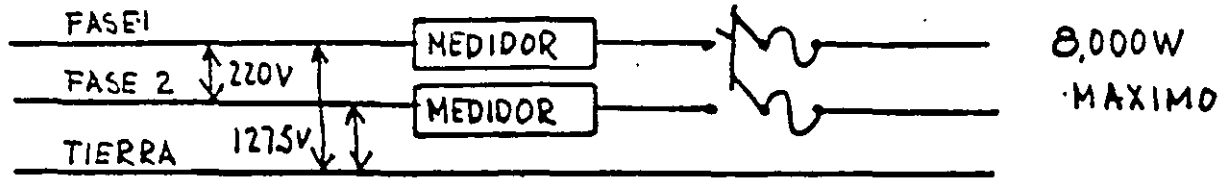
  - SUBTERRANEA

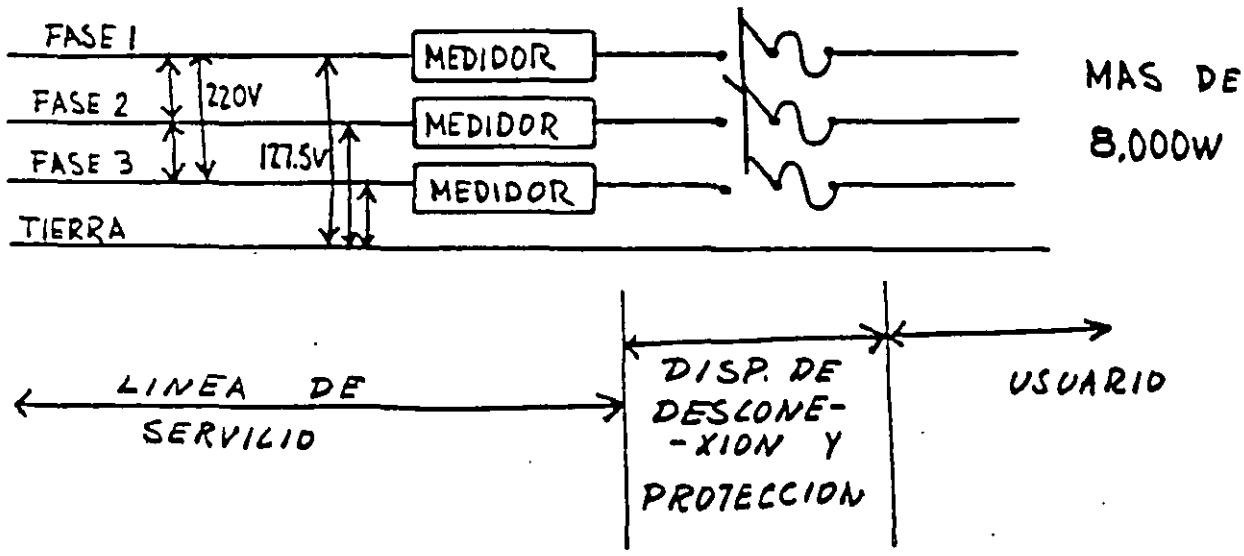


- DE ACUERDO A LA TENSION
  - BAJA TENSION
    - 1 HC
    - 2HC
    - 3HC
  - ALTA TENSION
    - SERV. AT
    - SERV. B

# LINEA DE SERVICIO EN BAJA TENSION



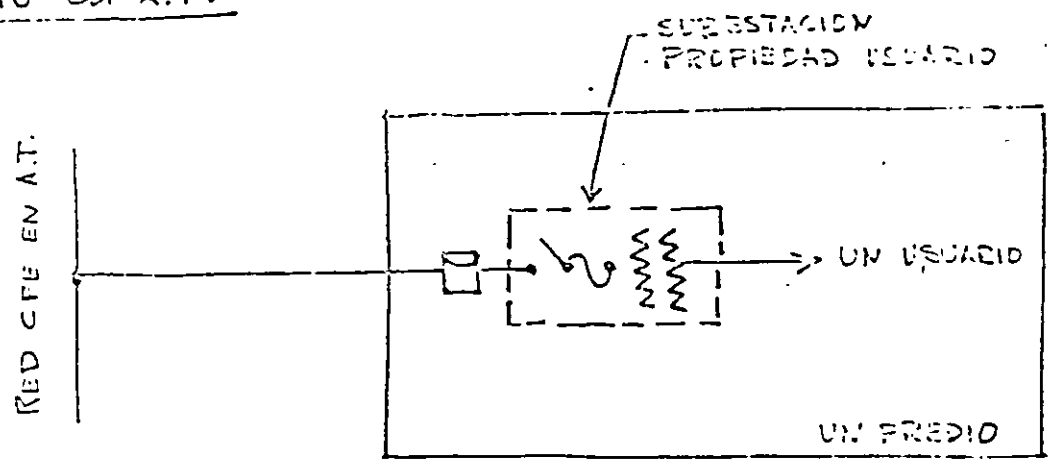



# LINEA DE SERVICIO en A.T.

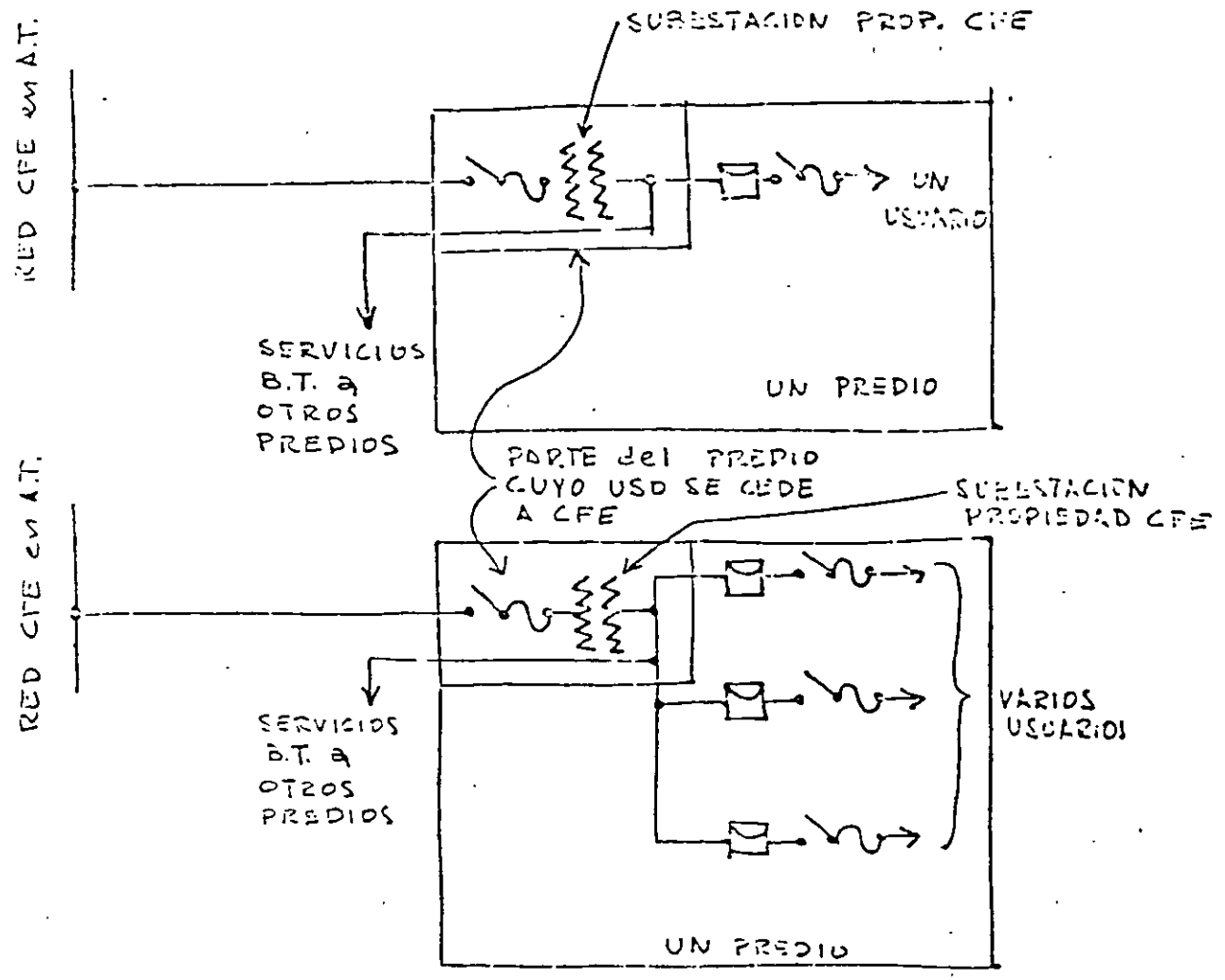
1) Para Servicio en Alta Tensión.

2) Para Servicio en Baja Tension

## 1) SERVICIO en A.T:-




## 2) SERVICIO en B.T.



# EQUIPO DE SERVICIO

CONJUNTO DE APARATOS, PROPIEDAD DEL ORGANISMO SUMINISTRADOR, O BAJO SU CUIDADO, NECESARIOS PARA EL ADECUADO SUMINISTRO DEL SERVICIO, TAL COMO EQUIPO DE MEDICION, TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO Y GABINETES QUE LO CONTIENEN, CUCHILLAS AUXILIARES, ETC., QUE SE ENCUENTRAN INSTALADOS EN EL EXTREMO DE LA ACOMETIDA MAS PROXIMO AL SERVICIO

# EQUIPO DEL SERVICIO

CARACTERISTICAS:

- DEL LOCAL:
  - FACIL ACCESO A PERSONAL CFE
  - LIBRE DE MATERIAL FACILMENTE INFLAMABLE
  - DIMENSIONES QUE PERMITAN
    - INSTALAR
    - OPERAR
    - MANTENER
    - RETIRAR

    } CON "FACILIDAD Y SEGURIDAD"

- DEL EQUIPO
  - PARTES "VIVAS" PROTEGIDAS CON CUBIERTAS (salvo acceso restringido)
  - GABINETES CONECTADOS A TIERRA.

# DISPOSITIVO DE DESCONEXION PRINCIPAL

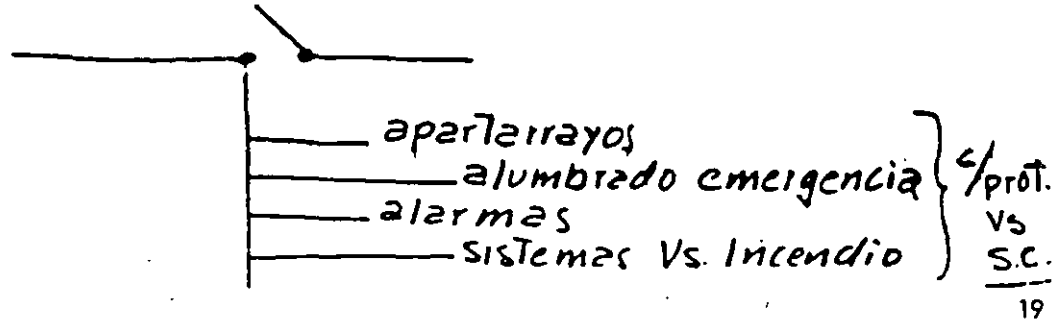
OBJETIVO:

PODER INDEPENDIZAR **TOTALMENTE**

A LA INSTALACION SERVIDA

CARACTERISTICAS:

- INSTALADO DESPUES DEL EQ. DEL SERVICIO
- ADECUADO A TENSION DE SUMINISTRO
- CAPACIDAD SUFICIENTE PARA LA CARGA MAXIMA
- APERTURA SIMULTANEA y MANUAL DE TODOS LOS CONDUCTORES ACTIVOS
- INDICACION DE POSICION CLARA.
- CONEXIONES ANTERIORES



# DISPOSITIVO DE PROTECCION PRINCIPAL

(Vs SOBRECORRIENTE).

OBJETIVO:

DESCONECTAR AUTOMATICAMENTE A LA INSTALACION SERVIDA DE LA RED DE SUMINISTRO CUANDO OCURRE UNA SOBRECORRIENTE

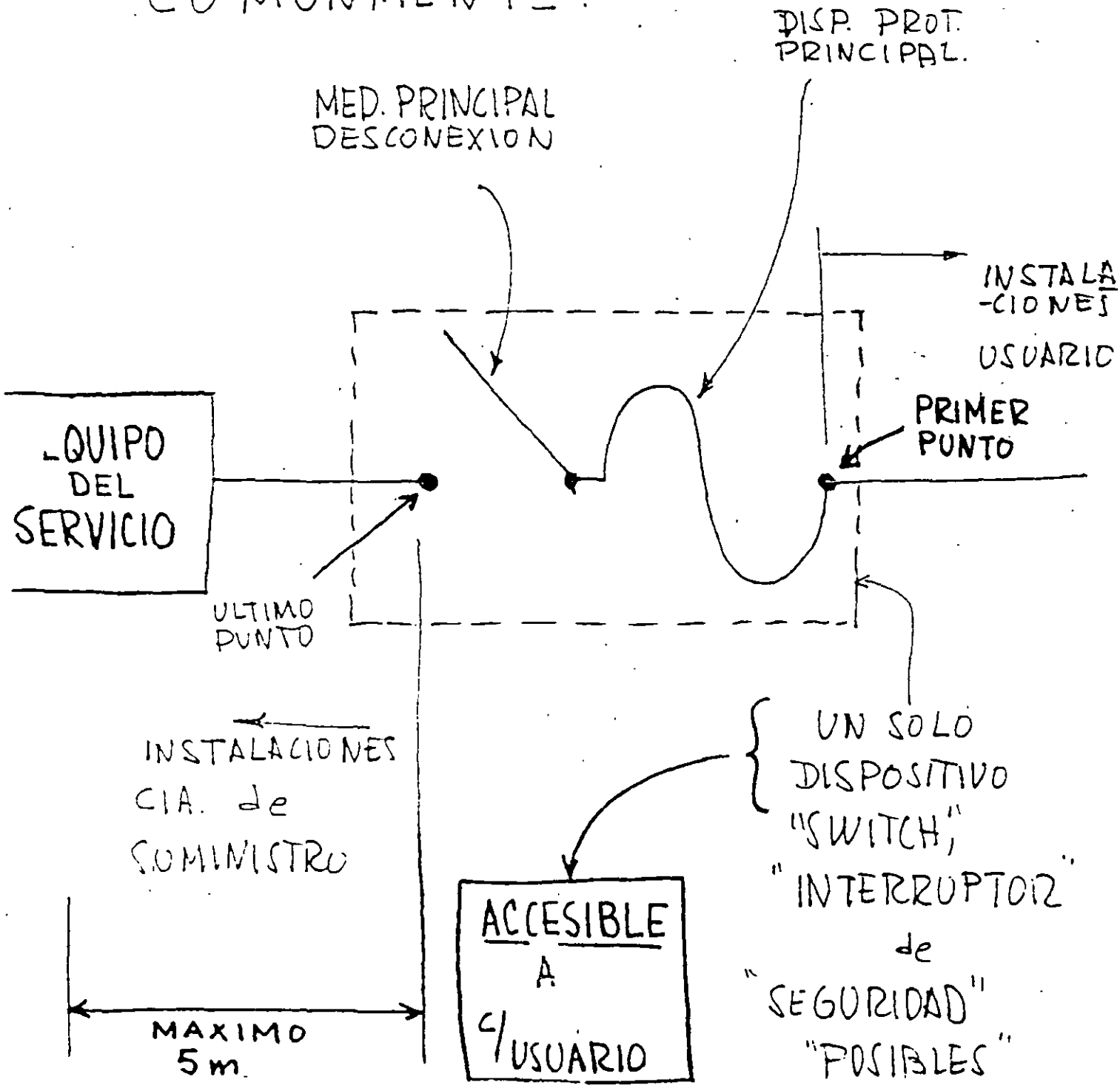
SOBRECORRIENTE:

$$I_{CIRCULANTE} > I_{DISEÑO}$$

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

→ ADECUADA A. CORTO CIRCUITO MAXIMO POSIBLE

# COMUNMENTE:

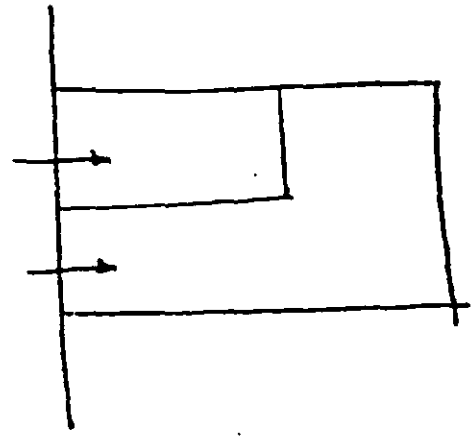

DISP. PROT. PRINCIPAL.
MED. PRINCIPAL DESCONEXION
INSTALA-CIONES
USUARIO
PRIMER PUNTO
EQUIPO DEL SERVICIO
ULTIMO PUNTO
INSTALACIONES CIA. de SUMINISTRO
UN SOLO DISPOSITIVO "SWITCH," "INTERRUPTOR" de "SEGURIDAD"
"POSIBLES"
"TERMOMAGNE
"BREAKER"
ACCESIBLE A c/USUARIO
MAXIMO 5m.

# ACOMETIDA (LINEA de SERVICIO)

LOS CONDUCTORES QUE LIGAN LA RED DE DISTRIBUCION, DEL SISTEMA DE SUMINISTRO, CON EL PUNTO EN QUE SE CONECTA EL SERVICIO A LA INSTALACION DEL USUARIO.

# ACOMETIDA CARACTERISTICAS

- UNA SOLA POR INMUEBLE
  (Caso General)
  ↓
  EXCEPCION:
  - ACUERDO CON
    - SEPAFIN
    - CFE
- CANALIZACION EXCLUSIVA
- NO PASAR POR OTRO INMUEBLE
- ZONAS INDEPENDIENTES
  (Sin comunicación)



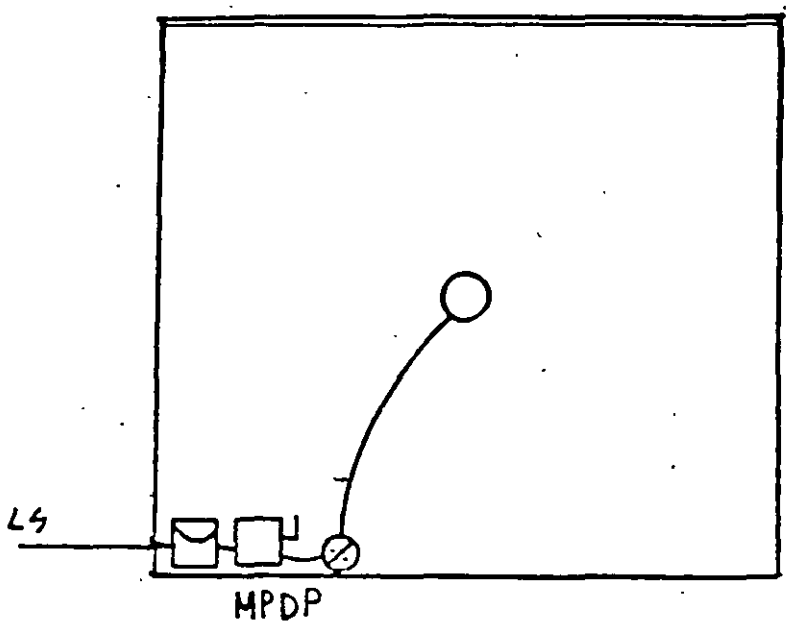
# SISTEMA DE DISTRIBUCION

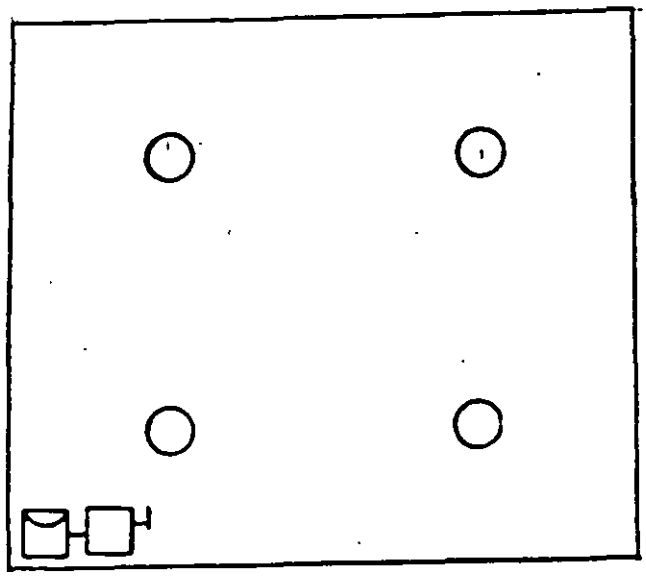
FORMADO POR :-

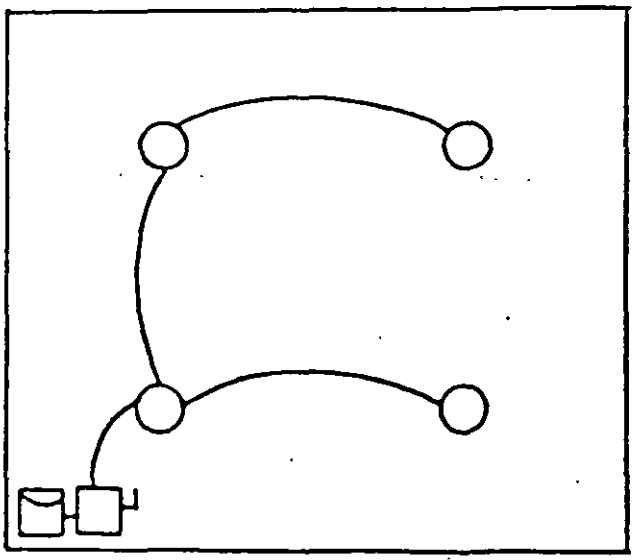
- CIRCUITOS ALIMENTADORES.

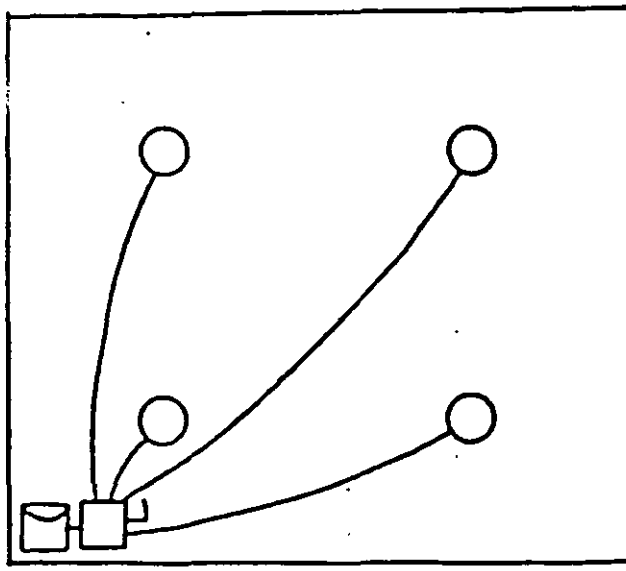
- CENTROS de DISTRIBUCION.
  (TABLEROS.

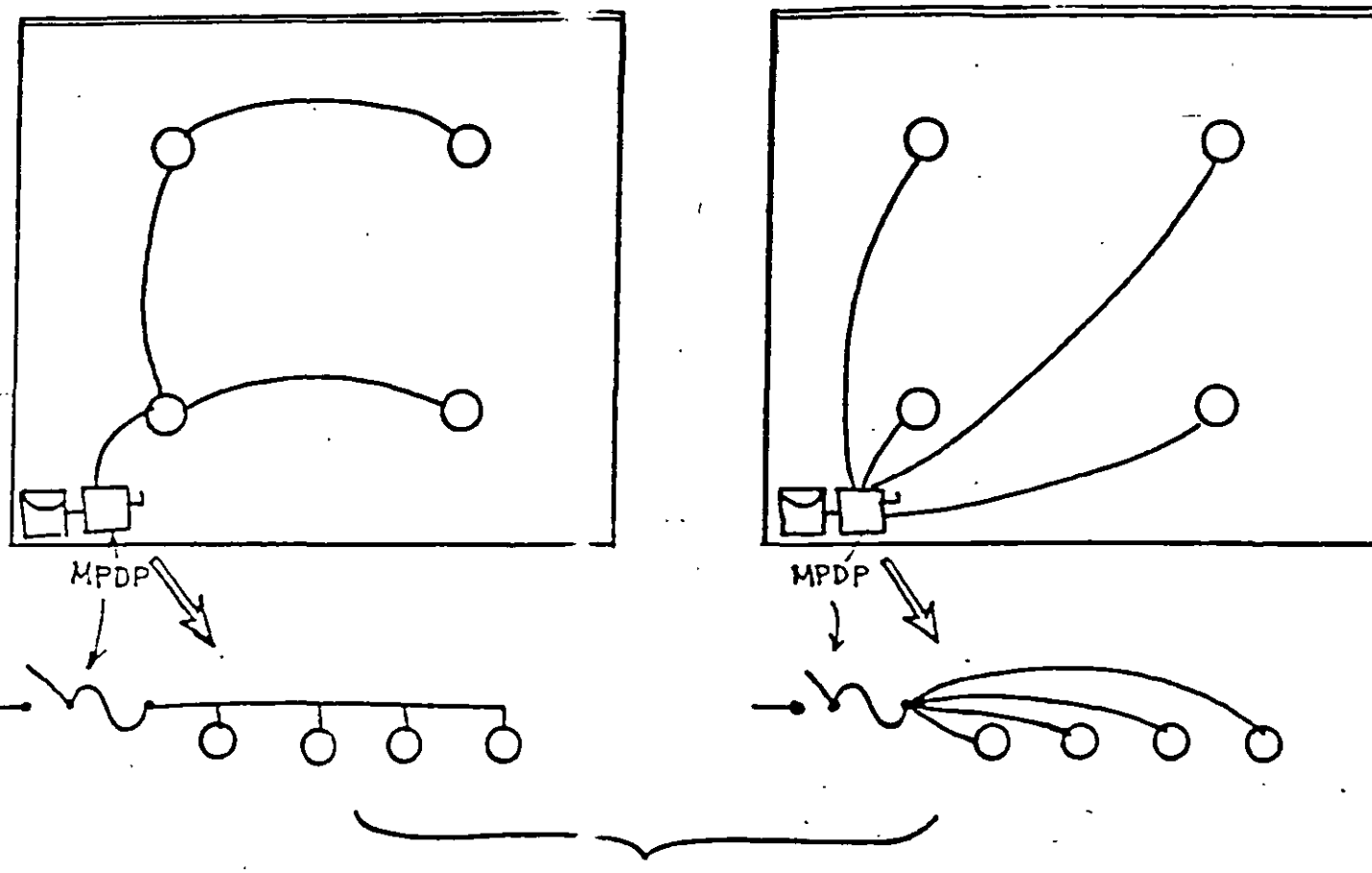
- CIRCUITOS DERIVADOS.


LS
MPDP





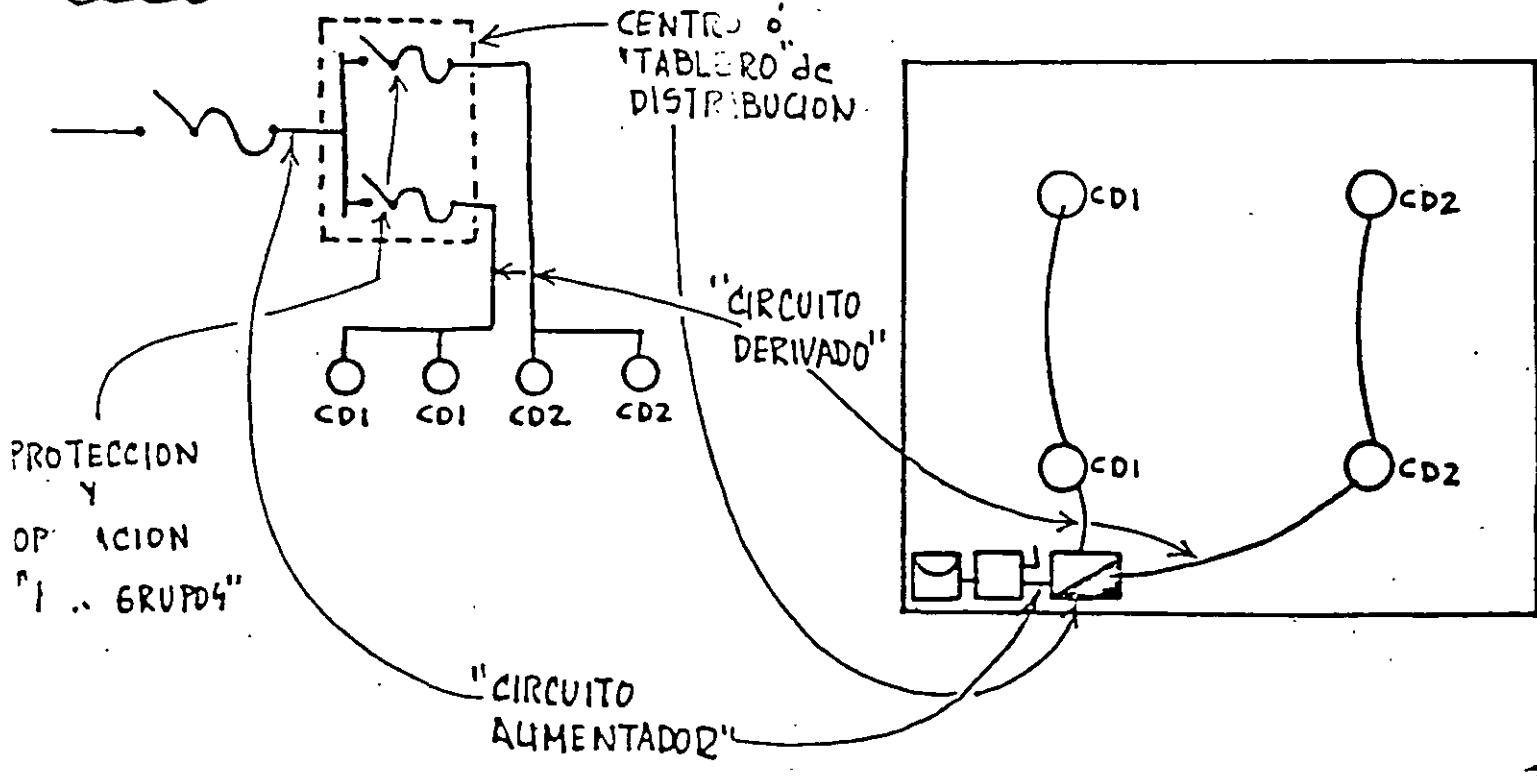


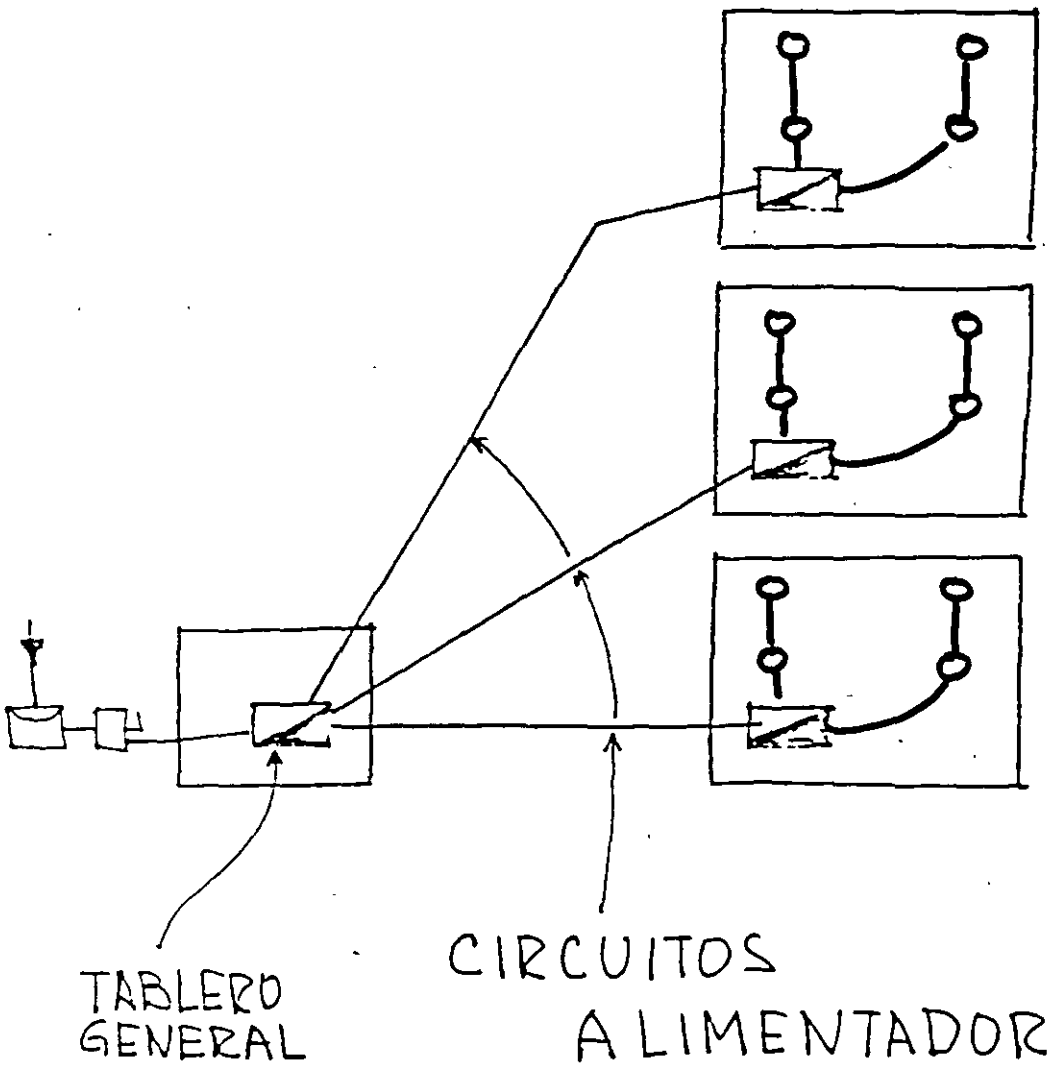


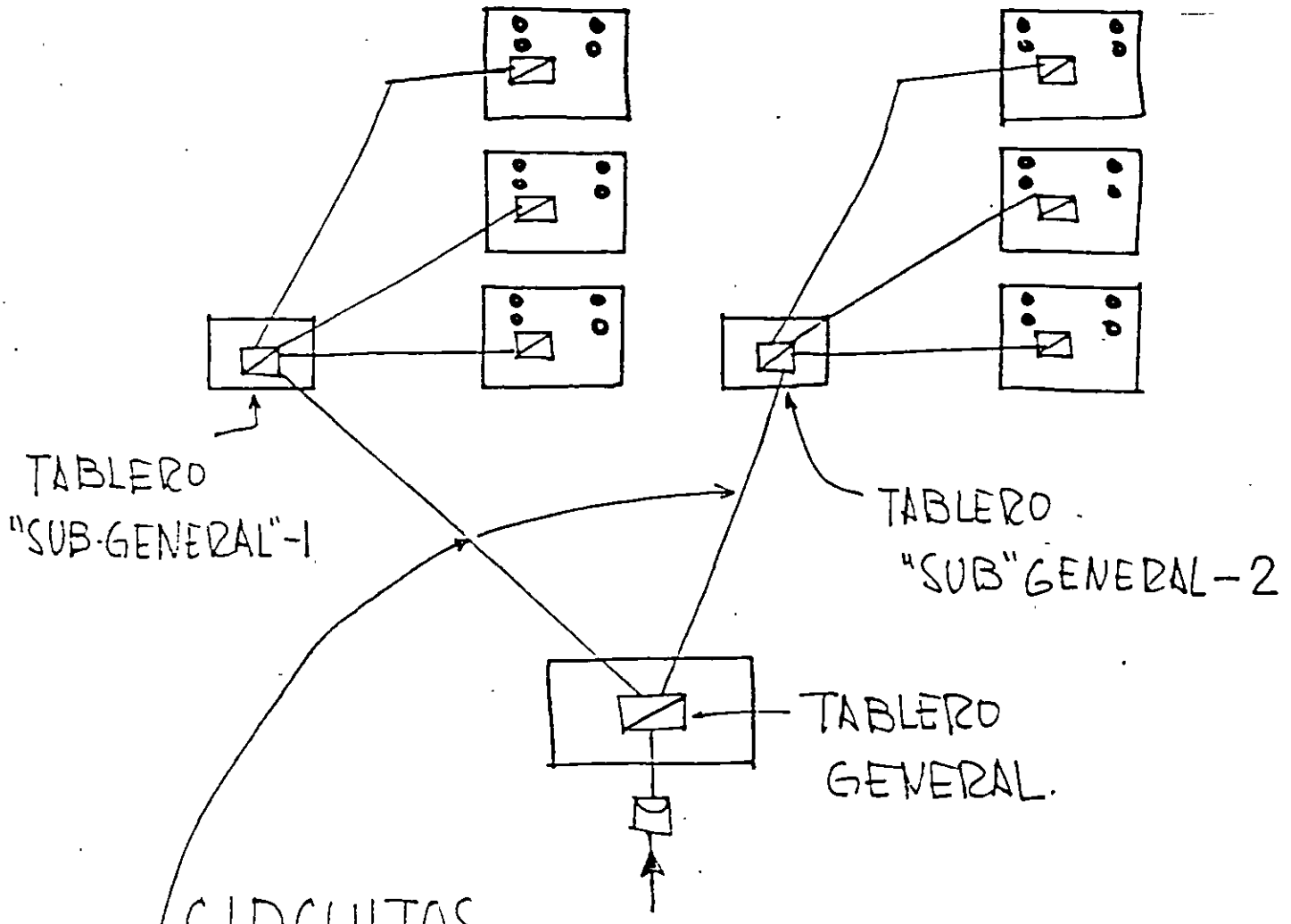

FALLA → } TOTAL

POSIBILIDAD OPERACION → }

SOLUCION:

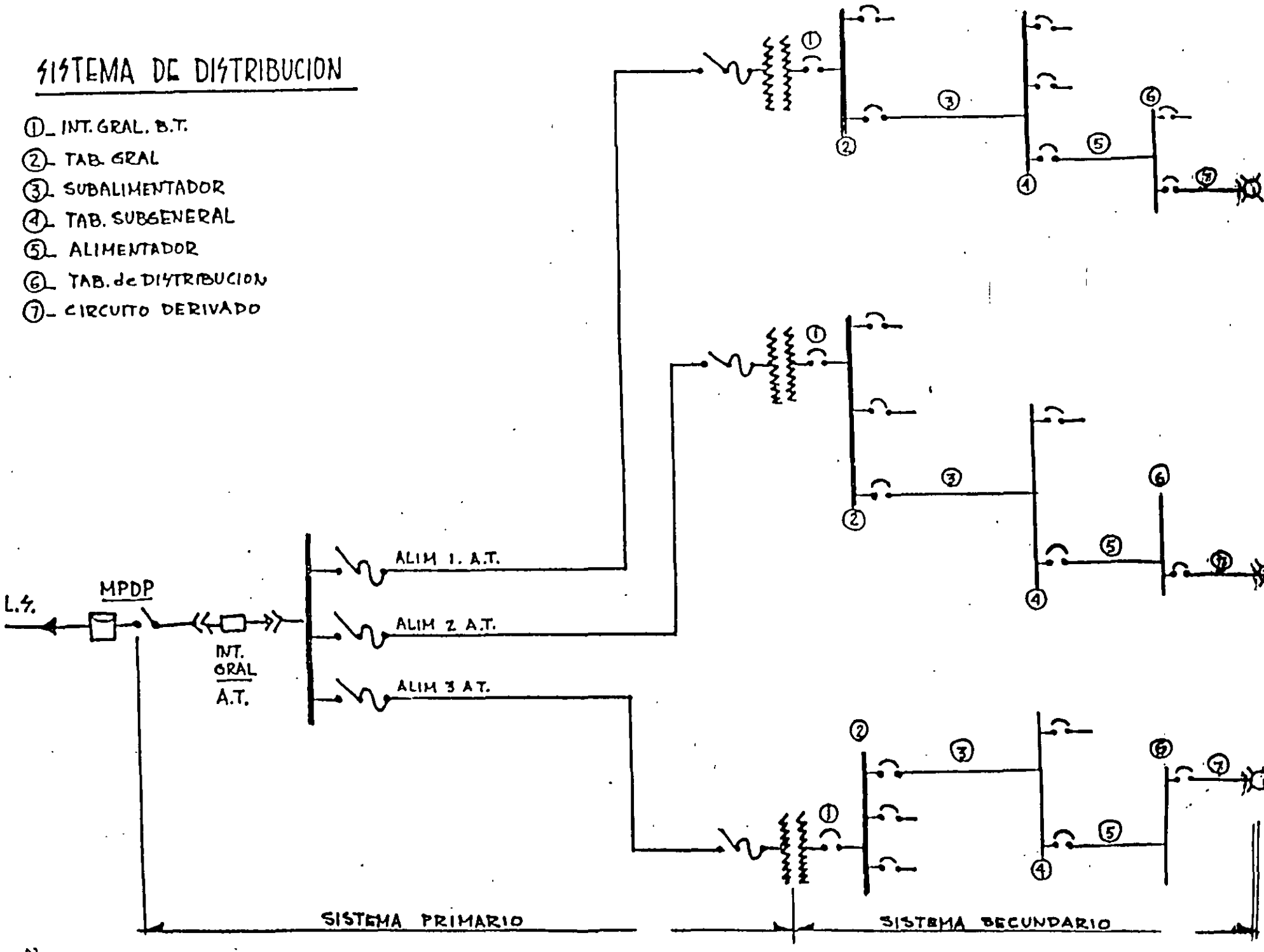



TABLERO
GENERAL
CIRCUITOS
ALIMENTADORES


TABLERO
"SUB-GENERAL"-1
TABLERO
"SUB"GENERAL-2
TABLERO
GENERAL.
CIRCUITOS
"SUB-ALIMENTADORES"

# SISTEMA DE DISTRIBUCION

① INT. GRAL. B.T.
② TAB. GRAL
③ SUBALIMENTADOR
④ TAB. SUBGENERAL
⑤ ALIMENTADOR
⑥ TAB. de DISTRIBUCION
⑦ CIRCUITO DERIVADO



# CAPACIDAD

$$I_{DISEÑO} \geq I_{REGIMEN}$$

$$+$$

RESERVA

# REGULACION

EN CADA PUNTO :-

CANTIDAD DE ENERGIA NECESARIA
AL REQUERIDO
TENSION.

CONSIDERA :

LOCALIZACION DE LAS CARGAS → LONGITUD DE CONDUCTORES

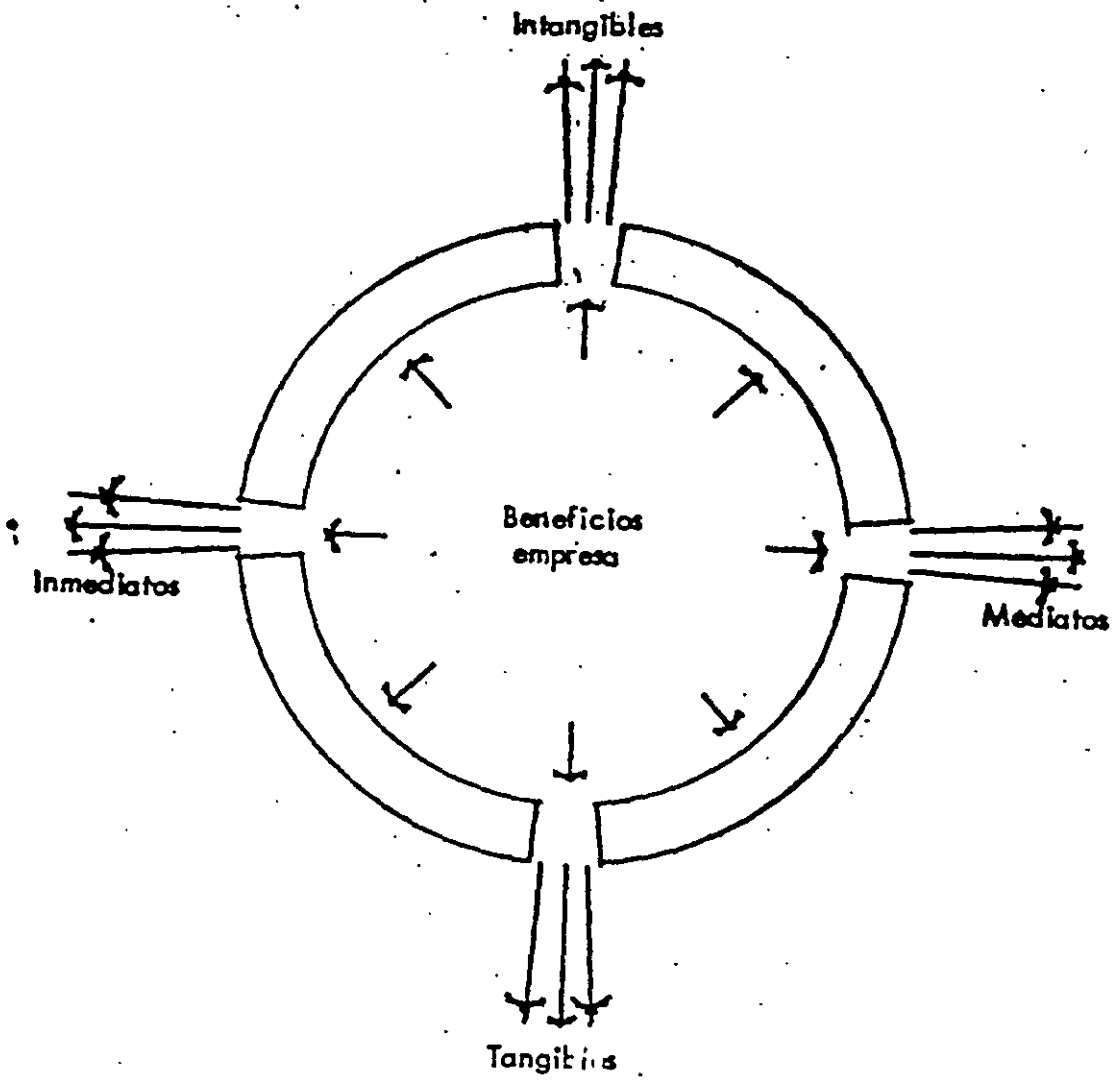
↓

SECCION DE CONDUCTORES

↓

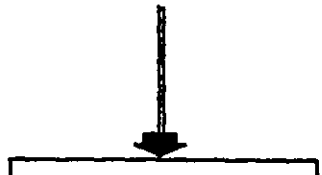
CAIDAS DE VOLTAJE MINIMAS

## BENEFICIOS EMPRESA




**PUBLICA**

**PRIVADA**



GRUPO ACCIONISTAS

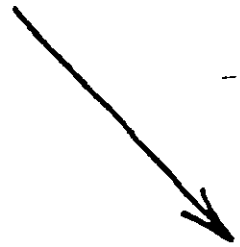
# ACCESIBILIDAD

PARA:

- INSTALACION
- OPERACION
- MANTENIMIENTO
- AMPLIACIONES FUTURAS.

# FLEXIBILIDAD

PREVISION



CAMBIOS

+ OPERACION

+ LOCALIZACION

# FACTORES a CONSIDERAR:

- CONVENIENCIA
- CAPACIDAD
- REGULACION
- ACCESIBILIDAD
- FLEXIBILIDAD
- SEGURIDAD

# CONVENIENCIA

- CONGRUENTE CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

- CONGRUENTE CON EL EQUIPO STANDARD EN MERCADO

# SEGURIDAD

PARA:

+ PERSONAL
- EN OPERACION
- EN MANTENIMIENTO
- EN INSTALACION.

+ EQUIPO
- EN OPERACION
- EN FALLAS

CONDICION MINIMA

CUMPLIR

REGLAMENTACION

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

## *SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS*

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS.

a).- SUBESTACIONES REDUCTORAS.

b).- SUBESTACIONES DERIVADAS.

En el empleo de Energia Eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial intervienc 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.
DEFINICION Y CLASIFICACION DE SUBESTACIONES. ( R.O.I.E.)

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 energia 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 carácteristicas de energia eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc), tipo C.A. a -- C.C.,o bien conservarla dentro de ciertas carácteristicas.

RELACION ENTRE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS, LINEAS DE TRANSMISION Y CENTRALES GENERADORAS.

Los voltajes de generación en las Centrales Geenerdoras por razones técnicas (aislamiento, enfriamento, etc) son relativamente bajos en relación a los voltajes de transmisión, por lo que si la - energia electrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarian antieconomicos debido a la gran -- caida de voltajes que se tendria, de aqui se presenta la necesidad de transmitir la energia eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas economicos.- Por ejemplo si se va a transmitir energia 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

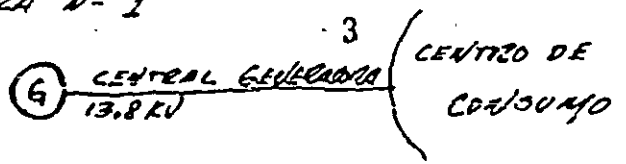



FIGURA Nº 2

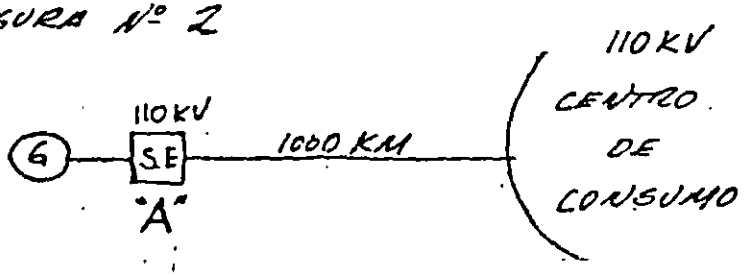
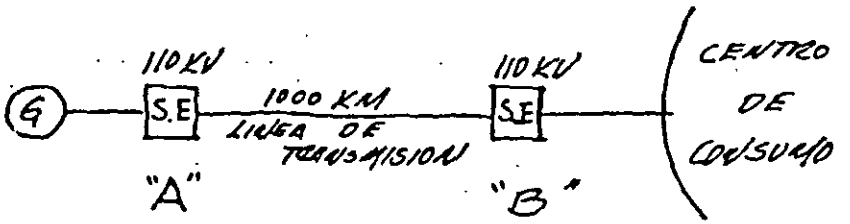



FIGURA Nº 3




CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Es difícil 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: Elevadoras
Receptoras Reductoras
De enlace o distribución
De Switcheo
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 Desconectadoras 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 día positivo molesto, bronoso, 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 recuperción 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 instalados 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 blinden en gabinetes metálicos 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 reorganización de los comunes 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, así 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 interrumpa 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 la continuidad o aislar la continuidad en la subestación eléctrica. Como se verá para cumplir con el reglamento de obras e instalaciones en vigor nunca debe suprimirse esta cuchilla tripolar operacion en grupo sin carga, llamada 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 compañias 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 dañosos 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 instalados las barras alimentadoras. Se usan, cuando

dos o más transformadores grandes se montan 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 las 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 volts. 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 pueda haber en los voltajes suministrados por las compañias suministradoras; son normalmente dos derivaciones del 2 1/2 % de la tensión nominal 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 esta 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 seria imposible diseñar transformadores para cada lugar de la tierra con diferentes temperaturas y presiones barometricas. 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 caracteristicas 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 caracteristicas:

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 fisicos que la perjudiquen. Se fabrica con lámina de 2.1 mm. (1/16") de espesor.

EXTERIOR (O INTEMPERIE).- Para ser montada a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuesta a la lluvia, el sol y golpes ocasionales. Se fabrica con lámina más gruesa, de

3.2 cm. (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 caracter privado.

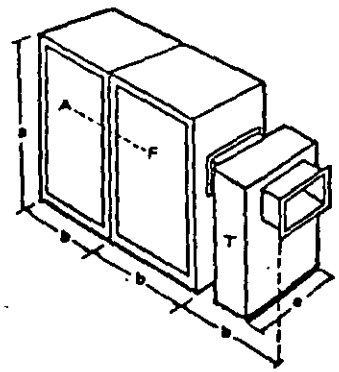
CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo estándard.

TABLA No. 1.—COMPONENTES NORMALES Y OPCIONALES DE UNA SUBESTACION COMPACTA.

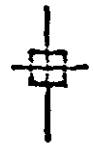
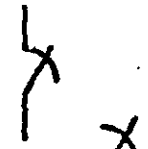
| COMPONENTE | ESPECIFICACIONES | | GABINETE |
|---|---|---|---|
| | NORMAL | OPCIONAL | |
| ACOMETIDA. | Para Conexión y Medición de la Cía. de Luz. | Apartarrayos<br>Muta<br>Pasamuros. | A |
| VERIFICACION DE MEDIDORES. | Para poder comprobar, a solicitud del Cliente, los Medidores sin interrumpir el servicio. | Aparatos de Medición.<br>Transformadores de Potencial y Corriente. | B |
| INTERRUPTOR. | Interruptor en Aire, apertura con carga, fusibles de A.C.I., Operación manual. | Interruptor en Aceite.<br>Operación Eléctrica.<br>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.<br>Contactos para señales.<br>Ventilación forzada. | T |

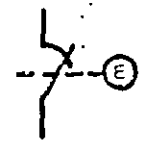
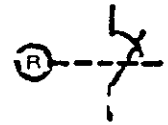
TABLA No. 2.—DIMENSIONES DE GABINETES Y TRANSFORMADORES.

| GABINETE | DIMENSIONES EN CENTIMETROS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2.4 a 13 KV. | | | HASTA 25 KV. | | |
| | a ALTO | b ANCHO | c FONDO | a ALTO | b ANCHO | c FONDO |
| A | 240 | 110 / 1[illegible] | 120 / 2[illegible] | 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 mufa. | |
| Por medio de pasamuros. |  |
| Por medio de tubo | |
| **INTERRUPTORES:** | |
| Interruptor sin fusibles |  |
| Interruptor con fusibles | |
| Fusibles solos | |

| | |
|---|---|
| Operación eléctrica |  |
| Operación por relevador |  |
| DESCONECTADOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS. | |
| **MEDICIONES** | |
| Equipo de Medición de la Cía. de Luz | |
| Wattmetro | |
| Watthorimetro (Medidor) | |

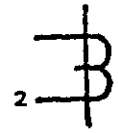
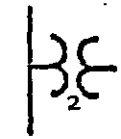
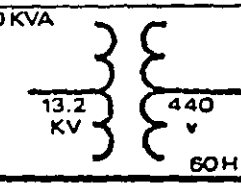
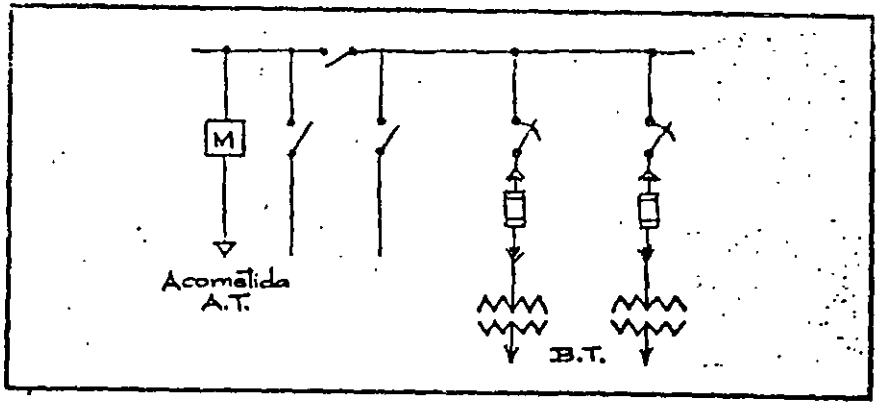
| | |
|---|---|
| Ampérmetro | |
| Vóltmetro | |
| Transformador de Corriente (El número indica la cantidad de transformadores) |  |
| Transformador de Potencial (El número indica la cantidad de transformadores) |  |
| Conmutador. | |
| **TRANSFORMACION.** | |
| Transformador de Distribución o de Potencia. (Los números indican sus principales características) |  |

TABLA No. 3.—CARACTERISTICAS ELECTRICAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES NORMALES

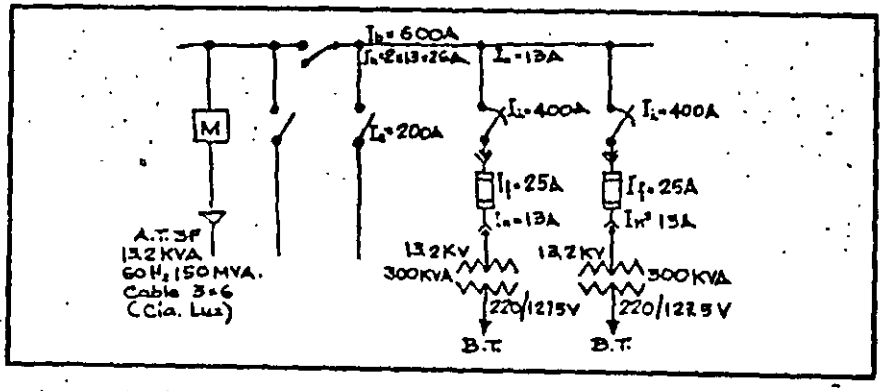
| TRANSFORMADOR | | | INTERRUPTOR | | BARRAS |
|---|---|---|---|---|---|
| KVA | KV | AMP. | MVA | AMP. FUS | AMP. |
| 50 | 2.4 | 13 | 100 | 25 | 400 |
| | 4.16 | 11 | 100 | 25 | |
| | 6 | 5 | 150 | 10 | |
| | 13.2 | 2 | 150 | 6 | |
| | 23 | 1 | 1000 | 4 | |
| 75 | 2.4 | 18 | 100 | 40 | 400 |
| | 4.16 | 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.



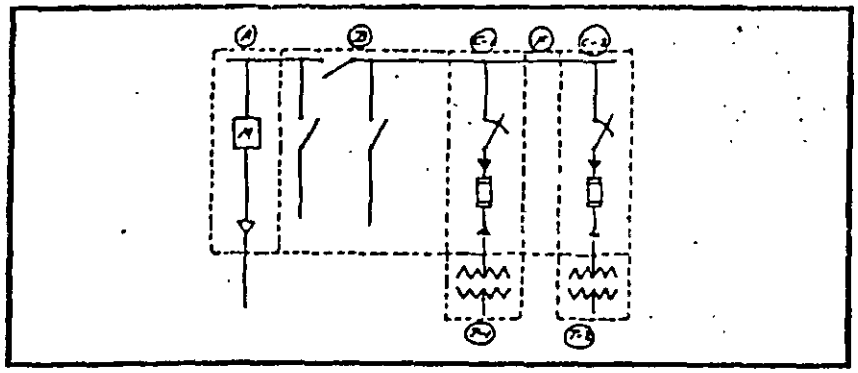

2°—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cía de Luz y los valores normales del equipo (Ver Tabla No. 3).



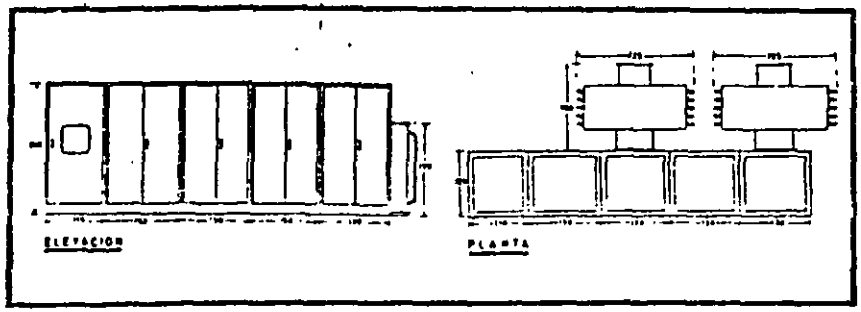

La capacidad de las cuchillas, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que las corrientes normales, para asegurar, según su construcción (separación entre fases y aisladores), que los esfuerzos mecánicos no serán perjudiciales en caso de cortos circuitos. La capacidad 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).

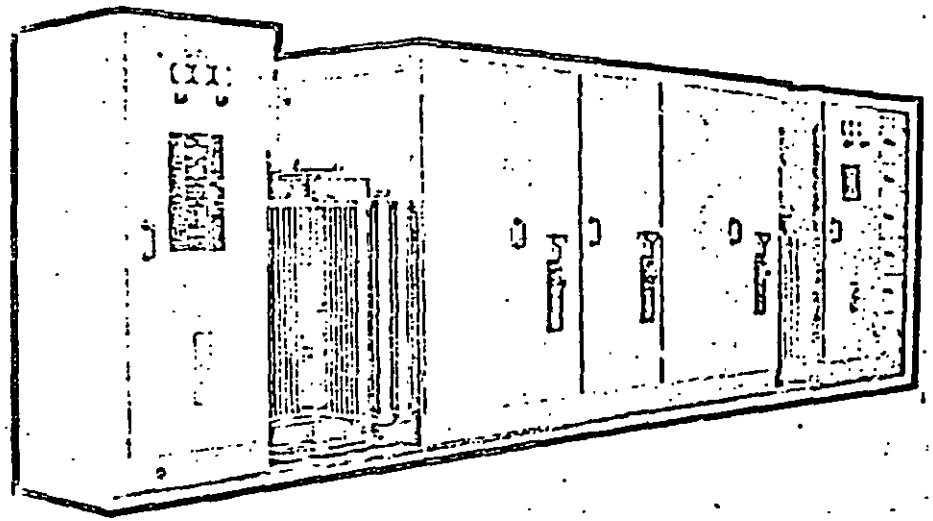
Póngase una letra y un número, si el mismo equipo se repite. En nuestro ejemplo sería A, B, C-1, F, C-2, T-1, T-2.



4'—Con los elementos anteriores pueden darse medidas a la subestación completa, según 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 otra más de 40 kw. de carga conectada.

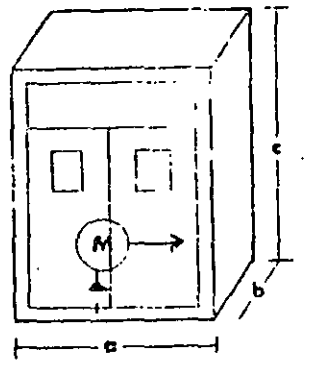
Y la otra a alta tensión que puede ser la tarifa no. 8 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

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 ususario 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 varia según las zonas del país ( I, II, III ) y la tarifa que se aplique al servicio.

SECCION I-MEDICION.-




GABINETE .-

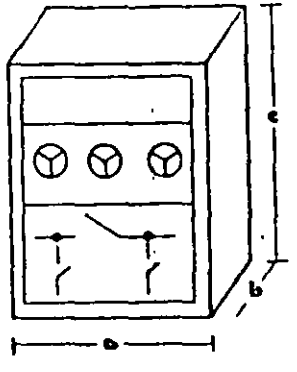
Esta sección denominada MEDICION, está destinada a alojar el equipo de medición en alta tensión de la compañía suministradora de energía eléctrica. Esta sección es la que recibe la acometida y la tomamos como punto de partida para definir el SENTIDO de la subestación denominandolas IZQUIERDAS ó DERECHAS cuando las subsecuentes secciones se vayan adosando al costado izquierdo de ésta sección ó viceversa en el segundo caso.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 200 | 200 | 250 |
| 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.-

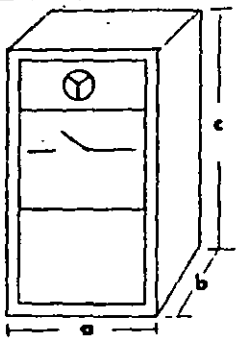



GABINETE.-

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 el usuario.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 250 |
| 34.5 | 250 | 250 | 300 |

SECCION II-C.- CUCHILLA




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.

GABINETE.-

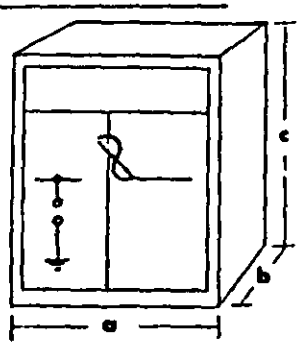
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero necesariamente con la interrupción del servicio.

| 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.-

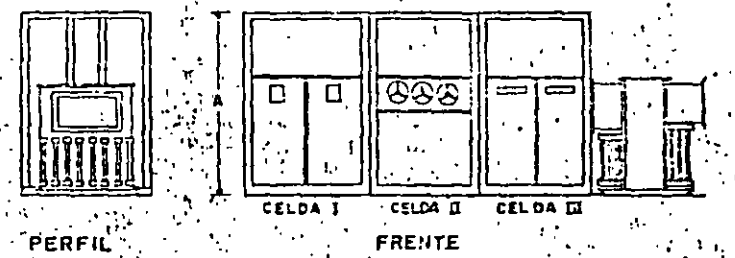
Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

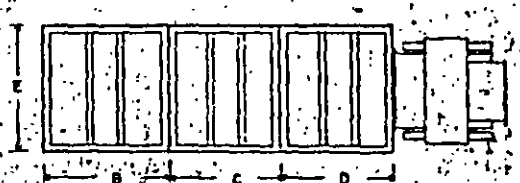


| | | |
|---|---|---|
| | SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV | JULIO DE 1969 HOJA 7 DE 26 |

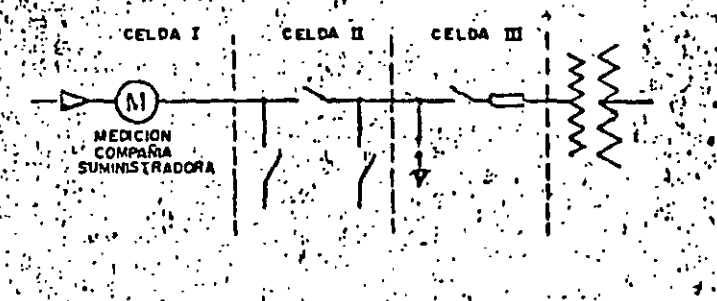
24

# 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 |

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 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-O.- 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

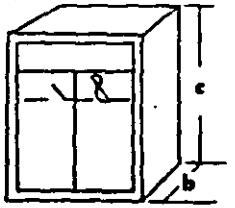
GABINETE.-

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 20MG/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.-

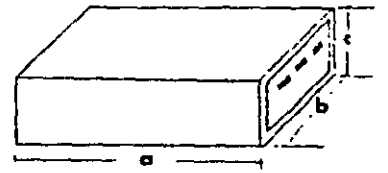
Esta sección denominada CUCHILLAS-FUSIBLES, está destinada a alojar el equipo de protección en alta tensión para circuitos derivados siempre y - cuando exista un interruptor general.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 280 | 300 |

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




| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | X | 85 | 45 |
| 25 | X | 100 | 50 |
| 34.5 | X | 160 | 100 |

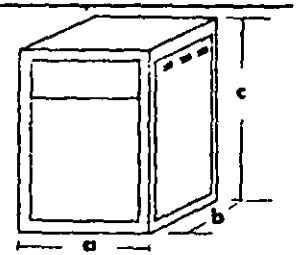
GABINETE.-

Esta sección denominada ELECTRODUCTO AEREO, está destinada a interconectar secciones que estén acoplados a otros equipos que por tener un ancho mayor que la sección impiden el acoplamiento directo.

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




| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | X | 150 | 240 |
| 25 | X | 200 | 260 |
| 34.5 | X | 280 | 300 |

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.

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 lo 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 indica 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

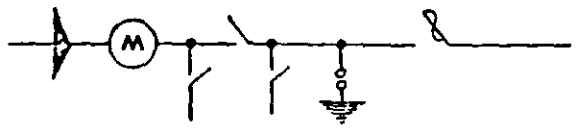



DIAGRAMA UNIFILAR

(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

| POTENCIA NOMINAL SUBESTACION | SECCIONADOR PARA FUSIBLES SIEMENS | | | RUPTO FUSIBLES MARCA "DELLE" | | | INTERRUPTOR "MECSA". | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TENSION DE SERVICIO 13.2 KV | | TENSION DE CALIBRACION INTERRUPTOR CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE. | TENSION DE SERVICIO 13.2 KV, CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE. | | | TENSION DE SERVICIO 23/23 KV | | |
| M.V.A. | AMP-FUS | M.V.A. | AMP-RELE | AMP-FUS | MVA-CLS | AMP-RELE | AMP-FUS | MVA-CLS | AMP-RELE | AMP-FUS |
| 100 | 16 | 1000 | 10/14 | 10 | 500 | 6.3/10 | 63 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 125 | 25 | 1000 | 16/22.4 | 16 | 500 | 10/14 | 10 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 150 | 25 | 1000 | 16/19.2 | 16 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 200 | 25 | 1000 | 16/25.6 | 16 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 5/10 |
| 250 | 40 | 1000 | 20/25 | 20 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 10/20 |
| 300 | 40 | 1000 | 20/28 | 20 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 10/20 |
| 400 | 40 | 1000 | 25/37.5 | 25 | 500 | 20/28 | 20 | 1000 | 20/40 | 10/20 |
| 500 | 40 | 1000 | 32/44.8 | 32 | 500 | 30/32 | 20 | 1000 | 20/40 | 10/20 |
| 600 | 63 | 1000 | 40/56 | 32 | 500 | 25/40 | 25 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 750 | 63 | 1000 | 63/88.2 | 63 | 500 | 32/51.2 | 32 | 1000 | 40/80 | 20/40 |
| 1000 | 100 | 1000 | 80/112 | 80 | 500 | 40/64 | 40 | 1000 | 40/80 | 20/40 |
| 1250 | 100 | 1000 | 80/112 | 80 | 500 | 50/65 | 50 | 1000 | 40/80 | 40/80 |
| 1500 | 160 | 1000 | 100/150 | 100 | 500 | 6.3/100.4 | 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 baño 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 1.7/220/254/440 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 baño volúmen de aceite tipo 20MG/750 MVA simétricos, 800 Amps. nominales.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

## *SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS*

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS.

a).- SUBESTACIONES REDUCTORAS.

b).- SUBESTACIONES DERIVADAS.

En el empleo de Energia 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.

DEFINICION Y CLASIFICACION DE SUBESTACIONES. ( R.O.I.E.)

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 energia 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 energia eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc), tipo C.A. a -- C.C.,o bien conservarlo dentro de ciertas características.

RELACION ENTRE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS, LINEAS DE TRANSMISION Y CENTRALES GENERADORAS.

Los voltajes de generación en las Centrales Geenerdoras por razones técnicas (aislamiento, enfriamento, etc) son relativamente bajos en relación a los voltajes de transmisión, por lo que si la - energia electrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarian antieconomicos debido a la gran -- caida de voltajes que se tendria, de aqui se presenta la necesidad de transmitir la energia eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas economicos.- Por ejemplo si se va a transmitir energia eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que este situado a 1000 Km. de distancia será necesario elevar el voltaje de generación que supondremos de 13.8 Kv. a otro de transmisión mas conveniente que supondremos 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 o 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

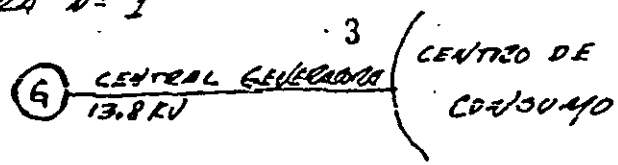



FIGURA Nº 2

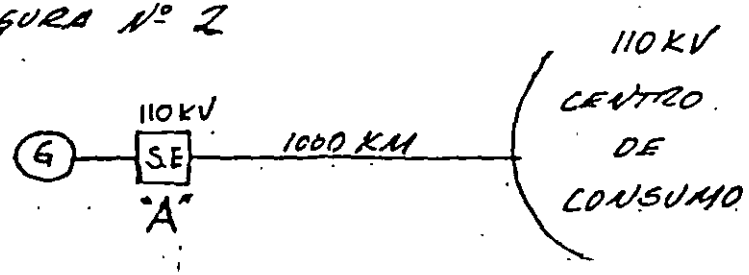
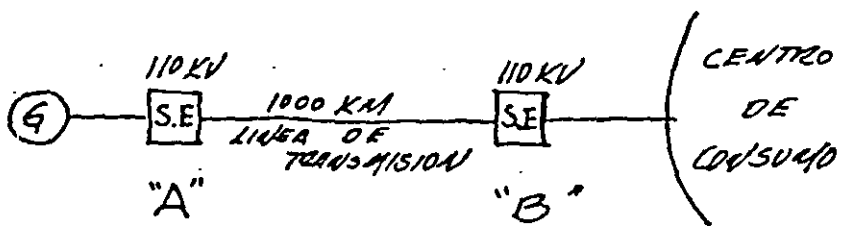



FIGURA Nº 3




CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Es difícil 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 Switcheo
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 Desconectadoras 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 comañías 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, - tropezoso, 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 completa 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 instalados 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 Cia 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 cía. 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 países 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 interrumpa 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 la 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, llamada 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 liiranzas a las compañias suministradoras; y al suprimirla estabamos violando infrantenente 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 dañosa 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 esto, 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 instaldas las barras alimentadoras. Se usan, cuando

dos o más transformadores grandes se montan atrás 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 las 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 volts. 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 pueda haber en los voltajes suministrados por las compañias suministradoras; son normalmente dos derivaciones del 2 1/2 % de la tensión nominal 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 estan 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 seria imposible diseñar transformadores para cada lugar de la tierra con diferentes temperaturas y presiones barometricas. 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 caracteristicas 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 caracteristicas:

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 fisicos que la perjudiquen. Se fabrica como lámina de 2.1 mm. (1/16'') de espesor.

ESTERIOR (O INTEMPERIE).- Para ser montada a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuesta a la lluvia, el sol y golpes 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.

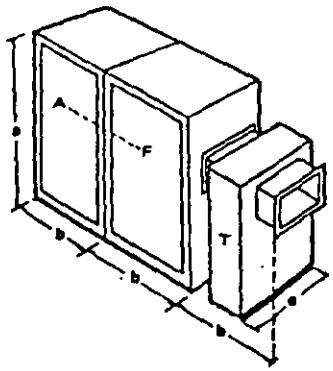
TENSIONES.- Las tensiones a las que tienden a normalizar las compañías suministradoras son 13.2, 22.9 y 34.5 kv., sin embargo aún hay otras tensiones que poco a poco van a desaparecer, como son 6,000 volts. Las tensiones 2.4, 4.16 y 6 kv. se usan para distribución industrial de carácter privado.

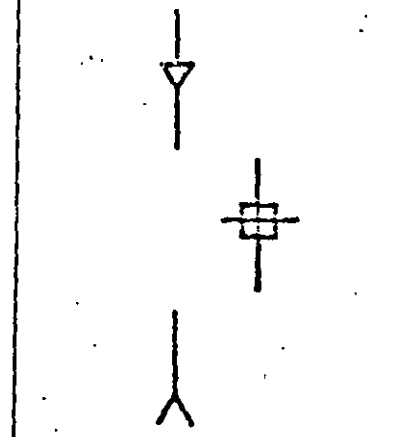
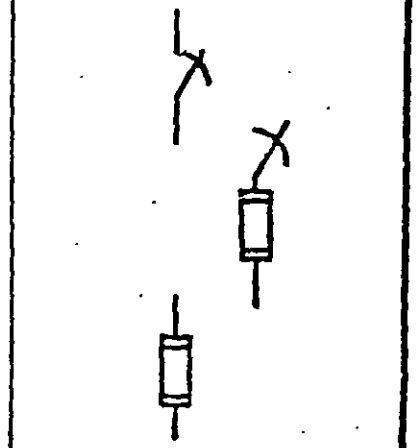
CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo estándard.

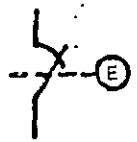
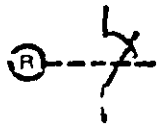
TABLA No. 1.—COMPONENTES NORMALES Y OPCIONALES DE UNA SUBESTACION COMPACTA

| COMPONENTE. | ESPECIFICACIONES | | GABINETE |
|---|---|---|---|
| | NORMAL | OPCIONAL | |
| ACOMETIDA. | Para Conexión y Medición de la Cía. de Luz. | Apartarrayos<br>Mufa<br>Pasamuros. | A |
| VERIFICACION DE MEDIDORES. | Para poder comprobar, a solicitud del Cliente, los Medidores sin interrumpir el servicio. | Aparatos de Medición.<br>Transformadores de Potencial y Corriente. | B |
| INTERRUPTOR. | Interruptor en Aire, apertura con carga, fusibles de A.C.I., Operación manual. | Interruptor en Aceite.<br>Operación Eléctrica.<br>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.<br>Contactos para señales.<br>Ventilación forzada. | T |

| TABLA No. 2 —DIMENSIONES DE GABINETES Y TRANSFORMADORES. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GABINETE | DIMENSIONES EN CENTIMETROS | | | | | |
| | 2.4 a 15 KV. | | | HASTA 23 KV. | | |
| | a ALTO | b ANCHO | c FONDO | a ALTO | b ANCHO | c FONDO |
| A | 240 | 110 / 1[illegible] | 120 / 2[illegible] | 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 mufa. |  |
| Por medio de pasamuros. | |
| Por medio de tubo | |
| INTERRUPTORES: | |
| Interruptor sin fusibles |  |
| Interruptor con fusibles | |
| Fusibles solos | |

| | |
|---|---|
| Operación eléctrica |   |
| Operación por relevador |   |
| DESCONECTADOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS. | |
| **MEDICIONES** | |
| Equipo de Medición de la Cía. de Luz | |
| Wattmetro | |
| Watthorimetro (Medidor) | |

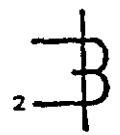
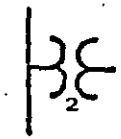
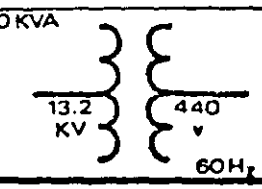
| | |
|---|---|
| Ampérmetro | |
| Vóltmetro | |
| Transformador de Corriente (El número indica la cantidad de transformadores) |   |
| Transformador de Potencial (El número indica la cantidad de transformadores) |   |
| Conmutador. | |
| **TRANSFORMACION.** | |
| Transformador de Distribución o de Potencia. (Los números indican sus principales características) |   |

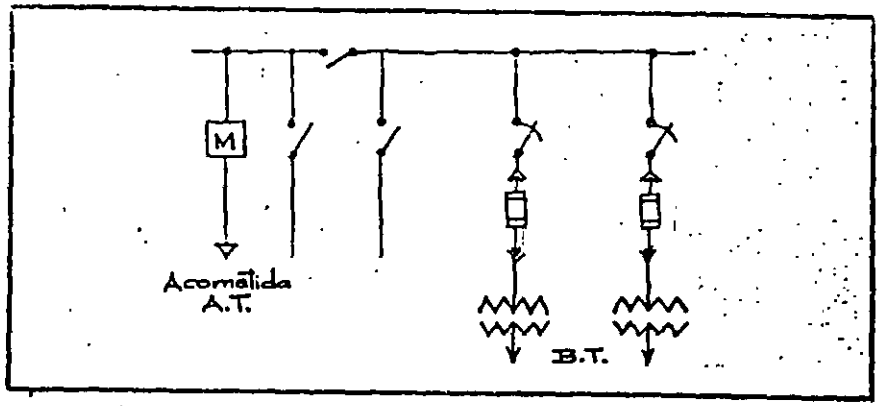
TABLA No. 3.—CARACTERISTICAS ELECTRICAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES NORMALES.

| 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 | |

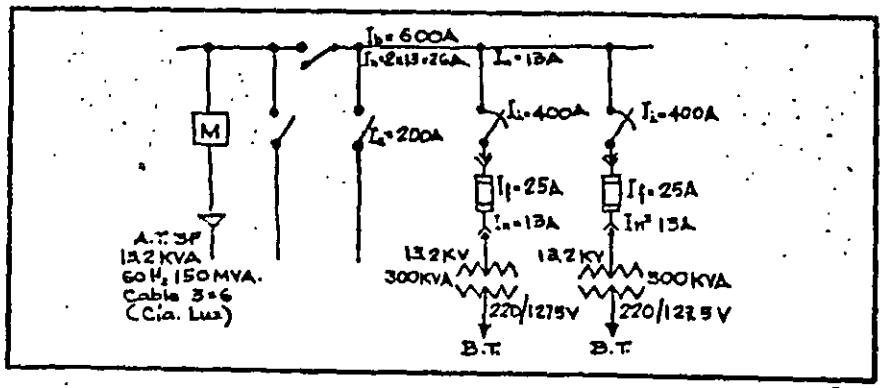


## 4.—COMO DISEÑAR UNA SUBESTACION UNITARIA.

1°—Haga un diagrama unifilar sencillo de la subestación tal como la tenga pensada.



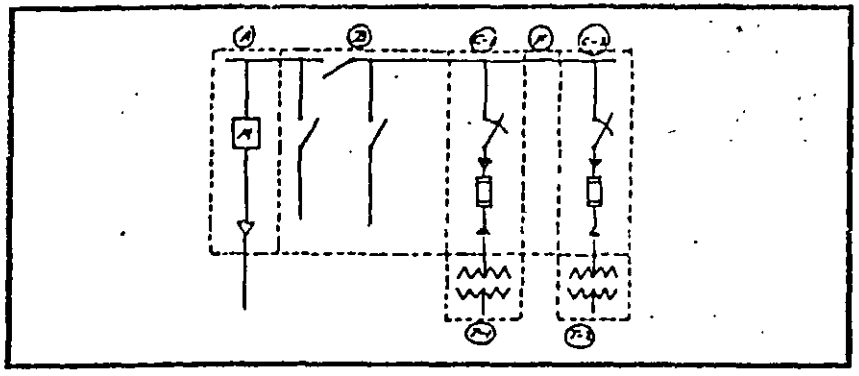

2°—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cía de Luz y los valores normales del equipo (Ver Tabla No. 3).



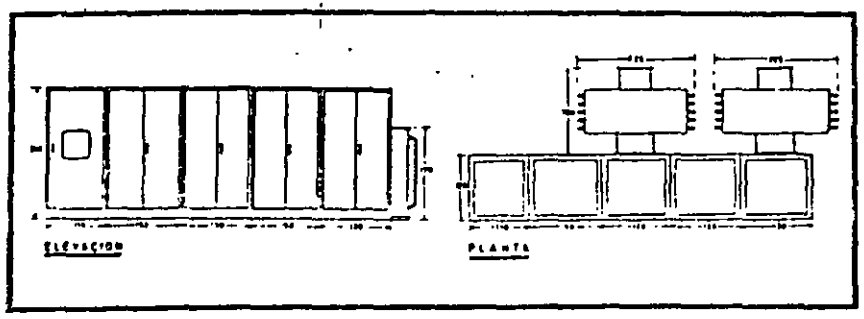

La capacidad de las cuchillas, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que las corrientes normales, para asegurar, según su construcción (separación entre fases y aisladores), que los esfuerzos mecánicos no serán perjudiciales en caso de cortos circuitos. La capacidad 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).

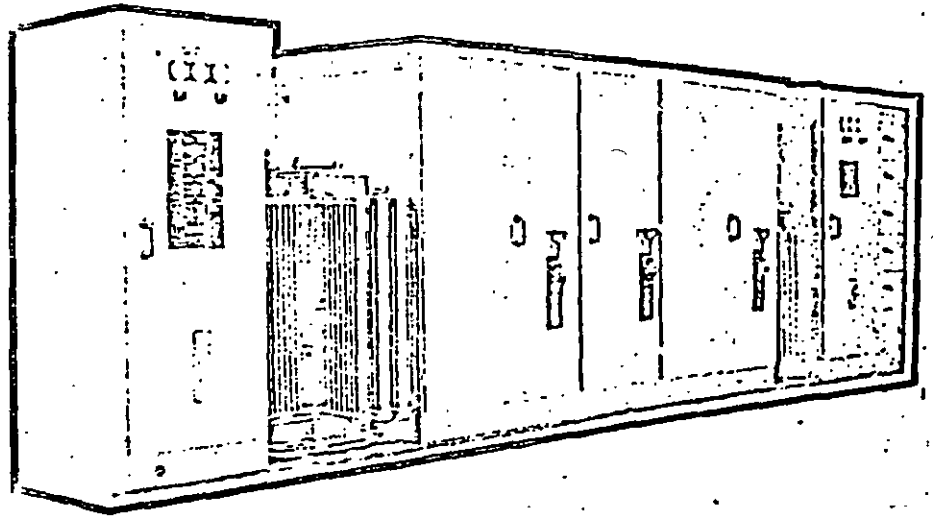
Póngase una letra y un número, si el mismo equipo se repite. En nuestro ejemplo serían A, B, C-1, F, C-2, T-1, T-2.



4°—Con los elementos anteriores pueden darse medidas a la subestación completa, según 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 acometido. 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 PARA 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. 9 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

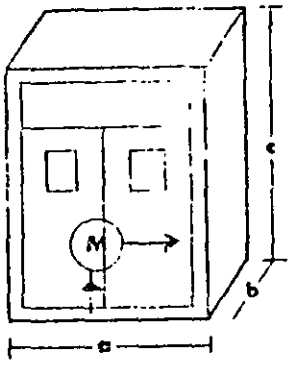
II.- Manteniendo en sus instalaciones un factor de potencia igual o mayor de 85%.

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 oficinas 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 varia segun las zonas del pais ( I, II, III ) y la tarifa que se aplique al servicio.



SECCION I-MEDICION.-




| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 200 | 200 | 250 |
| 34.5 | 250 | 280 | 300 |

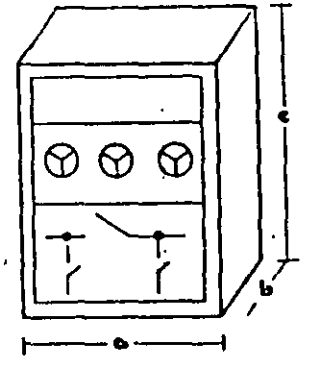
GABINETE .-

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 viceversa en el segundo caso.

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.-

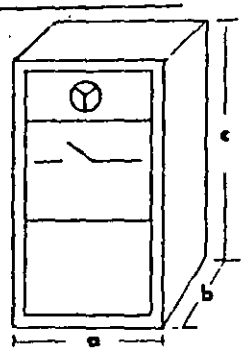
Esta sección denominada VERIFICACION, estádestinada a alojar el equipo - a permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas de su equipo de medición sin tener necesidad de interrumpir el servicio al usuario.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 250 |
| 34.5 | 220 | 250 | 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.-

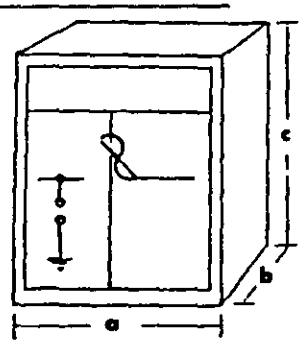
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero necesariamente con la interrupción del servicio.

| 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.-

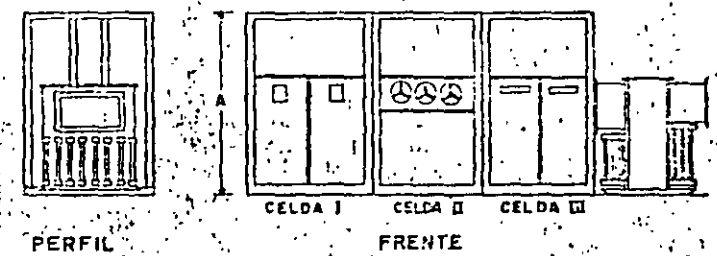
Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

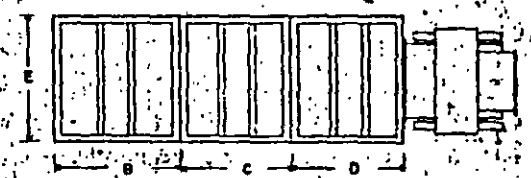


| SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV | JULIO DE 1969 |
|---|---|
| | HOJA 7 DE 26 |

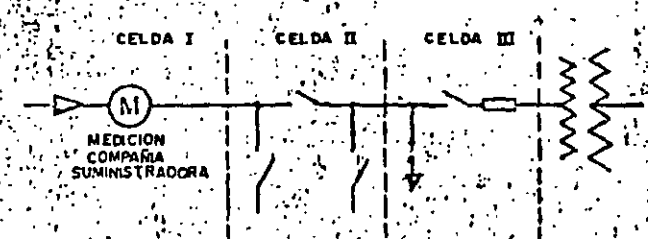


# G A B I N E T E S




## DIAGRAMA UNIFILAR




* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

| MODELO * ID3NTLSI | ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4 | |
|---|---|---|
| SERVICIO | SENTIDO | TRANSFORMADOR |
| INTERIOR | IZQUIERDA - DERECHA | COLINEAL |

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 280 | 300 |

Tres apartarrayos tipo autoválvula
Un Seccionador en aire baja carga, tripolar con 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 H2S1.

SECCION III-O.- 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

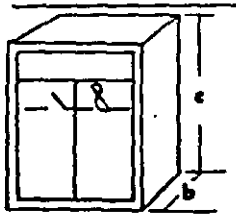
GABINETE.-

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 20MG/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.-

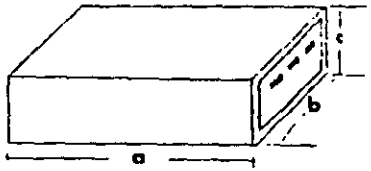
Esta sección denominada CUCHILLAS-FUSIBLES, está destinada a alojar al equipo de protección en alta tensión para circuitos derivados siempre y cuando exista un interruptor general.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 280 | 300 |

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




| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | X | 85 | 45 |
| 25 | X | 100 | 50 |
| 34.5 | X | 160 | 100 |

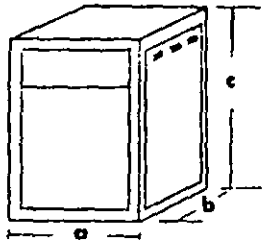
GABINETE.-

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.

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




| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| 15 | X | 150 | 240 |
| 25 | X | 200 | 260 |
| 34.5 | X | 280 | 300 |

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.

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 indica 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, éstos 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

| POTENCIA NOMINAL SUB-EST. 13.2 KV | SECCIONADOR CON FUSIBLES SIEMENS | | EQUIPO FUSIBLES MARCA "BELLE" | | | | | | INTERRUPTOR "MECSA". | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CAPACIDAD DE INTERRUPCION DE SERVICIO 13.2 KV. | TENSION DE SERVICIO 13.2 KV. | CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIMETRICA. | TENSION DE SERVICIO 13.2 KV. 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 | |
| M.V.A. | AMP-FUS | AMP-FUS | M.V.A. | AMP-RELE | AMP-FUS | MVA-CLS | AMP-RELE | AMP-FUS | MVA-CLS | AMP-RELE | AMP-RELE | AMP-RELE |
| 100 | 16 | 16 | 1000 | 10/14 | 10 | 500 | 5/10 | 6J | 1000 | 5/10 | 5/10 | 5/10 |
| 125 | 25 | 25 | 1000 | 16/22.4 | 16 | 500 | 10/13 | 10 | 1000 | 5/10 | 5/10 | 5/10 |
| 150 | 25 | 25 | 1000 | 16/19.2 | 16 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 5/10 | 5/10 | 5/10 |
| 200 | 25 | 25 | 1000 | 16/25.6 | 16 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 10/20 | 5/10 |
| 250 | 1000 | 25 | 1000 | 20/25 | 20 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 10/20 | 10/20 |
| 300 | 1000 | 25 | 1000 | 20/28 | 20 | 500 | 16/25.6 | 16 | 1000 | 10/20 | 10/20 | 10/20 |
| 400 | 1000 | 40 | 1000 | 25/37.5 | 25 | 500 | 20/26 | 20 | 1000 | 20/40 | 20/40 | 10/20 |
| 500 | 1000 | 40 | 1000 | 32/44.8 | 32 | 500 | 20/33 | 20 | 1000 | 20/40 | 20/40 | 20/40 |
| 600 | 1000 | 40 | 1000 | 32/44.8 | 32 | 500 | 25/40 | 25 | 1000 | 20/40 | 20/40 | 20/40 |
| 750 | 1000 | 63 | 1000 | 40/56 | 40 | 500 | 32/51.2 | 32 | 1000 | 40/80 | 40/80 | 20/40 |
| 1000 | 1000 | 63 | 1000 | 63/88.2 | 63 | 500 | 40/64 | 40 | 1000 | 40/80 | 40/80 | 40/80 |
| 1250 | 1000 | 100 | 1000 | 80/112 | 80 | 500 | 50/65 | 50 | 1000 | 40/80 | 40/80 | 40/80 |
| 1562 | 1000 | 160 | 1000 | 100/150 | 100 | 500 | 63/100.8 | 63 | 1000 | 80/160 | 40/80 | 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 BELLE lleva tres relevadores primarios de sobrecorriente y tres fusibles con C.I.S.= de 500 MVA ó 1000 MVA

3.- El interruptor en baño volúmen de aceite MECSA, lleva dos ó tres relevadores primarios de sobrecorriente, no necesita fusibles, ya que no requiere para su operación, se surte con una bobina de apertura a control remoto ó una bobina de apertura por baja voltaje a tensiones 127/220/254/440 volts.

También se puede surtir totalmente automático (consultar precio) 20MG/750 MVA simétricos, 500 Amps.nominales

C.I.S. - Capacidad Interruptiva Simétrica

Interruptor "MECSA" Interruptor en baño volúmen de aceite tipo 20MG/750 MVA simétricos, 600 Amps. nominales.

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

*MEDIOS DE PROTECCIÓN*

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# MEDIOS DE PROTECCION

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

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.

# ANALISIS DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

Los estudios de corto circuito tienen como objetivo:

Determinar la capacidad interruptiva de diversos puntos de las instalaciones eléctricas y consecuentemente sus equipos de protección.

Generar la herramienta para la coordinación de las protecciones eléctricas de la instalación.

Efectuar estudios de sobretensiones y sistemas de tierra de las mismas instalaciones, etc..

Los valores máximos calculados de las corrientes de corto circuito son usados para:

- Seleccionar dispositivos de una capacidad interruptiva adecuada.
- Checar la capacidad de los componentes del sistema para resistir esfuerzos mecánicos y térmicos
- Determinar la coordinación tiempo-corriente de los relevadores de protección.

Los valores mínimos son usados para establecer la sensibilidad requerida de los relevadores de protección.

# FUENTES DE CORRIENTE DE FALLA.

- Las corrientes que fluyen durante una falla provienen de las máquinas eléctricas rotatorias. Para una planta industrial se pueden dividir en cuatro categorías:

  --Generadores síncronos.

  --Motores y condensadores síncronos.

  --Máquinas de inducción.

  --Sistema de suministro de energía eléctrica.

# GENERADORES SÍNCRONOS.

Si un cortocircuito ocurre en las terminales de un generador síncrono, la corriente de corto circuito empieza desde un valor alto y decae hasta un valor de estado estable después de haber transcurrido un periodo de tiempo desde el inicio.

- Como un generador síncrono continúa siendo movido por su primotor y tiene su campo externamente excitado, el valor de estado estable de la corriente de falla persistirá a menos que sea interrumpida por algún medio de desconexión.

Para representar esta característica, uno puede usar un circuito equivalente consistente de una fuente de voltaje constante en serie con una impedancia que varía con el tiempo.

Las normas industriales han establecido tres nombres específicos para los valores de esta reactancia variable:

Xd" = reactancia subtransitoria; determina la corriente durante el primer ciclo después de haber ocurrido la falla. En aproximadamente 0.1 seg. la reactancia se incrementa a:

Xd' = reactancia transitoria; considerada para determinar la corriente después de varios ciclos a 60 Hz. En cerca de ½ a 2 seg. la reactancia se incrementa a:

Xd = reactancia síncrona; determina la corriente que fluye después que la condición de estado estable es alcanzada.

# MOTORES Y CONDENSADORES SÍNCRONOS.

- Los motores síncronos suministran corriente a una falla casi de la misma forma que los generadores síncronos.

- Cuando una falla ocasiona que el voltaje del sistema caiga, el motor síncrono recibe menos potencia del sistema para mover su carga. Al mismo tiempo el voltaje interno causa que una corriente fluya hacia la falla en el sistema.

La inercia del motor y su carga actúan como un primotor y con el campo de excitación sostenido, el motor actúa como un generador que suministra corriente de falla.

Esta corriente de falla disminuye conforme decae el campo magnético de la máquina.

Para el circuito equivalente, nuevamente se usa una fuente de voltaje constante y las mismas tres reactancias X"d , X'd y Xd para establecer valores de corriente a tres puntos de tiempo.

# MÁQUINAS DE INDUCCIÓN

Un motor de inducción tipo jaula de ardilla contribuirá con corriente de falla a un circuito fallado. Esta es generada por la inercia moviendo al motor en la presencia de un flujo de campo producido por inducción del estator en vez de un devanado de campo de corriente directa.

La contribución de corriente de un motor de inducción a una falla en sus terminales se reduce y desaparece completamente después de unos ciclos, pues el flujo inducido disminuye al perder la fuente de voltaje causada por una falla en las terminales del motor.

- Como el campo de excitación no es sostenido, no hay valor de estado estable de la corriente de falla como en el caso de las máquinas síncronas.

- Nuevamente, el mismo circuito equivalente es usado, pero los valores de reactancia transitoria y síncrona se aproximan a infinito.

# SISTEMA EXTERNO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.

- Los generadores remotos del sistema de suministro de energía eléctrica son una fuente de corriente de cortocircuito, a menudo transmitida a través de un transformador.

- La corriente de contribución a una falla en una planta remota representa simplemente un pequeño incremento en la corriente de carga de las grandes centrales generadoras, y esta contribución de corriente tiende a permanecer constante.

# METODOS DE SOLUCIÓN DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

Los métodos empleados dependen:

- De la complejidad del sistema bajo estudio.
- De los resultados esperados.
- De las características de aplicación de estos.

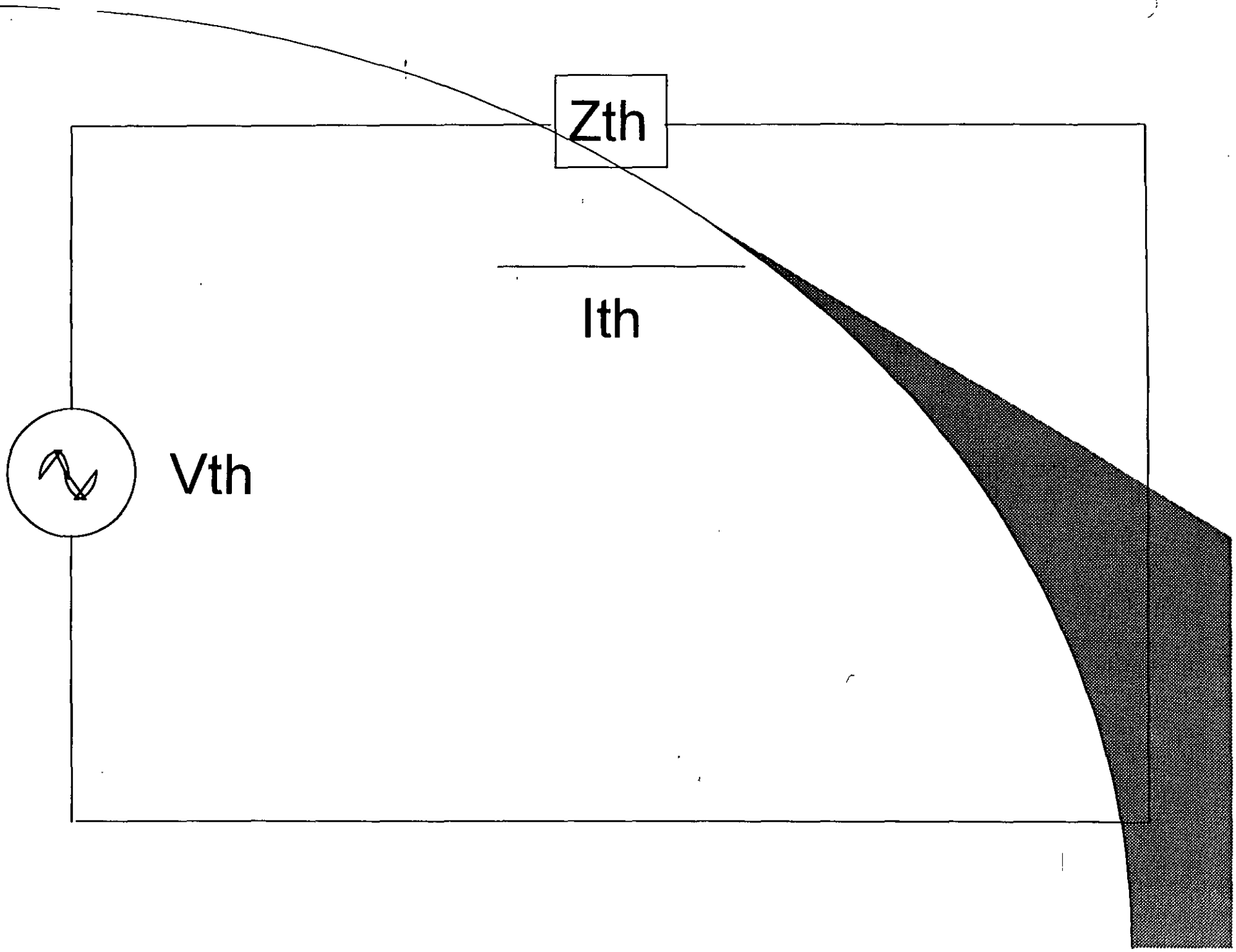
- Los métodos mas comúnmente empleados son:

  -- Método directo
  -- Método de MVAs
  -- Método de Bus Infinito
  -- Método de Nodos
  -- Método de Mallas

# METODO DIRECTO

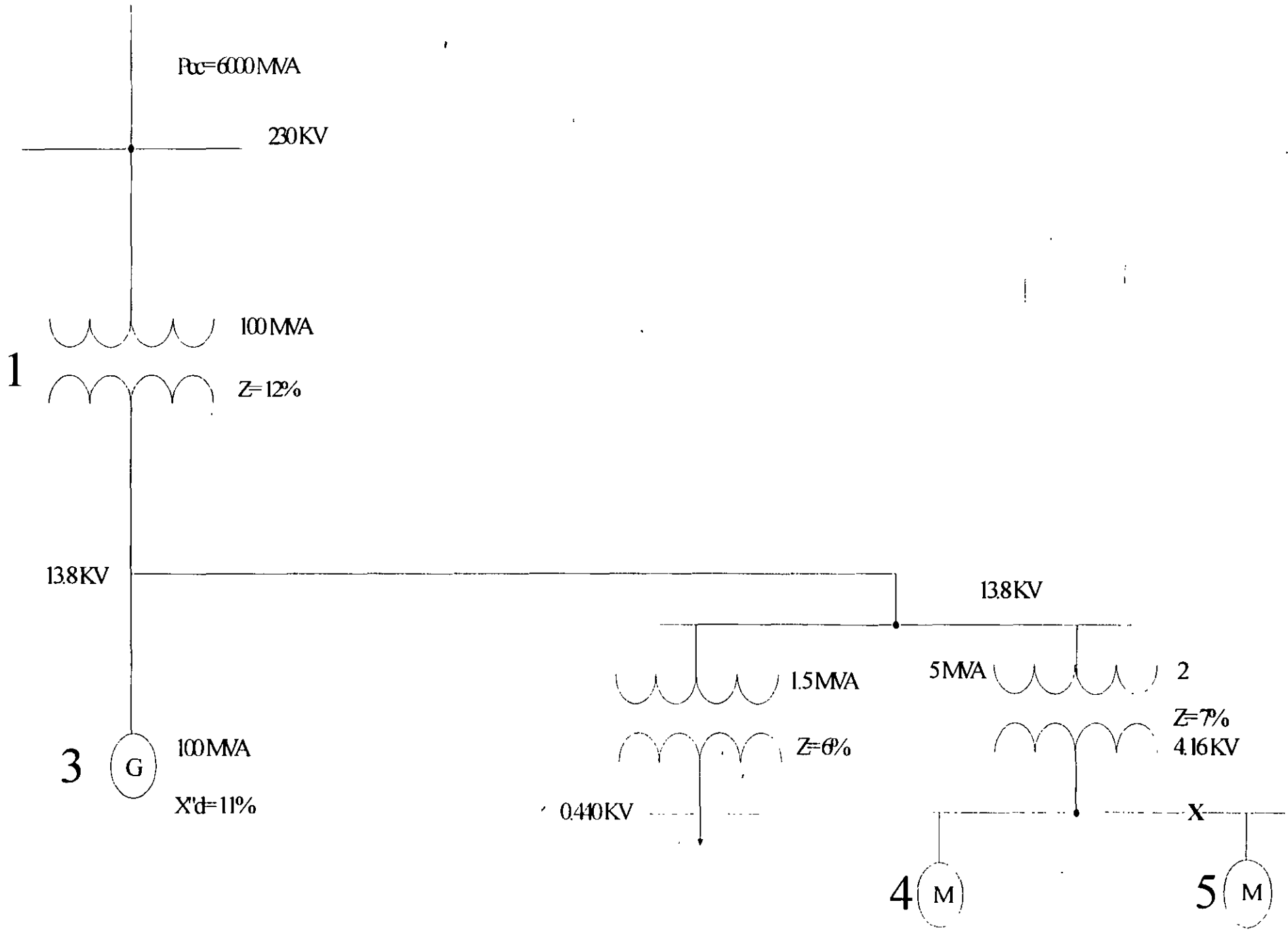
- Consiste en la determinación de la falla por simplificación directa del sistema para las condiciones de falla correspondientes, resolviendo cada caso mediante la aplicación del teorema de Thevenin; dicho método puede ser resuelto aplicando las impedancias en ohms, por unidad o porciento.

- Se trata de calcular una falla en la cual todas las impedancias están referidas a una misma base con el fin de poder efectuar todas las combinaciones y reducciones necesarias, para llegar a representar todo el sistema por medio de una impedancia única equivalente entre la fuente y la falla.


Zth
Ith
Vth

# EJEMPLO:

- Usando el método directo, calcular la potencia y corriente para un corto circuito trifásico para el sistema mostrado en la figura siguiente, considerando la falla en las barras de 13.8 y 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia.


Pcc=6000 MVA
230 KV
100 MVA
1
Z= 12%
13.8 KV
3
G
100 MVA
X'd= 11%
1.5 MVA
Z= 6%
0.440 KV
13.8 KV
5 MVA
2
Z= 7%
4.16 KV
X
4
M
5
M

Tomando como base 100 MVA y 230, 13.8 y 4.16 kV, los valores en pu serán:

Xs = 100/6000 = .01666 pu

Zt1 = .12 pu

Zt2 = .07*1*100/5 = 1.4 pu

Zg3 = .11*1*1 = .11pu

Zm4 = .2 pu

Zm5 = .199 pu

- Motor de 3000 HP

MVA=(.746*HP)/Cosφ=(0.746*3000)/.85
= 2.633 MVA

Xm1 = kV2/MVA = 4.16*2/2.633= 6.5726 Ω

Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

MVA= (0.746*10*250)/.85 = 2.194 MVA

Xm2 = 4.16*2/2.194 = 7.888 Ω

La impedancia base es:

$Zb = kV2/MVA = 4.16^*2/100 = .173056\ \Omega$

Las impedancias son:

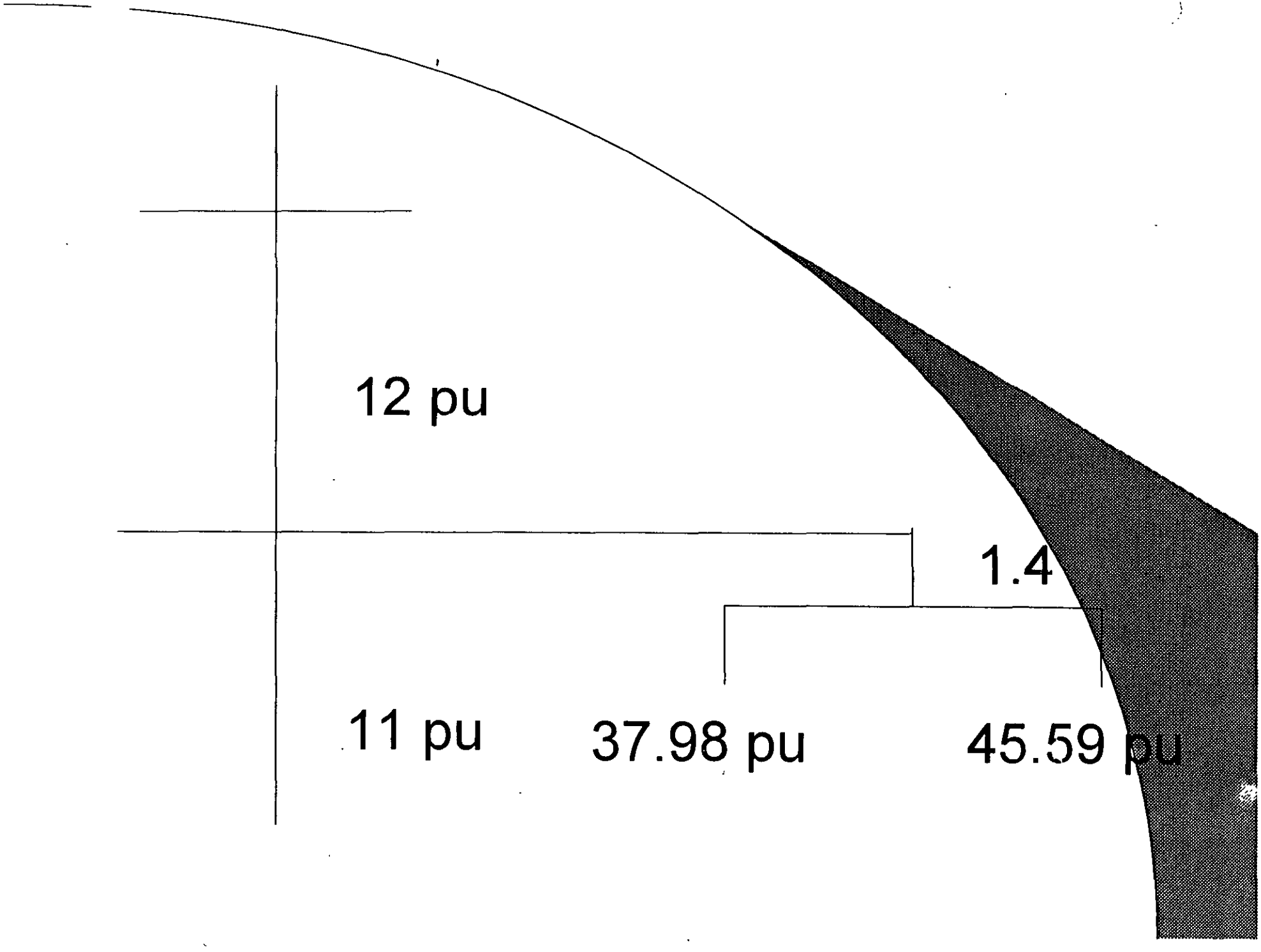
- Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

  $Xm1b = Xm1/Zb = 6.5726/.173056$

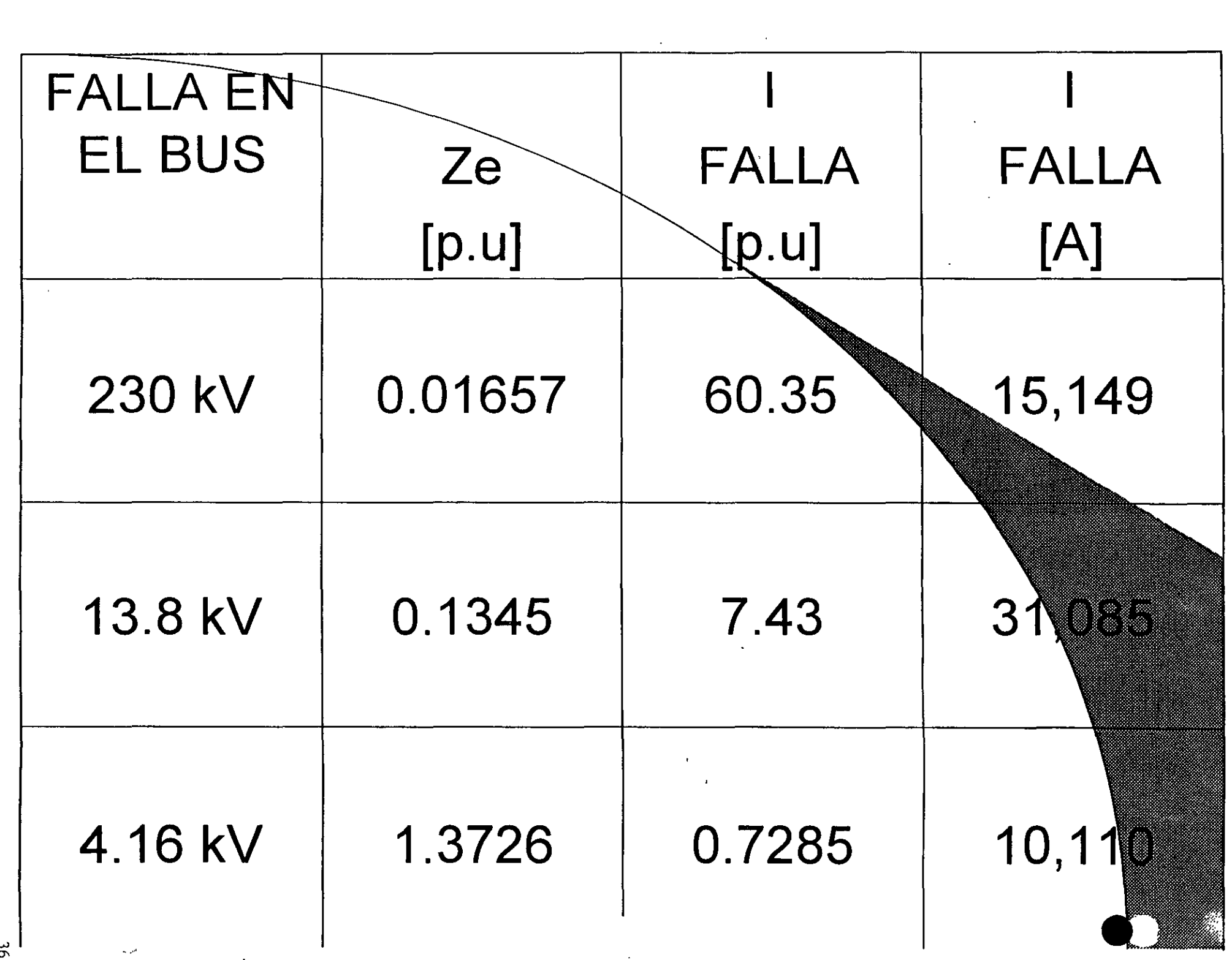
  $= 37.9577$ pu

- Para los motores de 2500 HP (2.194 MVA)

  $Xm2b = Xm2/Zb = 7.888/.173056 = 45.5$ p.u.

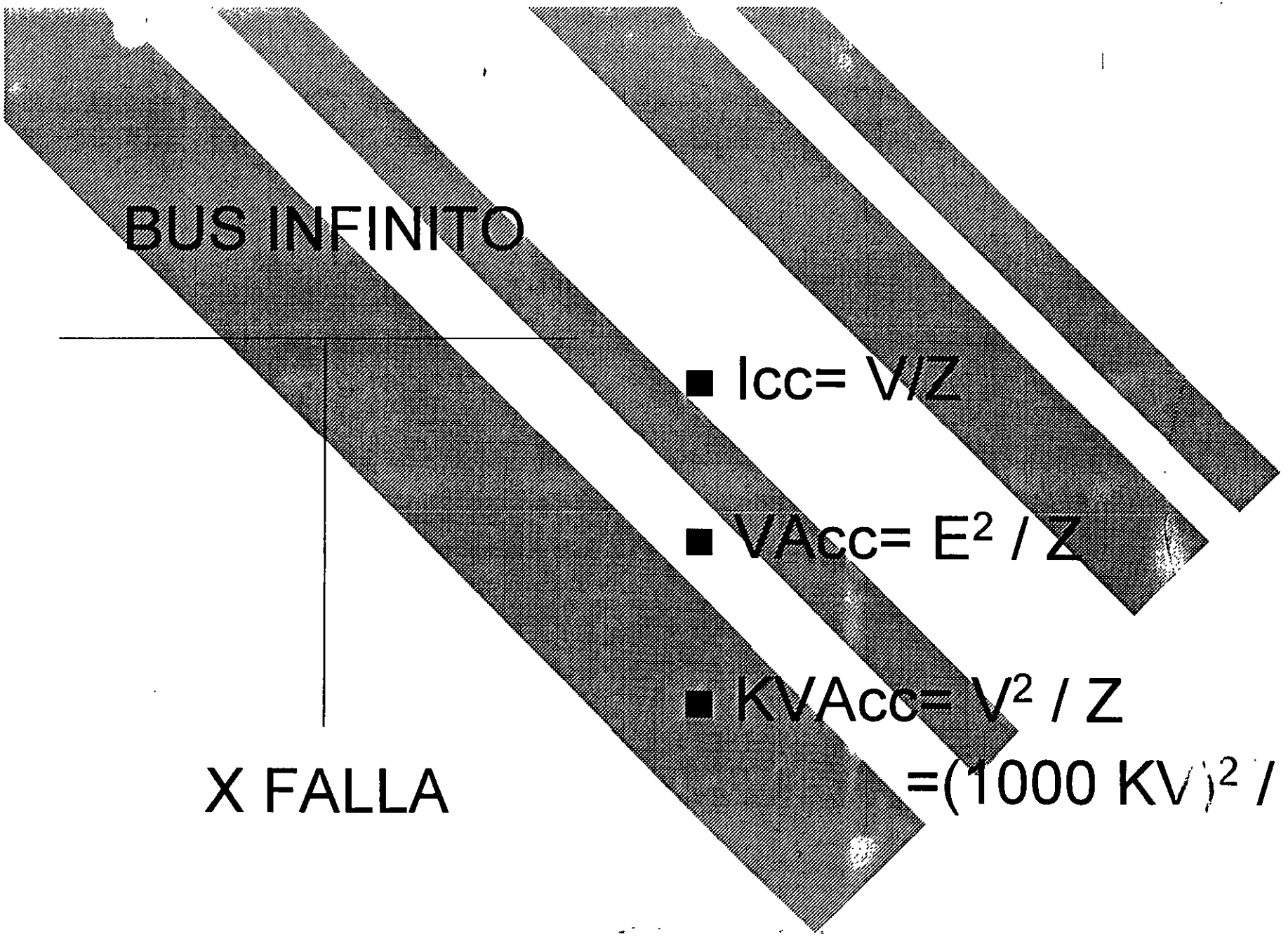

12 pu
1.4
11 pu
37.98 pu
45.59 pu

| FALLA EN EL BUS | Ze [p.u] | I FALLA [p.u] | I FALLA [A] |
|---|---|---|---|
| 230 kV | 0.01657 | 60.35 | 15,149 |
| 13.8 kV | 0.1345 | 7.43 | 31,085 |
| 4.16 kV | 1.3726 | 0.7285 | 10,110 |



# EL METODO DE LOS MVA

- Básicamente es una modificación del método ohmico.
- En el cual la impedancia de un circuito es la suma de las impedancias de sus componentes.
- La admitancia es la reciproca de la impedancia.
- La admitancia del sistema es la suma de las reciprocas de las admitancias componentes.




- Icc= V/Z
- VAcc= $E^2$ / Z
- KVAcc= $V^2$ / Z
  =(1000 KV)$^2$ / Z

## Además que:

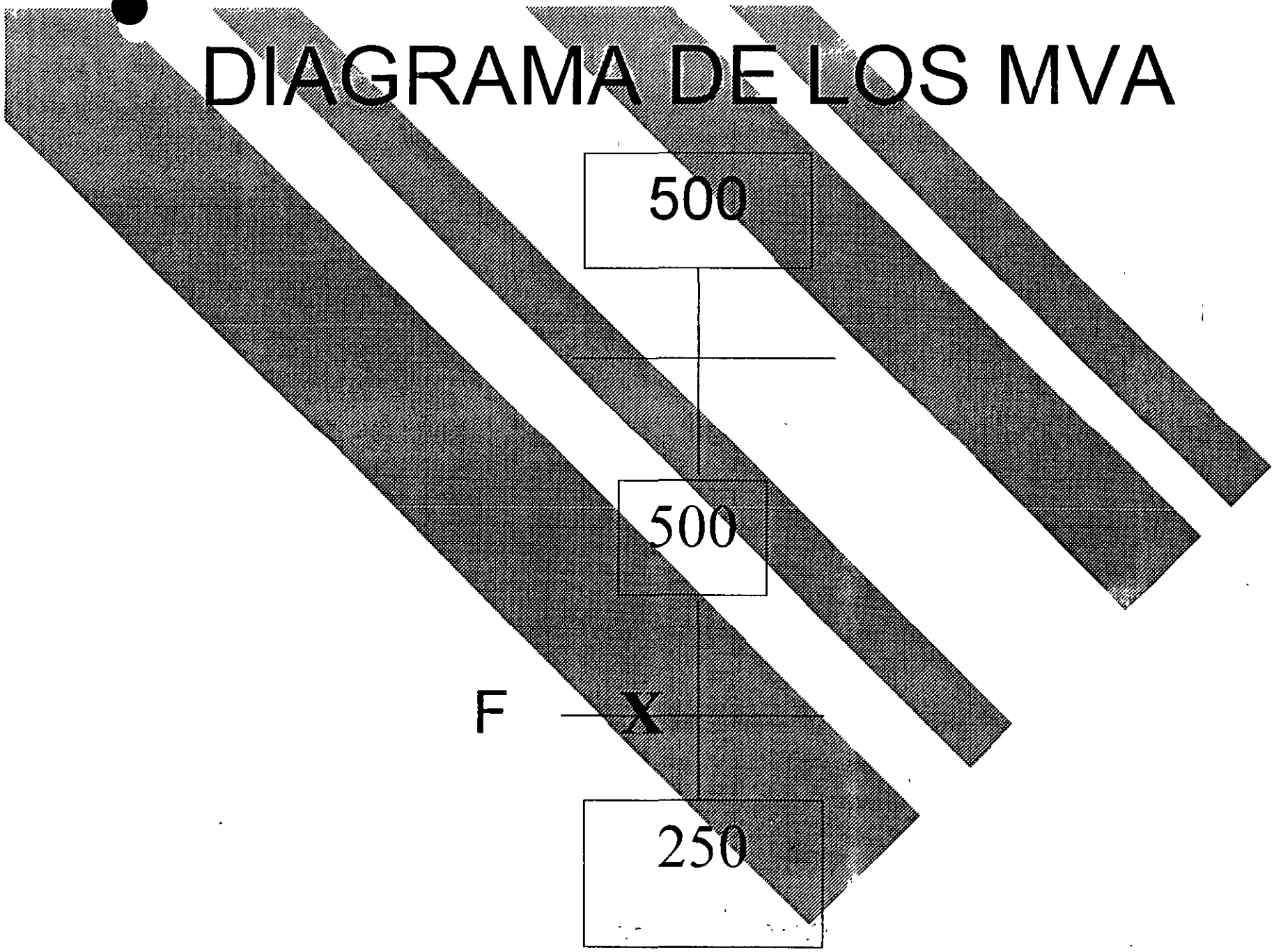
- $Y = 1 / Zohms$
- $KVAcc = 1000 \times (KV)^2 \times Y$
- $MVAcc = (KV)^2 \times Y$
- $MVAcc = MVA / Z\ p.u.$

- Prácticamente el método de los MVA se usa separando el circuito en sus componentes y calculando cada componente con su propio bus infinito.

- Se pasa del diagrama unifilar del sistema en estudio a un diagrama de impedancias y al diagrama de MVA.

- La primer componente del sistema es la capacidad interruptiva del sistema bajo estudio en MVA y el resto de componentes del diagrama en MVA se obtiene, como se indicó antes, dividiendo la potencia del elemento expresada en MVA entre su impedancia expresada en por unidad.

# DIAGRAMA DE LOS MVA



Los MVA de corto circuito de cada componente se obtienen de dividir su propia potencia entre sus impedancias expresadas en por unidad.

- Si en el diagrama de impedancias anterior se supone ocurre una falla en el punto F entonces fluirá la corriente de las componentes 1 y 2 (en serie) y de la componente 3 que estará en paralelo así que la pregunta es ahora ¿Cómo combinar las MVA en serie? Y ¿Cómo en paralelo?

- La respuesta es bastante simple partiendo de la base que los elementos se pueden representar como admitancias para combinar dos elementos.

- En serie

$$MVA_{12} = [(MVA_1) \times (MVA_2)] / (MVA_1) + (MVA_2)$$

- En paralelo:

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

- Para el sistema que se esta usando como ejemplo la combinación de los elementos 1 y 2 que se encuentran en serie es:

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = 250$$

- Y los MVA de corto circuito se obtienen como la combinación en paralelo de $MVA_{12}$ y $MVA_3$ es decir:

$$MVAcc = MVA_{12} + MVA_3 = 250 + 250 = 500$$

- Si se desea conocer la corriente de corto circuito simétrica en el punto de falla a partir de la potencia del corto circuito se tiene que para el bus de 13.8 KV.

$$Icc = \frac{MVA \times 1000}{V3 \times KV} = \frac{500 \times 1000}{V3 \times 13.8} = 20918.48\ A$$

- Se puede resumir que el método de los MVA consiste en lo siguiente:

1. Partir de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se indiquen en cada elemento (numerado) su potencia en MVA y su impedancia en por unidad.

2. Se convierten todos los componentes del diagrama unifilar del sistema a sus MVA de corto circuito, dividiendo para cada componente sus MVA entre su reactancia en por unidad

   MVAcc = MVA / X(p.u.)

3. Obsérvese que a diferencia de otros métodos hasta este punto, el método de los MVA no requiere de una base común en MVA o KVA y tampoco es necesario cambiar las impedancias de base.

4. Para combinar los MVA que aparecen en lo que se ha llamado el diagrama de los MVA se siguen las reglas siguientes:

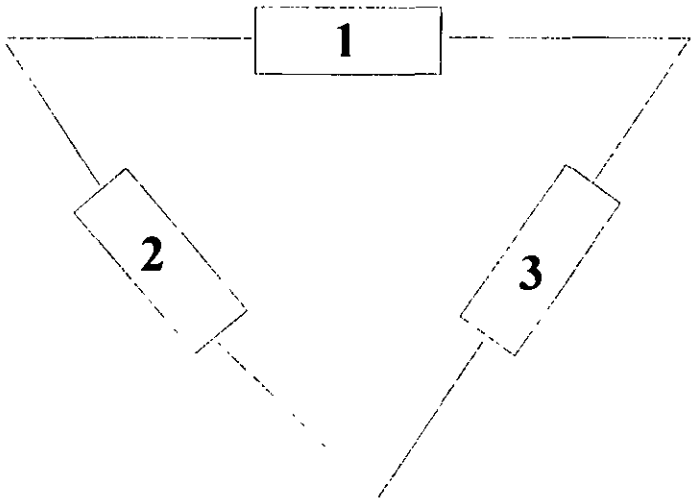
–Elementos en serie se combinan como si fueran resistencias en paralelo, es decir si se trata de dos elementos en paralelo, por ejemplo:

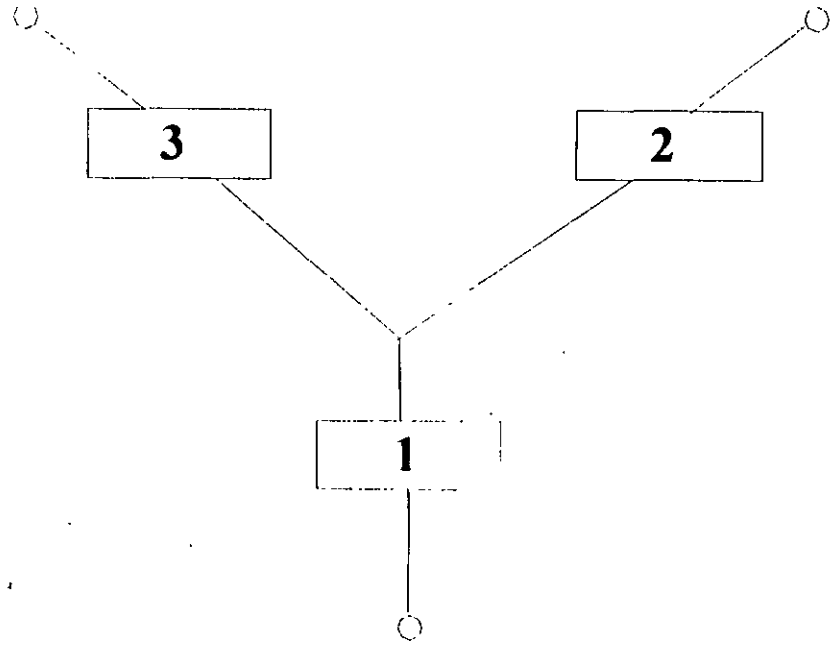
$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

- Elementos en paralelo se combinan como si se tratara de resistencias en serie es decir, si se trata por ejemplo de dos elementos en paralelo

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

- Cuando los elementos se encuentran en una combinación delta y se desea convertir a una estrella se aplica la regla siguiente:



- Si se designan como Y los MVA en la conexión estrella y D los MVA en la conexión delta la conversión se obtiene con las relaciones que se indican a continuación:

$$y_1 = S/D_1$$

$$y_2 = S/D_{20}$$

$$y3 = S/D_3$$

Siendo:

$$S = ( D_1 \times D_2 ) + ( D_2 \times D_3 ) + ( D_3 \times D_1 )$$

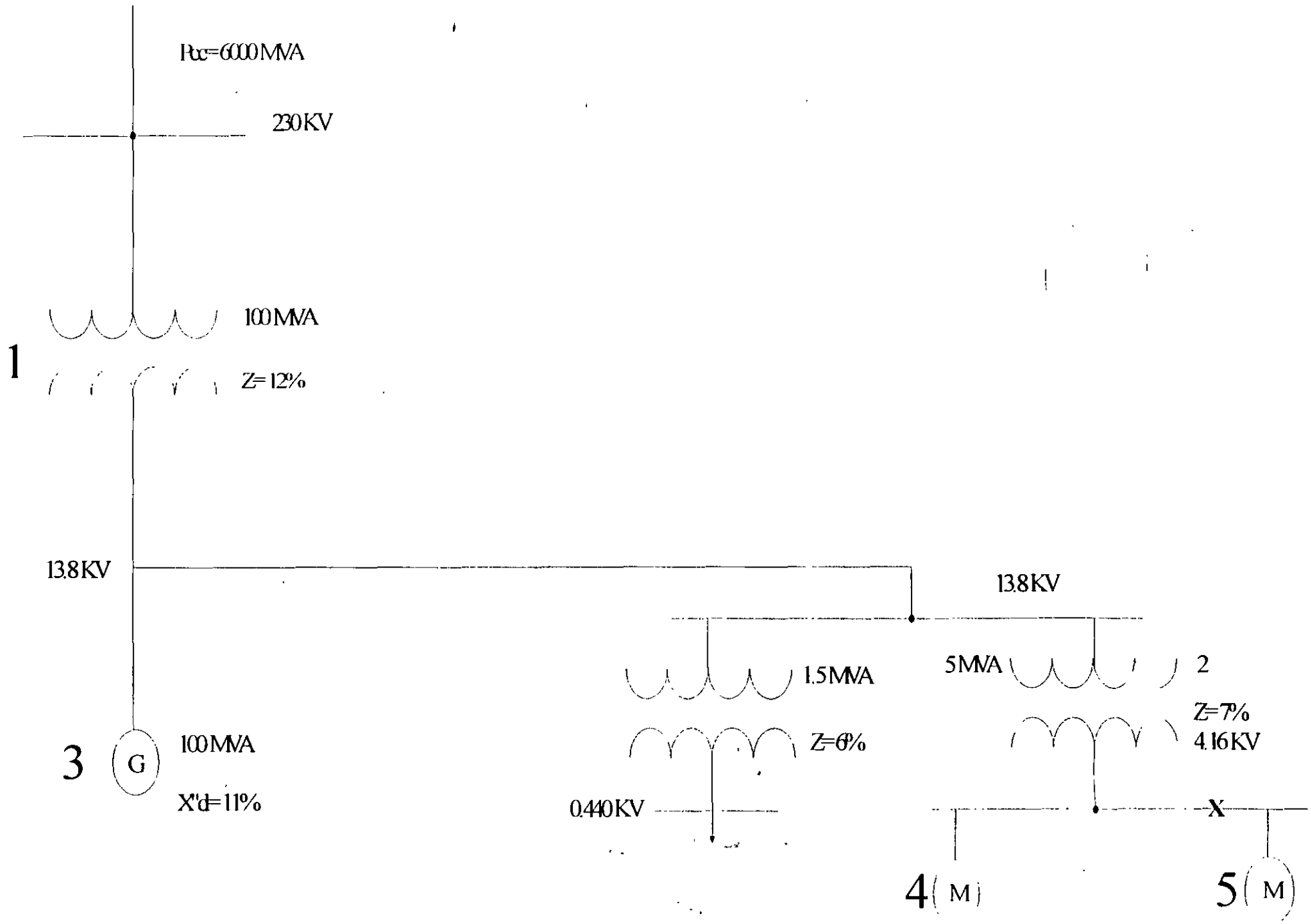
5. Si se desea calcular la corriente de corto circuito en el punto de falla se aplica la expresión:

$$Icc = \frac{MVA \times 1000}{V3 \times KV}$$

Donde MVA representa los MVA equivalentes en el punto de la falla y KV es la tensión en el mismo punto.

# EJEMPLO:

- Usando el método de los MVA calcular la potencia y corriente para un corto circuito trifásico para el sistema mostrado en la figura, considerando la falla en la barra de 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia


Pcc=6000 MVA
230 KV
100 MVA
1
Z= 12%
13.8 KV
3
G
100 MVA
X'd=11%
1.5 MVA
Z=6%
0.440 KV
13.8 KV
5 MVA
2
Z=7%
4.16 KV
X
4
M
5
M

# SOLUCIÓN:

- Los elementos se numeran arbitrariamente y no se considera en esta numeración al transformador de 1.5 MVA por no tener influencia para la falla considerada.

- Obteniendo los MVA en corto circuito para cada elemento; para los motores es necesario convertir primero su potencia a MVA.

- Motor de 3000 HP

$$MVA = \frac{0.746 \times HP}{\cos \varphi} = \frac{0.746 \times 3000}{0.85}$$

$$MVA = 2.633 \text{ [MVA]}$$

- Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

$$MVA = \frac{0.746 \times 10 \times 250}{0.85} = 2.194 \text{ [MVA]}$$

- Las reactancias son:
  - Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

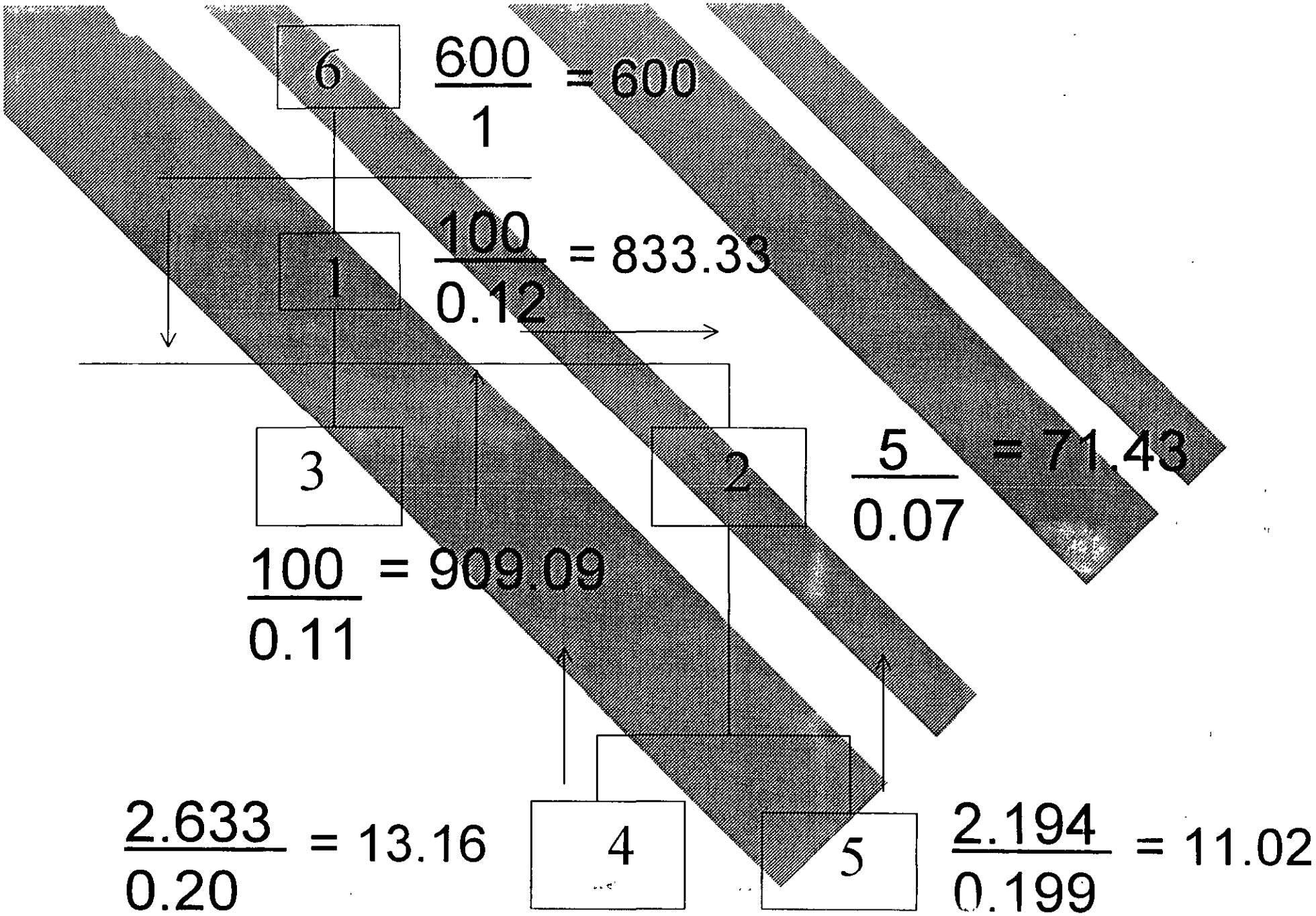
$$X_M = \frac{IN/5IN \times 100}{2.633} = 7.6\% \text{ / MVA}$$

$$X_M = 0.20 \text{ p.u.}$$

  - Para el motor de 2500 HP (2.194 MVA)

$$X_M = \frac{IN/5IN \times 100}{2.194} = 9.116\% \text{ / MVA}$$

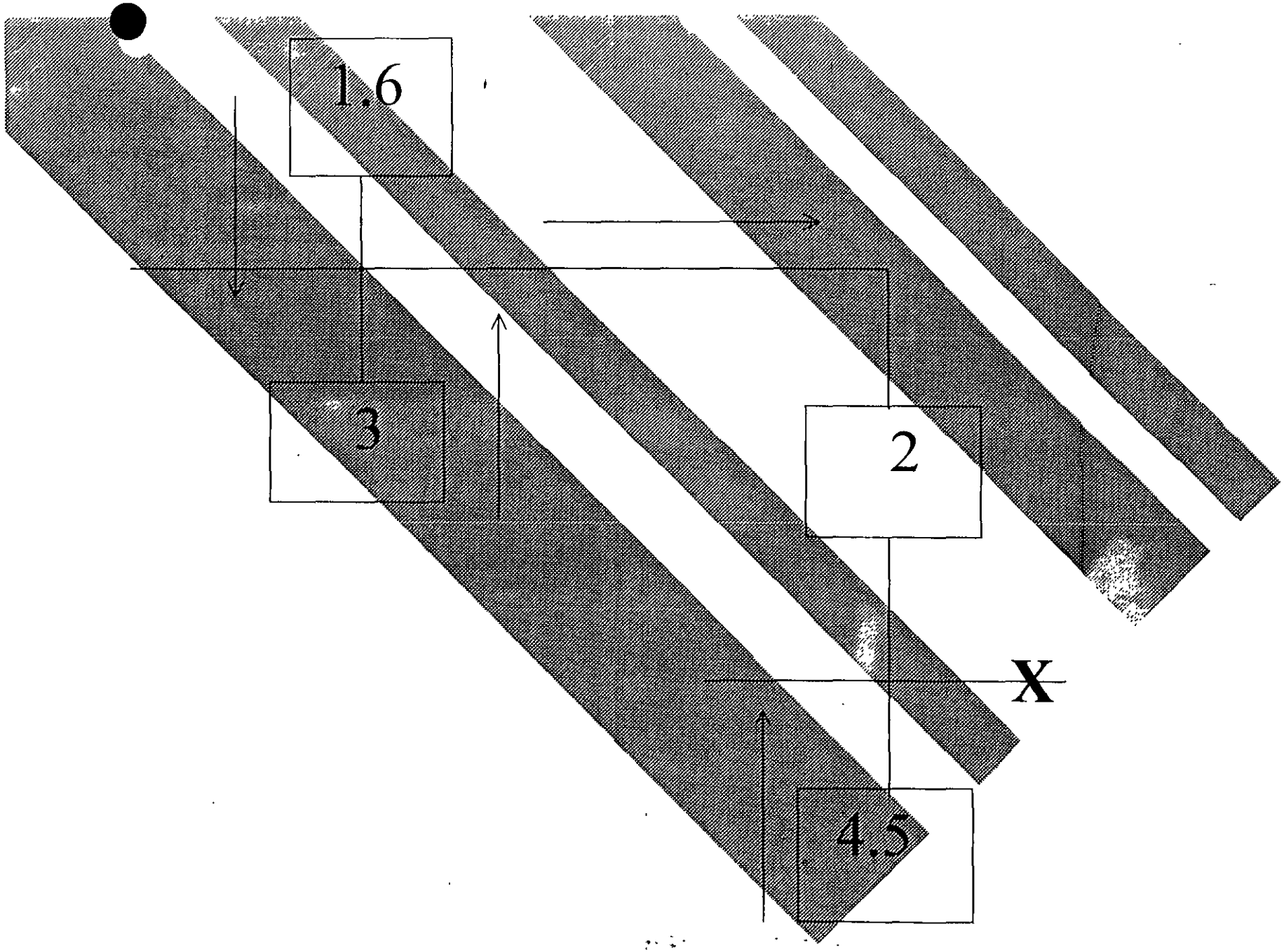
$$X_M = 0.199 \text{ p.u.}$$


6
600 / 1 = 600
1
100 / 0.12 = 833.33
3
2
5 / 0.07 = 71.43
100 / 0.11 = 909.09
2.633 / 0.20 = 13.16
4
5
2.194 / 0.199 = 11.02

- Haciendo las combinaciones:

$$MVA_{16} = \frac{MVA_1 \times MVA_6}{MVA_1 + MVA_6}$$

$$MVA_{16} = \frac{6000 \times 833.33}{6000 + 833.33} = 731.70 \text{ [MVA]}$$

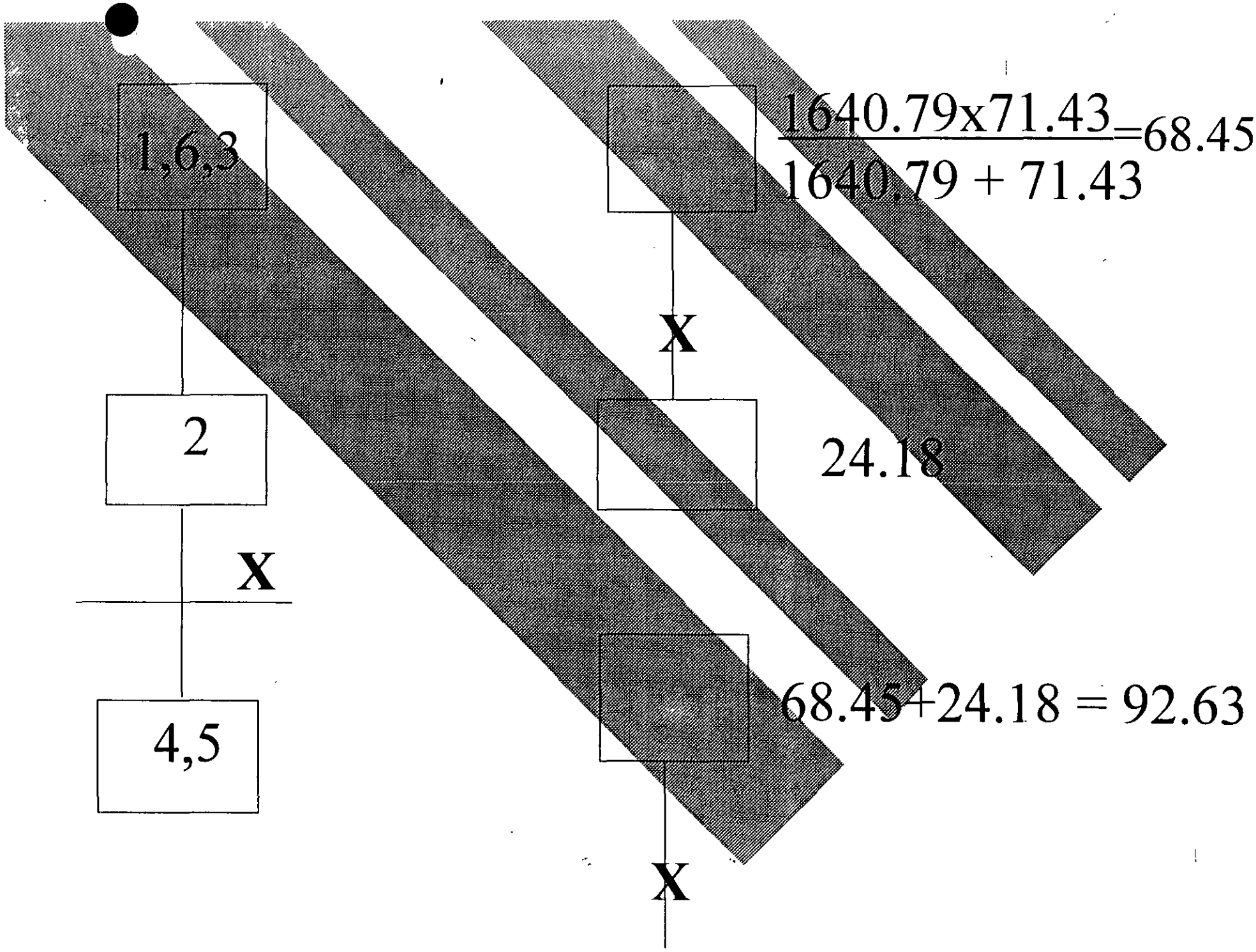



$$MVA_{4,5} = 13.16 + 11.02 = 24.18$$

$$MVA_{4,5} = 13.16 + 11.02 = 24.18$$

$$731.70 + 909.09 = 1640.79$$

$$\frac{1640.79 \times 71.43}{1640.79 + 71.43} = 68.45$$


1,6,3
2
X
4,5
X
X
1640.79x71.43 =68.45
1640.79 + 71.43
24.18
68.45+24.18 = 92.63

- Por lo que la corriente de corto circuito es:

$$Icc = \frac{92.63}{V3 \times 4.16} = 12.85 \text{ KA}$$

# METODO DEL BUS INFINITO

- Este método constituye un caso particular del método general de estudios de corto circuito por el método de las componentes simétricas en el que se considera solo la falla trifásica o sea que solo interviene en el estudio el diagrama de secuencia positiva.

- En principio el corto circuito es alimentado por una fuente infinita que incluye a la red y las distintas plantas generadoras del sistema, constituyendo la parte activa siendo la parte pasiva las impedancias de los distintos elementos.

- El procedimiento de cálculo es el siguiente:

a) Se parte de un diagrama unifilar en donde se representan a los elementos del sistema con sus datos de potencia, tensión e impedancia.

b) Se refieren las impedancias a valores base de potencia y tensión de sus propios equipos.

c) Se hace la reducción de impedancias por serie-paralelo y transformaciones delta-estrella o estrella-delta, hasta obtener una impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla seleccionado.

d)Las corrientes y potencia de corto circuito en el punto de falla se calculan como:

$$Icc = kVAbase/\sqrt{3}*kVbase*Zeq(pu)]$$

donde:

- Icc= Corriente de corto circuito simétrica en amperes o KA.
- KVAbase= Base de potencia seleccionada
- Kvbase= Base de tensión en el punto de falla. Zeq (p.u.)= Impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla en (p.u.)

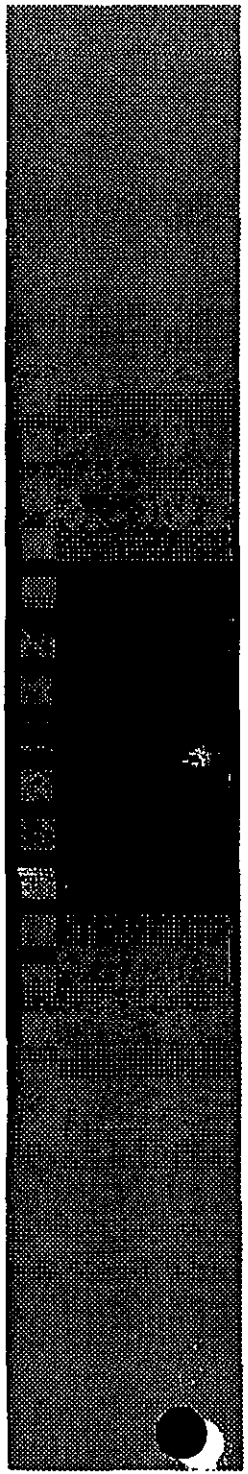
- La corriente de corto circuito asimétrica se puede calcular como:

$$\mathbf{IccA = KIcc}$$

- K=Factor de asimetría que depende de la relación R/X para el sistema.

- Al respecto se pueden hacer los siguientes comentarios:

a)Se puede emplear el factor K para el menor de relación R/X.



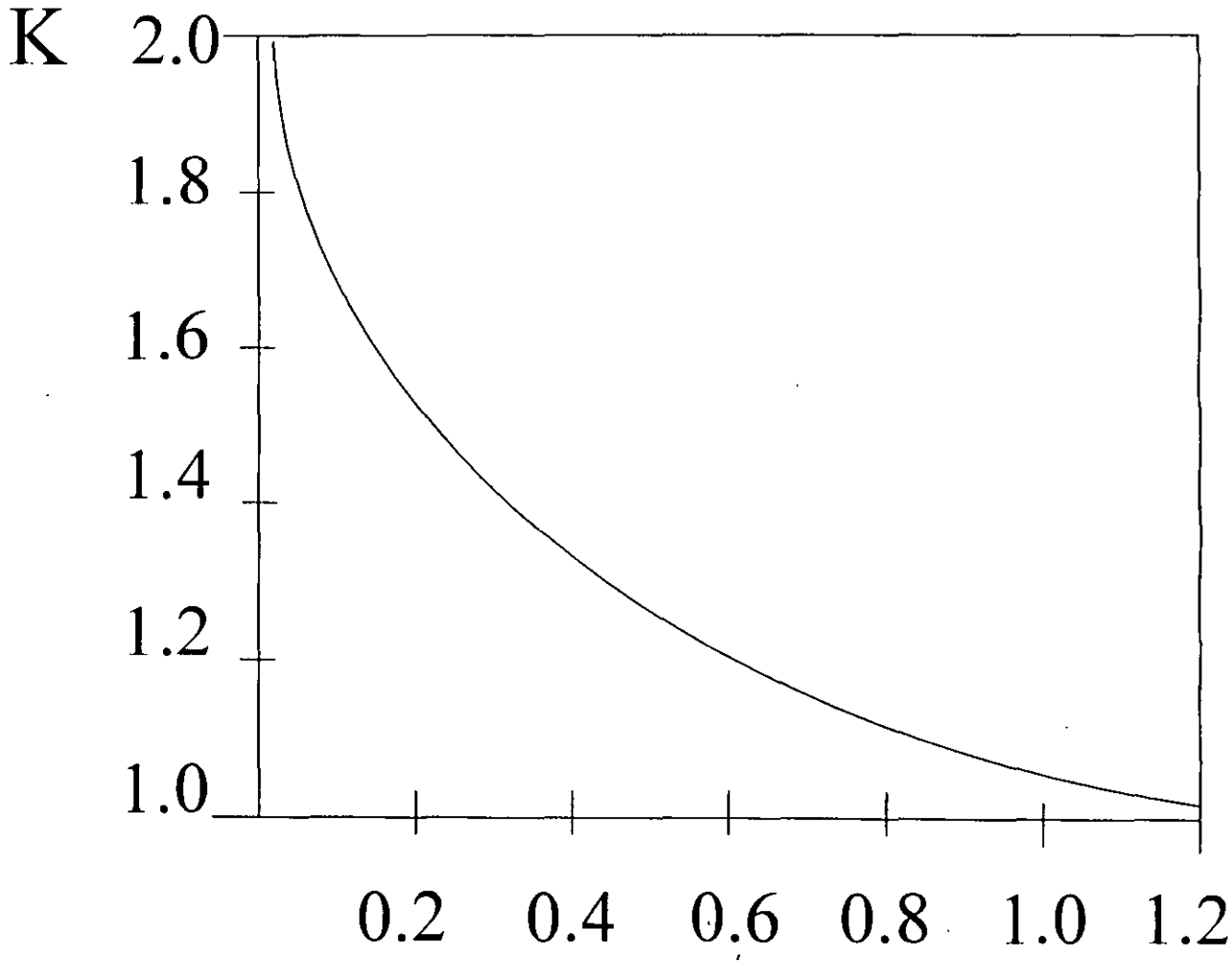
b)El factor se forma con la relación R/X de la red resultante ZK =RK + JXK en el punto de falla en cuyo caso la corriente de corto circuito asimétrica se puede.

c)Calcular como 1.5K o sea que el mínimo valor seria 1.15 y normalmente el máximo no excede de 1.8.

d) El valor máximo de K= 2.0 se obtiene solo cuando R= 0 que equivaldría a una falla en las terminales del generador, pero aún en estos casos se ha demostrado que en generadores con potencias inferiores a 100 MVA el factor de asimetría máximo es 1.8 y lo mismo ocurre en grupos generador-transformador conectados en bloque cuando ocurre un corto circuito en el lado de alta tensión del generador (en este caso se puede considerar exactamente K= 1.9)

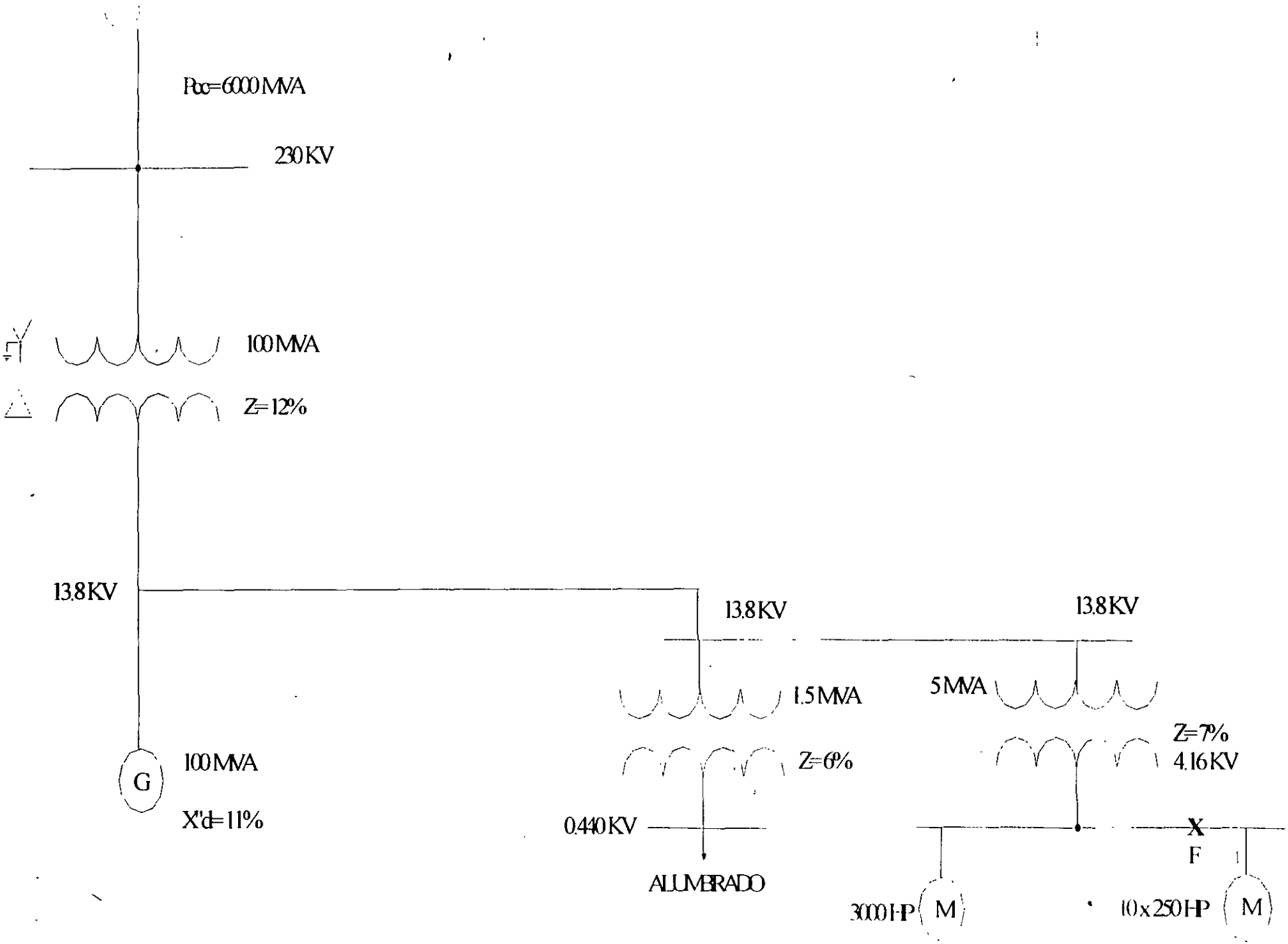
- La potencia de corto circuito en el punto de falla se puede calcular como:

$$Pcc = \frac{KVAbase}{Zeq} \quad (p.u.)$$


K
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2

# EJEMPLO

- Por el método del bus infinito calcular las corrientes de corto circuito para el sistema mostrado en la siguiente figura


Pcc=6000 MVA
230 KV
100 MVA
Z=12%
13.8 KV
G
100 MVA
X'd=11%
13.8 KV
1.5 MVA
Z=6%
0.440 KV
ALUMBRADO
13.8 KV
5 MVA
Z=7%
4.16 KV
X
F
3000 HP
M
10 x 250 HP
M

# SOLUCIÓN

- Calculando Las reactancias de los distintos elementos constitutivos de la red.

- Impedancia equivalente de la red de 230 KV con una potencia de corto circuito de 6000 MVA.

$Zs = 100/6000 = 0.0166\ \%/MVA$

- Transformador de 100 MVA

$Z_T = Z\%/Sb = 12/100 = 0.12\ \%/MVA$

- Generador G

$Z_G = Xd''/100 = 11/100 = 0.11\%/MVA$

- Transformador de 5 MVA 13.8/4.16 KV

$Z_T = 7/5 = 1.4\%/MVA$

- Transformador de 1.5 MVA 13.8/0.440 KV

  $Z_T = 6/1.5 = 4\%/MVA$

- Motor de inducción de 3000 HP.

  $X_M = In/IA/Sb \times 100$

- IA = Corriente de arranque del motor, se puede tomar como:

  IA = 5IN.

- I n = corriente nominal
- Sb = potencia nominal en MVA

- Considerando que operan a 0.85 de factor de potencia.

- $$Sb = \frac{(0.746 \times HP)}{Cos\varphi} = \frac{(0.746 * 3000)}{0.85}$$

  $$Sb = 2632.94 \text{ KVA} = 2.632 \text{ MVA}$$

- $$K_M = (In/5In)/2.632 \times 100 = 7.6\%/MV$$

- Para los 10 motores de 250 HP cada uno se puede tomar para los propósitos del estudio de corto circuito un motor equivalente de:

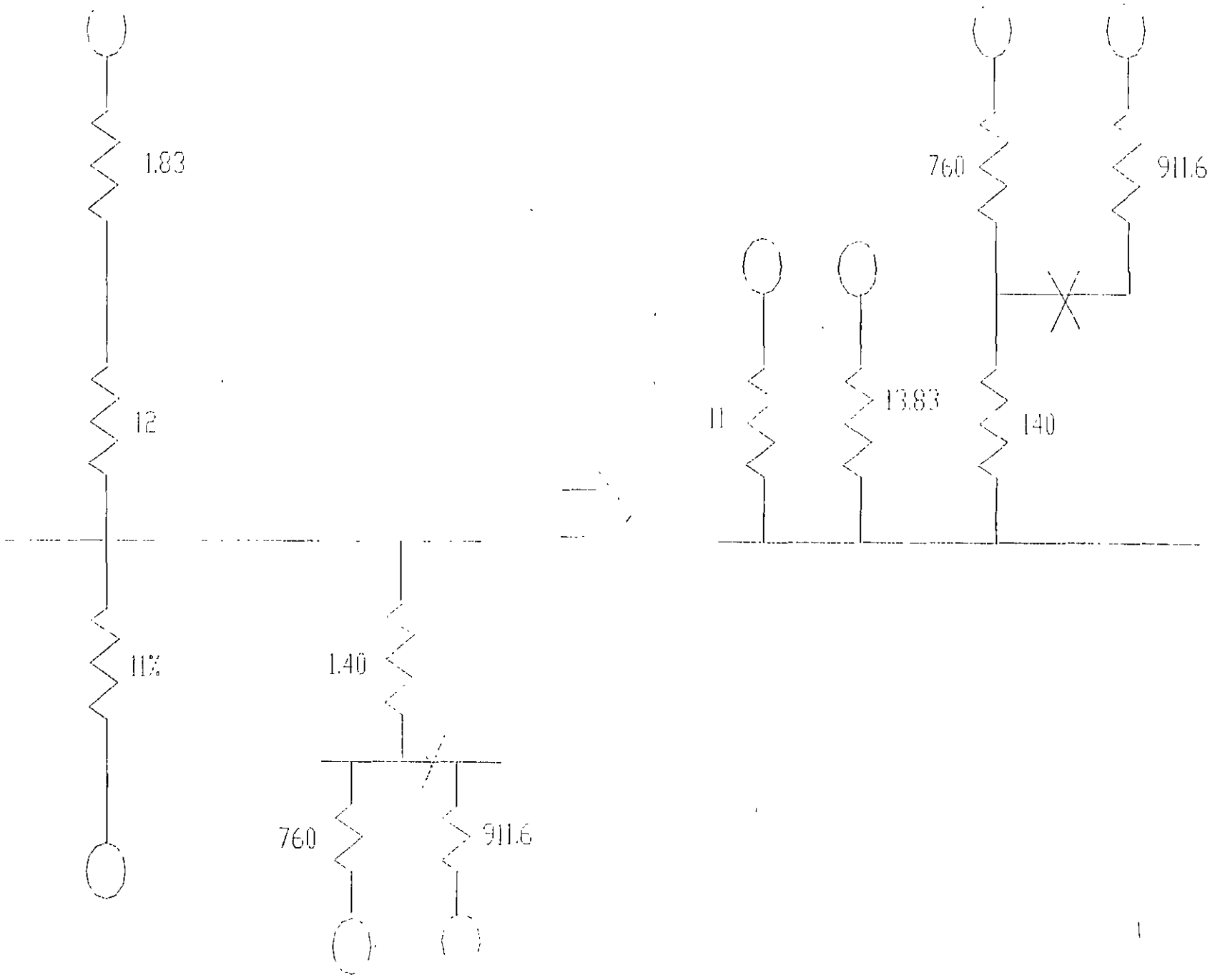
$$10 \times 250 = 2500 \text{ HP.}$$

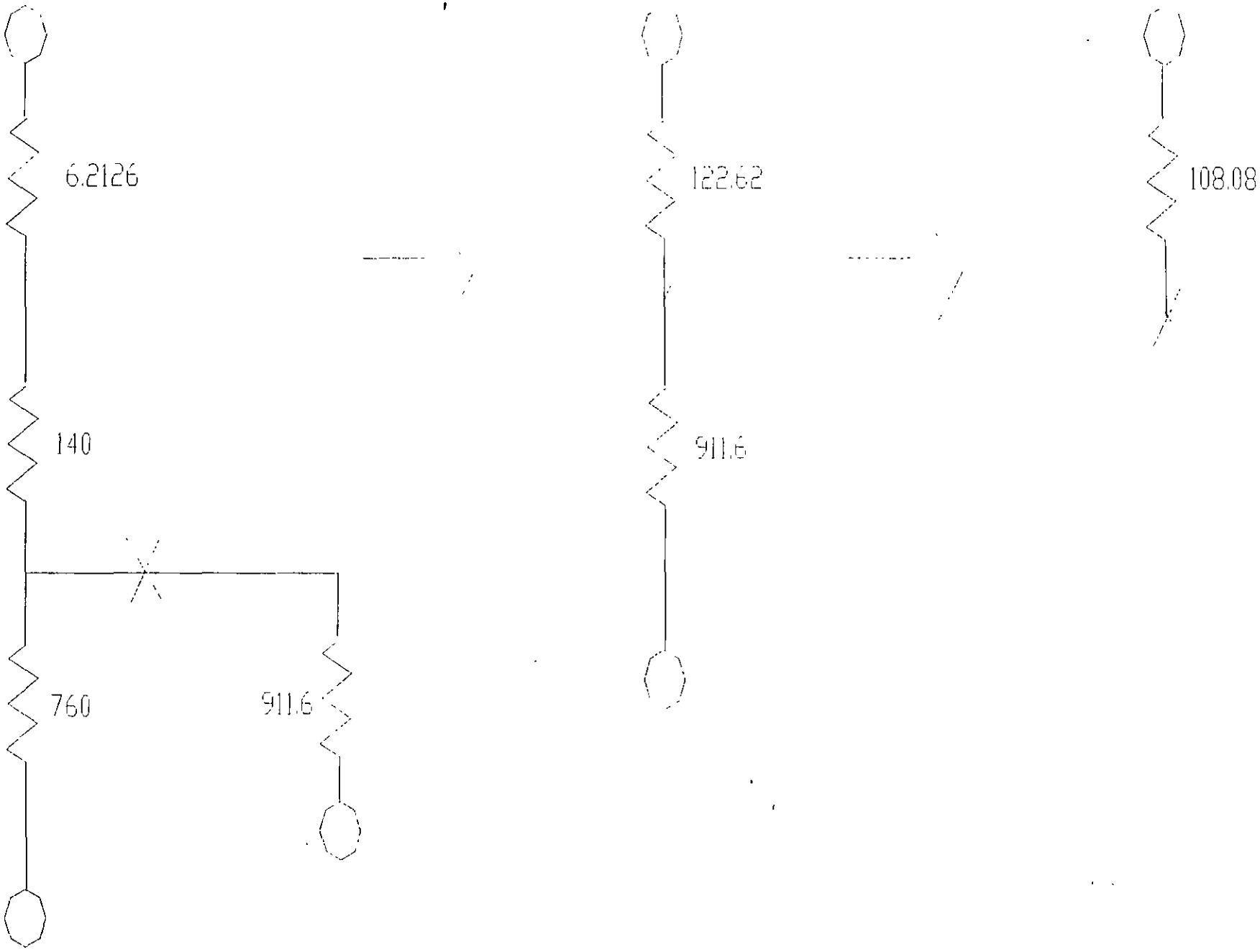
- Que considerando un factor de potencia de 0.85 tendrán una potencia nominal de:

$$Sb = 0.746*2500/0.85 = 2194.11 \text{ KVA}$$

- $K_M$= (In/5In)/2.194 x 100 = 9.116 %/MV

- El diagrama de impedancias para la localización de la falla es el siguiente: (refiriendo los valores calculados a una base de 100 MVA).


1.83
12
11%
1.40
760
911.6
760
911.6
11
13.83
140


6.2126
140
760
911.6
122.62
911.6
108.08

- La corriente de corto circuito simétrica:

Icc = 100,000/($\sqrt{3}$*4.16*1.0808)

Icc = 12.8506 kA

- La potencia de corto circuito simétrica:

- S = 100,000/1.0808

  S = 92.59 MVA

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

# *DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS*

## *MODULO III*
## *CA 136*

# *INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*TEMA*

*SISTEMAS DE PARARRAYOS*

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO**
**PALACIO DE MINERÍA**
**NOVIEMBRE DEL 2002**

# SISTEMAS de PROTECCION

## CONTRA

# DESCARGAS ATMOSFERICAS

---

RAYO o DESCARGA ATMOSFERICA:-

DESCARGA de ELECTRICIDAD ESTATICA QUE SE HA CONCENTRADO EN UNA NUBE.

MANIFESTACIONES:-

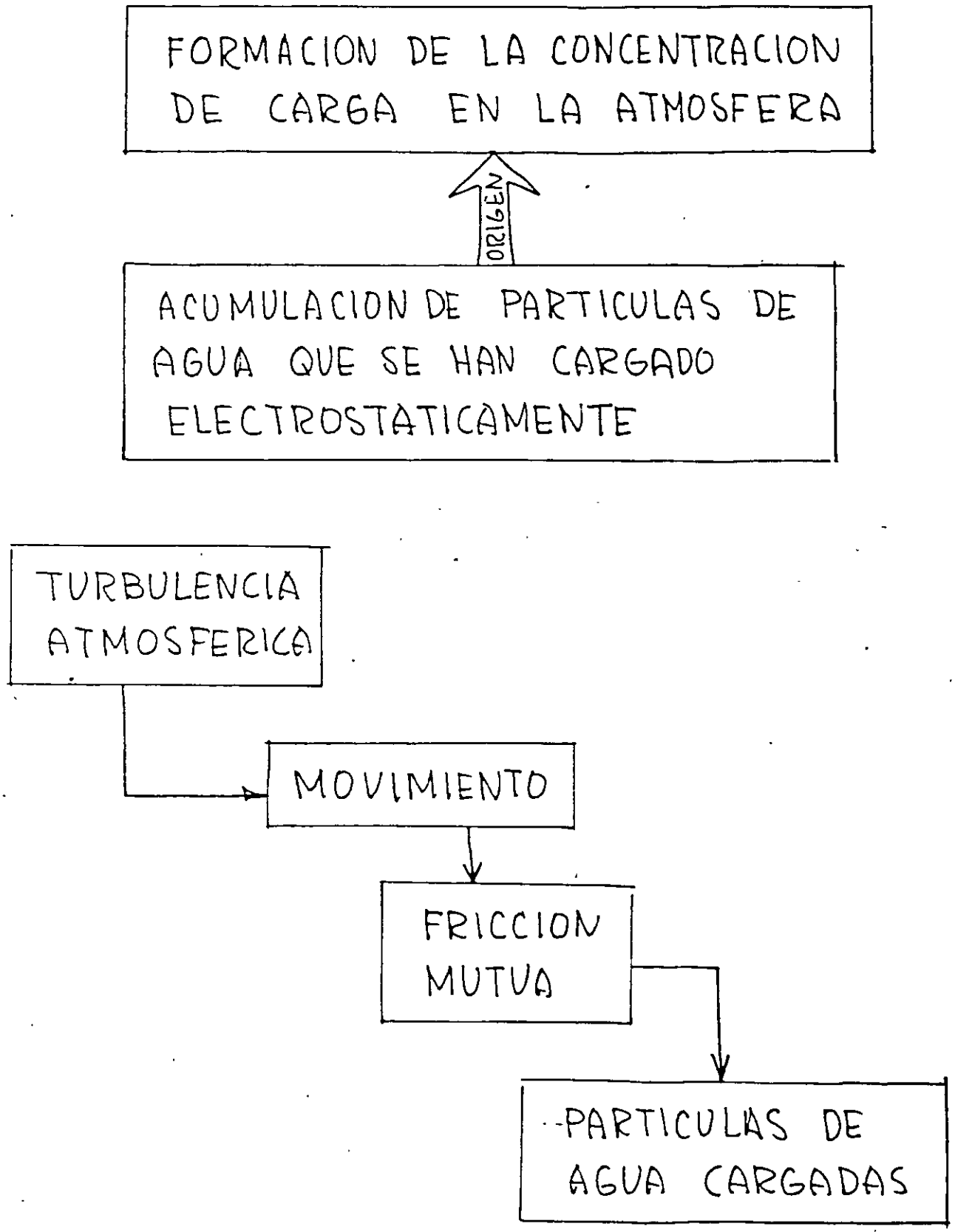
LUMINOSA : RELAMPAGO

SONORA: TRUENO

EFECTOS :-

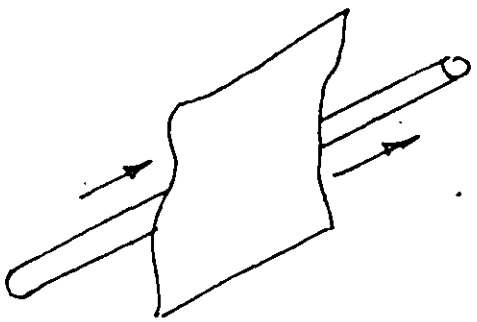
DAÑOS a PERSONAS y COSAS

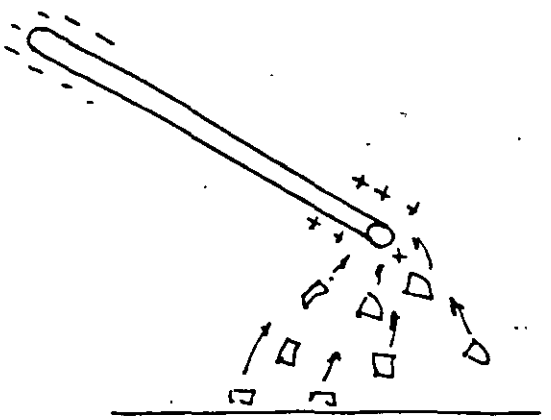
- EFECTOS TERMICOS $W = I^2R$
- EFECTOS DINAMICOS (CAMPO MAGNETICO)


FORMACION DE LA CONCENTRACION DE CARGA EN LA ATMOSFERA
ORIGEN
ACUMULACION DE PARTICULAS DE AGUA QUE SE HAN CARGADO ELECTROSTATICAMENTE
TURBULENCIA ATMOSFERICA
MOVIMIENTO
FRICCION MUTUA
PARTICULAS DE AGUA CARGADAS

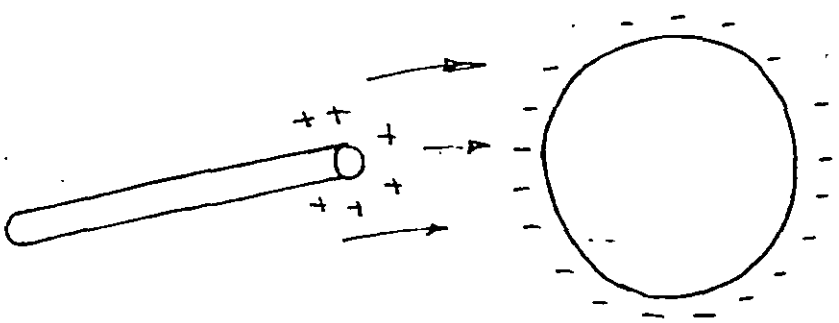
# MECANISMOS DE FORMACION DE CARGA ELECTROSTATICA:-

FRICCION :-

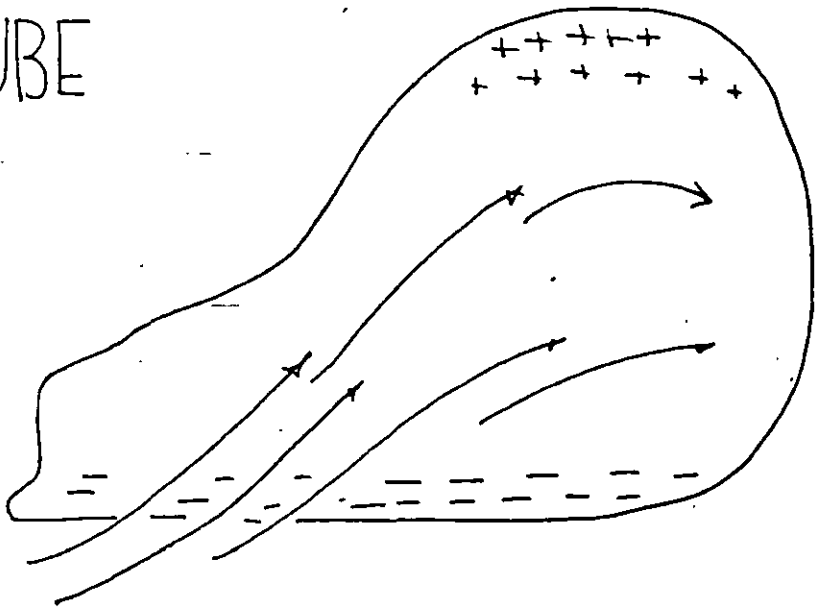




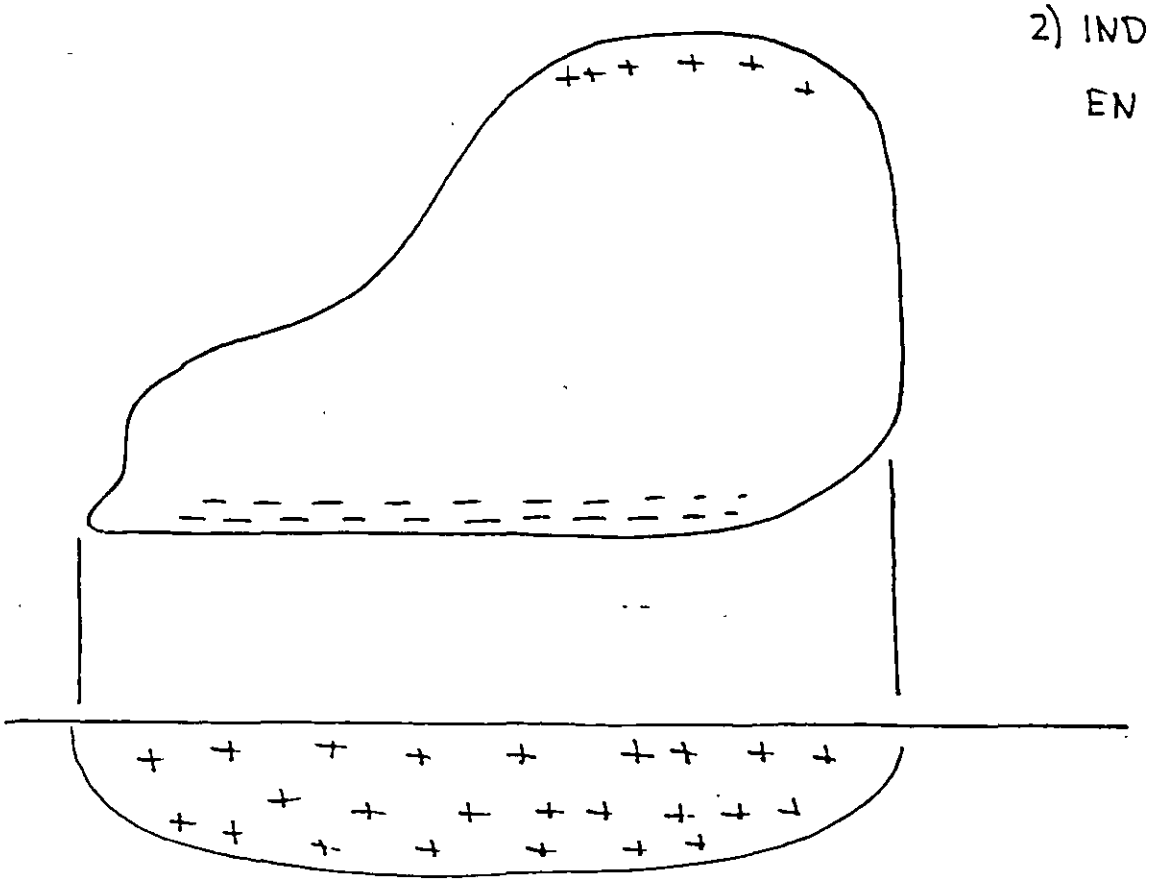
INDUCCION



# CARGAS EN UNA NUBE

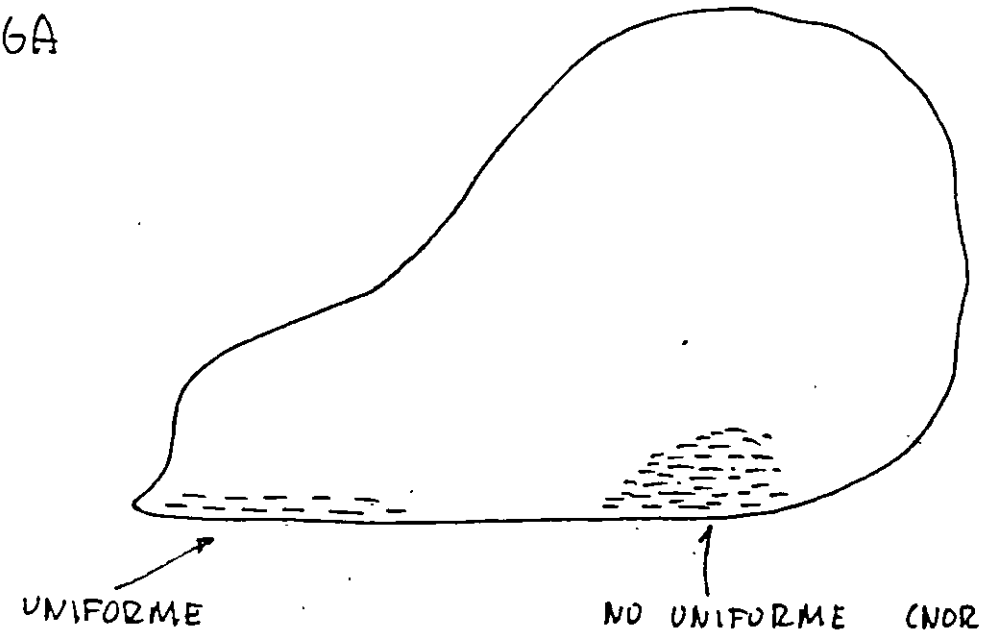


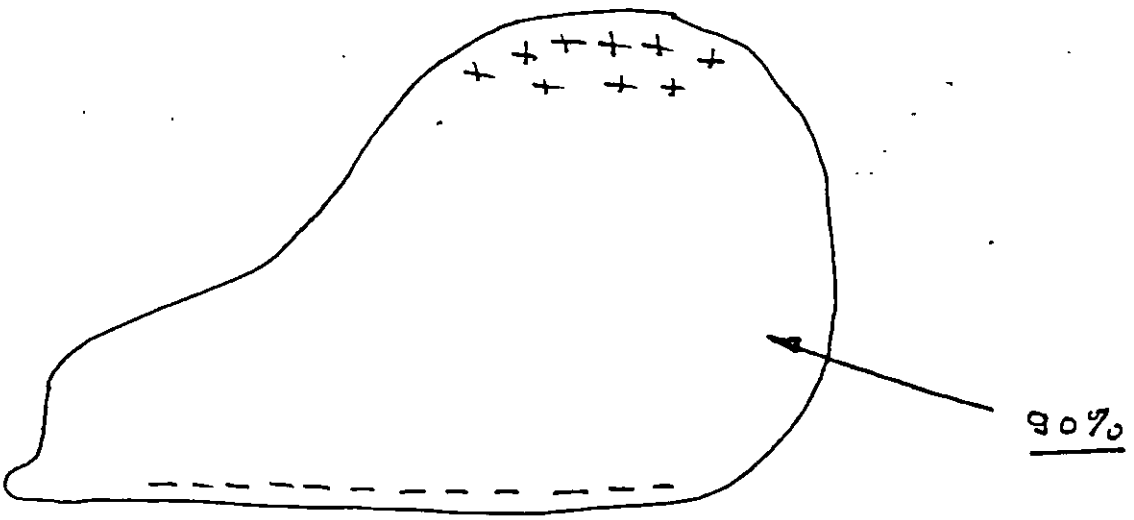
1) EN LA NUBE

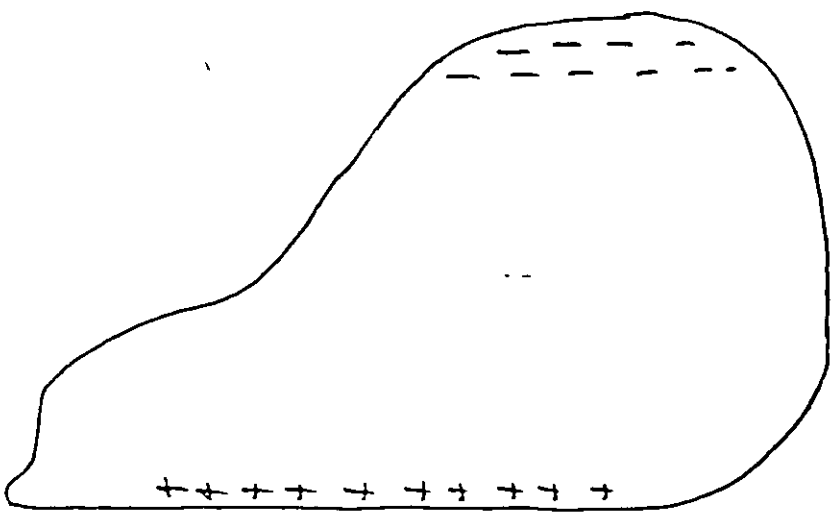


2) INDUCIDA EN TIERRA

# TIPOS DE CARGA

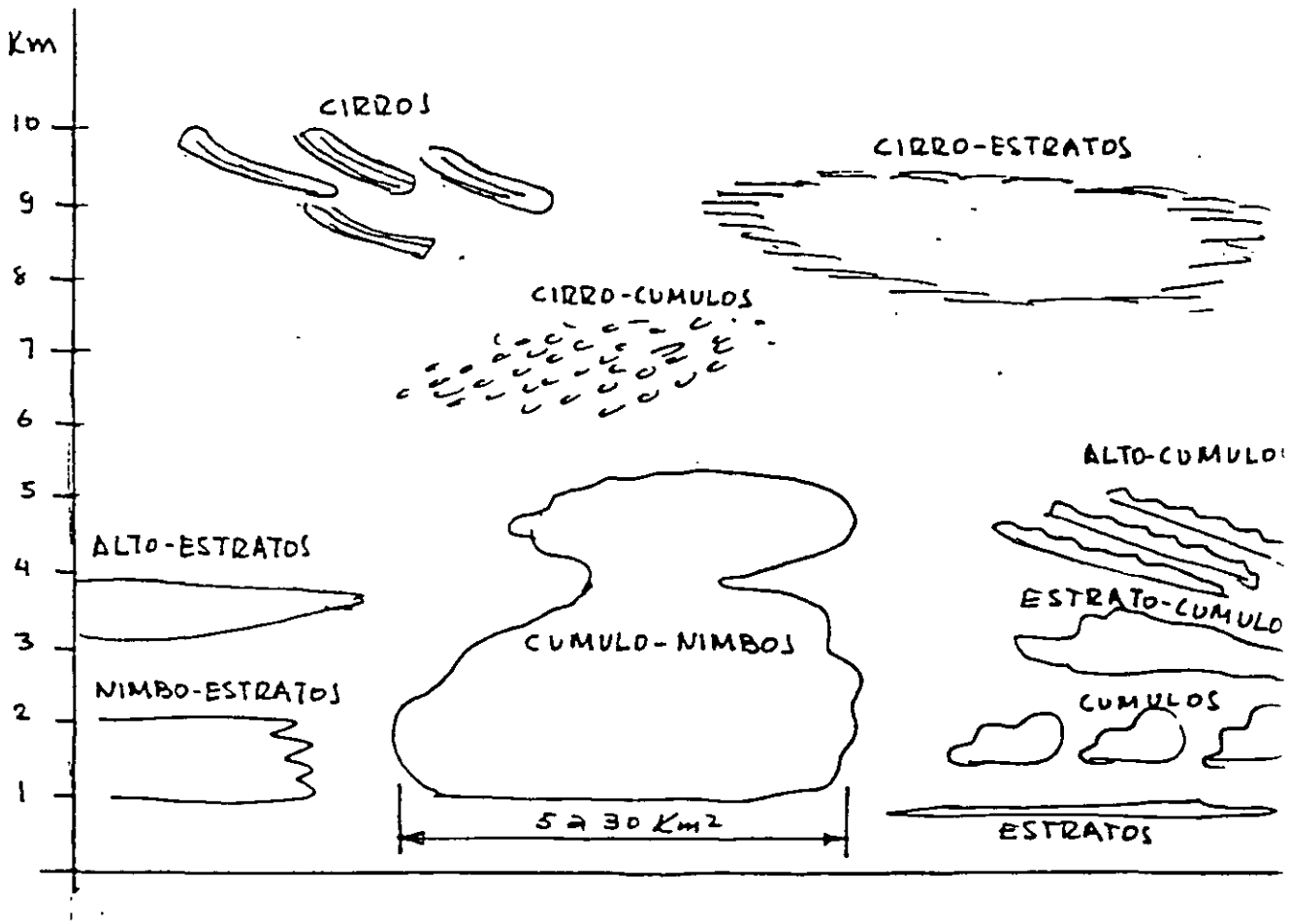


NUBES QUE ORIGINAN DESCARGAS

- CUMULOS
- CUMULO-NIMBOS

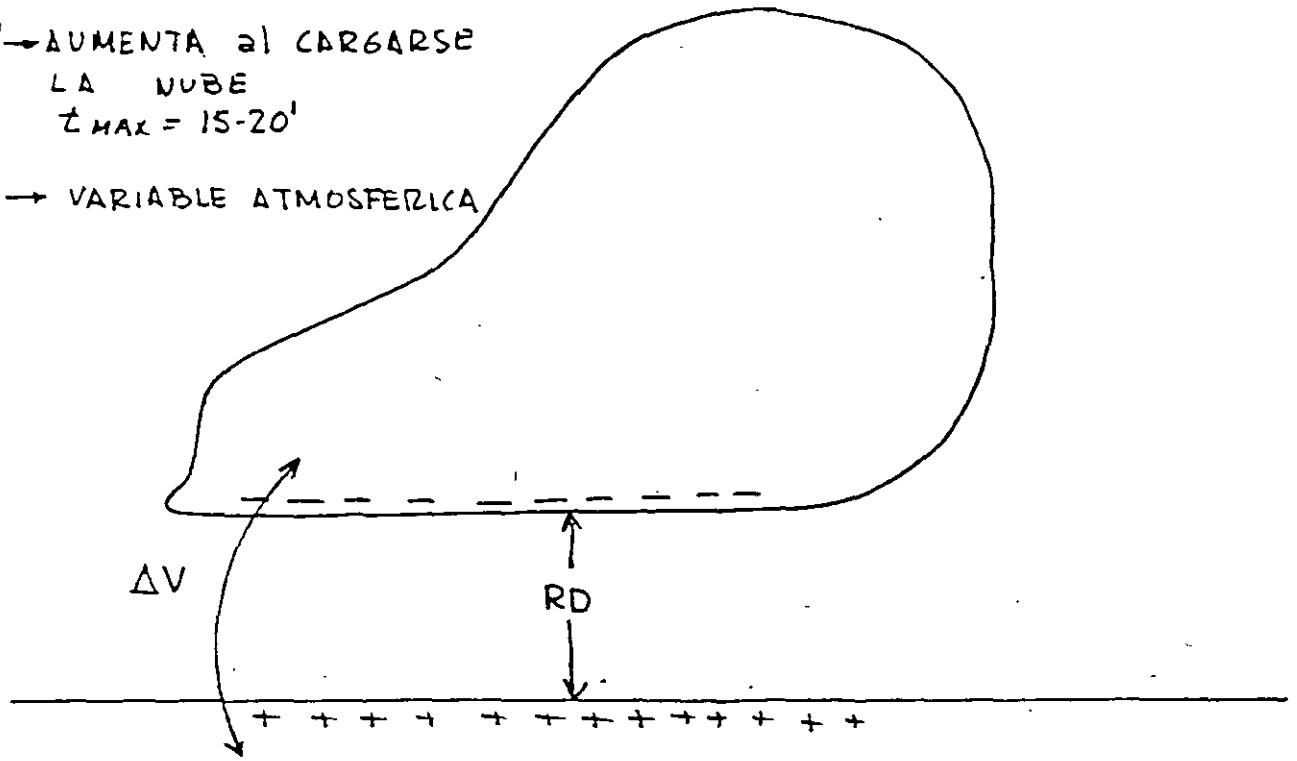


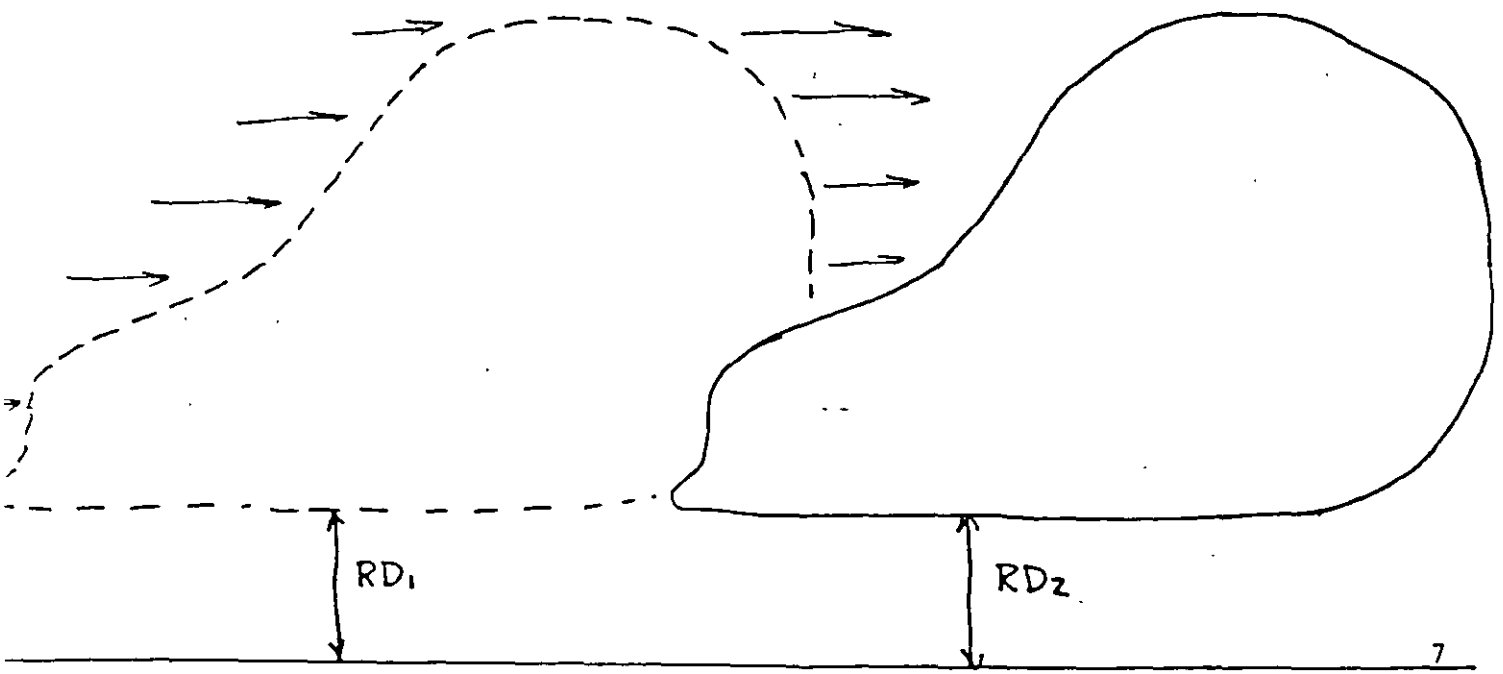
¿CUANDO OCURRE LA DESCARGA?

$RD < \Delta V \Rightarrow$ DESCARGA.

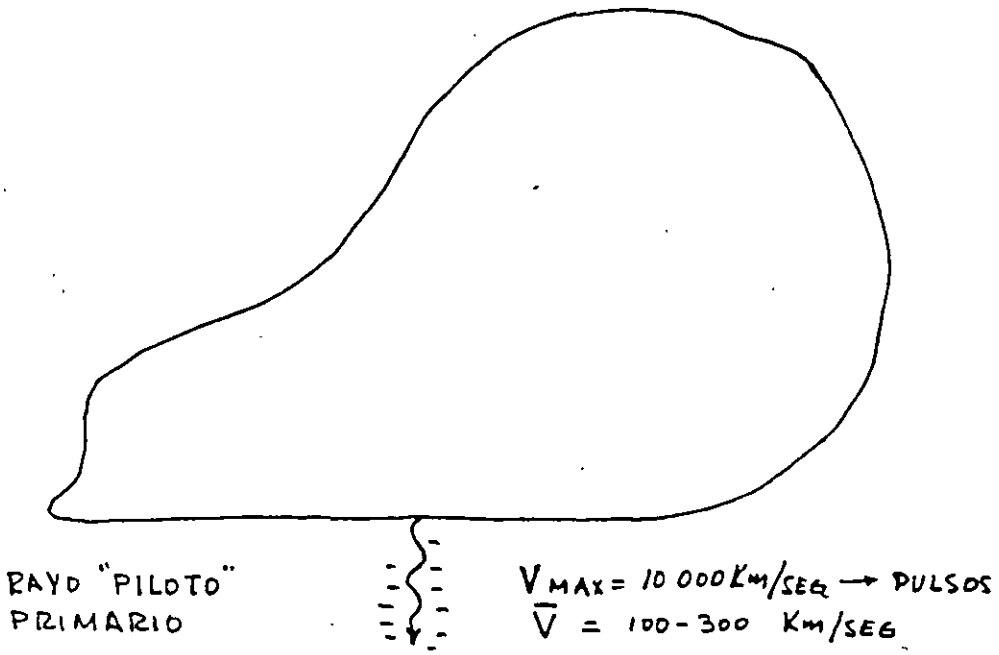
$\Delta V \rightarrow$ AUMENTA al CARGARSE LA NUBE
$t_{MAX} = 15\text{-}20'$

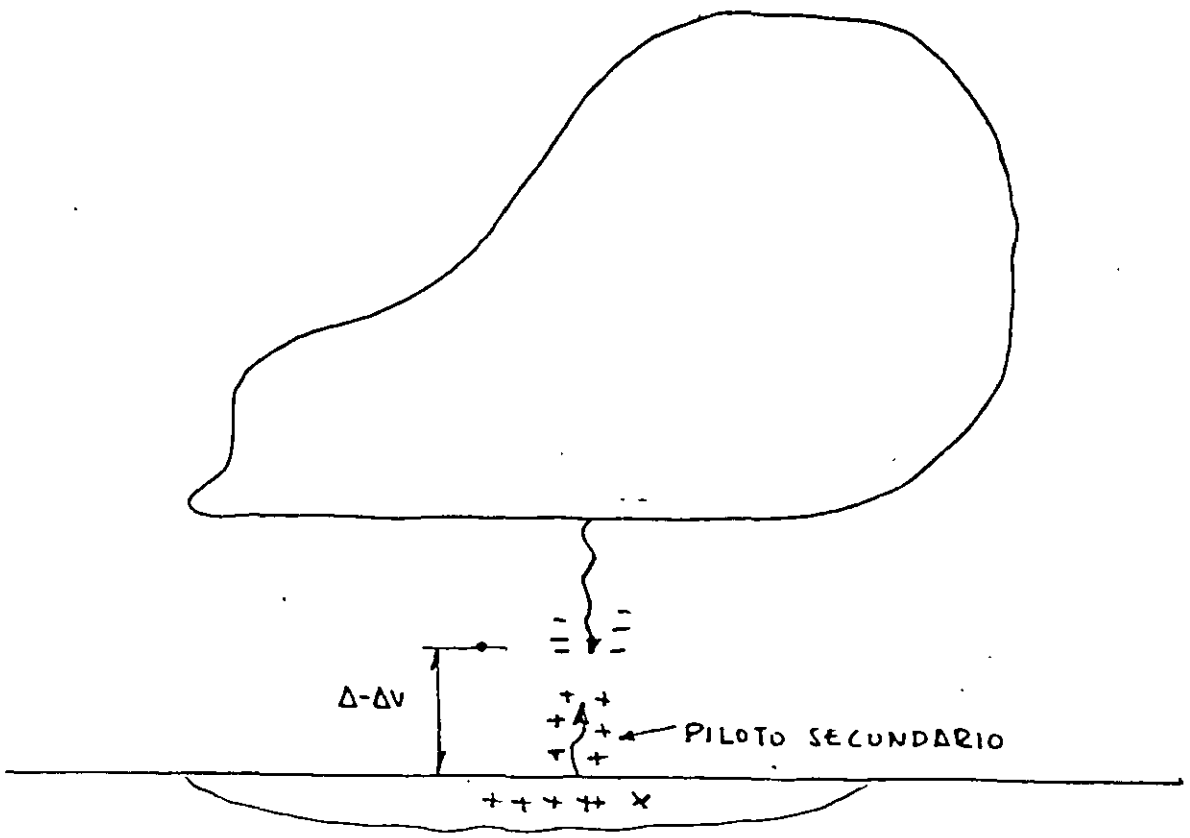
$RD \rightarrow$ VARIABLE ATMOSFERICA

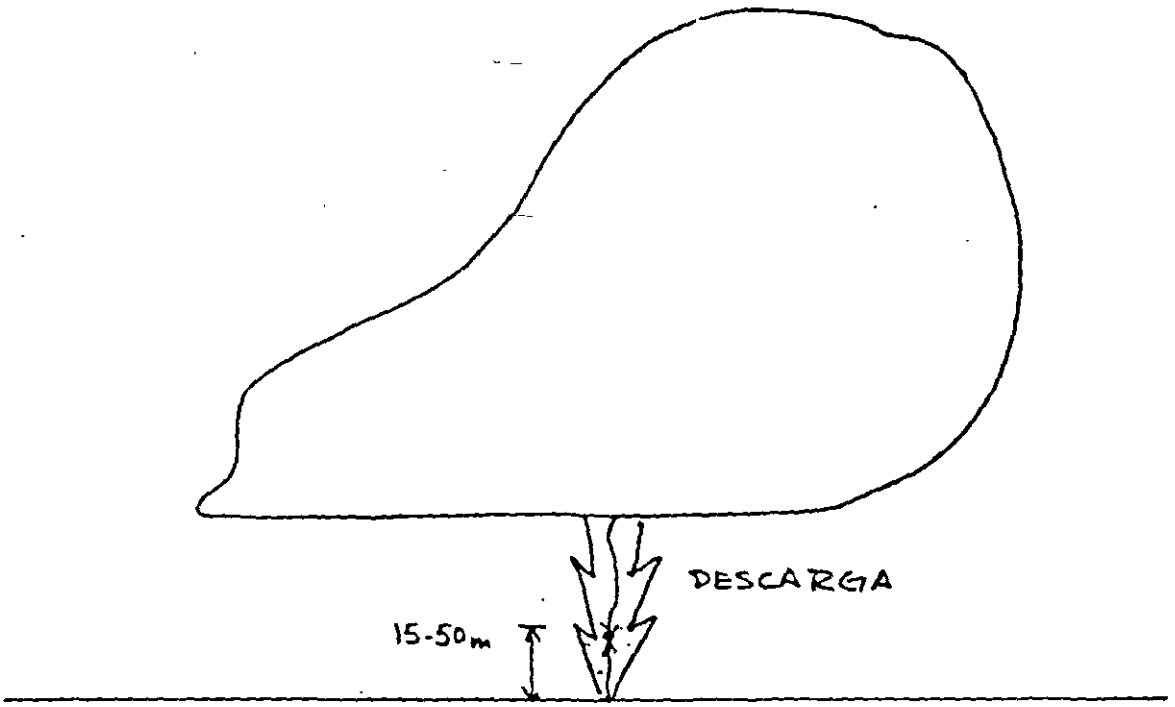


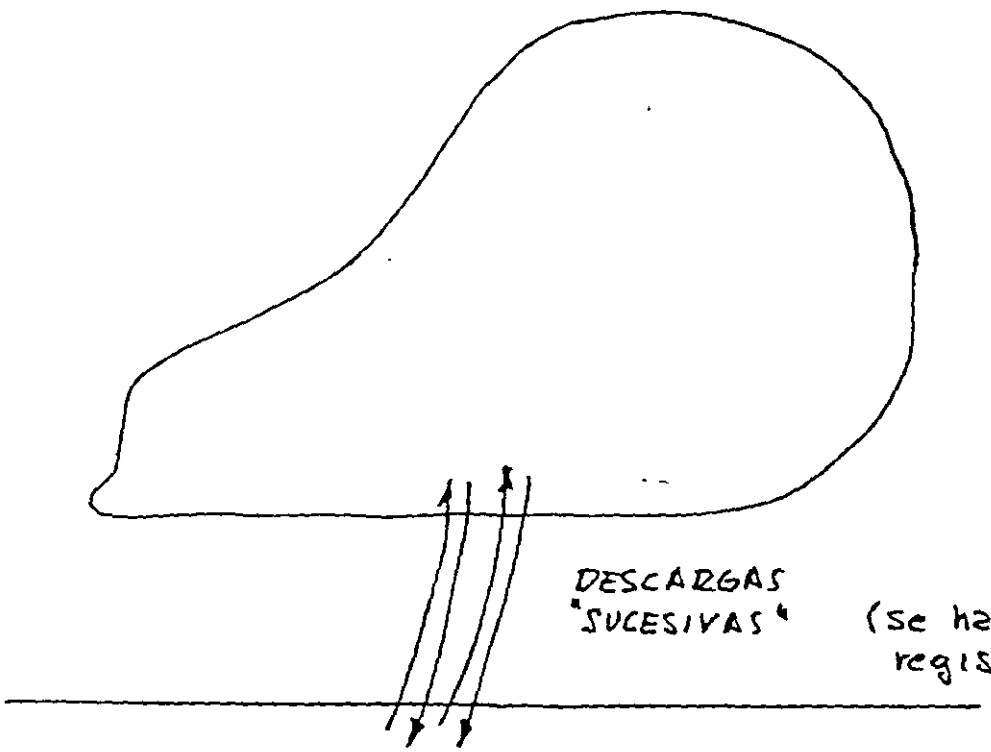




$RD_1 \neq RD_2$


RAYO "PILOTO"
PRIMARIO
$V_{MAX}$ = 10 000 Km/SEG → PULSOS
$\bar{V}$ = 100 - 300 Km/SEG


Δ-ΔV
PILOTO SECUNDARIO



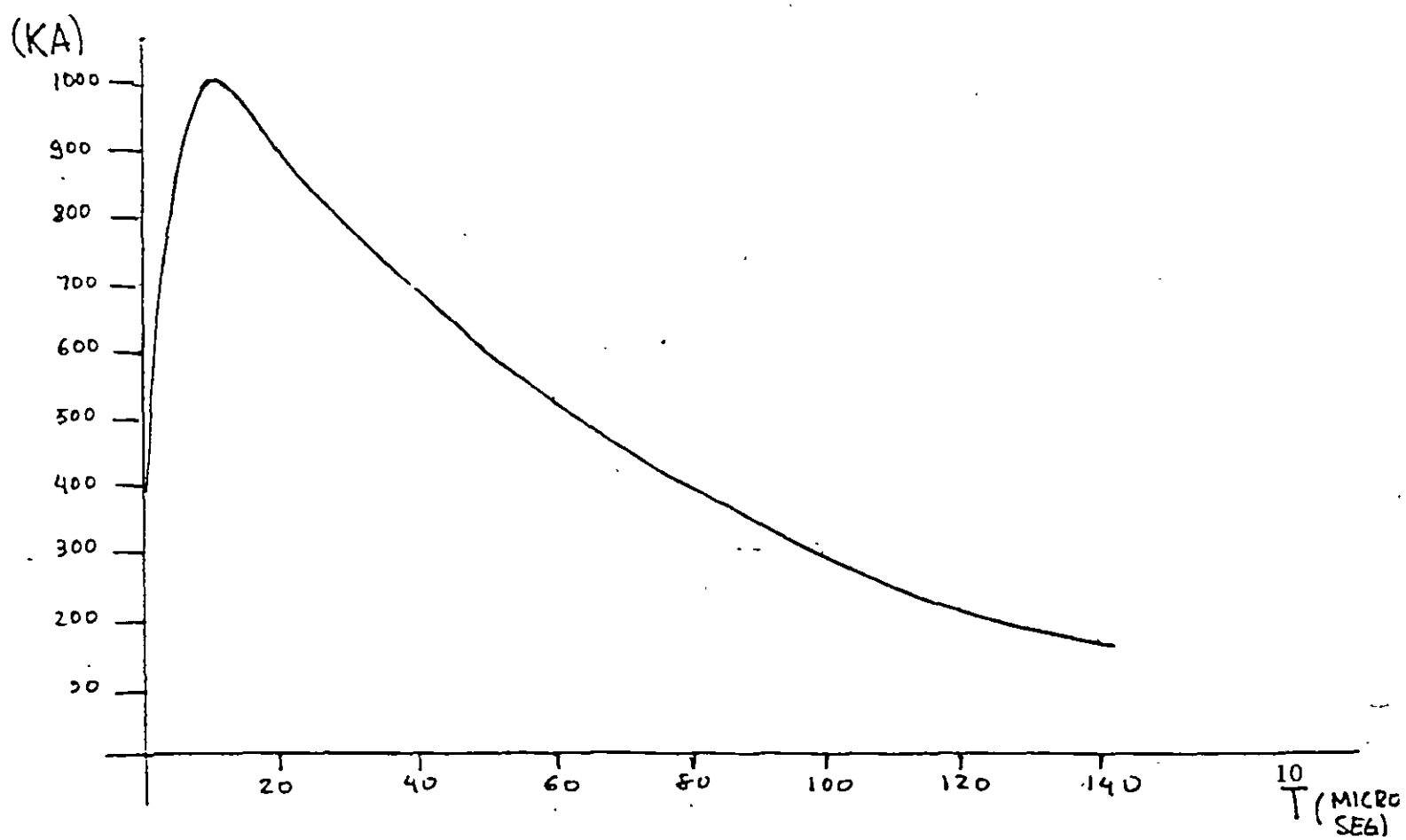

(se han llegado a registrar 42).

# MAGNITUDES de UNA DESCARGA

VARIABLES

- INTENSIDAD DE CORRIENTE → 10-20 KA
- DIFERENCIA DE POTENCIAL → 100-600 KV
- DURACION Y NUMERO → FUNCION Nº DESCARGAS
  50% - 1 sola, Raro > 10
- ENERGIA
  - CADA DESCARGA MAX: 100 COULOMBIOS
    - ↓
    - 20 KWh
    - ↓
    - como t es CORTO
    - ↓
    - POTENCIA DEL ORDEN DE 1000's Kw.

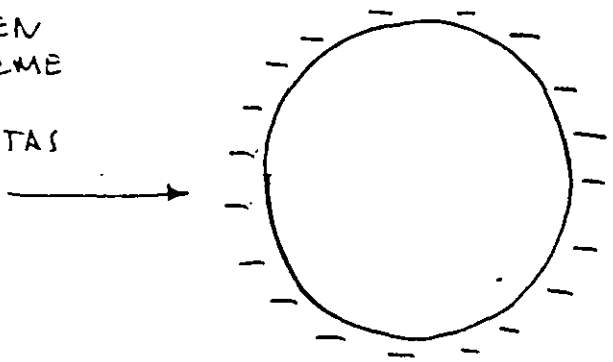
ONDA CONVENCIONAL



# PROPIEDAD DE LAS CARGAS ELECTROSTATICAS :-

VOLUMEN UNIFORME

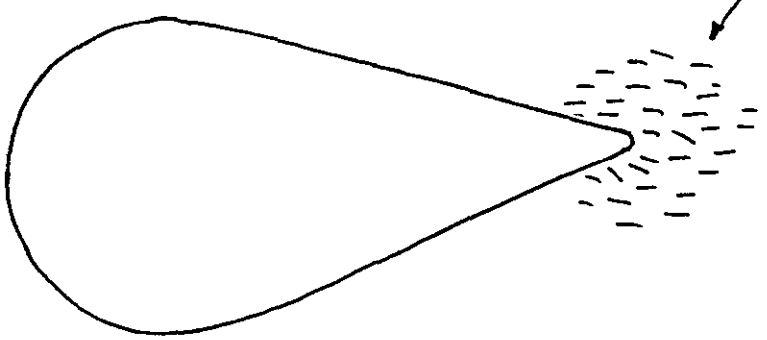
SIN ARISTAS

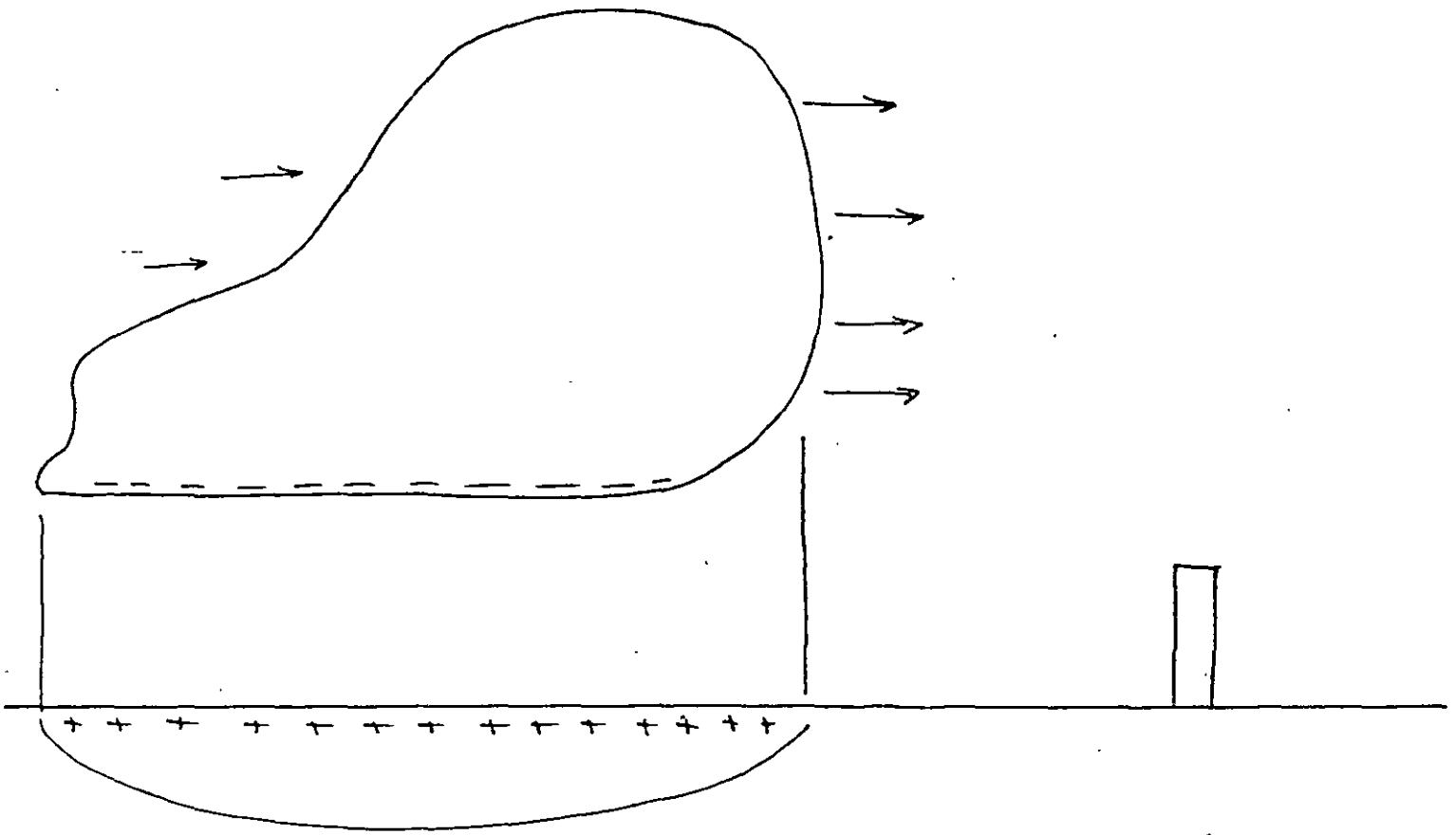


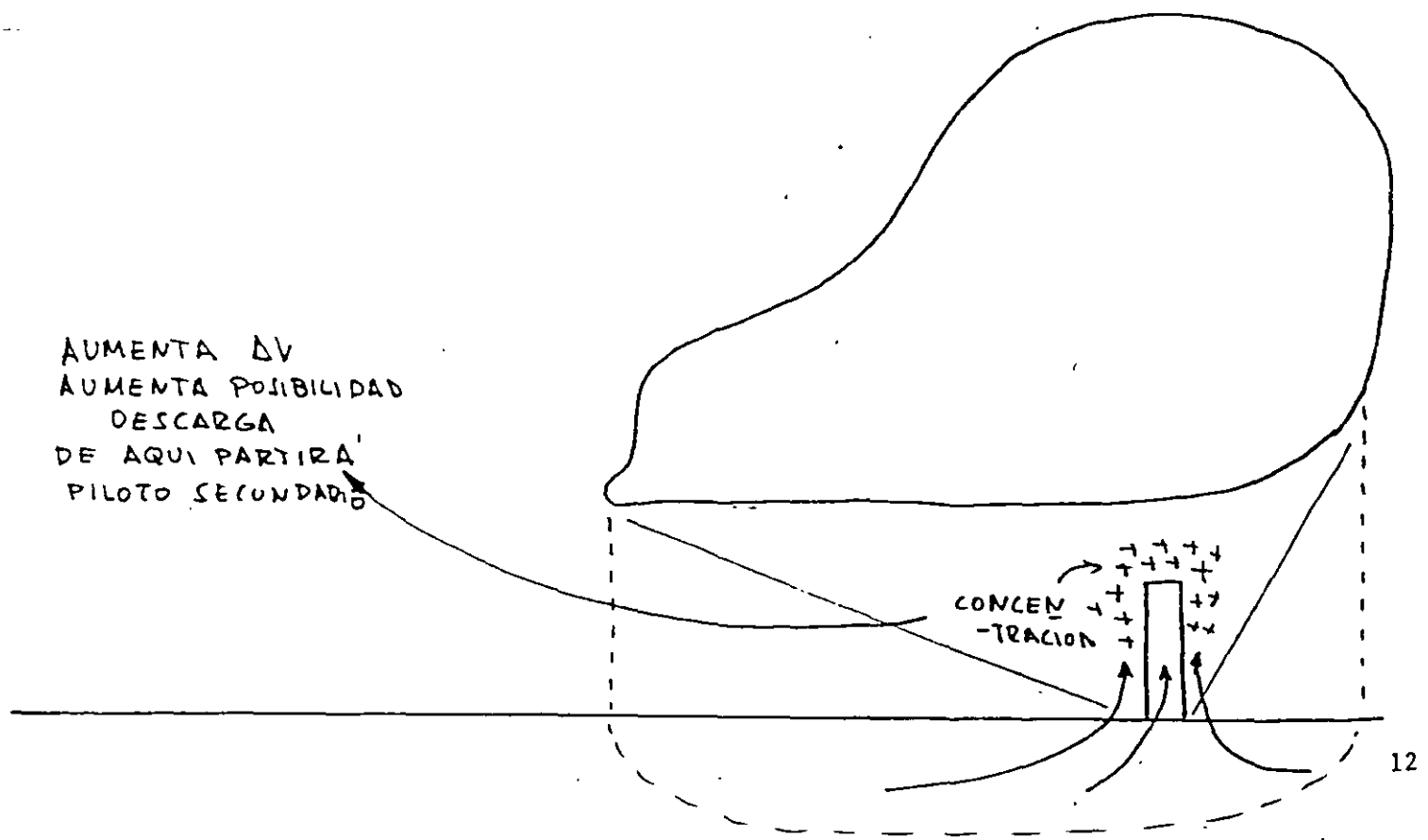
DISTRIBUCION UNIFORME

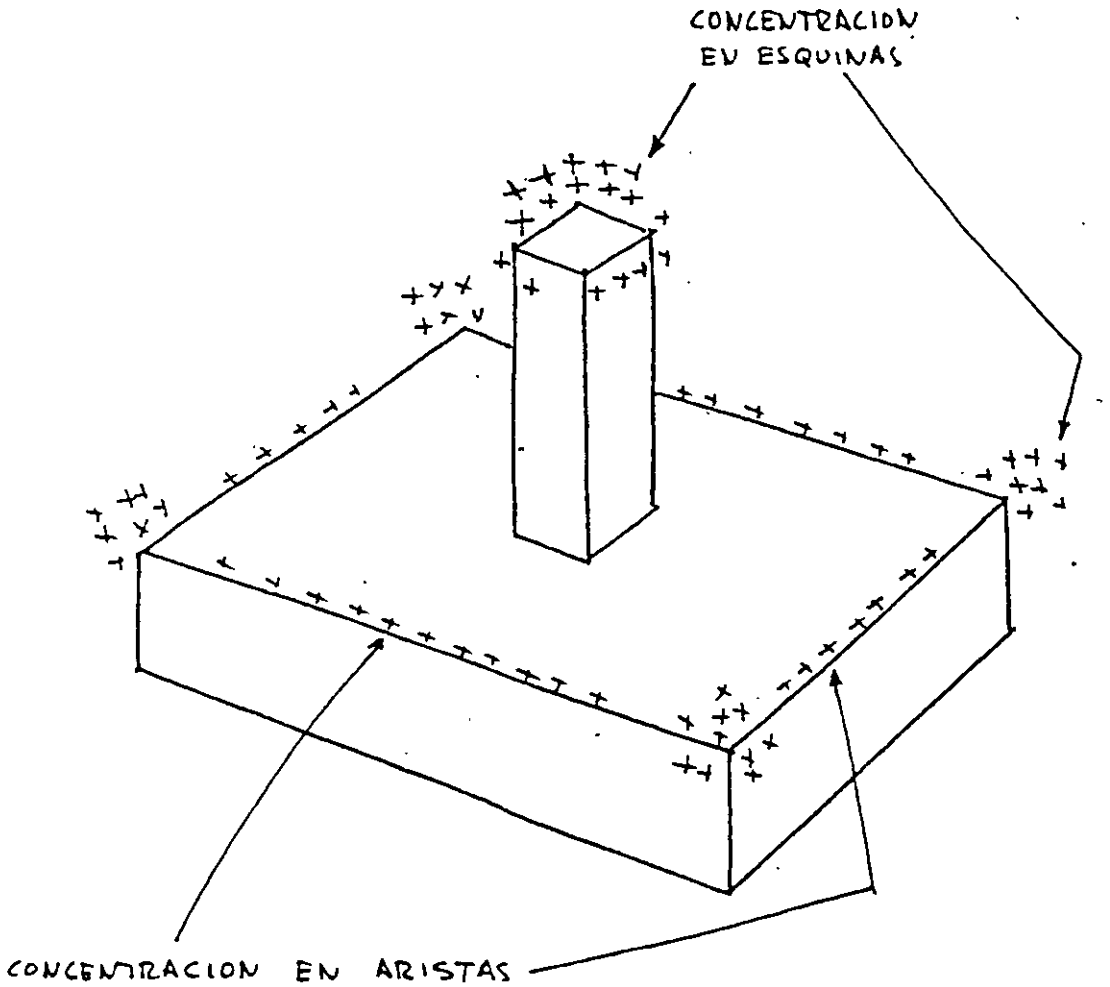
CONCENTRACION

VOLUMEN NO UNIFORME

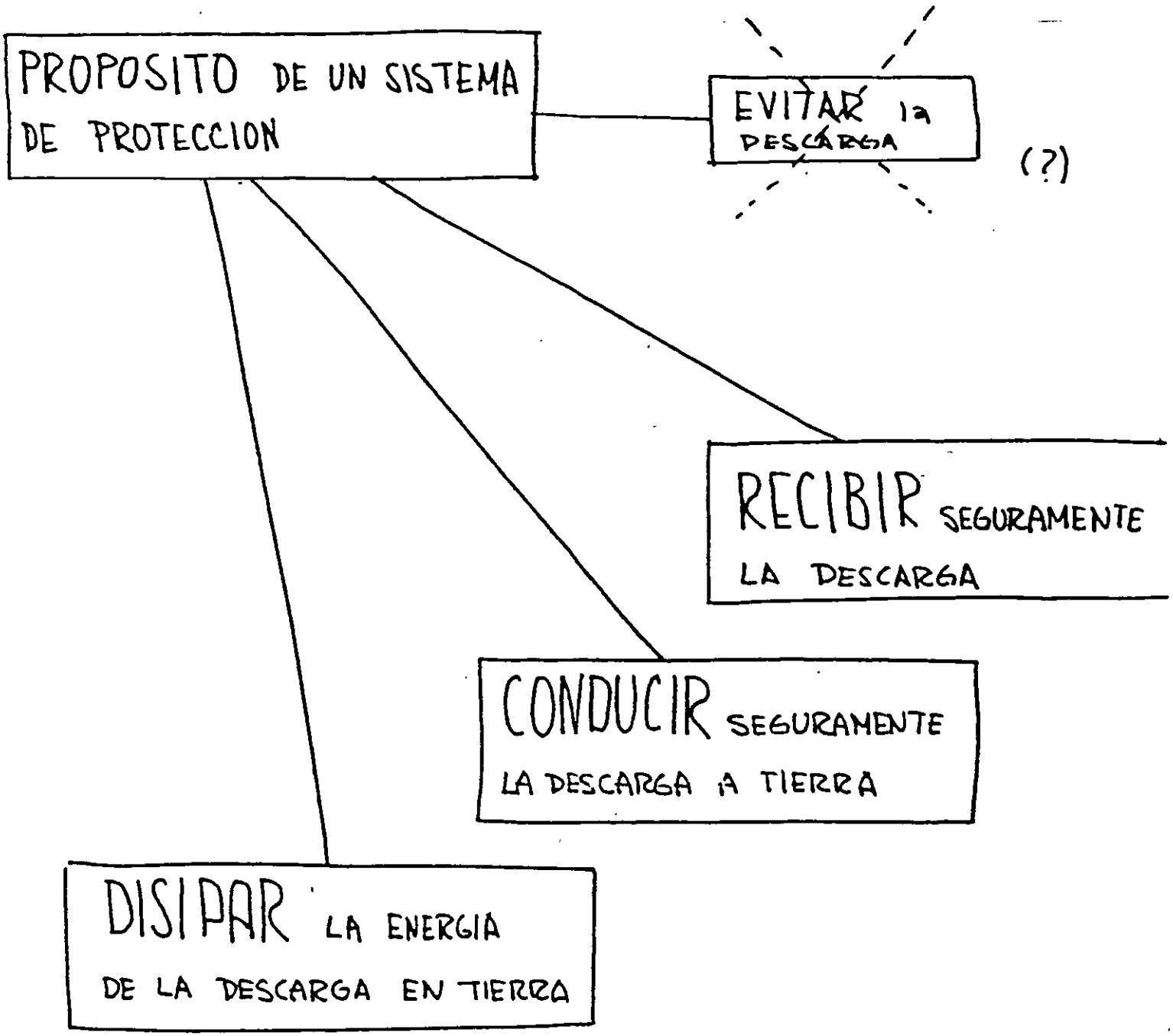





AUMENTA ΔV
AUMENTA POSIBILIDAD
DESCARGA
DE AQUI PARTIRA
PILOTO SECUNDARIO
CONCEN
-TRACION


CONCENTRACION
EN ESQUINAS
CONCENTRACION EN ARISTAS

# ANALISIS DE LOS SISTEMAS

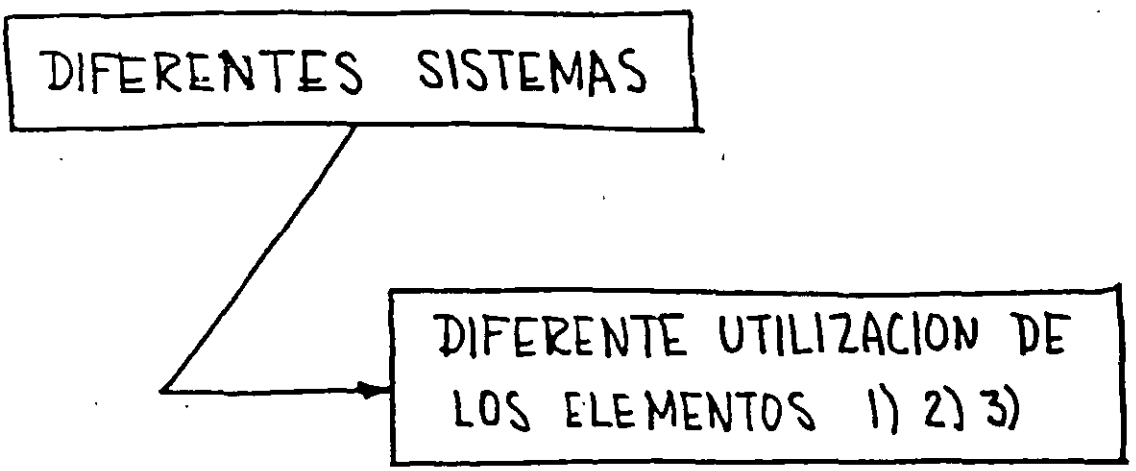


# ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION

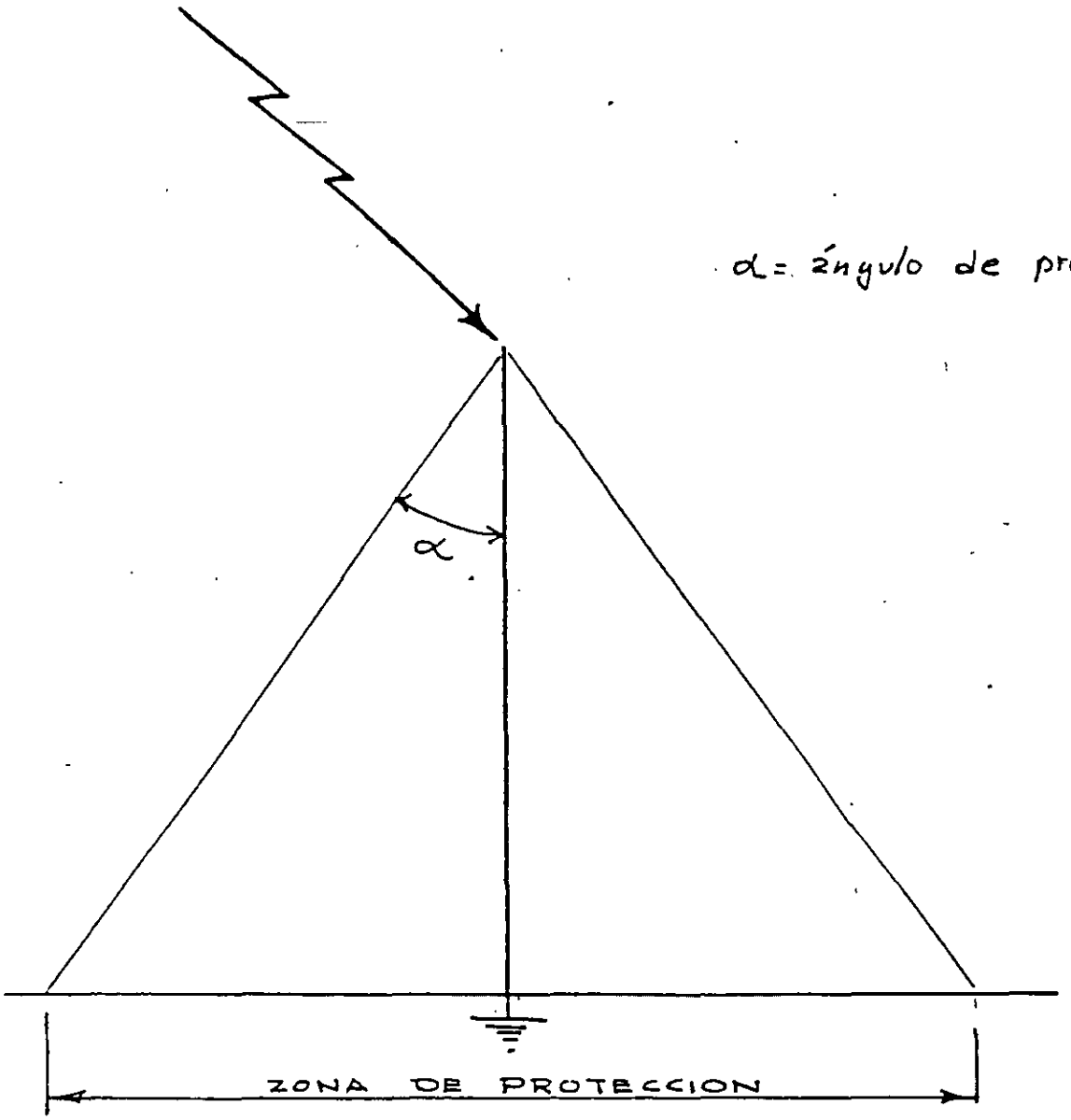
① – RECEPTOR (PUNTAS).

② – CONDUCTOR (RED DE CABLES).

③ – DISPERSOR (ELECTRODOS DE TIERRA).

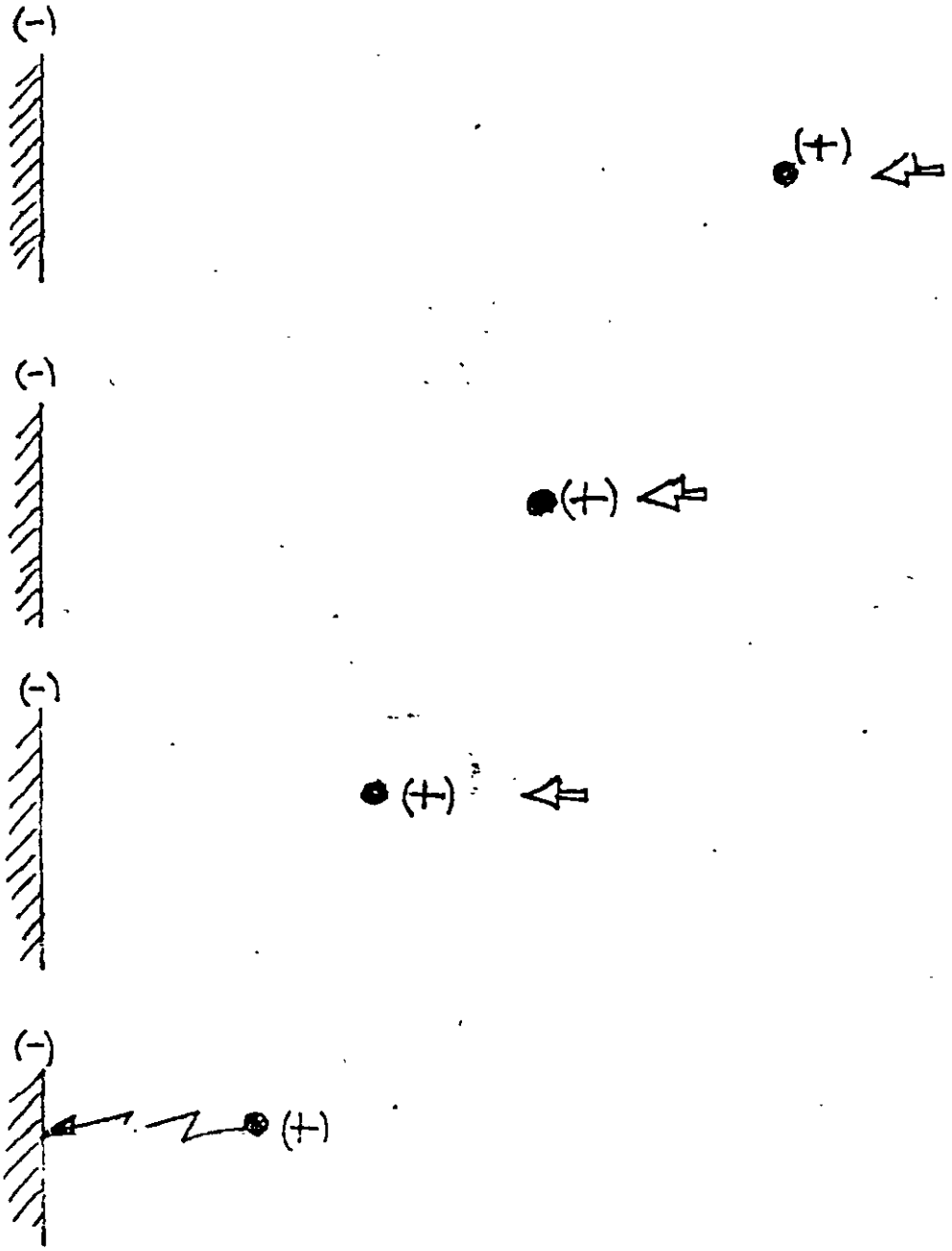


# SISTEMA FRANKLIN

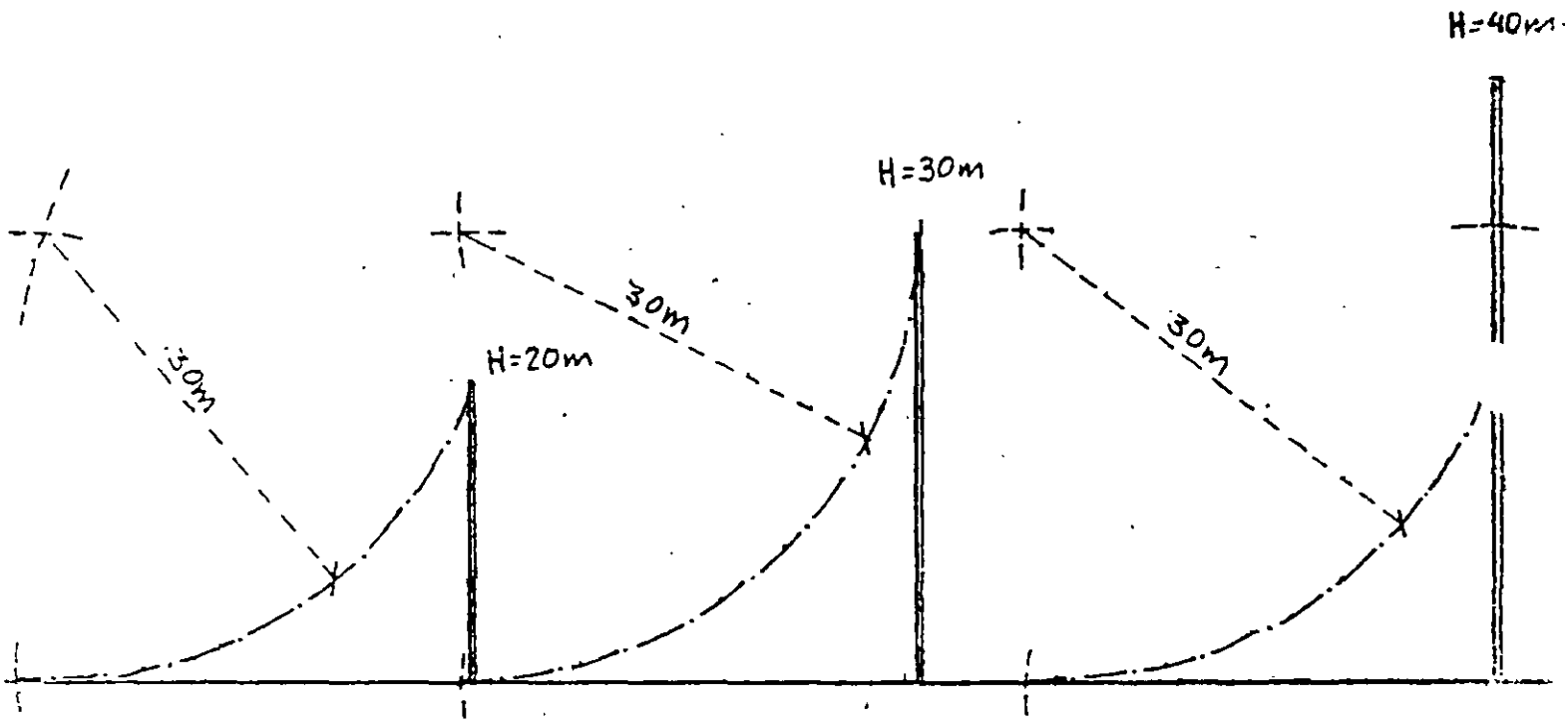



$\alpha$ = ángulo de protección

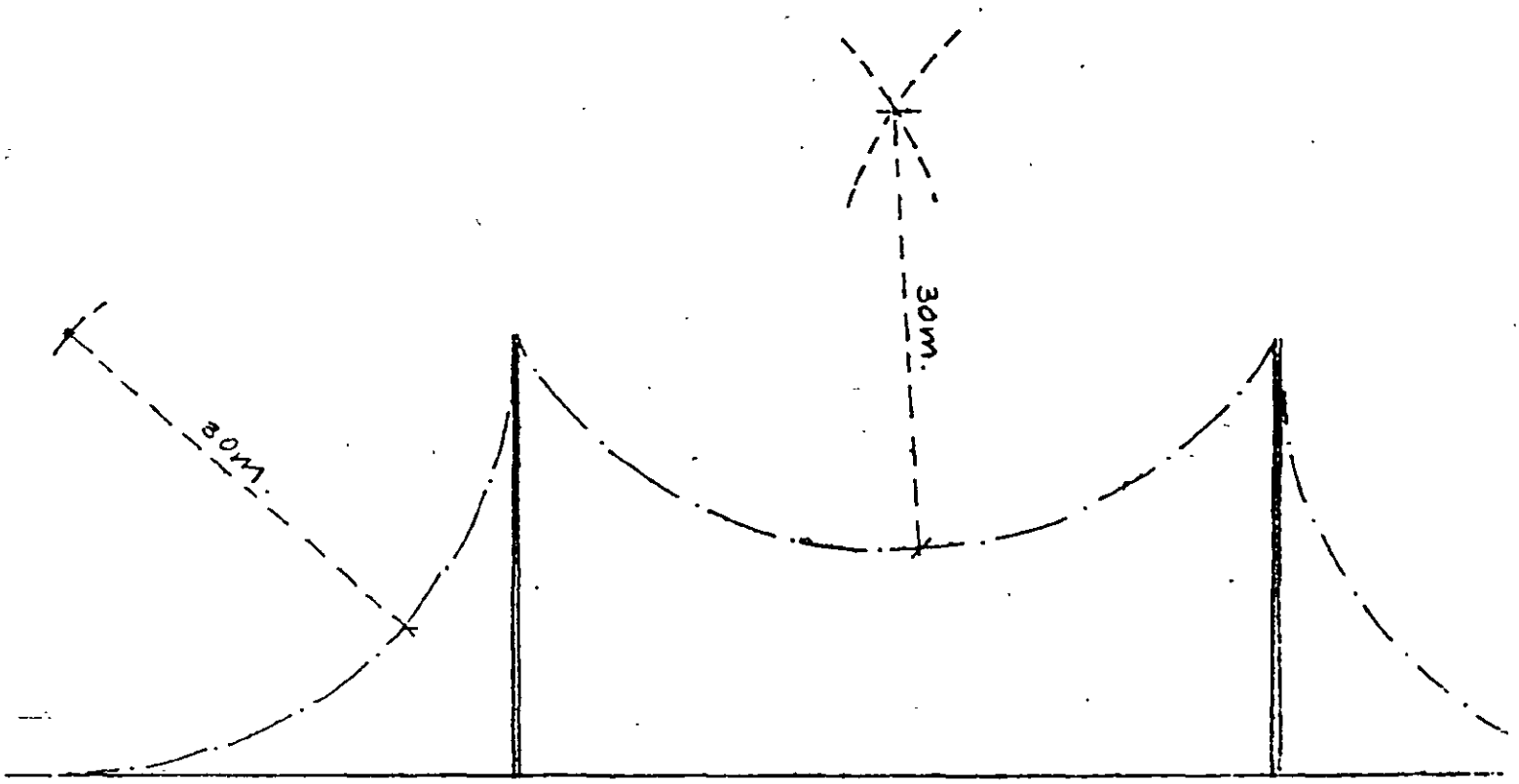
EN DESUSO EN LA REGLAMENTACION U.L. Y NFPA PARA EDIFICIOS.




DISTANCIA de ARQUEO




ALTURA Vs DISTANCIA de ARQUEO


30m.
30M.

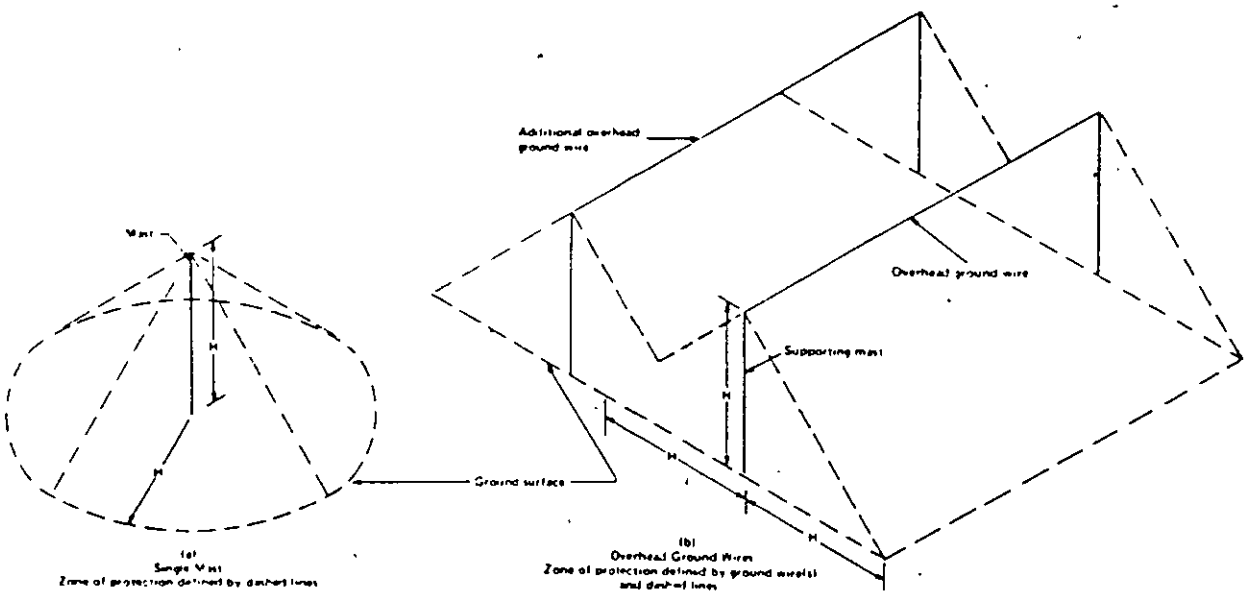



Figure 6-3.3.1. Zone of Protection for Mast Height "H" Not Exceeding 50 Feet (15m).

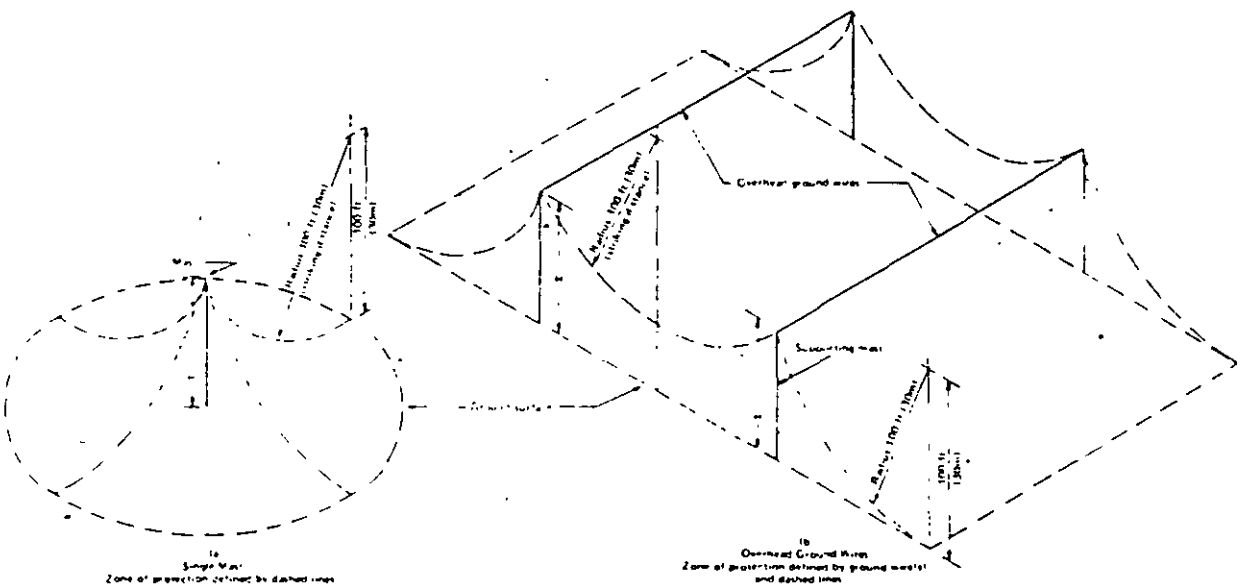
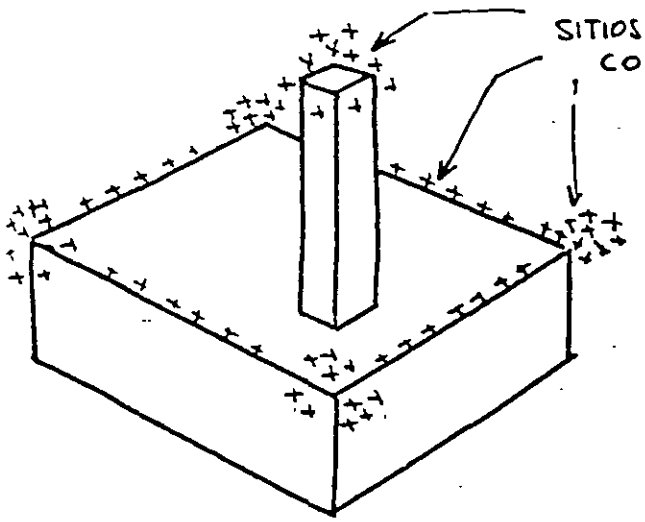
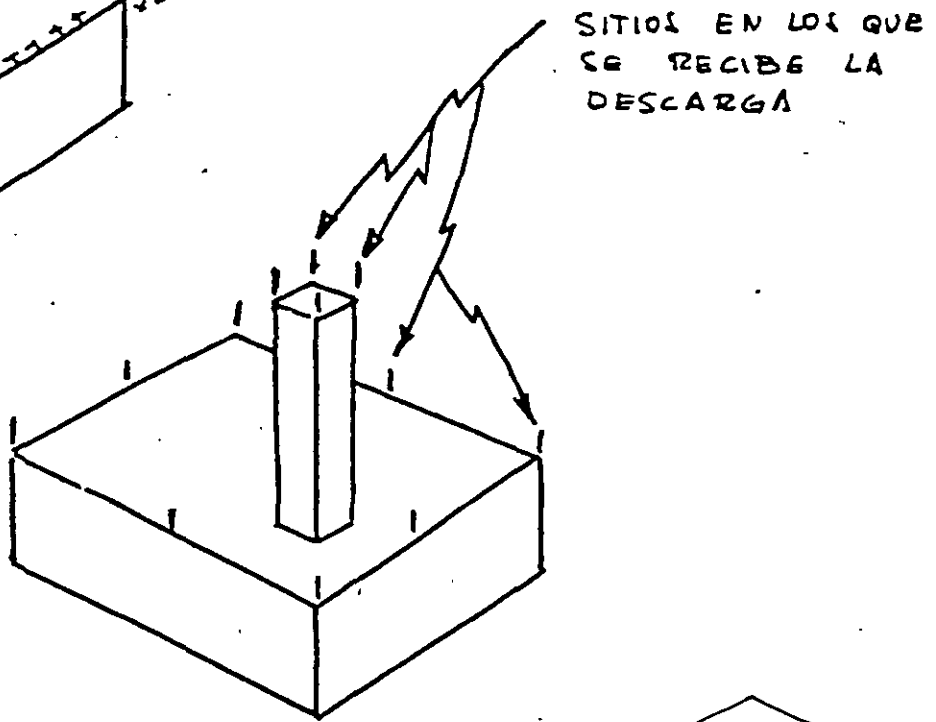


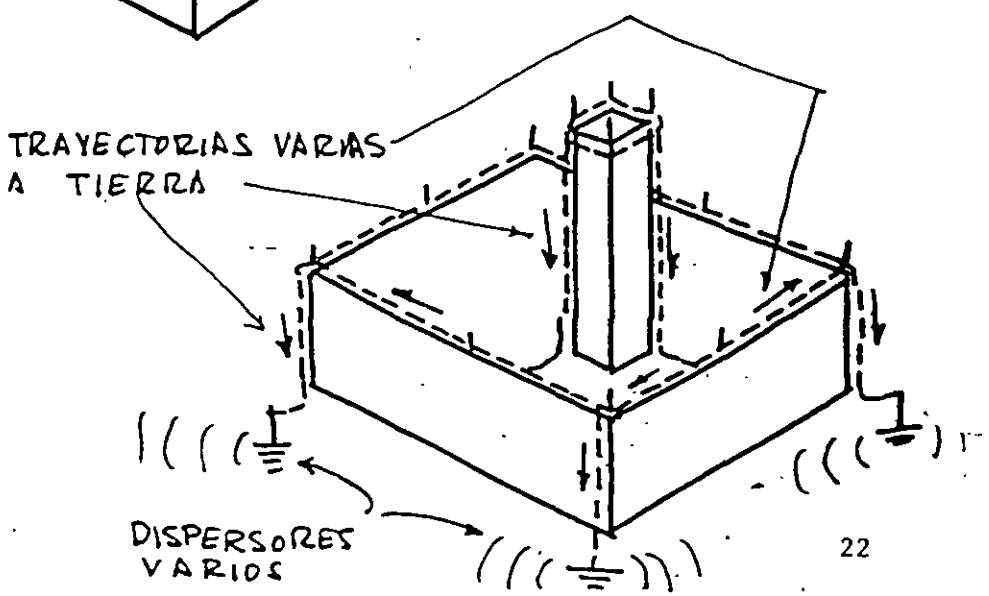
Figure 6-3.3.2. Zone of Protection for Mast Height "H" Exceeding 50 Feet (15m).

# SISTEMA FARADAY :-

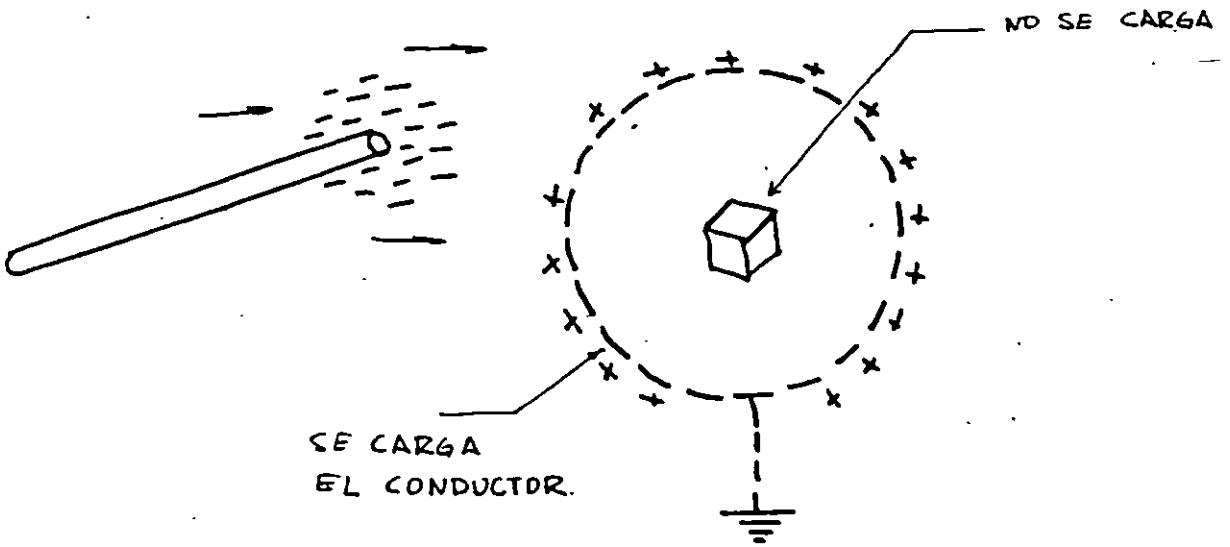
PRINCIPIO:
- ELEMENTOS RECEPTORES EN LOS SITIOS DE CONCENTRACION ELECTROSTATICO.
- BLINDAJE ELECTROSTATICO

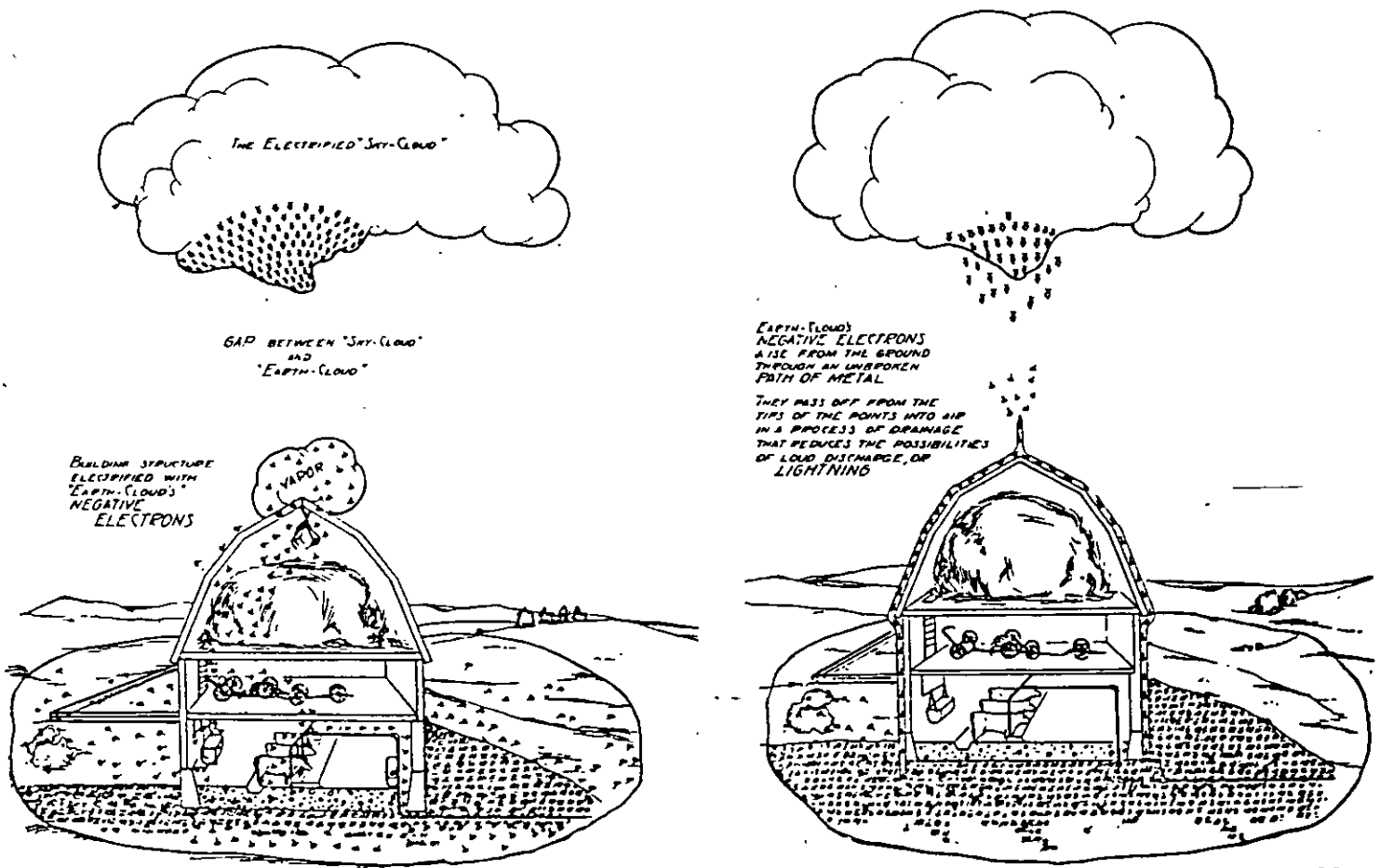


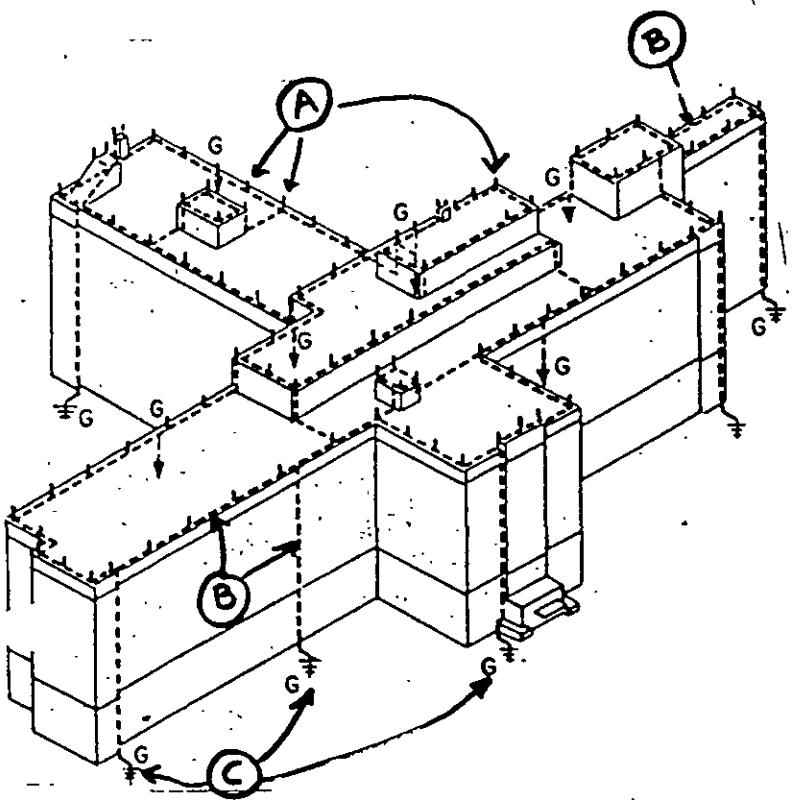



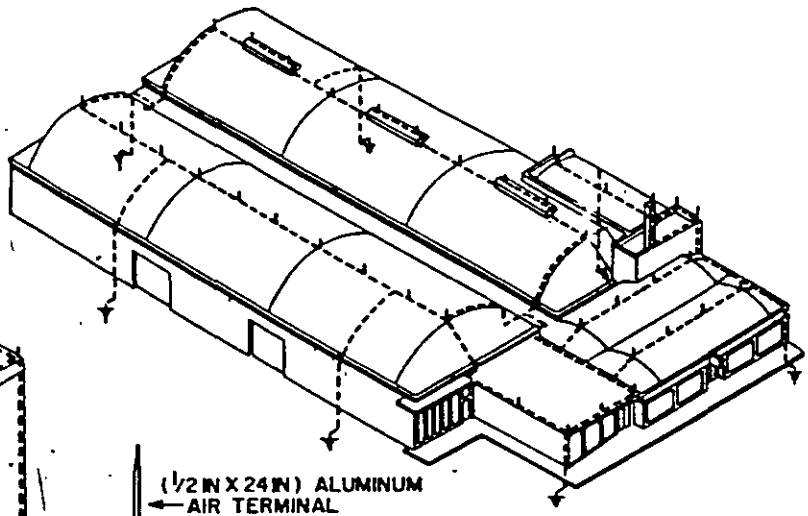
# •BLINDAJE ELECTROSTATICO

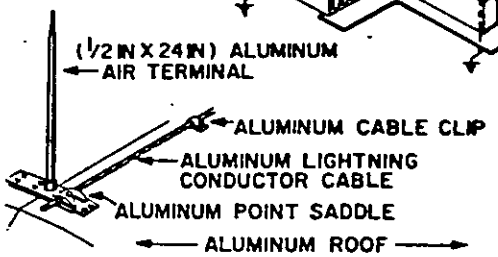


# SISTEMA FARADAY.- EJEMPLOS






TYPICAL AIR TERMINAL INSTALLATION

VENTAJAS:-

- SEGURIDAD
- REGLAMENTADO ⟶ (1904).
- EXPERIMENTADO
- NORMALIZADO:
  - UNDERWRITER'S LABORATORIES
    - UL96A
  - NATIONAL FIRE PROTECTION ASOCIATION
    - NFPA-78-
  - ANSI.-
  - IEEE

SISTEMAS DE PROTECCION

VS

DESCARGAS ATMOSFERICAS

# INSTALACION

DE ACUERDO CON
NFPA-78
UL96A

ELEMENTOS de ANALISIS:-

1 - UBICACION de PUNTAS

2 - TRAYECTORIA de CONDUCTORES

3 - UBICACION de ELECTRODOS de TIERRA

4 - CONEXIONES ADICIONALES

5 - SISTEMAS de INSTALACION

6 - ESPECIFICACION de MATERIALES.

# UBICACION PUNTAS :

- LOCALIZACION
- ESPACIAMIENTO
- ALTURA

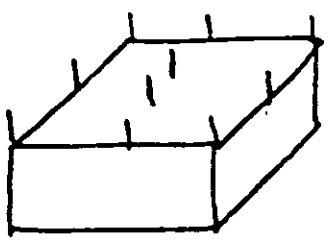
LOCALIZACION — SITIOS DE INCIDENCIA DEBIDO A CONCENTRACION DE CARGA EN ELLOS :-

- ESQUINAS
- ARISTAS
- EN LA SUPERFICIE DE LA AZOTE

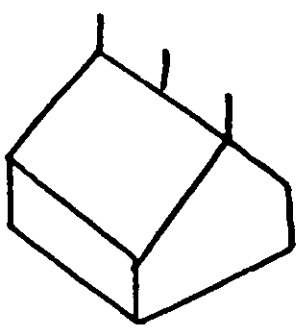
FUNCION DEL TIPO O FORMA DEL TECHO

CASIFICACION DE TECHOS:-

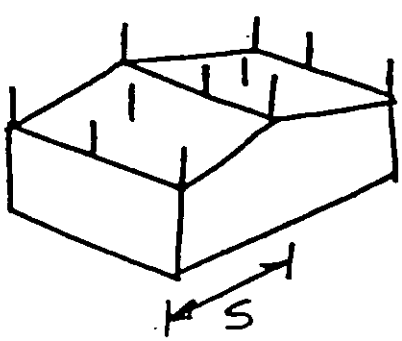
1) PLANO



2) INCLINADO



2) PENDIENTE LIGERA



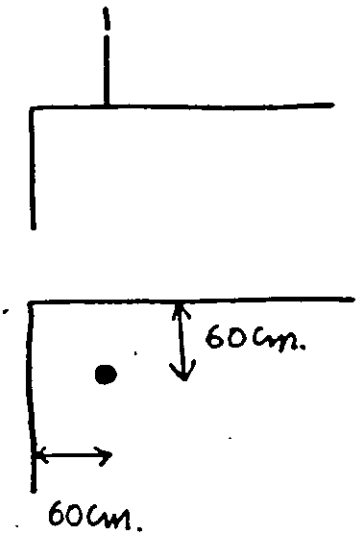

CONDICIONES:

$S < 12m$ Y PENDIENTE $\leq 1/8$

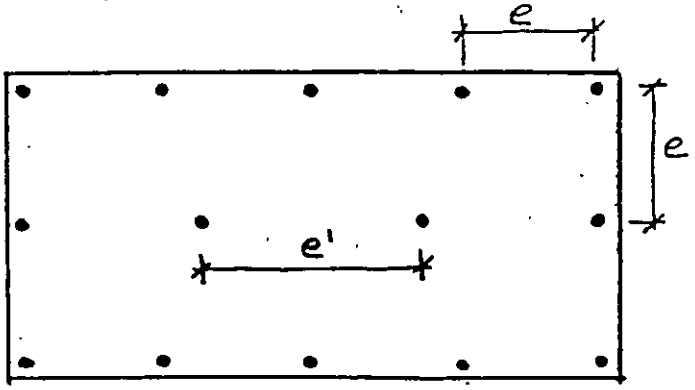
$S > 12m$ Y PENDIENTE $\leq 1/4$

# ESPACIAMIENTO PUNTAS

DEL LIMITE DEL CONTORNO:




ENTRE PUNTAS




$e \leq 6m$ HASTA ALTURAS DE PUNTA DE 60cm.

$e \leq 7.62m$ HASTA ALTURA DE PUNTA MAS DE 60cm

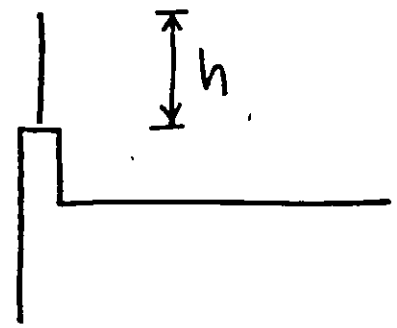
$e' \leq 15m.$

# ALTURA PUNTAS

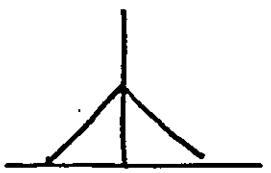
h:

$90cm > h > 25cm$

DEL OBJETO O CONTORNO PROTEGIDO




$h > 60cm \longrightarrow$ TRIDIE



# TRAYECTORIA CONDUCTORES :-

• HORIZONTALES

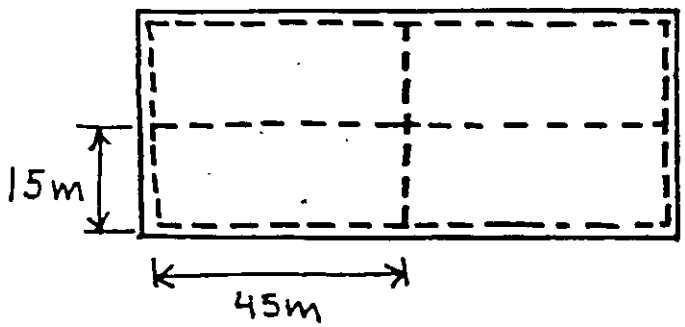
CONDICIONES:-

1) RED CERRADA QUE INTERCONECTA PUNTAS

2) 2 TRAYECTORIAS DIRECTAS A TIERRA (SIN CURVAS -ASCENDENTES, DESDE CADA PUNTA

3) RADIO CURVATURA MINIMA = 20 CM.

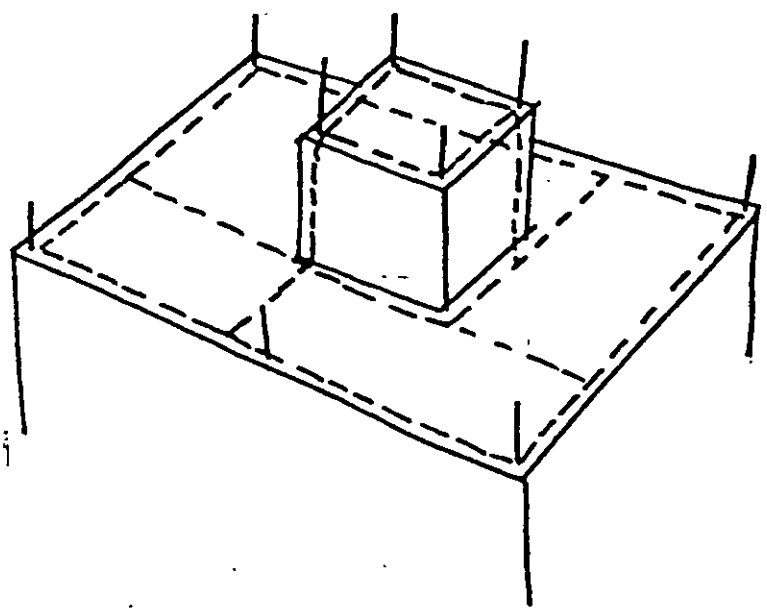
4) ESTABLECER REDES INTERIORES CERRADAS DE DIMENSIONES MAXIMAS 15 x 45 m.



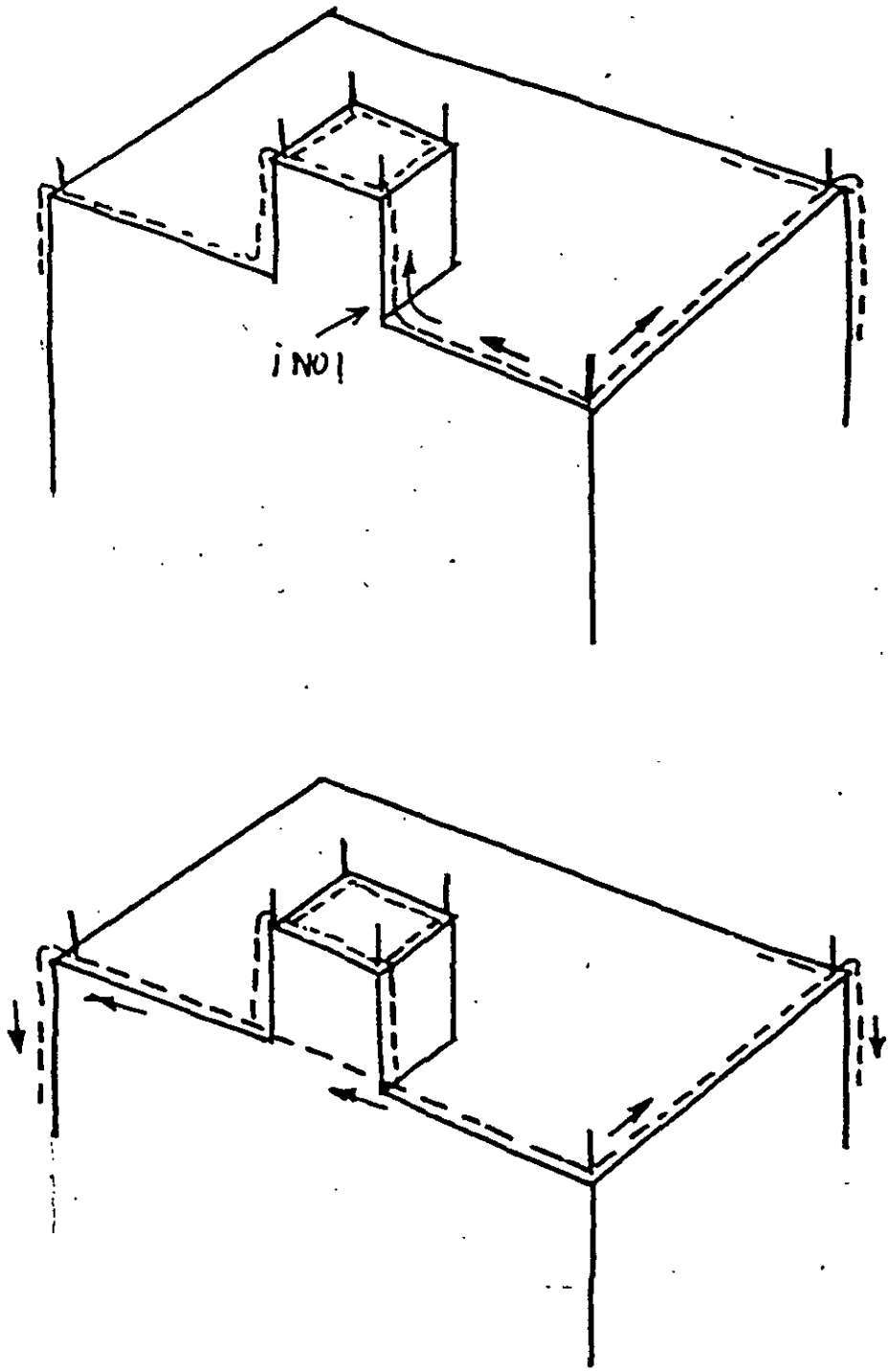

5) SUJECION: CADA 90 cm.

EJEMPLOS :

1) RED CERRADA



## 2) TRAYECTORIA DOBLE



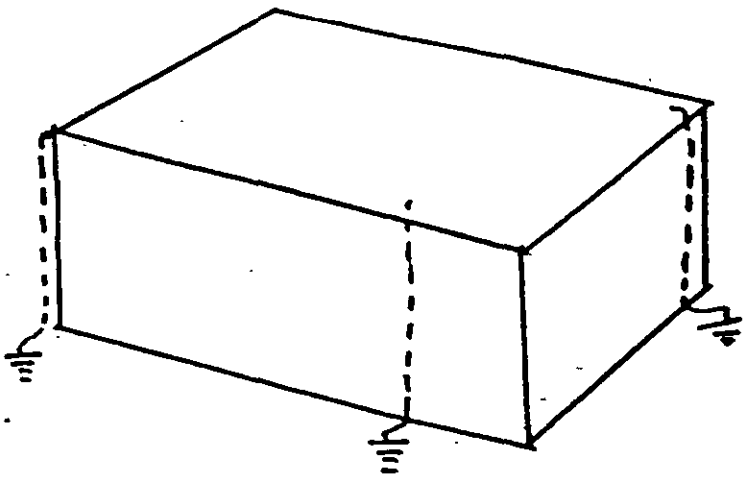
# TRAYECTORIA CONDUCTORES.

- VERTICALES.

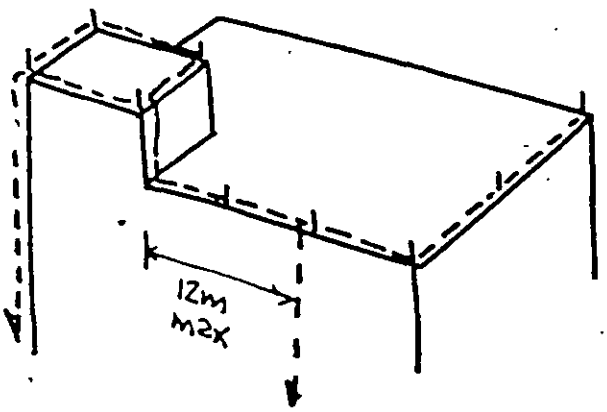
CONECTAN RED HORIZONTAL A TIERRA

LOCALIZACION:

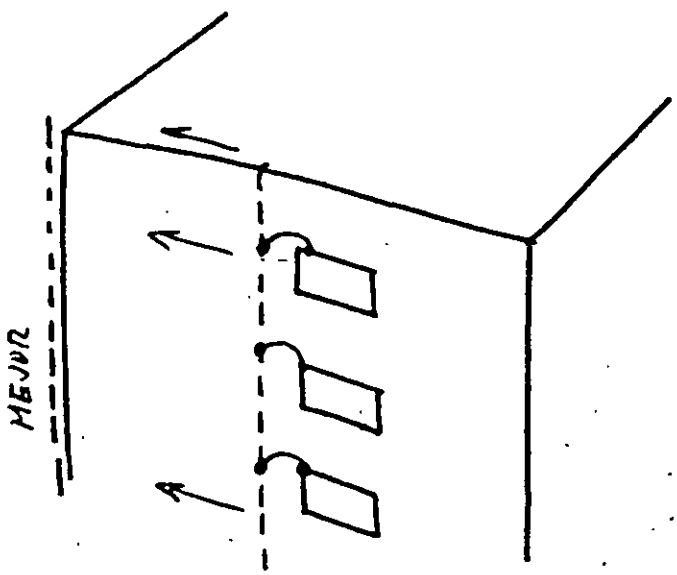
- CERCA UBICACION TIERRAS



- TRAYECTORIAS DIRECTAS




- UBICACION CUERPOS METALICOS



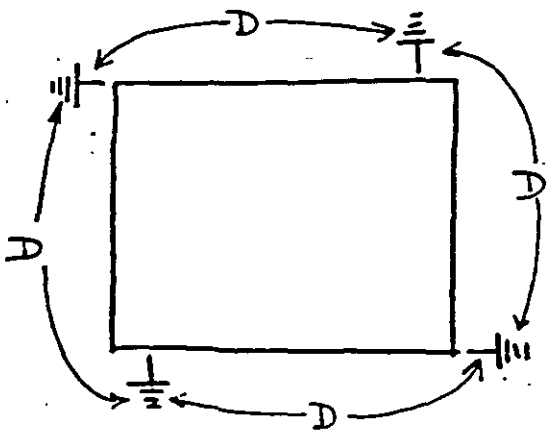
# CONEXIONES A TIERRA

OBJETIVO:

- PERMITIR QUE LA CONCENTRACION DE CARGA PREVIA A LA DESCARGA, QUE OCURRE EN EL TERRENO, TENGA ACCESO A LOS CONDUCTORES VERTICALES PARA FLUIR HASTA LAS PUNTAS.
- DISIPAR LA CORRIENTE DE LA DESCARGA EN EL TERRENO.

CONDICIONES :

1) ESPACIAMIENTO UNIFORME

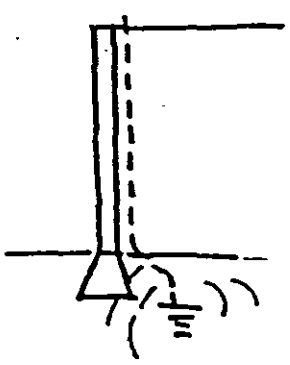


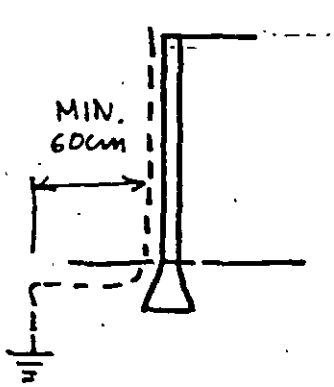

2) DISIPACION FACIL

→ NECESARIO : BAJA RESISTENCIA EN CONEXION.

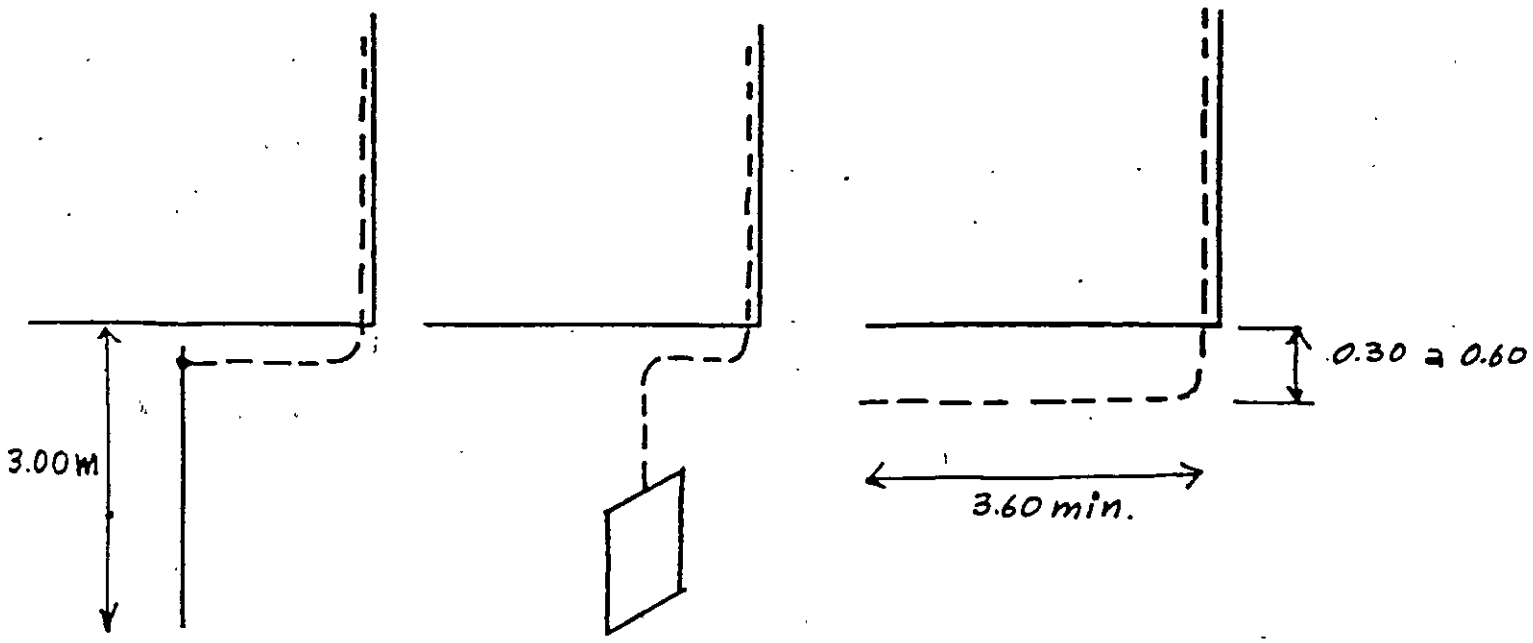
→ UL: 50Ω

SIN OBSTACULOS CERCANOS:

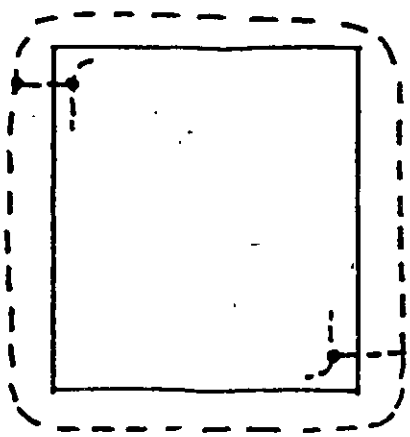




# MEDIOS de CONEXION a TIERRA:




CONDICIONES CRITICAS: →

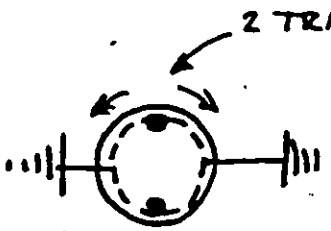


# CANTIDAD y UBICACION TIERRAS

ES FUNCION DEL PERIMETRO PROTEGIDO

MINIMO → 2

HASTA PERIMETRO DE 75 m.

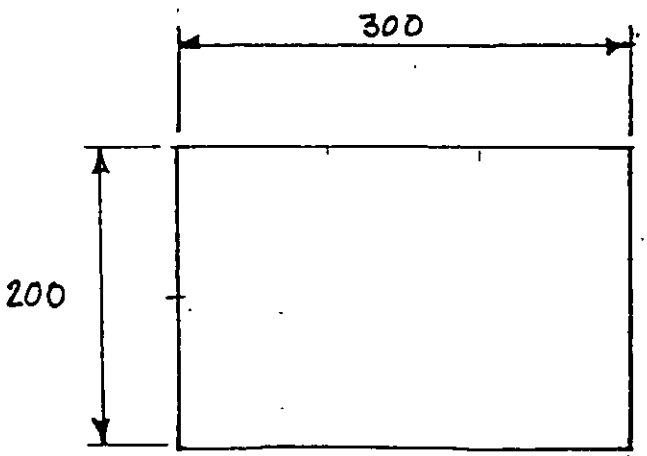



CONDICION:

OPUESTAS

MAS DE 75 m: → 1 TIERRA ADICIONAL POR CADA 30m. EXTRAS DE PERIMETRO

EJEMPLO:-




LONG: 200+200+300+300 = 1000m

Nº TIERRAS:-

2 PARA 75 m.

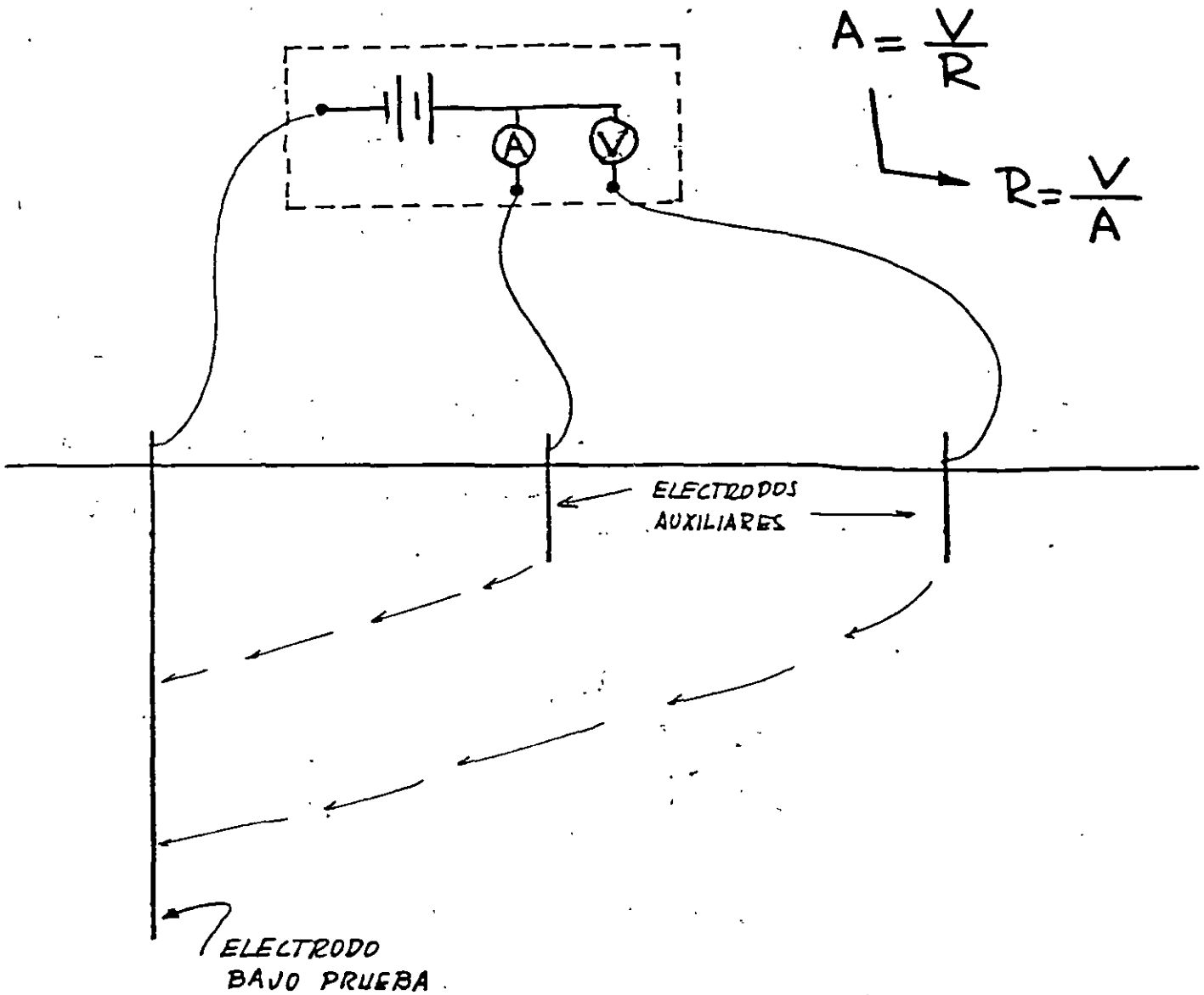
PARA EL RESTO:

$$31 = \frac{1000-75}{30}$$

33 TIERRAS

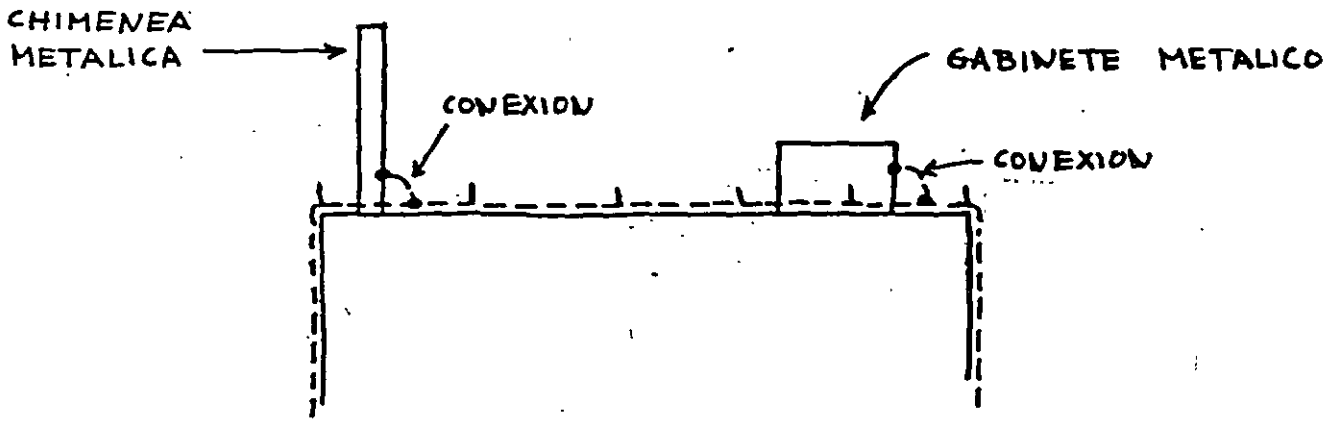
→ UNIFORMEMENTE ESPACIADAS.

# MEDICION RESISTENCIA a TIERRA

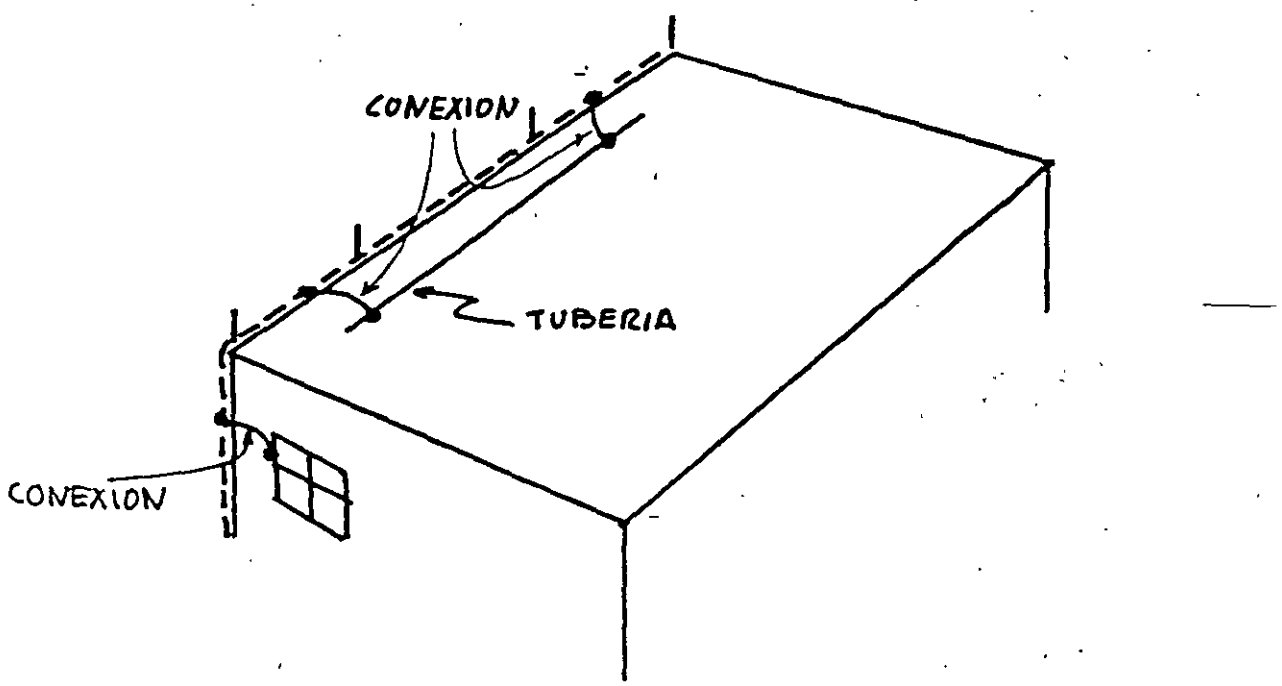


# CONEXIONES ADICIONALES

•) CUERPOS METALICOS QUE PUEDAN RECIBIR UNA DESCARGA DIRECTA.




•) CUERPOS METALICOS CERCANOS AL SISTEMA (MENOS DE 1.80m) EN LOS QUE, AL CIRCULAR UNA CORRIENTE POR ÉSTE, SE - ORIGINE EN ELLOS UNA $\Delta V$ INDUCIDA QUE PUEDA MOTIVAR UNA "DESCARGA LATERAL".



# INTERCONEXIONES

- CON SISTEMAS PUESTOS A TIERRA
  - ELECTRICOS
  - COMUNICACIONES
  - TUBERIAS
    - AGUA
    - GASES

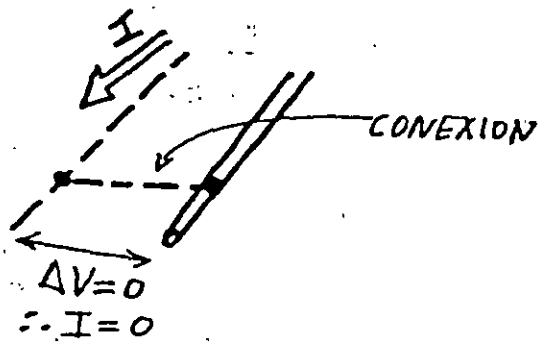
CONDICION: ELECTRODOS INDEPENDIENTES

INSTALACIONES ELECTRICAS:

ROIE ART-

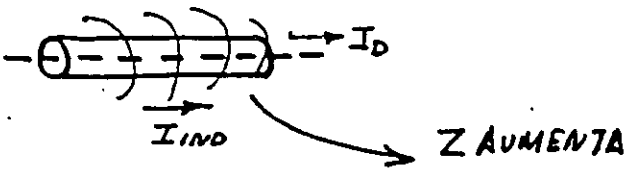
OBJETIVO: MISMO POTENCIAL A TIERRA

ANULAR POSIBILIDAD DESCARGA LATERAL



# SISTEMAS de INSTALACION

- APARENTE (PREFERIBLE)
- OCULTO (DUCTOS NO METALICOS)




- ESTRUCTURALES

→ CONDUCTIVIDAD TOTAL GARANTIZADA

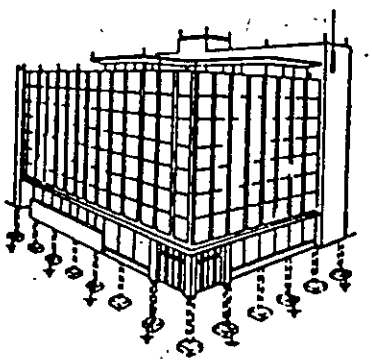


Fig. 2. Steel building: Steel framing in tall buildings should be connected to air terminals. This type of structure requires special lightning protection.

# MATERIALES

→ DENTRO NORMAS ESPECIFICAS "U.L."

↓

TIPO DE CONDUCTOR: FUNCION DE ALTURA

↙

DE 22.86m (75') EN. ADELANTE, MAYOR CALIBRE