

190



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

*Zejan*

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EN UN EDIFICIO DE LA C.F.E.”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**RUBÉN CIRILO VEGA CISNEROS**

DIRECTORES:

M.I. VICTOR JAVIER GONZÁLEZ VILLELA

ING. JESÚS ANTONIO ÁVILA ESPINOSA

MÉXICO, D.F.

1995.

**FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Presentación.**

Debido a los constantes cambios políticos, económicos y culturales a los que se ha visto sujeta la humanidad, ha tenido que evolucionar la tecnología en forma proporcional con las necesidades y el desarrollo propio de cada país. La industria eléctrica ha venido a acelerar y favorecer éstos cambios. Actualmente se han desarrollado nuevas fuentes de energía para satisfacer nuestras necesidades energéticas, no obstante ésta energía generada hay que transportarla y distribuirla para ser utilizada con fines específicos por parte de los usuarios.

En ésta última parte, el uso eficiente de la energía y por consiguiente el ahorro de la misma, se le ha dado el peso suficiente en últimas fechas, algo que en antaño se había ignorado; razón por la cuál es necesario conocer las nuevas tecnologías desarrolladas por los fabricantes de equipo original (OEM's) e implantarlas en nuestros procesos laborales y productivos para lograr una productividad más eficaz, económica y rentable.

Durante mi desempeño en el ramo de la industria eléctrica y de la construcción, me ha permitido observar los múltiples procesos y actividades que se desarrollan por imitación o por costumbre, tal vez un poco por temor al cambio o el miedo a implantar una nueva forma de hacer algo que tradicionalmente es "estrictamente lo necesario"; es decir, cumplir los mínimos requisitos y no emplear nuestra creatividad en mejorar lo que estamos haciendo.

En particular me voy a referir al sistema de distribución de energía eléctrica de un edificio, tradicionalmente se ha llevado a cabo empleando cables y tubo conduit desde el punto de la alimentación o acometida, hasta los circuitos derivados que ofrecen un punto de energización para las cargas que requieran los usuarios. Esto conlleva a una gran labor por parte del instalador, sobre todo cuando el sistema es complejo y se tienen múltiples conexiones, la mano de obra se encarece y la probabilidad de falla por el factor humano aumentan, ya sea por una inadecuada instalación o falla de aislamiento.

En la actualidad países como Francia, Alemania, Inglaterra y Canadá, emplean ampliamente el *Electroducto* como una fuente alternativa de distribución de energía eléctrica en bajas capacidades, como son: oficinas, talleres o industrias en general. Esto reduce considerablemente la mano de obra, elimina en mayor grado el error por el factor humano y convierte al sistema de distribución en un "Sistema flexible y eficiente", superando además al sistema tradicional en ofrecer la modalidad de TELEMANDO para construir un "Edificio inteligente".

El *Electroducto* se ha empleado en México generalmente en los sistemas de alimentación de altas capacidades de conducción, pero no en los sistemas de distribución. Motivo por el cual he aprovechado ésta deficiencia en el uso de ésta tecnología y la he tomado como tema de TESIS. El presente trabajo ha sido desarrollado analizando ambos sistemas (Cable-conduit Vs. Electroducto) conforme los lineamientos que establece la Norma NOM-001-SEMP-1994 de reciente actualización y el objetivo principal es fundamentar la necesidad de lograr el cambio.

Se han desarrollado cuatro capítulos y seis secciones en la elaboración de éste trabajo.

En el capítulo I. Se ha presentado el desarrollo del sector eléctrico, desde los pioneros en la industria eléctrica, como es el caso del gran inventor del siglo veinte: Thomas Alva Edison, hasta los cambios que han surgido en nuestro país en últimas fechas.

En el capítulo II. Se hace mención de los diferentes sistemas utilizados en la distribución de energía eléctrica, se definen las instalaciones eléctricas por su tipo, componentes y objetivos.

En el capítulo III. Por ser el *Electroducto* parte medular del presente trabajo, se presenta un estudio completo del mismo, antecedentes históricos y los diferentes tipos y capacidades que existen en el mercado, se enuncian los principales fabricantes y nombres del equipo con los que son reconocidos en el mercado.

El capítulo IV. Es un capítulo que por su contenido es la parte esencial del presente trabajo, en él se analiza y se diseña el sistema de iluminación, se calculan conductores, canalizaciones y su equivalente en *Electroducto*. Por último se realiza un estudio de corto circuito para especificar las protecciones adecuadas.

En las secciones subsecuentes se estudia la situación actual del edificio en cuestión, la posibles mejoras, se realiza un análisis financiero de cada una de las diferentes alternativas a implementar y se presentan resultados y conclusiones de la opción elegida.

Se presenta una sección con la mayor parte de las tablas consultadas, con el fin de facilitar el seguimiento de los cálculos y en la parte final se muestran los cuadros de cargas y planos eléctricos del edificio por cada estudio realizado.

Este trabajo ha sido la recopilación detallada, formal y por escrito de varios años de labor dedicados a la Universidad, a la industria de la construcción y a la industria eléctrica. Si en ello me facilitara mi trabajo profesional y fortaleciera la perseverancia de continuar en el ramo... me daría por satisfecho.

*A mis padres...*

**Por darme la flama de la vida  
y mantenerla encendida con recelo  
hasta éstos días.**

*A mis hermanos...*

**Con gran aprecio,  
esperando que aquellos  
que aún no lo han logrado  
pronto lleguen a triunfar y realizarse  
como personas y como seres humanos.**

*A mis amigos...*

**Por los momentos  
en que me acogieron en sus hogares  
y me impulsaron con su compañía  
y sus palabras  
en la terminación de ésta faceta.**

*A mi amada...*

**Quien me ha confortado  
y convirtió en momentos de gozo  
mis largas horas de esfuerzo  
dedicadas a éste trabajo.**

*A mis directores, sinodales y asesores...*

Expreso mi agradecimiento  
por su ayuda incondicional  
en la realización del presente trabajo.  
Muy especialmente a los ingenieros  
V́ctor J. Gonźlez Villela  
Jesús A. Ávila Espinosa  
Arturo Martínez Acosta  
David Vazquez Ortiz  
Alex G. Ramírez Rivero  
Ramón Vila Vivaldo;  
quienes me asesoraron  
y dedicaron valioso tiempo  
hasta el último momento.

*A Emilia... ( † )*

En memoria de mi hermana,  
el destino truncó la oportunidad en ella  
de lograr meta alguna en la vida.

*y sobre todo, a la UNIVERSIDAD...*

El alma mater  
que engendra al hombre nuevo  
que ha de transformar los recursos naturales  
en riqueza nacional.

# **INDICE**

**Presentación.**

**Capítulo I. Introducción.**

**Capítulo II. Estudio de los sistemas de distribución de energía eléctrica.**

**Capítulo III. El Electroducto.**

**Capítulo IV. Diseño y análisis de la instalación eléctrica.**

**Sección A. Estudio del edificio de C.F.E.**

**Sección B. Análisis de alternativas.**

**Sección C. Resultados y conclusiones.**

**Sección D. Apéndice de tablas.**

**Sección E. Cuadros de cargas.**

**Sección F. Planos eléctricos.**

**Bibliografía.**

# CONTENIDO

<b>Presentación.....</b>	<b>i</b>
<b>Capítulo I. Introducción. ....</b>	<b>I.1</b>
<b>Capítulo II. Estudio de los sistemas de distribución de energía eléctrica.</b>	
<b>A. Definición de instalación eléctrica. ....</b>	<b>II.1</b>
<b>B. Elementos de las instalaciones eléctricas. ....</b>	<b>II.1</b>
1. Tipos de circuitos eléctricos.	
a. Circuitos de alumbrado.	
b. Circuitos de fuerza o alimentación a motores.	
c. Circuitos derivados.	
2. Circuitos fundamentales.	
a. Conexión en serie.	
b. Conexión múltiple o en paralelo.	
3. Principales componentes.	
a. Conductores eléctricos.	
b. Canalizaciones eléctricas.	
c. Accesorios adicionales.	
d. Dispositivos de protección.	
e. Símbolos eléctricos.	
<b>C. Tipos de instalaciones eléctricas. ....</b>	<b>II.49</b>
1. Por su nivel de voltaje.	
2. Por su duración.	
a. Temporales.	
b. Definitivas.	
3. Por su construcción.	
a. Totalmente visibles.	
b. Visible entubadas.	
c. Totalmente ocultas.	
d. Parcialmente ocultas.	
4. Por su lugar de instalación.	
a. Instalaciones normales.	
b. Instalaciones especiales.	



<b>D. Objetivos de una instalación.</b> .....	<b>II.50</b>
1. Seguridad.	
2. Eficiencia.	
3. Economía.	
4. Simplicidad de operación.	
5. Accesibilidad.	
6. Flexibilidad.	

### **Capítulo III. El Electroducto.**

<b>A. Bosquejo histórico.</b> .....	<b>III.1</b>
1. ¿Por qué el Electroducto?.	
<b>B. Indices de protección IEC.</b> .....	<b>III.2</b>
<b>C. Definición del producto.</b> .....	<b>III.4</b>
1. Tipos de electroductos.	
a. Electroductos de pequeña capacidad en baja tensión.	
b. Electroductos de mediana capacidad en baja tensión.	
c. Electroductos de gran capacidad en alta tensión.	
Principales fabricantes de electroducto.	

### **Capítulo IV. Diseño y análisis de la instalación eléctrica.**

<b>A. Iluminación interior.</b> .....	<b>IV.1</b>
1. Generalidades. ....	<b>IV.1</b>
a. Factores ambientales luminosos.	
2. El sistema de iluminación.....	<b>IV.2</b>
a. Tipos de sistemas de iluminación.	
b. Integración física.	
c. Controles.	
3. Iluminación de áreas específicas. ....	<b>IV.6</b>
a. Respuesta subjetiva.	
b. Areas Públicas.	
c. Areas de recepción.	
d. Areas de oficinas o áreas específicas.	
4. Eficacia del sistema de iluminación. ....	<b>IV.7</b>
a. Niveles de iluminación.	
b. Alumbrado de emergencia.	
c. Seguridad.	
d. Mantenimiento.	

5. Cálculo del sistema de iluminación. ....	IV.10
a. Comparación entre sistemas de iluminación.	
b. Método de cálculo - " <i>Sistema de cavidad zonal</i> ".	
Ejemplo de cálculo de iluminación. ....	IV.19
Archivo de datos. ....	IV.24
<b>B. Cálculo de conductores y canalizaciones. ....</b>	<b>IV.25</b>
1. Generalidades. ....	IV.25
a. Criterios para el cálculo de conductores.	
2. Circuitos de alumbrado. ....	IV.30
3. Circuitos de contactos. ....	IV.31
4. Circuitos de fuerza o alimentación a motores.....	IV.32
a. Cálculo de conductores para circuitos de motores.	
b. Cálculo del conductor neutro.	
c. Cálculo del conductor de puesta a tierra.	
d. Cálculo del diámetro de la canalización.	
e. Protecciones.	
5. Circuitos alimentadores. ....	IV.37
a. Cálculo de conductores activos.	
b. Cálculo del conductor neutro.	
c. Cálculo del conductor de puesta a tierra.	
d. Cálculo del diámetro de la canalización.	
e. Protecciones.	
Ejemplo de cálculo para conductores de contactos. ....	IV.44
Ejemplo de cálculo para conductores de alumbrado. ....	IV.45
Ejemplo de cálculo para conductores de motores. ....	IV.47
6. Capacidad de la planta generadora. ....	IV.49
7. Capacidad del transformador. ....	IV.49
8. Capacidad de los fusibles en la acometida del transformador. ....	IV.50
<b>C. Análisis de corto circuito. ....</b>	<b>IV.51</b>
1. Generalidades. ....	IV.51
a. Componentes simétrica y asimétrica de la corriente de corto circuito.	
b. Fuentes alimentadoras de la corriente de corto circuito.	
c. Dispositivos limitadores de la corriente de corto circuito.	
d. Protección contra corto circuito.	
e. Teoría de las componentes simétricas.	
f. Impedancias y diagramas de secuencia.	
g. Tipos de fallas.	
2. Método " <i>En por unidad</i> ". ....	IV.68
a. Definición de los valores <i>en por unidad</i> y <i>en por ciento</i> .	
b. Ventajas del análisis <i>en por unidad</i> .	
c. Selección de las bases para los valores <i>en por unidad</i> .	
d. Relaciones generales de los valores <i>en por unidad</i> .	
e. Cambio de base para los valores <i>en por unidad</i> .	

f. Conversión de valores <i>en por unidad</i> a valores reales.	
3. Análisis del corto circuito - Método " <i>En por unidad</i> ".	IV.74
a. Procedimiento para el análisis de fallas por corto circuito.	
b. Cálculo del corto circuito. Falla trifásica.	IV.75
c. Cálculo del corto circuito. Falla monofásica.	IV.83
Tabla de capacidades interruptivas 1Ø y 3Ø por bus.	IV.88
<b>Sección A. Estudio del edificio.</b>	<b>A.1</b>
1. Situación actual.	
2. Estado deseado.	
<b>Sección B. Análisis de alternativas.</b>	<b>B.1</b>
1. Análisis económico del sistema de iluminación.	
2. Análisis económico del sistema de cableado - Conduit y cable.	
3. Análisis económico del sistema de cableado - Electroducto.	
4. Selección e implantación de la mejor alternativa.	
<b>Sección C. Resultados y conclusiones.</b>	<b>C.1</b>
<b>Sección D. Apéndice de tablas.</b>	<b>D.1</b>
<b>Sección E. Cuadros de cargas.</b>	<b>E.1</b>
<b>Sección F. Planos eléctricos.</b>	<b>F.1</b>
<b>Bibliografía.</b>	

## CAPITULO I. INTRODUCCION.

En el otoño de 1878. Thomas Alva Edison declaró en el periódico *The New York Sun* ; "Acabo de resolver indefinidamente el problema de la subdivisión de la electricidad. Después de cinco mil experimentos fallidos, en la segunda noche continua de trabajo junto con mi ayudante Batchelor en el laboratorio de Menlo Park, el hilo de carbón estaba terminado y dentro de la lámpara. El bulbo estaba al vacío y bien sellado; conectamos la corriente y nuestros ojos encontraron lo que por tanto tiempo habíamos deseado: *La lámpara incandescente*".

Dio una descripción pintoresca del mundo que esperaba a la vuelta de la esquina: Los edificios se iluminarían y las fábricas funcionarían con electricidad y todo lo que se necesitará será quitar los quemadores de gas y poner la *lámpara incandescente* en lugar de éstos; el problema de la distribución , se resolverá insertando los cables por las tuberías del gas. La luz al igual que el gas puede regularse con un tornillo.

Sus trabajos posteriores llevaron a consolidar el uso eficiente de la electricidad, tales como el fusible, el generador y muchos otros más, hasta llegar a la construcción de la primera estación central generadora de electricidad que hubo en el mundo; con su generador Jumbo proporcionaría energía a unas tres mil lámparas, incluyendo el alumbrado público de la ciudad de Finsbury, en Londres.

La aplicación económica de la energía eléctrica se manifestó en México en 1849, cuando el gobierno del presidente José Joaquín Herrera otorgó la primera concesión para la instalación de un telégrafo eléctrico. Esta aplicación se da con el funcionamiento del telégrafo en 1861, mediante una línea que comunicaba a las ciudades de México y Puebla, ampliándose el siguiente año hasta Jalapa y Veracruz cuando gobernaba el país el general Mariano Arista, sin embargo, fue con el general Porfirio Díaz cuando surge la aplicación directa de la electricidad en los procesos fabriles, con la electrificación en 1879 de una fábrica textil en León Gto., evento que fue seguido en 1881 por la inauguración en la Ciudad de México de 40 lámparas de alumbrado público eléctrico. Las ventajas que la electricidad reportó a la industria textil fueron muchas, entre ellas; la reducción de los costos de la temperatura en las fábricas y almacenes, pero donde más beneficios produjo fue en el alumbrado de los talleres, pues ello hizo posible aumentar la jornada de trabajo, elevando así la producción.

Más tarde se inicia su aplicación en la minería, originalmente se empleó para hacer más rápidas y costeables las operaciones de arrastre de los minerales y su uso se agudiza en el desagüe de las minas, uno de los obstáculos que durante mucho tiempo limitó el panorama de ésta industria. Con el tiempo se electrifican otras industrias como la del papel, los molinos harineros, las fábricas de yute, las de sombreros, explosivos, cervezas, hielo, acero y muebles. La actividad minera inicia una transformación fundamental al ser proveedora de un insumo esencial en la industria eléctrica, el cobre.

Esa época se destaca por la proliferación de inversiones en la actividad eléctrica. Los últimos años del siglo XIX fueron testigos de la instalación de numerosas plantas generadoras. En el último año del siglo, ya operaban 177 plantas en nuestro territorio y se contaban con empresas eléctricas privadas que daban servicio público en las ciudades México, Campeche, Guadalajara, Guanajuato, Mazatlán, Orizaba, Parral, Puebla, Tampico, Tehuantepec, Toluca y muchas otras. El surgimiento casi explosivo de la nueva actividad, al amparo del crecimiento económico de la época porfiriana, dieron lugar al surgimiento de grandes y numerosas empresas privadas con capacidades para introducir innovaciones

tecnológicas para la construcción de grandes obras de infraestructura hidroeléctrica y para generar volúmenes importantes de empleo, en lo que constituía la nueva especialidad laboral en México, surge así en 1914 el Organismo Laboral que hoy en día se conoce como "Sindicato Mexicano de Electricistas".

Durante las hostilidades de los enfrentamientos armados de la Revolución Mexicana, se frenó el crecimiento de ésta actividad, aunque en forma relativamente tenue con respecto al conjunto de las actividades económicas. Si bien se paralizaron las inversiones, se logró la conservación de las plantas generadoras, la infraestructura de distribución y la continuidad del servicio. La introducción y uso generalizado de la energía eléctrica fue la base sobre la cual pudo desarrollarse la economía mexicana.

Los impactos en la productividad industrial derivados de la electrificación fueron acentuados al restablecerse las condiciones de estabilidad y producción. La maquinaria eléctrica en la industria textil determinó la desaparición de casi todos los telares manuales y de las pequeñas empresas que no lograron implantar los nuevos adelantos. El sector textil por ejemplo triplicó su productividad de 1923 a 1932 y éste fenómeno se extendió a casi toda la actividad manufacturera. En las fábricas de cigarros de la Ciudad de México y Guanajuato, el 70 % de la maquinaria era eléctrica y el 85 % del papel era producido en fábricas que usaban exclusivamente la fuerza eléctrica.

En 1930, el proceso de generación y distribución de la energía eléctrica, estaba a cargo de grupos que entonces dominaban ésta industria; La anglocanadiense "Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz" controlando el 47 % del servicio público y la "American & Foreign Power Company" controlando sólo el 33 %. Sin embargo las condiciones de operación de éstas grandes empresas, las regulaciones aisladas y las diversas fuentes tecnológicas importadas, derivaron una gran heterogeneidad de los equipos de generación instalados en el país. La muerte de Obregón en 1928 puso en el tintero el problema de la organización política en México y la aparición del Partido Nacional Revolucionario (PNR) en 1929, trae consigo una diversidad de cambios dentro de la vida política mexicana, el país recibe los efectos de la gran depresión económica que tuvo lugar en el año de 1929; pese a los esfuerzos del presidente interino Emilio Portes Gil para aminorarlo. El impacto de ésta depresión económica influyó terminantemente en la conformación del sector eléctrico, al igual que en muchas de las actividades industriales. Esta depresión da lugar a las condiciones para la integración económica del sector, haciendo factible el surgimiento y posterior desarrollo de la industria de las manufactureras eléctricas.

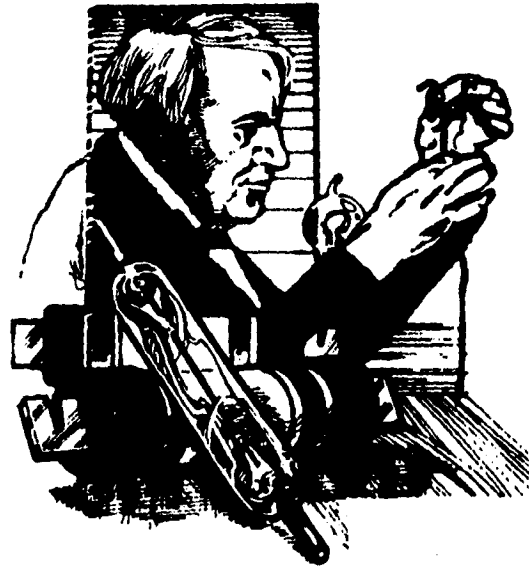
En un periodo de contracción en las inversiones del sector eléctrico, se promulga en el año de 1937 la ley que dio origen a la "Comisión Federal de Electricidad" y en 1938 a la "Ley de la Industria Eléctrica". El 20 de Marzo de 1962 durante el gobierno de Adolfo López Mateos, toma posesión la nación mexicana de la "Compañía de Luz" para tener en sus manos la energía eléctrica que en el país se produce por manos de mexicanos. El estado asume el primer papel en el esfuerzo de la electrificación nacional, desarrollando condiciones de crecimiento del sector eléctrico análogas a las desarrolladas previamente en otros países.

Entre los años de 1950 y 1970 se desarrolló el proceso básico de consolidación de las manufactureras eléctricas mexicanas. Basta mencionar que el 51 % de las grandes empresas y el 33 % de las empresas medianas que operan actualmente en el sector, fueron creadas durante esa época. El sector eléctrico se ve altamente favorecido durante el periodo de expansión económica de 1978 a 1981, vinculado al auge de la exportación petrolera. Al finalizar 1988, los procesos de cambio estructurales, los riesgos de inversión y las grandes oportunidades que se plantean en éste sector, configuran una situación con perspectivas complejas.

El 24 de Agosto de 1986, México queda inscrito formalmente como el nonagésimo segundo miembro del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles aduanales y Comercio; por sus siglas en inglés) durante el gobierno de Miguel de la Madrid. Se modifican leyes aduanales y comerciales que afectarán a todo el sector comercial, pese a la crítica nacional que asegura que hemos sido introducidos con falsas promesas al "Club de los países ricos".

El 12 de Agosto de 1992 México, Estados Unidos y Canadá terminan las deliberaciones sobre el "Tratado de Libre Comercio Norteamericano" (NAFTA), concluyendo en un acuerdo total de 22 capítulos. Acciones de gran trascendencia que nuevamente vendrán a modificarán substancialmente el panorama económico nacional.

Aún en 1995 con la depresión económica que sufre el país, ésta perspectiva atrae la atención de las compañías productoras y distribuidoras de la energía eléctrica, así como a las compañías manufactureras eléctricas, constructoras y de la industria en general, participando y adecuándose a los profundos cambios a los que se han visto sujetas, cuestionándose y reelaborando planes de acción con el fin de existir y sobresalir en el cambiante mercado mundial.



*Thomas Alva Edison*

**Propuso en 1880, fijar en un punto determinado un estrechamiento de la sección del cable. Dando principio al conductor de seguridad, conocido actualmente como fusible.**

## CAPITULO II. ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.

### A. Definición de instalación eléctrica.

Entendemos por instalación eléctrica al conjunto de elementos que nos permiten distribuir la energía eléctrica, desde el lugar de producción hasta el punto de suministro y desde este punto hasta los equipos que la utilizarán.

Entre los principales elementos a considerar tenemos: cables, conexiones, transformadores, interruptores, tableros, dispositivos sensores y de control, bancos de capacitores, canalizaciones y soportes.

Las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas [NOM-001-1994] la definen como:

“Cualquier combinación de equipo eléctrico que se encuentra interconectado incluyendo los conductores y demás elementos de interconexión y accesorios, dentro de un espacio o localización determinados”.

### B. Elementos de las instalaciones eléctricas.

La forma más elemental para la utilización de la energía eléctrica es el llamado “Circuito eléctrico”, consiste de una fuente de voltaje y uno o mas dispositivos de carga, los cuales usan la corriente suministrada por la fuente a través de los conductores eléctricos que forman la trayectoria cerrada del propio circuito.

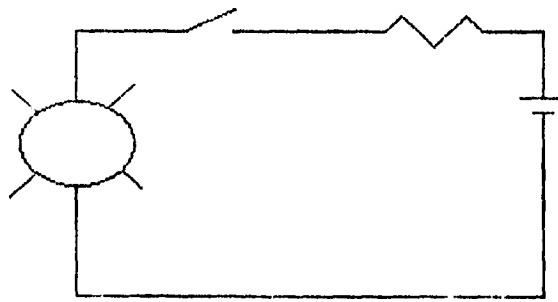


Fig. Circuito eléctrico fundamental

**1. Tipos de circuitos.** Algunos casos típicos de circuitos eléctricos son:

**a. Circuitos de alumbrado.** Son alimentados desde un tablero o punto de alimentación, los conductores van dentro de tubos conduit hacia las salidas donde se encuentran las cargas. La

corriente que alimenta las cargas circula cuando son cerrados los circuitos por medio de los interruptores o apagadores.

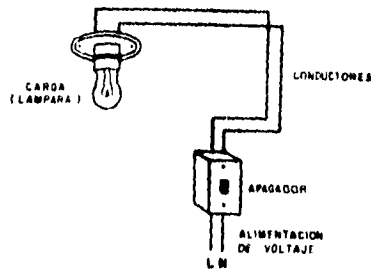


Fig. Circuito elemental de alumbrado.

**b. Circuitos de fuerza o alimentación a motores.** Estos circuitos son alimentados desde un tablero de fuerza o "Panel de alimentación" y se lleva por medio de conductores alimentadores hasta el motor que representa la carga.

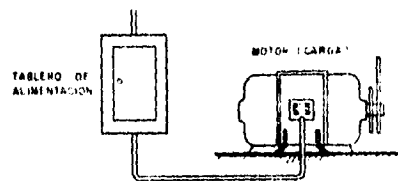


Fig. Circuito elemental de alimentación a un motor..

**c. Circuitos derivados.** Son circuitos secundarios que alimentan determinadas cargas y que estos a su vez son alimentados desde un tablero de fuerza principal. Estos circuitos son clásicos en la instalación eléctrica de un edificio.

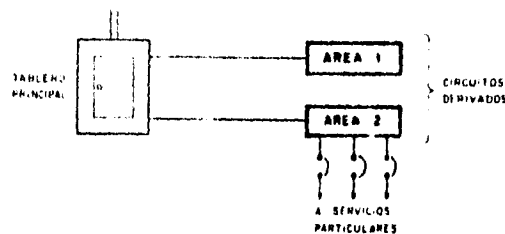


Fig. Alimentación de circuitos derivados.



Dependiendo de las características de la fuente y de la propia carga a ser alimentada, estos circuitos pueden ser de corriente continua [ C.C. ] o de corriente alterna [ C.Á. ] y operar en diferentes rangos de voltaje.

## 2. Circuitos fundamentales.

La forma de alimentar todo tipo de cargas por medio de circuitos en una instalación eléctrica, son básicamente de dos formas.

**a. Conexión serie.** Se dice que un circuito está conectado en serie, cuando por todos los elementos o cargas circula la misma corriente. En estos circuitos la resistencia total es la suma de cada una de las resistencias de carga mas la de los propios conductores.

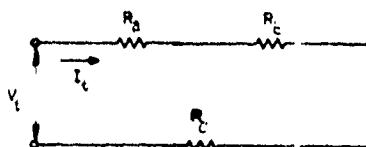


Fig. Circuito en conexión serie.

donde:

$$R_t = R_a + R_b + R_c$$

$$I_t = I_a = I_b = I_c$$

$$V_t = V_a + V_b + V_c$$

En esta última ecuación del circuito serie, queda establecida la SEGUNDA LEY DE KIRCHHOFF que dice textualmente:

“La tensión total aplicada a un circuito cerrado, es igual a la suma de cada una de las caídas de tensión en cada uno de sus elementos”.

La caída de voltaje en cada resistencia se obtiene por la LEY DE OHM:

$$V_a = R_a I, \quad V_b = R_b I, \quad \dots \quad V_n = R_n I$$

La corriente que circula a través del circuito se calcula como:

$$I = V / (R_1 + R_2 + \dots R_n)$$

donde: I = Corriente que circula por todas las cargas o resistencias.

V = Voltaje aplicado al circuito.

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ... R<sub>n</sub> = Resistencia de los elementos conectados en serie.

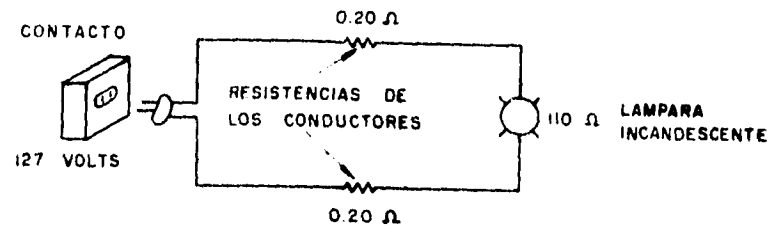


Fig. Lámpara conectada en serie.

**Aplicaciones.** Para este tipo de circuitos, podría decirse que encuentran pocas aplicaciones en las instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza y sin embargo las encontramos presentes en el alumbrado público, series de Navidad, en casos especiales de alumbrado de emergencia, etc.

**b. Conexión múltiple o en paralelo.** Se dice que un circuito está conectado en paralelo, cuando todos los elementos o cargas se conectan entre los conductores que se alimentan de la fuente de voltaje.

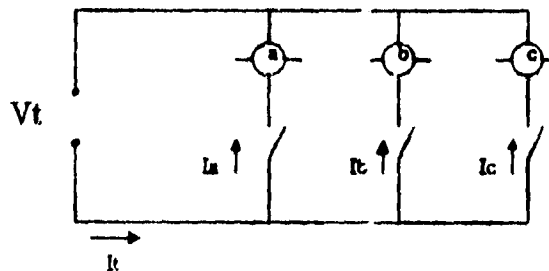


Fig. Circuito múltiple en paralelo.

En este tipo de circuitos, el voltaje aplicado es igual al voltaje en cada uno de sus elementos.

$$V_t = V_a = V_b = V_c$$

$$I_t = I_a + I_b + I_c$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}}$$

En esta última ecuación del circuito paralelo, queda establecida la PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF, que establece:

“ La suma de las corrientes que entran a un nodo o empalme de un circuito, es igual a la suma de las corrientes que salen”.

Cada una de las corrientes que demanda cada elemento del circuito, se calculan de acuerdo con la expresión.

$$I = V / R$$

Si se desea calcular el valor de la resistencia equivalente  $[R_e]$  de todas las resistencias o cargas conectadas al circuito, se emplea la conocida fórmula.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

donde:

$R_e$  = Resistencia equivalente

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Resistencias individuales

Este tipo de conexión en paralelo, por sus características resulta ser la mas empleada en las instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza, tanto para instalaciones industriales como residenciales, entre sus principales características tenemos.

- 1) Control de cargas individual o simultáneo.
- 2) Misma tensión en cada una de las cargas.
- 3) La resistencia total del circuito, es siempre menor que la resistencia de cada uno de sus componentes.
- 4) La intensidad de corriente que demanda cada componente, es inversamente proporcional al valor de su resistencia.

**Aplicaciones.** Este tipo de conexión la usamos en mas del 90 % de las instalaciones eléctricas. Cada vez que hacemos uso de los aparatos de uso doméstico, estamos haciendo uso de la conexión en paralelo y formamos circuitos que demandan diferente capacidad de corriente; como los aparatos conectados a la red de suministro.

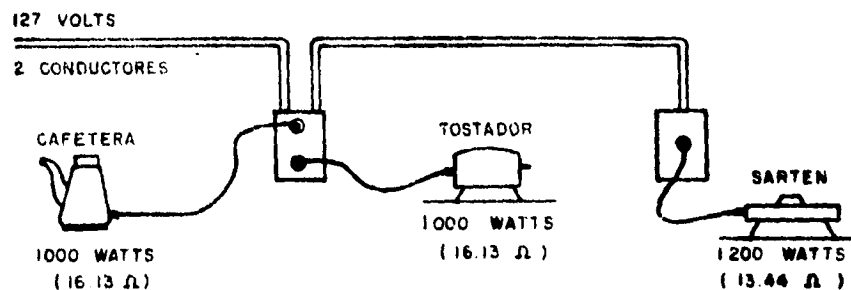


Fig. Aparatos de uso doméstico, conectados en paralelo.

Dado que el presente trabajo se trata fundamentalmente de las instalaciones eléctricas en baja tensión, como son las instalaciones eléctricas industriales y residenciales, haremos mención de algunos términos y conceptos que estaremos haciendo uso de ellos en el presente trabajo. En esta primera parte comentaremos y ampliaremos las definiciones contenidas en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NOM-001-1994).

**Acometida.** Entendemos por acometida o línea de servicio a " los conductores que ligan la red de distribución del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario ".

"Los conductores y equipos necesarios para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro al sistema de alambrado de la propiedad alimentada".

Puede entenderse también como:

" La línea aérea o subterránea, que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición ".

En toda instalación eléctrica normalmente la alimentamos del punto posterior al medidor que nos proporciona la compañía suministradora.

**Equipo de servicio.** " Es el conjunto de aparatos, propiedad del organismo suministrador o bajo su cuidado, necesarios para el adecuado suministro del servicio, tales como equipo de medición, transformadores de instrumento, gabinetes que los contienen etc., que se encuentran instalados en el extremo de la acometida más próximo al servicio ".

Tales equipos se pueden alojar en la parte más cercana de la propiedad hacia la calle para su fácil instalación y posterior lectura del medidor por parte de la compañía suministradora.

**Desconectador.** " Dispositivo destinado a abrir o cerrar en aire un circuito, solamente después de que se ha desconectado la carga por algún otro medio, pero que puede tener potencial aplicado en el momento de su operación ".<sup>1</sup>

Existen diferentes marcas en el mercado para elegir la que sea adecuada a nuestro diseño y presupuesto.

**Circuito alimentador.** " Es el conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito, en una instalación de utilización, que se encuentra entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados ".

"Conductores del circuito, Formado entre el equipo de servicio o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final contra sobrecorriente del circuito derivado".

**Equipo de medición.** "Es aquel, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra - venta".

Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

**Circuito derivado.** "Es el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas".

En toda instalación eléctrica se debe recurrir al uso de los circuitos derivados para su adecuada elección del cable y proteger al equipo o equipos que se estén energizando, así como el correcto balance de cargas que nos garantice un eficiente funcionamiento de la instalación y uso de la energía eléctrica.

**Salida.** En una instalación de utilización, "Es la caja de conexiones de la cual se toma la alimentación para una o varias cargas eléctricas determinadas, tales como las de luminarias, motores, contactos, etc."

### **3. Principales componentes.**

Como es conocido, toda instalación eléctrica cuenta con elementos principales para conducir, controlar y proteger la propia energía eléctrica que tomamos del punto de suministro o acometida y enunciaremos los principales elementos que la forman como son:

- a. Conductores eléctricos.
- b. Canalizaciones y conectores.
- c. Accesorios adicionales.
- d. Dispositivos de protección.

**a. Conductores eléctricos.** Los conductores eléctricos son aquellos materiales que ofrecen poca resistencia al paso de la corriente eléctrica a través de ellos.

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de conducción eléctrica presenten buena conductividad además de cumplir con propiedades eléctricas y mecánicas, considerando además su costo para que sean adecuadas en el uso de las instalaciones. Todos los metales son buenos conductores de electricidad, sin embargo, unos son mejores que otros.

#### **1) Materiales conductores.**

**Plata.** Es el mejor conductor de la electricidad, pero su alto costo hace reducir sus usos. Se usa principalmente para contactos y como un material para metalizado o recubrimiento de componentes eléctricos.

**Cobre.** Después de la plata, el cobre electrolíticamente puro es el mejor conductor eléctrico, se le emplea en más del 90% de la fabricación de conductores eléctricos porque reúne las condiciones deseadas:

- a) Buena conductividad.
- b) Buena resistencia mecánica.
- c) Flexibilidad.
- d) Bajo costo.

Existen tres tipos de conductores clasificados por el cobre según su temple.

a) **Cobre suave o recocido.** Por su suavidad, estos conductores poseen una conductividad eléctrica del 100%, tienen baja resistencia mecánica y una alta elongación.

*Usos.* Con aislamiento protector se utilizan en instalaciones tipo interior, dentro de ductos, tubos conduit, engrapados sobre muros, etc.

b) **Cobre semiduro.** Al poseer mayor dureza que los conductores de cobre suave, su conductividad eléctrica es aproximadamente del 96.66% , mayor resistencia mecánica y mayor elongación.

*Usos.* Sin aislamiento protector; para líneas de transmisión con distancias interpostales o claros cortos y en redes de distribución.

c) **Cobre duro.** Por su mejorada dureza presentan una conductividad eléctrica del orden del 96.16% , alta resistencia mecánica y mucho menor elongación que los conductores de cobre semiduro.

*Usos.* En líneas aéreas.

**Oro.** Después de la plata y el cobre , el oro es el mejor conductor eléctrico. Por su extremado costo limita e inclusive limita su empleo.

*Usos.* En contactos de equipo especial y como recubrimiento en componentes eléctricos por ser el mejor recubrimiento metálico para el bronce y el berilio.

**Aluminio.** Es otro buen conductor eléctrico pero por tener una conductividad eléctrica del 61% respecto al cobre se en desventaja con respecto al cobre recocido, además, tiene la desventaja de ser quebradizo pero por ser tres veces mas ligero que el cobre lo sitúa con gran ventaja respecto a este.

*Usos.* Reforzado en su parte central interior con guía de acero, es utilizado en grandes tramos para líneas de transmisión eléctrica. Los conductores de aluminio trenzado, están siendo usados para líneas aéreas de distribución en baja tensión, en los mismos claros donde se usa alambre de cobre. por su peso ligero se usa en el alambrado de aviones.

**Platino.** El platino es otro conductor eléctrico que se utiliza en equipo eléctrico, por su baja conductividad eléctrica del 16% , con respecto al cobre se utiliza en menor grado.

*Usos.* Es ampliamente usado en contactos, pero en este campo algunas aplicaciones están siendo reemplazadas por el tungsteno.

Características	Plata	Cobre	Oro	Aluminio	Platino
Peso específico [ gr/cm <sup>3</sup> ]	10.7	8.9	19.3	2.7	21.4
Conductividad eléctrica [ % ]	100	97	...	62*	16*
Resistividad eléctrica @ 20 °C [Ohm-m/mm <sup>2</sup> ]	...	0.0172	0.0242	0.0283	...
Tensión de ruptura [ Kg/cm <sup>2</sup> ]	...	31	...	16	...
Elongación	...	50	...	23	...
Dureza Brinell	59	...	...	30	97

\* Con respecto al cobre.

## 2) Apariencia física.

Es muy común que se designe al alambre o cable con el término " conductor ", pero sin embargo este término es en realidad más genérico al que comúnmente se le asigna, ya que básicamente tenemos diferentes tipos de conductores por su forma transversal.

**Alambre.** Conductor formado por un hilo sólido de sección circular.

**Cable.** Conductor formado por varios hilos torcidos en formación geométrica.

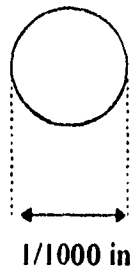
**Cordón.** Conductor formado por varios hilos reunidos al azar.

**Solera.** Conductor formado por una barra sólida de sección rectangular.

Un conductor eléctrico de tipo cable o alambre es fabricado por lo general en secciones circulares de diferentes calibres, según la cantidad de corriente por conducir ( Ampacidad ); aunque en algunos casos se fabrican en secciones rectangulares o tubulares para altas corrientes. Los productores nacionales de conductores y la [ NOM-001 ] han adoptado el sistema americano de designación AWG [ American Wire Gage ] siendo el más grueso el 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor, los números: 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20, que es el más delgado utilizado en las instalaciones eléctricas. Para conductores con un área mayor del 4/0 se ha empleado una designación en función del área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el Circular Mil y con lo cual los fabricantes de conductores eléctricos le deberán imprimir la leyenda del calibre AWG o MCM

### Equivalencia en el calibre AWG o MCM

Se dice que un conductor tiene un CM [ Circular Mil ] cuando el área transversal tiene un diámetro de una milésima de pulgada.



$$1 \text{ CM} = [ \pi D^2 / 4 ] = [ 3.1416 ( 0.001 )^2 / 4 ] = 785 \text{ E}^{-9} \text{ in}^2$$

$$1 \text{ CM} = 785 \text{ E}^{-9} \text{ in}^2 = 5.064506 \text{ E}^{-4} \text{ mm}^2$$

donde:

$$1 \text{ mm}^2 = 10 / 5.064506 = 1974.5 \text{ CM}$$

Debido al error admisible, para el cálculo de los conductores eléctricos se considera aproximadamente.

$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ CM}$   
 $1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ Mil Circular Mills}$   
 $1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ MCM}$

La tabla 5 de la NOM-001 ubicada en la sección de tablas de esta obra; establecen el diámetro y área del conductor (cobre) según el calibre de los conductores ya sea en AWG o MCM, así como también el diámetro total con todo y aislamiento.

### 3) Materiales aislantes.

El aislamiento de los conductores sirve para confinar la corriente y el campo eléctrico en la masa del conductor. La selección de los diferentes tipos de revestimientos que existen para los conductores, están en función de los usos y aplicaciones para los cuales están diseñados, tales como tensión, temperatura ambiente temperatura de operación, condiciones mecánicas de operación, flamabilidad, toxicidad y resistencia al medio ambiente ( humedad, intemperismo, solventes, aceites, etc. ).

Los materiales aislantes más usados en la elaboración de conductores son los siguientes:

Nombre comercial	Descripción	Tensión de operación
Termoplásticos	PVC ( Cloruro de polivinilo )	0.6 a 15 kV
Termofijos	XLP ( Polietileno de Cadena cruzada )	0.6 a 69 kV
Elastómeros	EP ( Etileno propileno )	0.6 a 46 kV
	Hules sintéticos (Policloropreno- Neopreno)	0.6 a 1 kV
Papel impregnado	En aceite, en cera	2 a 69 kV
Algodón y seda	Encerados o impregnados en barniz	Control

Normalmente las tensiones de operación en las instalaciones eléctricas residenciales e industriales son menores de 600 V, excepto en las acometidas de la subestación que son del orden de 15 a 23 kV. La tensión de operación define la clase del cable.

En la tabla 1.2 de la NOM-001; reproducida en la sección de tablas de este trabajo, se hace referencia las dimensiones de los conductores, ya sean alambres o cables con o sin recubrimiento y al tipo de aislamiento de dicho conductor.

En la tabla 1 de la norma NOM J-10-1982 ( ver sección de tablas ), se indica una clasificación de conductores de acuerdo a su tipo de aislamiento y su temperatura de operación, se hace una breve descripción del aislamiento y la utilización recomendada al momento de instalarse.

En la tabla 2 de la norma NOM J-10-1982 ( ver sección de tablas ), se indican las principales propiedades de los aislamientos según los diferentes tipos de aislamientos de los conductores.

### 4) Aplicaciones de los conductores.



Todas las instalaciones eléctricas de la República Mexicana deberán cumplir con los mínimos requisitos que establecen las " Normas técnicas para Instalaciones eléctricas " [ NOM-001 ], editadas por la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial [ SECOFI ] a través de la Dirección General de Normas [ DGN ].

En la sección 310 de la NOM-001 se hace referencia a los conductores de uso general, en esa sección trata de los conductores de mayor uso en instalaciones de utilización; sus requisitos se refieren principalmente a conductores aislados y establecen en general la forma en que estos se designen, su capacidad de corriente sus modos de uso, y la forma en que deben estar marcados. Estos requisitos no se aplican a los conductores que formen parte integrante de equipos tales como motores, arrancadores de motores y equipos similares.

Los tipos y aplicaciones de los conductores aislados mas comunes, para tensiones hasta de 600 V se muestran en la tabla 310.13 de la NOM-001; reproducidas en la sección de tablas, en ellas se indican además las características y temperaturas máximas de operación según el tipo de aislamiento. El uso de tales conductores no deberán sobrepasar los valores para los cuales fueron diseñados.

Los factores de capacidad de corriente para conductores de cobre aislados, son indicados en la tabla 310-16 y 17 de la NOM-001 ( reproducida en sección de tablas ). Tales valores están de acuerdo con el tipo de aislamiento y la forma de instalación, pero los valores de esa tabla deben corregirse en función del agrupamiento de conductores o por el aumento en la temperatura ambiente.

- a) *Factores de corrección por agrupamiento.* Son mostrados en la tabla 310-21 de la NOM-001 ( ver sección de tablas ) y deberán aplicarse cuando el número de conductores o cables multiconductores sean alojados en una misma canalización sean 1, 2, 3 o más conductores.
- b) *Factores de corrección por temperatura ambiente.* Son mostrados en la tabla 310-16 y 17 de la NOM-001 ( ver sección de tablas ) y deberán aplicarse para condiciones de temperatura ambiente de 31 °C o mayor, ya sea del local o del lugar en que se encuentren los conductores.

#### **5) Selección de conductores.**

Los conductores destinados para las instalaciones eléctricas deberán cumplir con ciertos requisitos para su instalación.

- a) *Limite de la tensión de aplicación.* Que estará en función del voltaje calculad, ya sea para la acometida o circuitos derivados.
- b) *Capacidad de conducción de corriente ( Ampacidad ).* Es la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado, está afectada por los siguientes factores. (ver tabla 310-16 y 17 de la NOM-001, sección de tablas).
  - Temperatura de operación propia de cada conductor.
  - Capacidad de disipación de calor, producida por las pérdidas en función del medio a que está expuesto, ya sea al aire o en tubo conduit.

- c) **Máxima caída de tensión permisible.** De acuerdo con la capacidad de corriente del conductor, se deberá respetar la máxima caída de tensión global permitida por la NOM-001 art. 210-19 que será del 5 % desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación, ya sea de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.

Se recomienda que dicha caída de tensión se distribuya razonablemente entre el circuito derivado y el circuito alimentador de tal manera que, en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 %.

## **b. Canalizaciones eléctricas.**

La NOM-001 definen a las canalizaciones como " El medio o los medios que se usan para alojar a los conductores de una instalación eléctrica y que son diseñados, construidos y utilizados solamente para tal fin. Las canalizaciones pueden ser de metal o de cualquier otro material aprobado".

Las canalizaciones deben diseñarse y construirse de tal forma que aseguren una protección mecánica adecuada y confiable para los conductores contenidos en ellos, deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar sin deformación en sus características físicas originales y soportar los esfuerzos producidos durante su transporte, almacenamiento, instalación e inclusive su funcionamiento.

Las canalizaciones más comunes en las instalaciones eléctricas son:

- 1) Tubo metálico rígido.
- 2) Tubo metálico flexible
- 3) Tubo no metálico
- 4) Ductos.
- 5) Charolas.

### **1) Tubo metálico rígido (Conduit).**

El tubo Conduit es un tubo usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones eléctricas. Este tipo de tubo puede ser fabricado en Aluminio, Acero o aleaciones especiales. Los tubos de acero se fabrican en los tipos: Pesado, Semipesado y Ligero, distinguiéndose uno del otro por el espesor de la pared, la sección transversal del tubo deberá ser de sección circular y no deberá usarse tubo metálico rígido de diámetro nominal inferior a 13 mm [ 1/2" ] en las instalaciones eléctricas.

Los conductores que se alojen en tubos Conduit deberán estar conforme a los " Factores de relleno " enunciados en el artículo 345.7 [NOM-001] que enuncia lo siguiente: " Todos los conductores que se alojen en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros; no deben ocupar más del 40 % de la sección transversal del tubo, en el caso de tres conductores o más. No más del 30 % cuando sean dos conductores y no más del 55% cuando se trate de un solo conductor ". [ Ver tabla 1] Factores de corrección por agrupamiento y además tabla 310-16 y 17. Factores de corrección por temperatura ambiente].

..." Un cable multiconductor de dos o más conductores deberá ser tratado como un solo conductor".

..." El número máximo de conductores portadores de corriente que se alojen en un tubo deben ser de 30. En este caso, los conductores de circuitos de control y señalización, tales como los de estaciones de

botones, lámparas piloto, etc. y los conductores de puesta a tierra no se consideran como portadores de corriente.

Al hacer una curva su diámetro interior no se deberá reducir considerablemente. El radio interno de la curva no deberá ser menor de seis veces el diámetro exterior del tubo, excepto cuando los conductores tengan cubierta metálica en cuyo caso, el radio de las curvas será de diez veces el diámetro exterior del tubo como mínimo.

Los tubos Conduit se clasifican de la siguiente forma:

- a) Tubo Conduit pared gruesa.
- b) Tubo Conduit pared delgada.

a) *Tubo Conduit pared gruesa.* Comercialmente a los tubos conduit de servicio pesado se les identifica como tubos conduit de pared gruesa. Estos tubos se encuentran en el mercado en forma galvanizada o con recubrimiento negro esmaltado, en tramos de 3.05 m ( 10 ft ) de longitud con roscas en ambos extremos, son fabricados en secciones circulares con diámetros desde 13 mm ( 1/2 " ) hasta 152.4 mm ( 6 " ). Se usan como conectores los llamados Niples y Coples con contra y Monitor en las versiones corta y larga. Se usan a menudo la herramienta llamada " Tarraja " para hacerle cuerda a tramos de longitud inferiores a los comerciales, se deben escariar ( quitar rebaba ) los tubos en sus extremos para eliminar bordes cortantes que dañen a los conductores durante el alambrado.

**Usos.** Se pueden emplear en instalaciones visibles u ocultas, es decir: sobrepuestas o empotradas en piso o pared, bajo cualquier condición atmosférica.

Cuando sea necesario hacerles algún dobléz, se deberá emplear la herramienta adecuada para que no se reduzcan en forma apreciable su diámetro interior y no se produzcan grietas. El número de curvas en un tramo de tubería colocado entre dos cajas de conexión, entre una caja y un accesorio o bien entre dos accesorios, es recomendable que no exceda a dos codos de 90° o bien su equivalente a 180° en total.

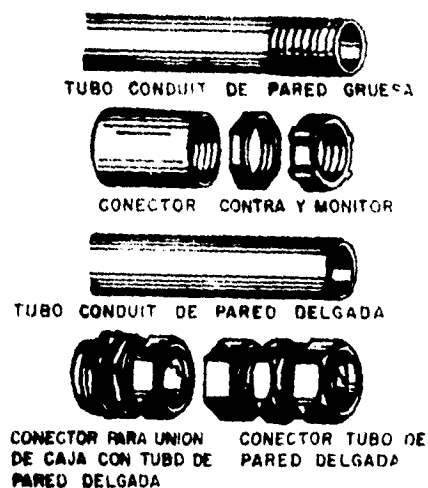


Fig. Tubo conduit pared gruesa y accesorios.

**b) Tubo Conduit pared delgada.** Comercialmente a los tubos conduit de servicio ligero se les identifica también como tubo Conduit ligero o de pared delgada, comercialmente se les encuentra en longitudes de 3.05m ( 10 ft ) y solo se deberán usar secciones transversales desde 13 mm ( 1/2" ) hasta 51 mm ( 2" ) que es el diámetro máximo recomendable para este tipo de tubo. No se les debe hacer roscado y pueden ser conectados a las cajas de conexión u accesorios a través de coples, conectores u otros accesorios propios para este tipo de tubo.

**Usos.** Pueden ser empleados en instalaciones visibles u ocultas ya sean empotradas en concreto, ladrillo o mampostería. Se recomiendan en lugares de ambiente seco y no deberán instalarse en lugares húmedos o mojados, en ambientes corrosivos así como en lugares que puedan quedar expuestos a sufrir algún daño mecánico o que sean clasificados como lugares peligrosos.

**Cajas y accesorios para canalizaciones con tubo.** En toda instalación eléctrica las uniones o conexiones entre conductores se deben realizar en cajas de conducción aprobadas para tal fin y deberán instalarse en lugares de fácil acceso para realizar cambios en la instalación.

Estas cajas comercialmente las encontramos fabricadas en plástico y en acero galvanizado, las formas en que estas se fabrican básicamente son cinco: Cuadradas, Octagonales, Rectangulares, circulares y botes integrales. Son fabricadas en diferentes anchos, profundidades y con diferentes perforaciones para tener el acceso de la tubería.

En las instalaciones residenciales normalmente se utilizan la caja cuadrada ( 1/2" ) u octagonal para registros o instalación de algún tipo de lámpara, ya sea en techo o en pared ( arbotante ). Se utiliza la caja rectangular o chalupa para instalar apagadores, contactos y salidas de televisión y teléfono. Se utiliza la caja cuadrada ( 3/4" ) con sobretapa para instalar contactos apagadores y otras salidas, cuando el calibre de los cables es mayor o bien el número de accesorios a instalar así lo requiera. Las cajas redondas son de poco uso actualmente y aún las encontramos en instalaciones residenciales antiguas. Los botes integrales normalmente son instalados en techos o plafones para instalar lámparas tipo spot con arillo o cono.

Las cajas metálicas se pueden instalar en forma visible sobre aisladores con cable de cubierta no metálica o bien con tubo no metálico; en tal caso, se recomiendan que dichas cajas se conecten rigidamente a tierra. Este requisito debe considerarse obligatorio en baños, cocinas y en lugares húmedos o mojados. Las cajas no metálicas se pueden instalar de igual forma que las cajas metálicas.

Se recomienda que los conductores que se alojan en una caja de conexiones, incluyendo empales ( amarres ), aislamientos y cocas ( vueltas ), no ocupen más del 60 % del espacio interno de la caja. El número máximo de conductores del mismo calibre que pueden alojarse en las cajas metálicas normales serán conforme a la tabla 370-16 de la NOM-001 ( ver sección de tablas ).

Uno o varios conductores de puesta a tierra, se considerarán como un solo conductor de calibre igual al mayor de ellos.

**Cajas de conexión tipo Condulet.** Son cajas de conexión especiales, para su cierre hermético se dispone de tapas y empaques especiales para que no penetren al interior de las canalizaciones elementos extraños al ser expuestos al intemperie, humedad y en ambientes oxidantes, inflamables o explosivos. Los Condulets se fabrican en tres tipos distintos:

- Ordinario.
- A prueba de polvo y vapor.
- A prueba de explosión.

Los Condulets son fabricados con rosca para uso con tubo conduit de pared gruesa o bien sin rosca para uso con tubo conduit de pared delgada. Las tapas de los Condulets pueden ser:

- De paso ( tapa ciega ).
- De cople exterior ( tapa con niple macho ).
- De contacto ( tapa con contacto doble o sencilla ).

## CONDULETS LIBRES DE COBRE

### Serie 9

#### FUNDICION A PRESION

TIPO ROSCADO PARA USO  
CON TUBO CONDUIT





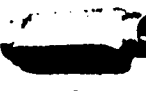

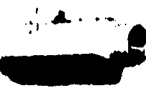

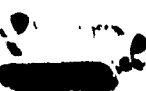
ILUSTRACION	TAMAÑO EN mm.	CATA- LOGO	ILUSTRACION	TAMAÑO EN mm.	CATA- LOGO
 E	12.7 (1/2")	E-19	 LR	12.7 (1/2")	LR-19
	19.0 (3/4")	E-29		19.0 (3/4")	LR-29
	25.4 (1")	E-39		25.4 (1")	LR-39
 C	12.7 (1/2")	C-19	 T	12.7 (1/2")	T-19
	19.0 (3/4")	C-29		19.0 (3/4")	T-29
	25.4 (1")	C-39		25.4 (1")	T-39
 LB	12.7 (1/2")	LB-19	<b>EMPAQUES DE NEOPRENO SERIE 8</b>   12.7 (1/2") GASK 1941 19.0 (3/4") GASK 1942 25.4 (1") GASK 1943  * Para obtener un empaque tipo abierto despeguese la parte central.		
	19.0 (3/4")	LB-29			
	25.4 (1")	LB-39			
 LL	12.7 (1/2")	LL-19			
	19.0 (3/4")	LL-29			
	25.4 (1")	LL-39			

Fig. Condulets, tipos y tamaños.

**CONDULETS SERIE "OVALADA"**












TIPO	No. de CATALOGO y TAMAÑO	TIPO	No. de CATALOGO y TAMAÑO
	E17 M - 12.7mm (1/2") E27 M - 19.0 (3/4") E37 M - 25.4 (1") E47 M - 31.8 (1-1/4") E57 M - 38.1 (1-1/2") E67 M - 50.8 (2")		L17 M - 12.7mm (1/2") L27 M - 19.0 (3/4") L37 M - 25.4 (1") L47 M - 31.8 (1-1/4") L57 M - 38.1 (1-1/2") L67 M - 50.8 (2")
	C17 M - 12.7mm (1/2") C27 M - 19.0 (3/4") C37 M - 25.4 (1") C47 M - 31.8 (1-1/4") C57 M - 38.1 (1-1/2") C67 M - 50.8 (2") C77 M - 63.5 (2-1/2") C87 M - 76.2 (3")		T17 M - 12.7mm (1/2") T27 M - 19.0 (3/4") T37 M - 25.4 (1") T47 M - 31.8 (1-1/4") T57 M - 38.1 (1-1/2") T67 M - 50.8 (2") T77 M - 63.5 (2-1/2") T87 M - 76.2 (3")
	LB17 M - 12.7mm (1/2") LB27 M - 19.0 (3/4") LB37 M - 25.4 (1") LB47 M - 31.8 (1-1/4") LB57 M - 38.1 (1-1/2") LB67 M - 50.8 (2") LB77 M - 63.5 (2-1/2") LB87 M - 76.2 (3")		TB17 M - 12.7mm (1/2") TB27 M - 19.0 (3/4") TB37 M - 25.4 (1") TB47 M - 31.8 (1-1/4") TB57 M - 38.1 (1-1/2") TB67 M - 50.8 (2")
	LL17 M - 12.7mm (1/2") LL27 M - 19.0 (3/4") LL37 M - 25.4 (1") LL47 M - 31.8 (1-1/4") LL57 M - 38.1 (1-1/2") LL67 M - 50.8 (2") LL77 M - 63.5 (2-1/2") LL87 M - 76.2 (3") LL107 M - 101.6 (4")		X17 M - 12.7mm (1/2") X27 M - 19.0 (3/4") X37 M - 25.4 (1") X47 M - 31.8 (1-1/4") X57 M - 38.1 (1-1/2") X67 M - 50.8 (2")
	LR17 M - 12.7mm (1/2") LR27 M - 19.0 (3/4") LR37 M - 25.4 (1") LR47 M - 31.8 (1-1/4") LR57 M - 38.1 (1-1/2") LR67 M - 50.8 (2") LR77 M - 63.5 (2-1/2") LR87 M - 76.2 (3") LR107 M - 101.6 (4")		LBD4400 - 31.8mm (1-1/4") LBD5500 - 38.1 (1-1/2") LBD6600 - 50.8 (2") LBD7700 - 63.5 (2-1/2") LBD8800 - 76.2 (3") LBD9900 - 88.9 (3-1/2") LBD10900 - 101.6 (4")
	LF1 M - 12.7mm (1/2") LF2 M - 19.0 (3/4") LF3 M - 25.4 (1")		Se surte con tapa ciega. El con- dutor L tiene 2 bocas, por lo que puede ser usado como LR ó LL.  Para usarse cuando sea necesario dar una vuelta de 90° en el sis- tema Condulet. La tapa se en- cuentra colocada en un ángulo - permite: jalar los alambres en forma recta, se proporciona con una tapa ciega.

Fig. Condulets, tipos y tamaños.

**TAPAS Y EMPAQUES PARA USO EN LOS CONDULETS  
SERIE "OVALADA"**




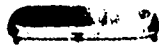


TIPO	TAMAÑO	NEOPRENO		VILLUMOID		CORCHO	
		CATALOGO		CATALOGO	PRECIO	CATALOGO	
	12.7mm(1/2")	GASK 571 NM		GASK 771 M	\$ 3.25	GASK 671 M	
	19.0 (3/4")	GASK 572 NM		GASK 772 M	3.25	GASK 672 M	
	25.4 (1")	GASK 573 NM		GASK 773 M	4.90	GASK 673 M	
	31.8 (1-1/4")	GASK 574 NM		GASK 774 M	6.50	GASK 674 M	
	38.1 (1-1/2")	GASK 575 NM		GASK 775 M	6.50	GASK 675 M	
	50.8 (2")	GASK 576 NM		GASK 776 M	8.15	GASK 676 M	
	63.5 (2-1/2")	GASK 577 NM		GASK 777 M	13.00	GASK 677 M	
	76.5 (3")	GASK 578 NM		GASK 778 M	13.00	GASK 678 M	
	101.6 (4")	GASK 579 NM		GASK 779 M		GASK 679 M	
		12.7mm(1/2")	GASK 471 NM				GASK 371 M
19.0 (3/4")		GASK 472 NM				GASK 372 M	
	EMPAQUES DE NEOPRENO PARA CONDULETS LBD						
	TAMAÑO		CATALOGO				
	31.8 (1-1/4")		GASK 683 RM				
	38.1 (1/2") Y 50.8 (2")		GASK 684 RM				
	63.5 (2-1/2") Y 76.2 (3")		GASK 990 RM				
101.6 (4")		GASK 989 RM					
<p align="center">EL EMPAQUE CERRADO SE USA PARA LAS TAPAS CIEGAS FUNDIDAS O FROQUELADAS EL EMPAQUE ABIERTO SE USA EN TAPAS QUE RECIBEN CONTACTOS, APAGADORES, ETC.</p>							
<b>TAPAS</b>							
TIPO	TAMAÑO	CATALOGO		TAMAÑO	CATALOGO		
 TAPA CIEGA	12.7mm(1/2")	170 FM		50.8mm(2")	670 FM		
	19.0 (3/4")	270 FM		63.5 (2-1/2")	870 FM		
	25.4 (1")	370 FM		76.5 (3")	870 FM		
	31.8 (1-1/4")	470 FM					
	38.1 (1-1/2")	570 FM					
TIPO	No. de CATALOGO y TAMAÑO		TIPO	No. de CATALOGO y TAMAÑO			
	17.55 - 12.7mm(1/2")			1766M 12.7mm(1/2")			
	27.55 - 19.0 (3/4")						
	Esta tapa se usa en los condulets serie ovalada y se proporciona con un puente standard para montaje de cualquiera de los accesorios del tipo intercambiable tales como apagadores de 1 a 2 polos, 3 ó 4 - vías, contactos, etc.				Esta tapa se usa en la interperie con apagadores del tipo intercambiable. Se surte con empaque Gask 371 M y con puente para montar el apagador que se sujeta al interior de la tapa.		

Fig. Condulets, accesorios.

**2) Tubo metálico flexible.** Es el tubo fabricado con cinta metálica engargolada y ensamblada en forma helicoidal. A este tipo de tubo se le conoce también con el nombre de tubo "Greenfield". Para instalaciones eléctricas se recomienda con secciones circulares desde 13 mm ( 1/2" ) hasta 102 mm (4"). Cuando este tubo lleva un recubrimiento exterior de plástico para ser usado en exteriores, se le denominará "Liquatay" y generalmente es de color gris.

**Usos.** Se recomienda en instalaciones visibles, lugares de ambiente seco y en lugares donde no este expuesto a sufrir daños mecánicos ni corrosivos. Se puede instalar en ranuras de muros de ladrillo, tabique o bloques para alimentar a contactos. Su uso se acentúa en las instalaciones de tipo industrial como último tramo para conectar equipo eléctrico, máquinas y motores. Los acoplamientos se deberán hacer, usando los accesorios apropiados para tal propósito.



TUBO CONDUIT FLEXIBLE

Fig. Tubo Conduit flexible o Tubo Plica.

**3) Tubo no metálico.** Los tubos no metálicos son fabricados principalmente en dos versiones.

- a) Policloruro de vinilo (PVC).
- b) Polietileno.

a) *Tubo rígido de PVC.* Las canalizaciones con este tipo de tubo deben de cumplir con los requisitos generales que sean aplicables para este tipo de tubo, además de ser auto extingüibles, resistentes al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Se identifican por el color verde olivo.

Usos permitidos.

- En instalaciones ocultas.
- Instalaciones visibles, donde no esté expuesto a daños mecánicos.
- En lugares con presencia de ciertos agentes químicos que no lo afecten.
- En locales húmedos o mojos; en este caso, el sistema completo de canalización debe predisponerse de manera en que el agua no le penetre.
- Enterrado a una profundidad no menor de 0.5 m a menos que se proteja con un recubrimiento mínimo de concreto de 5 cm de espesor.

El tubo rígido de PVC no deberá usarse en áreas y locales clasificados como peligrosos, en teatros, cines, locales similares y en general en aquellos lugares donde la temperatura ascienda a 70°C; tomando en consideración la temperatura ambiente del local como la de los conductores. Para soportar



las instalaciones con tubo rígido de PVC deberán soportarse a intervalos no mayores de los indicados a continuación.

- tubo de 13 y 19 mm ..... 1.5 m
- tubo de 25 a 51 mm ..... 1.5 m
- tubo de 63 y 76 mm ..... 1.8 m
- tubo de 89 y 102 mm ..... 2.1 m

Además, deben soportarse a no menos de 1.20 m de cada caja, gabinete u otro extremo del tubo.

*b) Tubo rígido de polietileno.* Las canalizaciones con polietileno de baja densidad, deberán cumplir de igual forma con los requisitos generales que sean aplicables para este tipo de tubo, además este tipo de tubo deberá ser resistente a la humedad y resistente a agentes químicos específicos. Deberá tener suficiente resistencia mecánica para proporcionar adecuada protección a los conductores y soportar trato rudo durante su instalación. Se identifica por el color anaranjado.

Usos permitidos.

- Para tensiones hasta 150 V con respecto a tierra.
- Embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos.
- Enterrado a una profundidad no menor de 0.5 m a menos que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo.

Este tubo de polietileno no deberá usarse en forma oculta por plafones, techos o en cubos verticales de alimentación de edificios, tampoco en alimentaciones visibles.

**4) Ductos.** Los Ductos son otros medios de canalización de conductores eléctricos que se usan sólo en las instalaciones eléctricas visibles, debido a que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de lazos de concreto. Son fabricados de lámina de acero en forma de canal con secciones cuadradas o rectangulares con tapas embisagradas o atornilladas y " knock-outs " para tomar alimentaciones con tubo conduit.

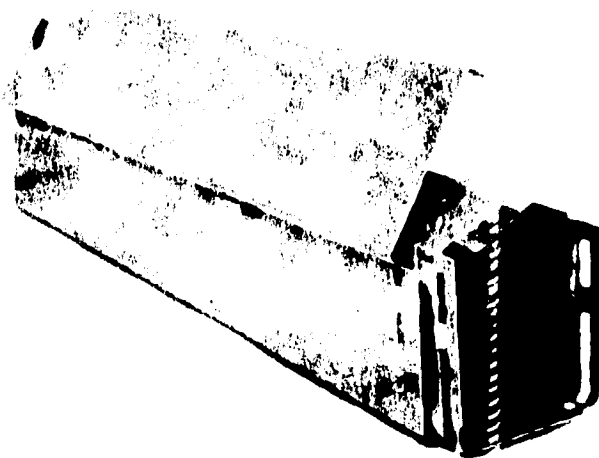


Fig. Ducto para usos generales. NEMA 1.

Los Ductos pueden ser aplicados para una variedad de aplicaciones; en trayectorias de cableado y circuitos de alimentación de tableros de fuerza y de alumbrado, distribución de energía en plantas industriales, en agrupamientos de equipos para medición y en trayectorias verticales de cubos de alimentación para elevadores, edificios y oficinas.

Los Ductos ofrecen considerables ventajas en comparación con el tubo conduit; su peso es mucho menor, la instalación es más rápida y a menor costo, su instalación no requiere herramientas costosas ( sólo basta una llave y un desarmador ), ofrecen mayor espacio para alojar conductores y son más fáciles de alambrear, se tiene un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación de calor, sus Colgadores Universales permiten una completa apertura de las cubiertas y un preensamblado en el piso, se pueden guiar los conductores dentro del mismo y las modificaciones al sistema de alambreado son fáciles.

Las derivaciones de cableado también son sencillas y una de las principales es que el Ducto se puede volver a usar en otras trayectorias por una reubicación en la planta. Esto constituye una gran ventaja, si se toma en cuenta la frecuencia de los cambios en estaciones de trabajo dentro de un mismo lugar en instalaciones industriales.

**Aplicación.** No se requiere degradar la capacidad de los conductores para instalarse dentro de un ducto, ni considerar el factor de agrupamiento (NOM-001, 362 ) como en el caso del conduit (NOM-001, tabla 1 y 3). Los siguientes puntos son requerimientos del reglamento en vigor.

**No. de conductores:** Los Ductos están aprobados para circuitos que no excedan de 1000 V. Las reglamentaciones principales para la instalación del Ducto son:

- a) Las tablas 316-16, 310-17 y 310-21 de la NOM-001, dan la capacidad permitida para conductores portadores de corriente. Las tablas indican que los conductores serán degradados cuando tres o más son instalados en los medios de canalización. Esta condición no es aplicable a conductores aislados en Ductos (NOM-001, 362-5 ). Cada conductor puede conducir el máximo permisible especificado en la tabla No. 1 que a continuación se indica, si el número de conductores y la sección ocupada en el ducto no excede lo especificado.

No más de 30 conductores portadores de corriente deben ser alojados en un Ducto. Para la aplicación de este requisito, los conductores de circuitos de control y señalización, tales como los de estaciones de botones, lámparas piloto, etc., y los de puesta a tierra, no se consideran como conductores portadores de corriente.

Cuando las sumas de las áreas de la sección transversal ( esto incluye la sección transversal del conductor más su aislamiento) de todos los conductores contenidos en el ducto, no exceden al 20 % de la sección transversal interior del mismo.

**Tabla de Conductores**  
Tabla No. 1.

El 20% del área total ocupada o hasta 30 conductores no requieren degradación de capacidad de conducción — NTIE 362-5

Calibre de Conductor (AWG ó MCM)	Área del Conductor				Número Máximo de Conductores de un Mismo Calibre							
	mm <sup>2</sup>		pulg. <sup>2</sup>		Ducto 63.5 mm x 63.5 mm (2.5 pulg. x 2.5 pulg.) ▲ 806.5 mm <sup>2</sup> (1.25 pulg. <sup>2</sup> )		Ducto 101.6 mm x 101.6 mm (4 pulg. x 4 pulg.) ▲ 2064.5 mm <sup>2</sup> (3.2 pulg. <sup>2</sup> )		Ducto 152.4 mm x 152.4 mm (6 pulg. x 6 pulg.) ▲ 4645.2 mm <sup>2</sup> (7.2 pulg. <sup>2</sup> )			
	Tipo T TW THW		Tipo THHN THWN XHHW		A		B		A		B	
	A		B		A		B		A		B	
14	• 8.71	.0135	+ 5.81	.0087	* 92	* 143	* 237	* 368	* 533	* 827		
12	• 11.10	.0172	+ 7.55	.0117	* 72	* 107	* 186	* 273	* 428	* 615		
10	• 14.45	.0224	+ 11.87	.0184	* 55	* 68	* 142	* 174	* 321	* 501		
8	• 30.39	.0471	+ 24.06	.0373	26	* 33	* 68	* 85	* 153	* 193		
6	• 52.84	.0819	+ 33.48	.0519	15	24	* 39	* 61	* 87	* 138		
4	70.13	.1087	54.52	.0845	11	14	29	* 38	* 66	* 85		
3	81.48	.1283	64.19	.0995	9	12	25	* 32	* 57	* 72		
2	95.03	.1473	76.26	.1182	8	10	21	27	* 48	* 61		
1	130.77	.2027	102.58	.1590	6	8	15	20	* 35	* 45		
0	152.71	.2387	122.13	.1893	5	6	13	17	30	* 38		
00	179.49	.2781	146.13	.2265	4	5	11	14	25	* 31		
000	212.13	.3288	175.16	.2715	3	4	9	11	21	26		
0000	251.87	.3904	211.48	.3278	3	4	8	9	18	22		
250 MCM	314.65	.4877	259.74	.4026	2	3	6	8	14	18		
300 MCM	360.06	.5581	301.23	.4689	2	2	5	7	12	15		
350 MCM	405.87	.6291	342.39	.5307	2	2	5	6	11	13		
400 MCM	449.61	.6969	383.24	.5931	1	2	4	5	10	12		
500 MCM	536.42	.8316	462.13	.7163	1	1	4	4	8	10		
600 MCM	662.00	1.0261	567.23	.8792	1	1	3	3	7	8		
700 MCM	746.77	1.1575	645.87	1.0011	1	1	2	3	6	7		
750 MCM	790.45	1.2252	685.35	1.0623	1	1	2	3	5	6		

\* NOTA: El NTIE limita la instalación dentro de un ducto a 30 conductores excepto cuando se aplica el factor de agrupamiento de acuerdo a las tablas 302.4, 302.4a y 302.4b. Del NTIE, o donde los conductores en exceso de 30 son para circuitos de señalización y control.

▲ Estos valores representan el 20% de la sección transversal interior de los diferentes tipos de ducto.

A - Tipo T, TW y THW.

B - Tipo THHN, THWN y XHHW.

• Las áreas para el tipo THW son 13.29 (.0206), 16.19 (.0251), 20.06 (.0311) y 38.58 (.0598) para los calibres 14, 12, 10 y 8 respectivamente mm<sup>2</sup>, (pulg.<sup>2</sup>).

+ Las áreas para el tipo XHHW son 8.45 (.0131), 10.77 (.0167), 13.93 (.0216), 29.42 (.0456) y 40.32 (.0625) para los calibres 14, 12, 10, 8 y 6 respectivamente mm<sup>2</sup>, (pulg.<sup>2</sup>).

Fig. Tabla de factores de relleno para diferentes conductores.

b) Se pueden hacer empalmes y derivaciones dentro del ducto, siempre que estos queden accesibles y aislados. En este caso, los conductores con empalmes y derivaciones, junto con los otros conductores, no deben ocupar más del 75 % de la sección transversal inferior del ducto en los puntos de empalme.

c) Los Ductos deben estar firmemente soportados a intervalos no mayores de 1.5 m a menos que soportes especiales sean aprobados para intervalos mayores.

La tabla No. 1 indica el número de conductores que pueden ser instalados en el ducto de acuerdo con la limitación del 20 % del área, según la NOM-001.

Los cables y alambres que se instalan en el ducto son fácilmente accesibles en todo el largo de la trayectoria, permitiendo con ello cambios, adiciones o inspección al sistema de alambrado, sin la necesidad de alteraciones de la trayectoria del ducto o de algún equipo en especial.

**Ducto Nema 1 (usos generales).** Está diseñado para ser instalado en lugares secos de características generales. No deberá ser instalado en lugares donde esté sujeto a severos daños mecánicos, donde existan vapores corrosivos o en lugares clasificados como peligrosos.

El ducto puede ser usado con ventajas en la mayoría de los sistemas de distribución pequeños, donde múltiples trayectorias de conduit serían requeridas.

**Capacidad de Conducción de Corriente de Conductores**  
**Tabla Comparativa Ducto-Conduit**  
**Tabla No. 2**

Número de Conductores de Fuerza	Capacidad de Corriente Permisible de los Conductores Dentro del Conduit	Capacidad de Corriente Permisible de los Conductores Dentro del Ducto
1 a 3	100%	100%
4 a 6	80%	100%
7 a 24	70%	100%
25 a 30	60%	100%
31 a 42	60%	.....
Más de 42	50%	.....

Fig. Tabla de capacidades de conducción de corriente. Factor de relleno.

**Ducto nema 3R (a prueba de lluvia).** El ducto cuadrado para uso en exteriores protege conductores eléctricos contra aceite, agua, polvo o partículas extrañas; puede usarse también para interiores, donde se requiere una protección contra estos elementos; es ideal en aplicaciones para conducción del alambrado de maquinaria especial o muy grande. De igual forma este tipo de ducto no requiere herramienta especial o costosa para su instalación como lo es en el caso del tubo conduit. Normalmente un desarmador y una llave son suficientes para efectuar las instalaciones de tramos rectos y accesorios, pudiendo preensamblarse la trayectoria en el piso y luego elevarse manualmente a su posición final

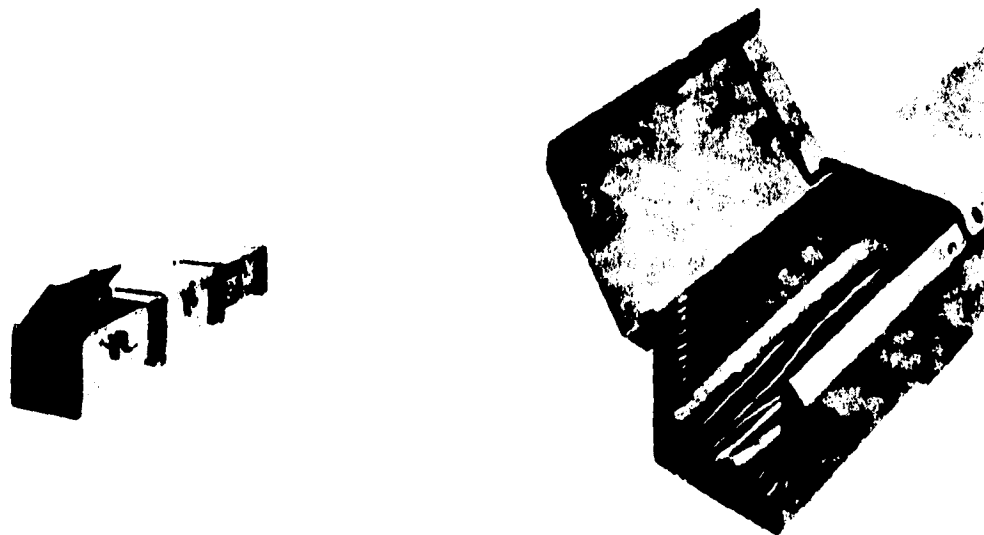
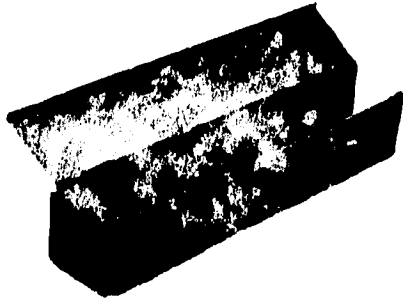


Fig. Ductos para usos en exteriores

## Componentes y accesorios.

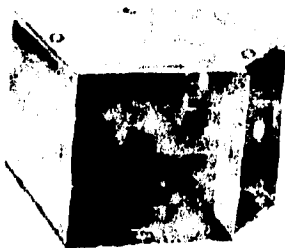
Tramo recto.



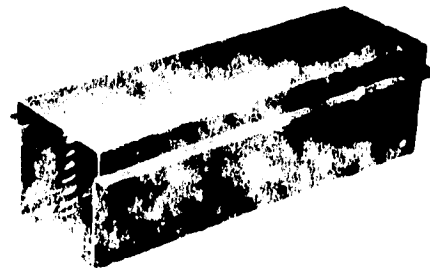
Conector.



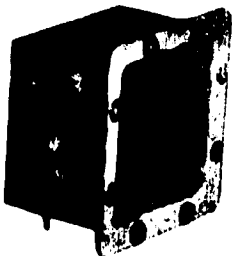
Codo de 90°.



Telescopio.



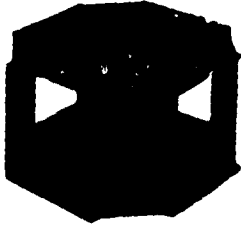
Adaptador.



Te.



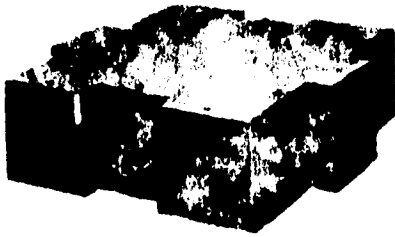
**Cruz.**



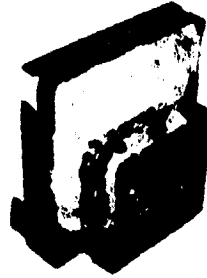
**Niple.**



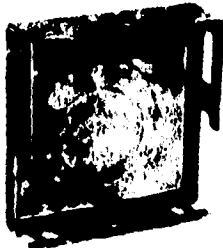
**Registro.**



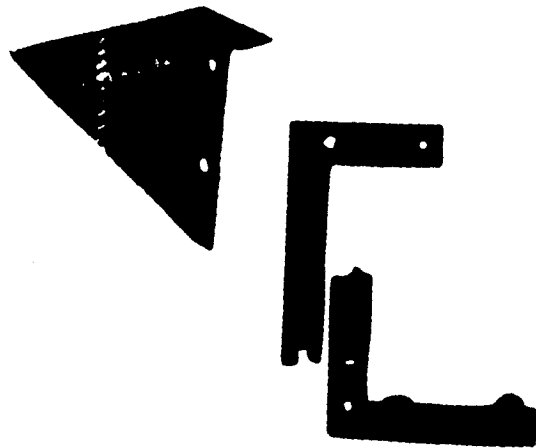
**Reductor.**



**Placa cierre.**



**Colgadores**



5) Charolas. Las charolas para cables son aquellos canales, escalerillas o estructuras similares, construidas en metal o de otros materiales no combustibles y de sección rectangular generalmente. Según la sección 318-12 (NOM-001) los define: "Los sistemas de charolas por cables, es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios asociados, que forman un sistema estructural rígido usado para soportar cables y canalizaciones".

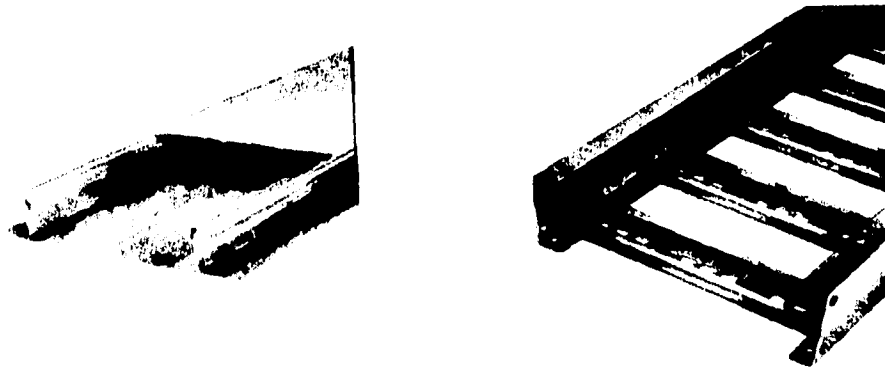


Fig. Tipos de Charolas.

Las charolas para cables deben cumplir con los requisitos que les sean aplicables de los métodos de instalación para conductores y canalizaciones enunciadas en la sección 300- NOM-001, además de cumplir con lo siguiente:

- a) Tener suficiente resistencia mecánica y rigidez para proporcionar un soporte adecuado a todo el alambrado contenido en ellas.
- b) No presentan bordes cortantes, rebabas o salientes que pudieran dañar el aislamiento o la cubierta de los cables.
- c) Si son metálicas, estar protegidas contra la corrosión o construidas de un metal resistente a ella.
- d) Tener rieles laterales o elementos estructurales equivalentes.
- e) Incluir los accesorios necesarios para los cambios de dirección y de nivel de los tramos.

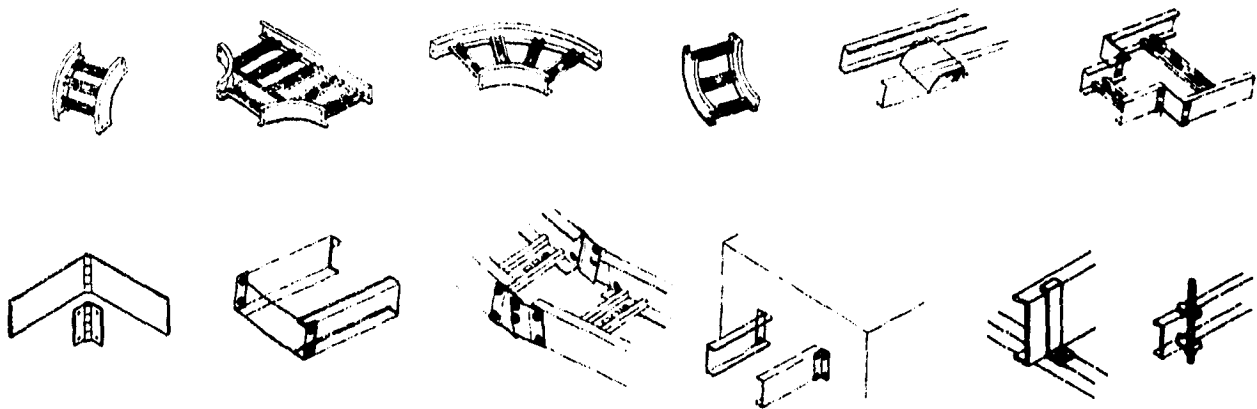


Fig. Accesorios para Charolas.

**Uso permitido.** Las charolas para cables pueden usarse para soportar cables de fuerza, alumbrado, control y señalización, que tengan aislamiento y cubierta aprobados para este tipo de instalación en locales construidos de materiales incombustibles o resistentes al fuego. Las charolas también pueden usarse para soportar tubos u otras canalizaciones.

Cuando se instalen a la intemperie o en otras condiciones de ambiente desfavorable, tanto las charolas como los cables deben ser adecuados para las condiciones existentes.

**Uso no permitido.** Las charolas para cables no deberán instalarse:

- a) En cubos de ascensores.
- b) Donde estén expuestas a sufrir daño mecánico severo.
- c) En lugares clasificados como peligrosos, a menos que los cables estén específicamente aprobados para tal uso ( ver sección 500 - NOM-001).

**Puesta a tierra.** Todas las secciones metálicas de una charola y sus accesorios deben estar eléctricamente unidos entre sí y efectivamente conectados a tierra. Las charolas pueden usarse como conductor de puesta a tierra de equipos, siempre que reúnan los requisitos necesarios para este propósito, como son los de conductividad y sección transversal necesarios ( ver sección 250 -NOM-001).

**Número de cables.** Los cables multiconductores que se instalen en charolas, deben colocarse en una sola capa. Los cables de un solo conductor pueden colocarse en dos capas como máximo.

**Capacidad de corriente.**

- a) *Los cables multiconductores.* La corriente permisible en los conductores no debe exceder los valores que se indican en la tabla 310-16 y 17 ( ver sección de tablas ) en la columna para " tubería o cable ".
- b) *Los cables de un solo conductor.* La capacidad de corriente permisible en cables de un solo conductor debe estar de acuerdo con los siguiente.
  - b.1) Cuando los cables estén colocados en una sola capa, en una charola descubierta y manteniendo una separación entre ellos no menor de un diámetro del cable de mayor sección, la corriente permisible puede ser como máximo, igual a los valores de la columna titulada " al aire " de la tabla 310-16 y 17.
  - b.2) Cuando los cables estén colocados en una o dos capas, en una charola descubierta y sin mantener ninguna separación entre ellos, la corriente permisible no debe exceder del 75%. Si la charola está cubierta en más de 1.8 m con una cubierta sólida sin ventilación, la capacidad de corriente de los cables no debe exceder del 70% de dichos valores.
- c) *Accesorios adicionales.* Son elementos complementarios o auxiliares en toda instalación eléctrica; generalmente el uso de estos, constituyen uno de los medios más empleados y de frecuente uso en todo tipo de instalación y por lo mismo es aconsejable instalarlos en lugares visibles y de fácil acceso para su mantenimiento preventivo y correctivo.



**Lámpara.** Son unidades de alumbrado que están al final de la instalación y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y calorífica.

**Apagador.** Interruptor pequeño de acción rápida, de operación manual y baja capacidad, generalmente se usa para el control de aparatos pequeños domésticos, comerciales y unidades pequeñas de alumbrado.

**Contacto.** Como dispositivo de instalaciones eléctricas. " Dispositivo formado por un receptáculo, previsto como salida de una instalación eléctrica y que se usa para recibir las clavijas de cordones o cables flexibles de aparatos que están alimentados por este medio ".

**Controlador.** Dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar en alguna forma predeterminada, la potencia eléctrica suministrada a los equipos los cuales están conectados.

**Interruptor.** Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico, cuando circula corriente, con un valor hasta el de la capacidad del mismo dispositivo, sin sufrir daño alguno.

Existen en el mercado una gran variedad de accesorios, utilizados para conectar equipos específicos; tales como placas para teléfonos, interfonos, antenas, variadores de intensidad luminosa (Dimers), etc.

#### **d. Dispositivos de protección.**

En todas las instalaciones eléctricas al circular la corriente eléctrica a través de los conductores de la misma instalación, o bien del equipo que alimenta se producen en todos y en cada uno de ellos un calentamiento (en función al límite térmico natural de cada uno de los materiales) al transformarse parte de la energía eléctrica en energía térmica y se producen las llamadas pérdidas por efecto Joule ( $RI^2$ ).

Si el calentamiento producido es excesivo y por lapsos de tiempo considerables como resultado de una corriente excesiva, causa que el aislamiento del conductor se degrade rápidamente, lo que conduce a una falla del aislamiento y al subsecuente circuito corto (o corto circuito) de la línea a tierra o de línea a línea, también el calentamiento excesivo puede producir que se quemen los elementos aparatos, motores, equipos, etc. así como producir fuego e incendios cuando se encuentra cerca de material inflamable.

Por otra parte las corrientes de corto circuito pueden tener tal magnitud que producen explosiones en los tableros y ocasionan grandes daños al equipo, con riesgo frecuente para el personal. Estos daños en el equipo y riesgo para el personal se pueden prevenir con una adecuada protección contra sobrecorrientes y corto circuito. Es por esta razón, que las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas [NOM-001] limitan la cantidad de corriente permisible en un conductor (Ampacidad) a un valor en el que el calor se pueda disipar en forma segura, y es así como en las tablas de capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores se asocia a la sección o calibre del conductor, con la corriente que pueden conducir en tubo conduit para considerar el espacio o cantidad de aire disponible; considerándose también la elevación de temperatura ambiente.

**1) Fusibles.** Son dispositivos que se utilizan normalmente para proteger las instalaciones y equipos contra sobre corrientes y contra corto circuito, constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, la resistencia eléctrica del elemento es tan baja que simplemente actúa como un conductor. Cuando ocurre una corriente que exceda la corriente permisible en los conductores, el elemento se funde muy rápidamente y abre el circuito para proteger los conductores, otros componentes del circuito y las propias cargas. Operan básicamente abriendo (liberando) los circuitos en los que están conectados antes de que los valores de corriente excedan la corriente permisible en los conductores.

Se fabrican para operación en dos tipos:

- a) *Fusible tipo tapón.* Usados principalmente en casa habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 A.
- b) *Fusibles tipo cartucho.* Que a su vez pueden ser tipo casquillo para capacidades de 30 a 60 A y tipo navaja para capacidades 75 a 600 A, los fusibles son renovables ya que si se funde el elemento fusible, puede ser reemplazado. De acuerdo con sus características eléctricas, los elementos fusibles pueden ser de tipo normal y de acción retardada. El tipo normal puede estar formado por cinta o alambre, el de acción retardada tiene formas diversas para retardar el tiempo de fusión.

Las principales características de los fusibles es que son estables, no requieren mantenimiento periódico ni pruebas antes de instalarlos. Sus características de operación son:

- Seguridad. Los fusibles modernos son seguros y tienen una capacidad interruptiva alta y pueden operar con altas corrientes de falla sin ruptura.
- Utilizados adecuadamente, previenen "apagones", solamente el fusible cercano a la falla se abre sin que los fusibles anteriores (de redes parciales o líneas de alimentaciones) resulten afectados, garantizan lo que denominamos "coordinación selectiva".
- Los fusibles garantizan una protección óptima de componentes, manteniendo las corrientes de falla a un valor bajo, por lo que se dicen que son "limitadores de corriente".

**2) Interruptores termomagnéticos.** Son interruptores ensamblados en una caja moldeada de material aislante como una unidad integral que los soporta y los protege, los interruptores son capaces de cerrar un circuito por medios no automáticos (en forma manual) y abrir el circuito en forma automática a un valor predeterminado de sobre carga o de corto circuito, accionado por la combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferentes coeficientes de dilatación conocido también como "par térmico", el cual al paso de la corriente se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo el disparo del interruptor. Operan desde el punto de vista del tiempo de apertura con curvas características de tiempo - corriente.

El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es móvil y que puede operar o dispara el mecanismo del interruptor, el circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre una sobrecorriente, operan con sobrecargas con elemento térmico y por sobre corrientes con el elemento magnético para fallas.

**Fusibles Vs. Interruptores termomagnéticos.** Frecuentemente se presenta la necesidad de seleccionar entre el uso de fusibles o de interruptores termomagnéticos, esta selección se debe basar en algunos puntos objetivos que estén al margen de la opinión de los fabricantes de estos productos, ya que como es natural cada fabricante trata de demostrar que su producto es mejor, lo cual puede influir de alguna manera en la decisión del proyectista.

La experiencia en este caso juega un papel muy importante en la selección de equipos, así como los avances continuos en el diseño de los productos. Con el objeto de normar en cierta medida el criterio del proyectista aun cuando es necesario recordar que cada instalación representa un problema diferente y por otra parte el valor de la corriente de corto circuito puede influir también en esta decisión.

a) *Conveniencia y seguridad.* Desde el punto de vista de su utilización, los interruptores termomagnéticos resultan más convenientes que los fusibles, ya que un interruptor termomagnético se puede cerrar con facilidad con poco riesgo después de que se ha disparado. Por el contrario, un fusible que se ha fundido se debe desatornillar o jalar con algún dispositivo para ello y entonces se debe tener cuidado de que cuando el circuito está abierto no se haga contacto accidental con las partes energizadas; este riesgo se puede decir que es pequeño, pero existe.

Por otra parte, cuando se funden los fusibles, se debe disponer de los sistemas fusibles de repuesto; cuando no se tienen estos, se puede caer en la tentación de "puentear" el fusible o bien sustituirlo por otro de mayor capacidad, en cuyo caso se crean condiciones de riesgo en la instalación.

b) *Confiabilidad.* Por experiencia se sabe que el uso de fusibles es confiable y normalmente no requieren de ser cambiados por periodos largos de tiempo; por otra parte, también se observa de la experiencia que los interruptores termomagnéticos se ven más afectados por las condiciones ambientales y pueden llegar a ser un poco menos precisos en su operación, por lo que se recomienda que su mecanismo de operación se revise por lo menos una vez al año, lo cual no siempre ocurre, ya que por lo general se observan solo después de haber disparado. Cuando por alguna razón el mecanismo de operación se encuentra oxidado o en mal estado, puede ocurrir que no opere y entonces un circuito puede permanecer cerrado en condiciones de falla, lo cual representa un riesgo para la instalación eléctrica. Esta situación no se presenta en los fusibles, lo cual representa una ventaja sobre estos.

El calentamiento excesivo como resultado de un pobre contacto en las terminales, puede producir que tanto interruptores termomagnéticos como fusibles produzcan disparos accidentales. En los fusibles el calentamiento en las terminales por falsos contactos, se puede evitar por medio del uso de grapas de presión. En los interruptores termomagnéticos tipo atornillables se puede evitar chequeando con un torquímetro el par de apriete adecuado. Los interruptores termomagnéticos cuentan con grapas de presión para ajustarse correctamente a las barras conductoras.

Un problema que se puede presentar con el uso de fusibles, es que los circuitos trifásicos se pueden ver sometidos a una falla denominada "pérdida de fase", lo cual, dependiendo del diseño, puede representar una desventaja con respecto a los interruptores termomagnéticos. Una falla en cualquiera de las fases de un circuito trifásico que está protegido por interruptores termomagnéticos, produce la apertura de todas las fases del circuito, cortando la alimentación a la carga trifásica, ya sea de alumbrado o fuerza; sin embargo, para los motores trifásicos que están protegidos sólo por fusibles, al desconectarse solamente la fase fallada, quedan sujetos a la operación de dos fases; si estos continúan operando, lo harán con una corriente incrementada y desbalanceada circulando en las dos fases que quedan energizadas. Esto no sucede si se cuenta con una protección termomagnética de tres polos, ya que se desconectan las tres fases al tenerse una falla en cualquiera de estas.

Si la protección del motor no está seleccionada correctamente y la capacidad de los elementos térmicos tampoco ha sido la adecuada, el motor continúa operando con sobrecorriente hasta que se quema hasta que se quema, esto sucede como consecuencia de un mal diseño.

- c) *Capacidad interruptiva.* Un dispositivo de protección debe ser capaz de manejar la energía destructiva de las corrientes de corto circuito. Si una corriente de falla excede la capacidad del dispositivo de protección, el dispositivo puede sufrir daños adicionales. Es importante en la utilización de fusibles o interruptores termomagnéticos ( breakers o pastillas ), la utilización de un dispositivo que pueda soportar las corrientes de corto circuito de mayor potencial. *El valor que determina la capacidad de un dispositivo de protección para mantener su integridad cuando reacciona a las corrientes de falla sin sufrir daño alguno, se denomina : Capacidad interruptiva.*

La capacidad interruptiva de la mayoría de los breakers típicamente utilizados en servicios residenciales (15-100 Amperes ) son del orden de 5,000 a 10,000 AIC [ Amperes Interrupting Capacity ] los mismos breakers en alta capacidad interruptiva son desde 10 hasta 65 kAIC. Los breakers de mayor capacidad pueden tener capacidades interruptivas desde 14,000 hasta 200,000 AIC.

- d) *Coordinación selectiva.* La coordinación de dispositivos de protección previene apagones en un sistema causado por sobrecorriente. Cuando solamente se abre el dispositivo de protección más cercano a la falla y los dispositivos anteriores permanecen cerrados, se dice que los dispositivos de protección están " coordinados selectivamente ".

A diferencia de los interruptores termomagnéticos, los fusibles son mucho más fácil de coordinar selectivamente manteniendo una relación mínima de valores en Amperios entre el fusible anterior y uno posterior, se asegura una coordinación selectiva.

- e) *El costo y las aplicaciones generales.* Un interruptor termomagnético, combina la función de una cuchilla desconectadora con protección del circuito, en cambio un fusible necesita de un desconectador (switch) adicional para cumplir con la misma función; aún con esto un fusible es mucho más barato que el interruptor termomagnético.

Para los interruptores termomagnéticos de alta capacidad interruptiva, los encontramos con un incremento de precio de más del 100 % con respecto a los de normal capacidad interruptiva. Sin embargo la tendencia general en México es a usar los interruptores termomagnéticos en la mayoría de los casos, tanto en las instalaciones para casa habitación, como en una gran variedad de instalaciones industriales.

- 3) **Interruptores de seguridad.** Los interruptores de seguridad tipo navaja con fusibles, se recomiendan como un dispositivo de protección y desconexión de circuitos eléctricos, son fabricados con navajas visibles para una indicación positiva de apertura, portafusibles con resortes para reforzar las áreas de contacto, supresores de arco (arriba de 100 A) para extinguir el arco producido al abrir las navajas con carga.

Por la diversidad de demanda son fabricados en los siguientes tipos:

**Línea doméstica.** Interruptores diseñados para aplicaciones donde el número de operaciones (abrir-cerrar) no es muy frecuente. Se recomiendan en residencias, edificios, comercios y particularmente para

pequeños talleres y viviendas donde la reducción de costos es muy importante. Pertenecen a la línea de servicio ligero. Son fabricados en 1F-3H y 3F-3H de 30 a 60 A en 240 Vca máx.

**Servicio ligero.** Interruptores diseñados para aplicaciones donde el número de aplicaciones no es frecuente, se recomiendan estos interruptores para residencias, edificios, comercios y talleres. Proveen un medio seguro para desconectar una carga o abrir un circuito. Provistos de fusibles, protegen contra sobrecargas y circuito corto. Son fabricados en 1F-3H y 3F-4H con capacidades de 30 a 600 A en 240 Vca máx.

**Servicio pesado.** Los interruptores para servicio pesado están diseñados para aplicaciones donde el número de operaciones es muy frecuente y el requisito de seguridad, funcionamiento y continuidad es muy importante; Se recomiendan para aplicaciones comerciales, industriales, hospitales y servicios públicos. Proveen un medio seguro para desconectar una carga o abrir un circuito, provistos de fusibles protegen de sobrecargas y circuito corto. Son fabricados en 1F-3H y 3F-4H de 30 a 1200 A en 240 Vca y 600 Vca máx.

**Doble tiro.** Los interruptores de doble tiro están diseñados para transferir el suministro de energía a una carga de una fuente a otra cuando se tienen dos fuentes de alimentación distintas; también se usan para alimentar a uno u otro circuito de la misma fuente de energía o para invertir la rotación de las fases. Son usados en residencias, comercios e industrias. Se fabrican con y sin portafusibles ( provistos de fusibles protegen contra sobrecargas y circuito corto ) y con capacidades de 30 a 600 A en 1F-3H y 3F-3H en 240 Vca y 600 Vca máx.

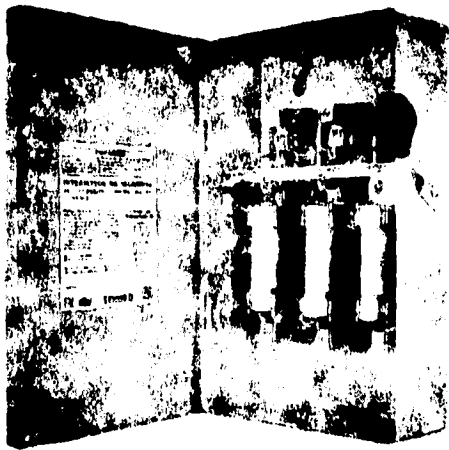


Fig. Int. de seguridad. Línea doméstica.



Fig. Int. de seguridad. Servicio ligero.



Fig. Int. de seguridad. Servicio pesado.

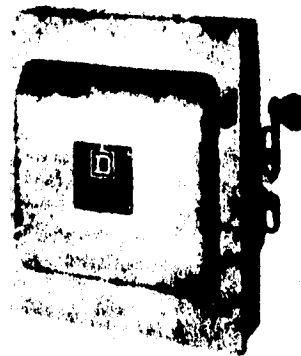


Fig. Int. de seguridad. Doble tiro.

**4) Tipos de gabinetes.** El *Gabinete* es un recinto o recipiente, que rodea o aloja a un equipo eléctrico, con el fin de protegerlos contra las condiciones externas y con el objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas.

Los gabinetes podrán ser fabricados de montaje en piso (autosoportados) y de montaje en pared, deberán fabricarse de material resistente a la corrosión y no deben ser de materiales combustibles.

Por la diversidad de condiciones ambientales en los que se necesita instalar equipo eléctrico, es necesario clasificar y especificar los requerimientos básicos de construcción para los diferentes tipos de gabinetes en los cuales se puede alojar equipo eléctrico (designaciones según NEMA):

**Tipo 1. Usos generales.** Diseñado para uso en interiores, en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio y para proteger el contacto accidental de personas con el equipo protegido.

**Tipo 2. A prueba de goteo.** Diseñado para uso en interiores, proteger el equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra la salpicadura de lodos.

**Tipo 3. Servicio intemperie.** Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra tolvaneras y aire húmedo. Gabinete metálico resistente a la corrosión.

**Tipo 3R. A prueba de lluvia.** Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra la lluvia. Gabinete metálico resistente a la corrosión.

**Tipo 4. Hermético al agua y al polvo.** Diseñado para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas, salpicaduras de agua o chorro de manguera.

**Tipo 4X. Hermético al agua, polvo y resistente a la corrosión.** Debe cumplir con los mismos requisitos que se indican para gabinetes Tipo 4 y además ser resistentes a la corrosión (con acabado especial para resistir corrosión) o gabinete hecho de poliéster.

**Tipo 5. Hermético al polvo.** Reemplazado por el Tipo 12 (según NEMA).

**Tipo 6. Sumergible, hermético al agua y al polvo.** Diseñado para uso en interiores y exteriores, en caso de inmersión ocasional, caída de chorros directos de agua, polvos y pelusas.

**Tipo 7. A prueba de gases explosivos.** (Equipo encerrado en aire). Diseñado para uso en atmósferas Clase I, Grupos B, C o D (ver sección 501 - NOM-001) y soportar una explosión interna sin causar peligros externos.

**Tipo 8. A prueba de gases explosivos.** (Equipo encerrado en aceite). Diseñado para el mismo fin que el Tipo 7, pero su equipo trabaja sumergido en aceite y evitar cualquier posibilidad de chispas que se produzcan arriba del aceite.

**Tipo 9. A prueba de polvos explosivos.** (Equipo encerrado en aire) Diseñado para uso en atmósferas peligrosas Clase II (ver sección 502 - NOM-001) y evitar el ingreso de cantidades peligrosas de polvos explosivos.

**Tipo 10. Para uso en minas.** Diseñado para uso en minas, cumpliendo los requisitos para atmósferas que contienen mezclas de metano y aire. Gabinete a prueba de explosión con juntas y seguros adecuados.

**Tipo 11. Resistente a la corrosión.** (Equipo encerrado en aceite) Diseñado para proteger al equipo contra condensaciones externas de líquidos corrosivos, humos y gases corrosivos. Gabinete resistente a la corrosión.

**Tipo 12. Uso industrial, Hermético al polvo y al goteo.** Diseñado para uso en interiores y proteger al equipo contra fibras, insectos, pelusas, polvos, salpicaduras ligeras, goteos y condensaciones externas de líquidos.

**Tipo 13. Uso industrial, hermético al aceite y al polvo.** Diseñado para uso en interiores y proteger al equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos. Principalmente en gabinetes de dispositivos piloto para máquinas herramienta.

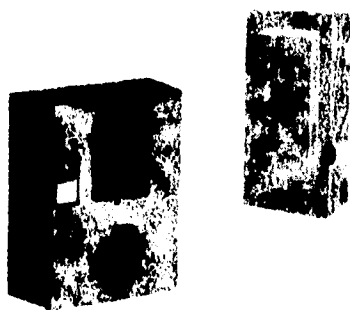


Fig. Gabinetes. NEMA 1.

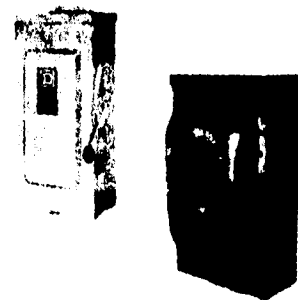


Fig. Gabinetes. NEMA 3R ó 3LL

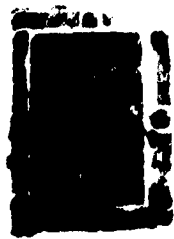


Fig. Gabinete. NEMA 4.



Fig. Gabinetes. NEMA 4X.



Fig. Gabinete. NEMA 5.



Fig. Gabinetes. NEMA 7 y 9.



Fig. Gabinete. NEMA 7.



Fig. Gabinetes. NEMA 12.



Fig. Gabinete. NEMA 13.



- 5) **centros de carga.** Se entiende por centros de carga a un gabinete metálico donde se colocan interruptores para protección y distribución de la energía eléctrica recibida en el principal, hacia las cargas de los circuitos derivados a través de las barras conductoras alojadas en el interior del mismo.

Se recomiendan para entradas de alimentación en edificios, residencias, oficinas, comercios, talleres y pequeñas industrias. Según su tipo de montaje; son fabricados para sobreponer o embutir. Con interruptor principal o con zapatas principales. Para servicios de 1F - 3H o bien 3F - 4H. Este tipo de equipo es construido por lo general con capacidades desde 30 A hasta 200 A y en gabinetes NEMA Tipo 1 (usos generales) y NEMA Tipo 3R (a prueba de lluvia) en fabricación estándar. Aceptan interruptores termomagnéticos derivados de 1,2 o 3 polos con capacidades desde 15 hasta 100 A de los tipos enchufables o atornillables. Aceptan de igual forma interruptores termomagnéticos tipo "Tanden" que poseen dos polos en un mismo interruptor de dimensiones normales, pero éstos son recomendados para aplicaciones residenciales.

- 6) **Tableros de alumbrado y distribución.** Los tableros de alumbrado y distribución, son fabricados bajo el mismo principio que los centros de carga; un gabinete metálico ya sea de montaje en pared o montaje en piso (autosoportado), en donde se colocan interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control que reciben la energía eléctrica en forma concentrada y la distribuyen por medio de barras, a las cargas de los circuitos derivados.

Se recomiendan para entradas de alimentación en edificios, hospitales, oficinas e industrias en general para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

Por su tipo de montaje, son fabricados para montaje en pared y montaje en piso (autosoportados). Con interruptor principal o con zapatas principales. Para servicios de 1F - 3H o bien 3F - 4H. Este equipo es construido por lo general con capacidades desde 100 A hasta 2000 A con capacidades interruptivas desde 10 kAIC hasta 200 kAIC y en gabinetes NEMA tipo 1 (usos generales), NEMA tipo 3R (a prueba de lluvia) en manufactura estándar, o bien en gabinetes para condiciones especiales.

En forma opcional se instalan instrumentos de medición tales como Voltímetros, Amperímetros, Watthorímetros, Factorímetros, etcétera. Pertenecen en parte a este grupo y operando bajo el mismo principio los tableros de mayor capacidad denominados Tableros de fuerza o de control de potencia, los Tableros blindados en alta y media tensión " Metal Clad ", etc., en donde se emplean interruptores termomagnéticos, electromagnéticos, interruptores en aceite o interruptores en vacío.

- 7) **Centro de Control de Motores ( CCM ).** En instalaciones industriales y en general en aquellos donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos que son fácilmente armables y de construcción modular conocidos como " Centro de control de motores " ( CCM ).

Los CCM's son construidos en paneles, módulos o silletas, tienen por lo general dimensiones normalizadas, son fácilmente sustituibles en caso de ser necesario. Por seguridad se recomienda que la puerta de estos compartimientos no se pueda abrir con el interruptor energizado y cada silleta contiene por lo general un sistema de barras generales de distribución; lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del CCM, cuchillas desconectoras o bien un interruptor a la entrada que constituye un órgano de seccionamiento y protección para la corriente de circuito corto, arrancadores con estaciones de botones para el control manual o remoto de motores, instrumentos de

medición, lámparas, etcétera. Dependiendo del número de arrancadores o circuitos derivados y de la distancia entre ellos y el tablero general puede ser necesario o no un interruptor general.

Su uso es recomendable, cuando no existen razones particulares para que los motores de una instalación o de una zona se alimente en forma centralizada, de esta manera un sólo operador puede controlar fácilmente todo un complejo en los cuales se contienen los órganos de mando, protección e instrumentos de medición.

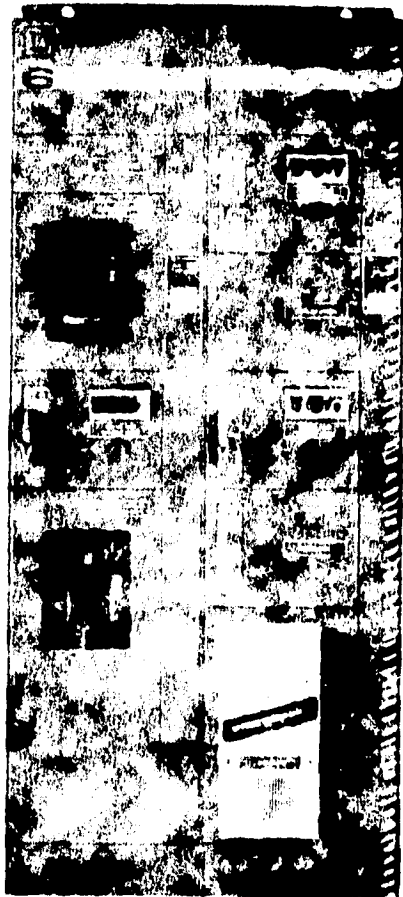


Fig. Centro de Control de Motores.

- 8) Arrancadores.** Se conoce como arrancador, al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de navajas (cuchillas) con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetalico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre

un juego de contactos a energizar o desenergizar la bobina. Las ventajas de ésta combinación son varias:

- Se dispone del interruptor (de navaja o termomagnético) para la conexión y desconexión total del arrancador.
- Debido a que el funcionamiento de la bobina requiere de una corriente relativamente baja, el arranque y paro del motor puede hacerse a control remoto.
- La protección contra circuito corto puede lograrse con el interruptor termomagnético o con los fusibles del interruptor de navajas.
- Para la protección contra sobrecarga se utilizan relevadores con elementos bimetales que actúan sobre el circuito de la bobina y abren el contactor. Estos bimetales contienen constantes térmicas grandes que permiten sobrecargas instantáneas (arranque de motores) y se fabrican en capacidades o calibraciones específicas para motores de tamaños comerciales.
- Un arrancador puede tener botones para restablecer los disparos por sobrecarga, botones para arranque, paro y prueba; luces indicadoras de varios tipos; tabillitas de terminales para conectar el motor y unidades para el control remoto y otros elementos de control.
- El arreglo del arrancador se puede lograr en unidades compactas que facilitan el trabajo del proyectista, del instalador, del operador y del encargado de mantenimiento.

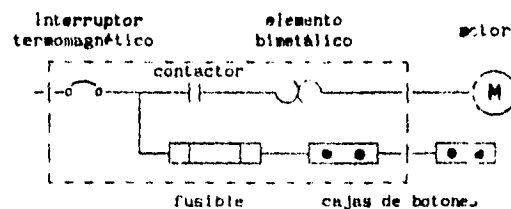


Fig. Representación unifilar de un arrancador.

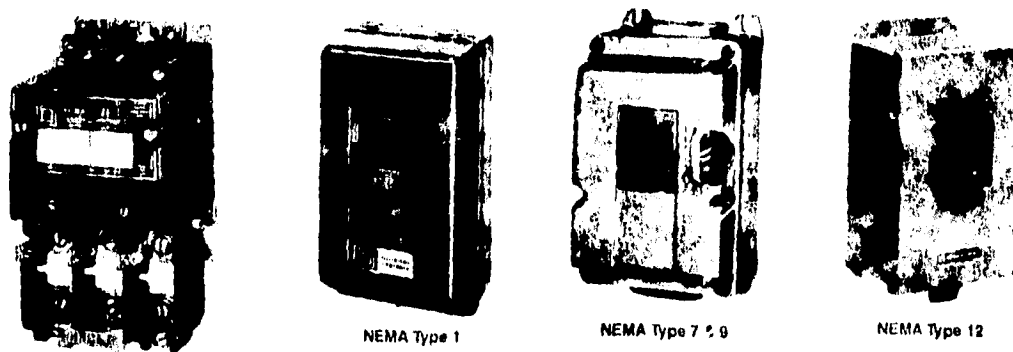


Fig. Arrancador manual y algunos de sus tipos de gabinetes.

**9) Conexión a tierra.** La conexión a tierra de todas las partes metálicas que no deben estar energizadas es una medida elemental de protección para evitar desgracias personales. En caso de que el aislamiento de un conductor falle y se establezca una vía de corriente con una parte metálica conectada a tierra, se reduce el voltaje entre el objeto y tierra y la corriente que fluye hacia tierra provoca la operación de la protección del circuito correspondiente

**Tierra.** Eléctricamente se considera que el globo terráqueo tiene un potencial de cero (o neutro); se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo puede suceder que por causas naturales (como presencia cercana de nubes o descargas atmosféricas) o artificiales (fallas eléctricas en una instalación) una zona terrestre tenga en forma temporal una carga eléctrica negativa o positiva con respecto a otra zona (no necesariamente lejana). Por esta razón pueden aparecer corrientes en conductores cuyos extremos estén en contacto con zonas de potencial distintos.

**Resistencia a tierra.** De acuerdo con el diccionario de la IEEE (std. 100 -1977) la resistencia a tierra es la que existe entre el electrodo de la toma de tierra que se desea considerar y otro electrodo lejano de resistencia cero. Se entiende que ambos electrodos están a una distancia tal que el cambio de voltaje producido en un electrodo por la circulación de un ampere de corriente en el otro es esencialmente cero. Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que representa el suelo (tierra) de cierto lugar.

La NOM-001 establece que el objeto de conectar a tierra un circuito eléctrico, es limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el mismo circuito o a contactos accidentales con líneas de mayor tensión; así como limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal. Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra. Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenas al circuito eléctrico) son puestas a tierra con el objeto de evitar que estas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representen riesgos para las personas.

**Toma de tierra.** Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura que esté en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites. En la sección 250-84 de la NOM-001, especifica que el valor de la resistencia a tierra de los electrodos no debe ser superior a 25 Ohms, en las condiciones más desfavorables. Cuando no se pueda lograr esta resistencia con un solo electrodo, debe emplearse cuando menos un electrodo adicional.

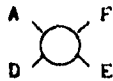









Los sistemas de tubería metálica continua y subterránea para la conducción de agua fría, tienen en general una resistencia a tierra menor de 3 Ohms. Los armazones metálicos de edificios, la tubería metálica de revestimiento de pozos y otros sistemas locales de tubería metálica subterránea, tienen en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 Ohms.















En instalaciones donde se pueden presentar corrientes de falla a tierra muy grandes, la resistencia a tierra deberá ser menor. Mientras mayor sea la corriente de falla a tierra, mayor o más peligrosa será la diferencia de potencial entre cualquier parte metálica conectada a la toma de tierra (electrodo enterrado) y el piso de los alrededores de esta. La caída de voltaje entre el electrodo de tierra y cualquier punto del suelo, será igual a la resistencia entre ellos por la corriente de la falla a tierra que circula por esa trayectoria.



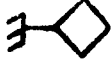











**e. Símbolos eléctricos.**





Para la fácil interpretación de circuitos así como de proyectos, se emplean símbolos eléctricos en planos y diagramas unifilares de instalaciones eléctricas que facilitan la comunicación entre los instaladores y proyectistas. Por la gran diversidad de símbolos eléctricos, hace necesario que se indique delante de ellos en forma clara lo que significan. Entre los símbolos más usuales son los siguientes:

**1) Alumbrado, contactos y accesorios.**










Salida de alumbrado tipo incandescente	
Salida de alumbrado tipo fluorescente A - Altura de montaje ( sobre piso terminado ) D - Apagador ( si lleva ) E - Tablero del circuito ( identificación ) F - Potencia en Watts	
Salida a spot	
Salida incandescente de vigilancia	
Salida incandescente de pasillo	
Arbotante incandescente interior	
Arbotante incandescente intemperie	
Arbotante fluorescente interior	
Arbotante fluorescente intemperie	
Salida de centro incandescente con pantalla R.L.M.	

Apagador sencillo	
Apagador sencillo de puerta ( a presión )	
Apagador sencillo de cadena	
Apagador de tres vías de escalera	
Apagador de cuatro vías de escalera o de paso	
Contacto sencillo en muro	
Contacto sencillo controlado con apagador	
Contacto sencillo en piso	
Policontacto en muro	
Contacto sencillo en intemperie	
Contacto trifásico en muro	
Contacto trifásico en piso	
Botón de timbre	
Timbre o sumbador	

Campana	
Transformador de timbre	
Cuadro indicador	
Llamador de enfermos	
Llamador de enfermos con piloto	
Ventilador	
Tablero de portero eléctrico	
Teléfono de portero eléctrico	
Salida especial para antena de radio	
Salida especial para antena de televisión	
Salida especial para antena de frecuencia modulada	
Registro en muro o losa	
Teléfono directo	
Teléfono extensión	



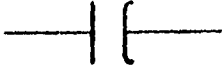

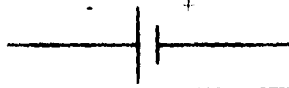
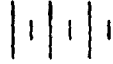





Teléfono de conmutador	
Registro de teléfonos	
Alarma	
Incendio	

**2) Ductería y alimentadores.**



Tubería conduit 13 mm ( 1/2" ) de diámetro por muros y losas con 3 conductores calibre 12 AWG	 3 - 12 13 mm Ø
Tubería conduit 19 mm ( 3/4" ) de diámetro por piso con 2 conductores calibre 10 AWG	 2-10 19 mm Ø
Sube tubería ( se indica No. de conductores, calibres y diámetro de tubería )	
Baja tubería ( se indica No. de conductores, calibres y diámetro de tubería )	
Tubería para teléfonos	
Charola para cables	
Cajas de registro	
Ducto cuadrado embisagrado (se indica sección transversal del ducto)	 4" x 4"
Electroducto (se indican Volts, Amperes, No. de fases e hilos y sección transversal si es conocida)	 600 V, 2000 A, 3F-4H+G




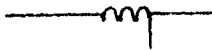






**3) Elementos de circuitos.**

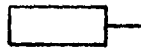
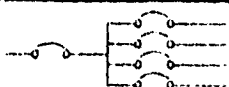




Resistencia fija	
Reactancia inductiva	
Reactancia capacitiva fija ( condensador )	
Impedancia	
Pila	
Batería	
Generador de corriente alterna	
Motor de corriente alterna	
Motor síncrono	
Generador de corriente continua	
Motor de corriente continua	


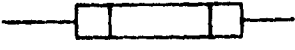


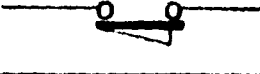






**4) Subestaciones ,tierras y pararrayos.**

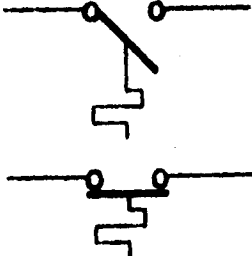

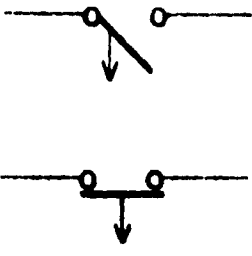
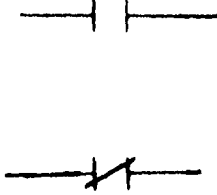
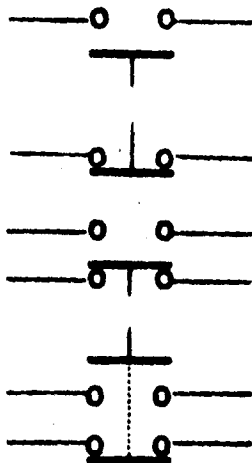
Acometida de Compañía suministradora de energía	
Cuchilla de separación	



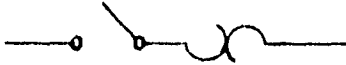
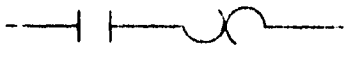


Interrupor con fusibles o cortacircuito	
Interrupor en aceite, gas o vacío	
Transformador de potencia	
Transformador de corriente	
Conexión a tierra	
Varilla para conexión a tierra	
Apartarrayos	
Punta de pararrayos	

**5) Operación, protección y control.**






Interrupor con fusibles o cortacircuito	
Tablero o centro de control de motores	
Tablero general	
Tablero de distribución de fuerza	
Tableo de distribución de alumbrado	
Elemento electromagnético	












Interrupor termomagnético	
Elemento fusible	
Elemento térmico bimetalico	
Interrupor limitador: Normalmente abierto	
Normalmente cerrado	
Interrupor de nivel: Normalmente abierto	
Normalmente cerrado	
Interrupor de presión: Normalmente abierto	
Normalmente cerrado	
Interrupor de flujo: Normalmente abierto	
Normalmente cerrado	

<p><b>Interruptor de temperatura ( termostato ):</b></p> <p>Normalmente abierto</p> <p>Normalmente cerrado</p>	
<p><b>Interruptor de transferencia</b></p>	
<p><b>Contacto relevador de tiempo (de acción retardada):</b></p> <p>Normalmente abierto</p> <p>Normalmente cerrado</p>	
<p><b>Contactos de elementos de operación, control y protección:</b></p> <p>Normalmente abierto</p> <p>Normalmente cerrado</p>	
<p><b>Contacto manual instantáneo, tipo botón:</b></p> <p>Normalmente abierto [ N.A. ]</p> <p>Normalmente cerrado [ N.C. ]</p> <p>Doble [ con uno N.A. y uno N.C. ]</p> <p>Con enlace mecánico</p>	

<b>Estación de botones:</b>	
Una unidad de control	
Dos unidades de control	
<b>Arrancador manual</b>	
<b>Arrancador automático</b>	
<b>Bobina para elemento de operación o de control</b>	
<b>Elemento enchufable</b>	

**6) Instrumentos.**

<b>Amperímetro</b>	
<b>Medidor de demanda máxima</b>	
<b>Frecuencímetro</b>	
<b>Indicador de pérdidas a tierra</b>	
<b>Miliampérmetro</b>	

Ohmetro	
Fasómetro	
Medidor de factor de potencia	
Sincronoscopio	
Varhorímetro	
Vóltmetro	
Voltampérmetro	
Voltampérmetro reactivo	
Wattmetro	
Wathorímetro	
Dispositivo de medición de la compañía suministradora	

### C. Tipos de instalaciones eléctricas.

Las instalaciones eléctricas se clasifican de diferentes formas, dependiendo de su nivel de voltaje y ambiente de trabajo, por su duración, por su modo de operación, construcción y materiales empleados, etc., a continuación se mencionarán sólo algunas clasificaciones de las más comunes de las instalaciones eléctricas.

1. Por su nivel de voltaje.
2. Por su duración.
3. Por su construcción.
4. Por su lugar de instalación.

### **1. Por su nivel de voltaje.**

Para los efectos de clasificar las instalaciones, se consideran convencionalmente dentro de las siguientes categorías de tensión.

**a. Instalaciones de baja tensión.** Cuando su voltaje es menor o igual que 1000 Vca entre conductores, o hasta 600 Vca con respecto a tierra. Cuando se considera necesario, algunos de los requisitos de seguridad de la NOM-001, así como las características de algunos materiales y equipos, se fijan para tensiones de menos de 1000 Volts entre conductores, precisándose en cada caso, el valor límite.

**b. Instalaciones de alta tensión.** Cuando los voltajes son superiores a los mencionados anteriormente.

De acuerdo con la NOM-001; para corriente directa [ c.d. ] pueden tomarse como referencia, los mismos límites que para corriente alterna [ c.a. ] mientras no se fijen valores definitivos.

### **2. Por su duración.**

Por razones que obedecen principalmente al tiempo de duración de las instalaciones eléctricas se clasifican de la siguiente forma:

**a. Temporales.** Son instalaciones eléctricas que se construyen para el aprovechamiento de la energía eléctrica por temporadas o periodos cortos de tiempo, o bien, para hacer reparaciones o eliminar fallas principalmente en aquellas en las cuales no se puede prescindir del servicio; tales son los casos de ferias, juegos mecánicos, exposiciones, salas de espectáculos, etc.

**b. definitivas.** Son aquellas que al contrario de las temporales ocupan la principal red de alimentación en toda instalación, independientemente de su modo de operación; ya sea normal o de emergencia. Tales instalaciones las encontramos en hospitales, industrias, edificios, etc.

### **3. Por su construcción.**

Debido a los diferentes tipos de construcciones en que se realizan, materiales utilizados y condiciones ambientales, las instalaciones eléctricas se clasifican :

**a. Totalmente visibles.** Son instalaciones denominadas también en línea abierta y como su nombre lo indica, todas sus partes componentes se encuentran a la vista y sin protección en contra de esfuerzos mecánicos ni en contra del medio ambiente ya sea seco, húmedo, corrosivo, etc.

**b. Visible entubadas.** Son instalaciones eléctricas realizadas así debido a que por las estructuras de las construcciones y el material de los muros es imposible embutirlas, no así protegerlas contra esfuerzos

mecánicos y contra el medio ambiente con tuberías, cajas de conexión y dispositivos de unión, control y protección recomendables de acuerdo a cada caso particular.

- c. Totalmente ocultas.** Son aquellas que tienen sus canalizaciones embutidas en muros, techos, pisos, etc. de tal forma que no son visibles. Se pueden considerar las de mejor acabado, pues en ellas se busca tanto la mejor solución técnica así como el mejor aspecto estético posible, el que una vez terminada la instalación eléctrica, se complementa con la calidad de los dispositivos de control y protección que quedan sólo con el frente al exterior de los muros.
- d. Parcialmente ocultas.** Este tipo de instalaciones, se encuentran en accesorias grandes o fábricas, en las que parte del entubado está por pisos y muros y la restante por armaduras; también es muy común observarlas en edificios comerciales y de oficinas que tienen plafón falso. La parte oculta está en muros y columnas generalmente, la parte superpuesta pero entubada en su totalidad es la que va entre las losas y el plafón falso para ahí mediante cajas de conexión localizadas de antemano, se hagan las tomas necesarias.

#### **4. Por su lugar de instalación.**

Por el tipo de trabajo a desarrollar, así como del lugar de trabajo, las instalaciones eléctricas se clasifican:

- a. Instalaciones normales.** Son aquellas que se instalan en lugares con condiciones ambientales normales, pueden ser del tipo interior o exterior y sólo para este último caso deberán ser instalados con los accesorios adecuados, tales como; cubiertas, sellos y empaques, para evitar la penetración del agua de lluvia aún en condiciones de tormenta.
- b. Instalaciones especiales.** Son aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible. En lugares muy húmedos debe asegurarse una buena protección contra la corrosión y los aislantes deben ser del tipo adecuado para esas condiciones. En los casos donde existan polvos combustibles, deben utilizarse medios para evitar la acumulación de dicho polvo ya sean cubiertas y/o extractores, dado que pueden impedir la operación normal de la instalación, ya se dificultando la disipación de calor y/o produciendo trayectorias indeseables de corriente.

El capítulo 5 de la NOM-001, establece la clasificación de ambientes especiales, incluyendo los lugares peligrosos, así como los requisitos generales del equipo e instalaciones que deberán considerarse para tales condiciones.

#### **D. Objetivos de una instalación.**

Los objetivos a considerar en una instalación eléctrica, están de acuerdo al criterio de todas y cada una de las personas que intervienen en el proyecto, cálculo y ejecución de la obra y además con las necesidades a cubrir, sin embargo, con el fin de dar margen a la iniciativa de todos y de cada uno en particular, se enunciarán sólo algunos de tales requerimientos.

1. Seguridad.
2. Eficiencia.



3. Economía.
4. Simplicidad de operación.
5. Accesibilidad.
6. Flexibilidad.

**1. Seguridad.** Una instalación segura es aquella que no representa riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca.

Existen muchos elementos que pueden utilizarse para proteger a las personas que trabajan cerca de una instalación eléctrica, tales como la conexión a tierra de todas las partes metálicas, la inclusión de mecanismos que impidan que las puertas de los equipos puedan abrirse mientras estos se encuentren energizados, la colocación de tarimas de madera y hule en los lugares donde se operen interruptores y en general todos aquellos elementos que impidan el paso de personas a lugares no autorizados, tales como letreros, candados, alambrados etc.

En relación con la seguridad de los equipos, debe hacerse un análisis técnico-económico para determinar la inversión en protecciones para cada equipo. Por ejemplo, para un equipo que represente una parte importante de la instalación y que sea muy costoso, no deberá limitarse la inversión en protecciones. El tiempo de interrupción tolerable dependerá del tipo de proceso, así como de la industria. Las fallas deben ser aisladas en el menor tiempo posible para evitar que los disturbios se propaguen a todo el sistema; el menor tiempo de desconexión de la falla dependerá tanto del tipo de protección como de la coordinación de las mismas.

**2. Eficiencia.** La eficiencia de una instalación eléctrica, está en relación directa con su construcción, acabado y funcionamiento. El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no se estén utilizando.

**3. Economía.** Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero frente a cualquier proyecto no sólo debe tomar en cuenta la inversión inicial en materiales y equipos, sino hacer un estudio técnico-económico de la inversión inicial, pagos por consumo de la energía eléctrica, gastos de operación y mantenimiento, así como la amortización de materiales y equipos.

En realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a la solución ideal de una instalación, pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.

**4. Simplicidad de operación.** El sistema debe satisfacer todos los requerimientos del proceso y una vez logrado lo anterior, el sistema debe ser tan simple como sea posible; además sus características deben ser congruentes con el equipo de fabricación nacional existente en el mercado.

**5. Accesibilidad.** Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes, contar con pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros.

FALLA DE ORIGEN

También se entiende por accesibilidad, el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación, es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

**6. Flexibilidad.** Una instalación flexible es aquella que puede adaptarse fácilmente a pequeños cambios o expansiones de la propia empresa a futuro, dentro de lo económicamente factible. Esto es importante para la selección de tensiones, capacidades de equipo, espacio para la propia instalación; lo cual debe estar especificado en el estudio económico correspondiente. Para lograr esto, se deben conocer las condiciones físicas locales, tales como vibraciones, temperatura ambiente, condiciones de salinidad o acidez, nivel de humedad y todas aquellas condiciones que pueden ser causa de deterioros físicos o químicos en las ducterías, conductores, aislamientos, accesorios y equipos.

Además de los requerimientos planteados, la NOM-001 en su sección 102 establece los requerimientos técnicos de carácter general aplicables a las instalaciones para el uso de energía eléctrica. En su sección 102.13 contempla ciertos criterios a considerar en el diseño de instalaciones.

- a. Diseños amplios.** Dentro de lo posible, no debe limitarse el diseño de la instalación a las condiciones iniciales de la carga, sino que debe dejarse un margen razonable de capacidad para tomar el aumento natural que tienen todos los servicios.
- b. Centros de distribución.** Deben localizarse los tableros o centros de distribución en lugares fácilmente accesibles, para comodidad y seguridad de funcionamiento.
- c. Limitaciones de daños por fallas.** Se recomienda limitar el número de conductores y circuitos alojados en una canalización o cubierta, a fin de minimizar el daño que pueda ocasionar un corto circuito o falla a tierra producido en alguno de ellos.
- d. Planos previa elaboración.** Toda instalación eléctrica debe ejecutarse de acuerdo con un plano previamente elaborado; además de que cualquier modificación en la instalación debe anotarse en el mismo o en un nuevo plano. El plano actualizado de la instalación debe conservarse en poder del propietario del inmueble para fines de mantenimiento.

Lo anterior es independiente de que, en cada caso particular, exista o no la obligación de presentar planos de la instalación a la Secretaría, para su aprobación, según lo establezca la Ley del Servicio Público de energía eléctrica y su Reglamento.

## **CAPITULO III. EL ELECTRODUCTO.**

### **A. BOSQUEJO HISTORICO - ¿ Porqué el Electroducto ?**

Los sistemas de electroducto surgen en la década de los 50's como una respuesta a las necesidades de la industria automotriz, debido a que este tipo de industrias continuamente se encuentran en etapas de modificación y/o expansión; era motivo de preocupación el tiempo y la inversión económica requerida para realizar tales movimientos en la instalación eléctrica de las naves industriales. Los empresarios debían anticiparse mucho antes con la producción suficiente para satisfacer el largo período improductivo en la remodelación de las naves afectadas.

Al utilizar cable y conduit o cable y charolas en las instalaciones eléctricas de las naves, el tiempo requerido en la reinstalación es largo, el riesgo de dañar el aislamiento de los cables está latente y los desperdicios de los materiales es muy alto.

Es entonces cuando le solicitan a los fabricantes de equipo eléctrico como SQUARE D COMPANY, GENERAL ELECTRIC, SIEMENS y entre otros más, les diseñen un equipo para conducción de energía eléctrica con gran versatilidad en la aplicación y simplicidad al momento de instalarse, tanto para una primera instalación como reinstalaciones futuras. Los fabricantes de equipo original (OEM's) empiezan a trabajar en este proyecto y surge así el denominado "ELECTRODUCTO".

Posteriormente no solo en la industria es requerido el electroducto, también se lanza a los sectores residencial y comercial con capacidades arriba de los 25 Amperes, ideales para alimentar estaciones de trabajo en oficinas, comercios y talleres, además de que estos sistemas ofrecen la modalidad de poder operarse a control remoto mediante equipos de control y telemando. Estos equipos además de fabricarse en forma de canaleta, también son fabricados en forma de columnas pre-cableadas por las compañías TELEMECANIQUE y KLÖCKNER - MÖULER conteniendo contactos, lámpara-apagador, salidas de teléfono y salidas especiales preensamblados desde fábrica.

Actualmente los ingenieros electricistas y los contratistas alrededor del mundo están especificando electroducto para un número cada vez mayor de proyectos industriales y comerciales y más aún, el electroducto ofrece estos beneficios a un costo de instalación total menor que con cable, contemplando futuras reinstalaciones. El electroducto está prediseñado para una instalación fácil con herramientas manuales, un mínimo de equipo requerido, mínimo personal que intervenga al momento de instalarlo o reinstalarlo, mínimo mantenimiento y sobre todo máxima seguridad para usuarios y operarios.

## B. INDICES DE PROTECCION IEC.

En los siguientes artículos, enunciaremos cada una de las principales características de los electroductos; capacidades, características eléctricas y sobre todo las características de construcción. En esta última necesitaremos hacer uso de la Norma americana NEMA para gabinetes (enunciada en la sección d. capítulo II de ésta obra) así como los " índices de protección IEC " de las normas europeas. Por tal motivo enunciaremos una breve descripción de tales índices.

La protección se indica por las letras IP seguidas de tres números que significan lo siguiente:

**PRIMER NUMERO.** Indica la protección contra sólidos o cuerpos extraños.



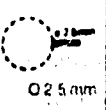
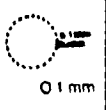


**SEGUNDO NUMERO.** Indica la protección contra el ingreso del agua.

**TERCER NUMERO.** Si hubiese un tercer número, nos indica la protección mecánica.

### 1er. NUMERO










#### PROTECCION CONTRA SOLIDOS.


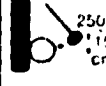
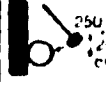
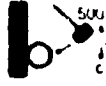


El primer número indica el grado de protección contra el ingreso de cuerpos sólidos. Este número puede ser 0, 1, 2, 3, 4, 5 o 6. Cada número indica un grado de protección específico, que se ilustra en el diagrama adjunto.

IP	PRUEBAS	DESCRIPCION
0		No. protección
1		Protección contra cuerpos sólidos mayores de 50 mm.
2		Protección contra cuerpos sólidos mayores de 12 mm.
3		Protección contra cuerpos sólidos mayores de 2.5 mm.
4		Protección contra cuerpos sólidos mayores de 1 mm.
5		Protección contra depósitos perjudiciales de polvo
6		Protección completa contra ingreso de polvo

**2o. NUMERO  
PROTECCION CONTRA AGUA.**

**3er. NUMERO  
PROTECCION MECANICA.**

IP	PRUEBAS	DESCRIPCION
0		No. protección
1		Protección contra gotas de condensación
2		Protección contra gotas de agua hasta 15° de la vertical
3		Protección contra lluvia de hasta 60° de la vertical
4		Protección contra proyecciones de agua en todas direcciones
5		Protección contra chorros de agua a presión en todas direcciones
6		Protección contra ingreso de agua en alta mar
7		Protección contra inmersión temporal en agua
8		Protección contra inmersión permanente en agua

IP	PRUEBAS	DESCRIPCION
0		No. protección
1		Protección contra impactos de energía de 0.225 Joules
2		Protección contra impactos de energía de 0.375 Joules
3		Protección contra impactos de energía de 0.500 Joules
5		Protección contra impactos de energía de 2.00 Joules
7		Protección contra impactos de energía de 6.00 Joules
9		Protección contra impactos de energía de 20.0 Joules

## C. DEFINICION DEL PRODUCTO.

### 1. Tipos de electroductos.

*Definición.* Según las NTIE 364-2. NOM 001-1994. Un **Electroducto** es un ducto metálico conectado a tierra que contiene conductores desnudos o aislados, usualmente de cobre o aluminio en forma de barras, alambres o tubos ensamblados desde fábrica y que deberán cumplir con los requisitos para los métodos de instalaciones comunes enunciados en la sección 300 de éstas mismas normas.

Aunque en México la utilización del electroducto es limitada, los sistemas de distribución de energía eléctrica con electroducto están actualmente en servicio en miles de instalaciones comerciales e industriales alrededor del mundo.

El electroducto es fabricado en una completa gama de capacidades para cubrir prácticamente la demanda de los sectores comercial, industrial e incluso el residencial. El electroducto puede clasificarse de la siguiente forma de acuerdo a su capacidad:

- a. Electroducto de pequeña capacidad en baja tensión. \_\_\_\_\_ 10 A hasta 200 A  
600 V máx.
- b. Electroducto de mediana capacidad en baja tensión. \_\_\_\_\_ 225 A hasta 5000 A  
600 V máx.
- c. Electroducto de gran capacidad en alta tensión. \_\_\_\_\_ 1200 A hasta 3000 A  
5 kV hasta 34.5 kV

#### a. Electroductos de pequeña capacidad en baja tensión.

Los electroductos de baja capacidad son electroductos diseñados para utilizarlos en los sectores comercial y residencial con capacidades de 10 A hasta 200 A. La cuna de los electroductos de estas capacidades está en Europa. En estos países la aceptación de estos electroductos es total e incluso el electroducto que se emplea en los Estados Unidos, México y América Latina proviene de estos países.

Últimamente se ha iniciado en el mercado mexicano la introducción de estos electroductos y aunque actualmente la demanda de estos productos no es competitiva en comparación con cable y conduit, en un futuro su participación en el mercado irá aumentando y desplazará hasta donde sea factible y justificable esta sustitución.

**1) Características de construcción.** Todos los electroductos de estas capacidades son fabricados siguiendo el diseño "Tipo enchufable" por su baja capacidad, características que le dan versatilidad y facilidad en el manejo e instalación.

**Tipos de electroductos.** Estos sistemas de distribución de energía eléctrica están disponibles en tres versiones:

- a) Tipo Canaleta.
- b) Tipo Columna.
- c) Tipo Soclo.

**a) Tipo Canaleta.** Son electroductos fabricados con capacidades de corriente de 25 A hasta 200 A en baja tensión para montaje en techo, por su propio diseño lo convierten en un óptimo equipo para distribuir energía en el sector comercial y residencial. Se encuentran con las siguientes características:

- Capacidad de corriente: de 25 A hasta 200 A
- Voltaje: 120, 240, 480 Vca 60 Hz
- Sistemas: 1F-2H+G, 2F-3H, 3F-3H+G, 3F-4H+G
- Barra de tierra integrada
- Barras conductoras: Cobre y Aluminio estañadas
- Grados de protección: IP10, IP31, IP41, IP54
- Servicio: interior o exterior

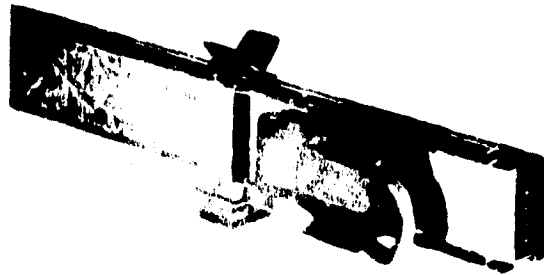


fig. Sistema de distribución de baja capacidad tipo canaleta.

Su diseño es del tipo cerrado para prevenir la entrada de agentes extraños a su interior, cuenta con empaques que al mismo electroducto de servicio interior lo convierten para usarse en exteriores, está provisto con sus propios colgadores para hacer más fácil la instalación. Cuenta además con colgadores y conectores ( clavija-contacto ) para lámparas que pueden soportarse del mismo electroducto.

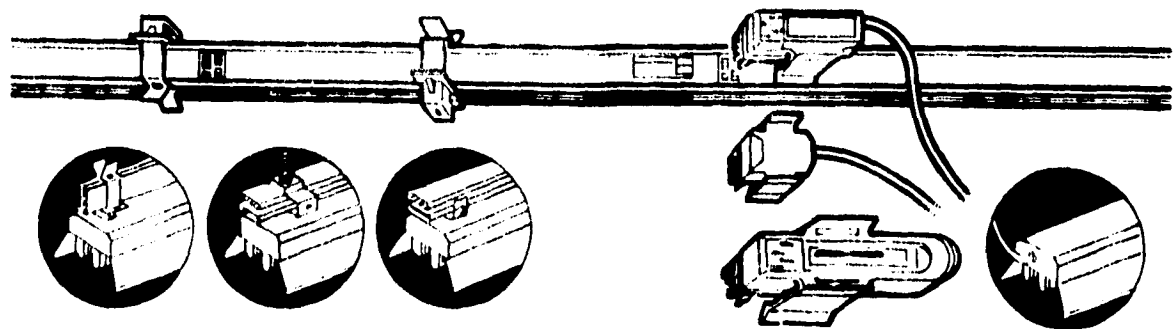


fig. Accesorios para montaje e instalación.

Cuenta con una amplia gama de accesorios, necesarios para realizar cualquier trayectoria con este tipo de electroducto.

**Aplicaciones.** Es ideal para distribuir energía eléctrica en hoteles de mediana y pequeña capacidad, en la mediana industria, oficinas, comercios, talleres, invernaderos y granjas.

**b) Tipo columna.** Estos equipos son fabricados con luminarias, apagadores, salidas de teléfono y otras salidas especiales preensambladas desde fábrica para hacer una instalación más fácil, accesible y de mejor claridad en los diagramas eléctricos. Se encuentran como columnas centrales, autosoportadas o bien columnas murales o de soporte en pared.

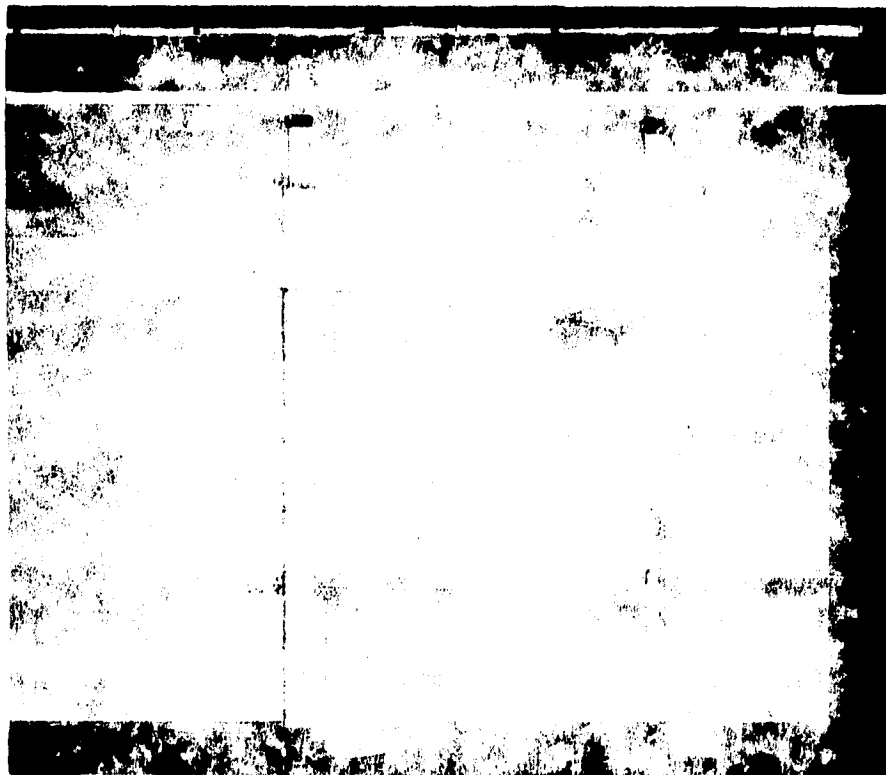


fig. Electroducto Prefadis tipo columna. Alimentación por techo.



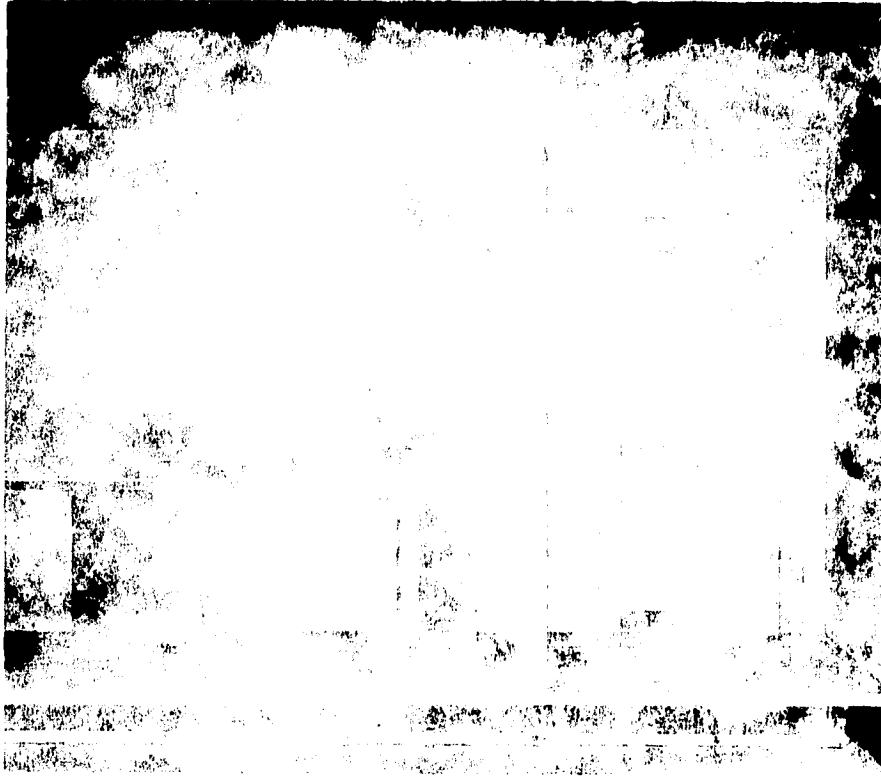


Fig. Electroducto Prefadis tipo columna. Alimentación por piso.

Se encuentran en el mercado con las siguientes características:

- Capacidad de corriente: de 10 / 16 Amperes
- Voltaje: 120 / 240 Vca 60 Hz
- Sistemas: 1F-2H+G, 2F-3H+G
- Barra de tierra integrada
- Barras conductoras: Cobre estañado
- Grados de protección: IP405

Este electroducto no solamente brinda mayor limpieza y confort en sus aplicaciones, ofrece además un aspecto estético con un nuevo concepto en diseño.

**Aplicaciones.** Por los accesorios que contienen se recomienda para usarse en interiores de la oficina, laboratorios, talleres e incluso el hogar.

**c) Tipo Soclo.** Estos equipos son fabricados con salidas de contactos, teléfono y salidas especiales. Fueron diseñados para montarse en pared y para ofrecer un alto grado de protección tanto usuarios como operarios, son de fácil instalación y accesibilidad para el aumento de accesorios en el ducto o bien modificaciones en la instalación.

Son fabricados para montaje sobre pared con las siguientes características:

- Capacidad de corriente: 10 / 16 Amperes
- Voltaje: 120 / 240 Vca 60 Hz
- Sistemas: 1F-2H+G, 2F-3H+G
- Barra de tierra integrada
- Barras conductoras: Cobre estañado
- Longitud de tramos rectos: 1.20 m y 2.40 m
- Grados de protección: IP405, IP309

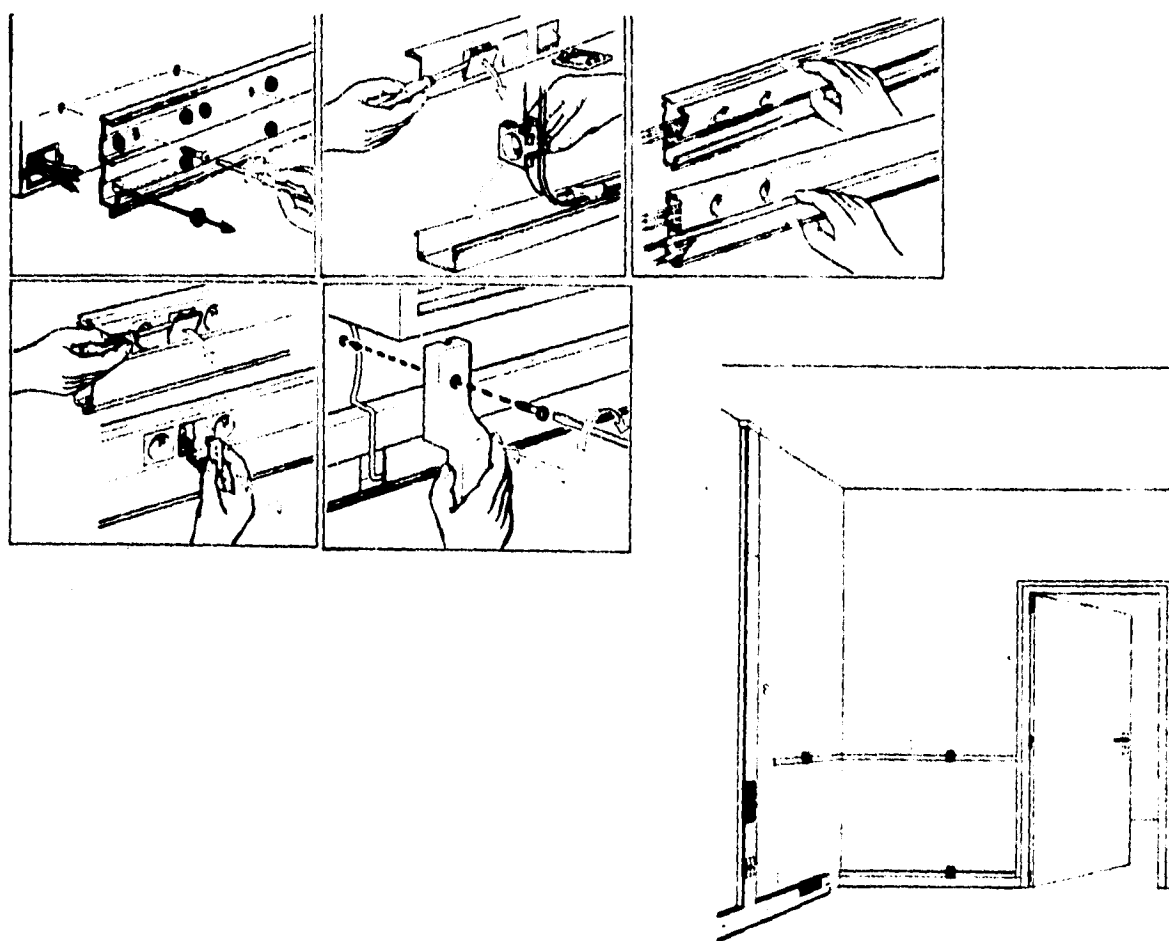


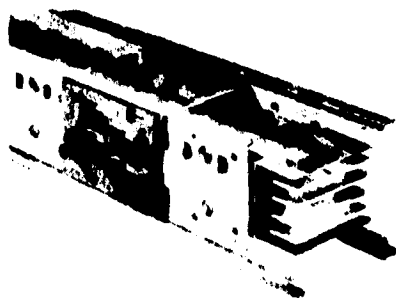
fig. Electroducto tipo Soclo. Montaje e instalación.

**Aplicaciones.** Cuenta con todos los accesorios necesarios para realizar cualquier trayectoria que se desee, su diseño es del tipo interior y por lo general se recomienda en oficinas, talleres, laboratorios, escuelas, el hogar y en general en todos aquellos lugares en donde se tienen que hacer instalaciones visibles, permanentes o temporales de último momento cuidando el aspecto estético de la misma instalación.

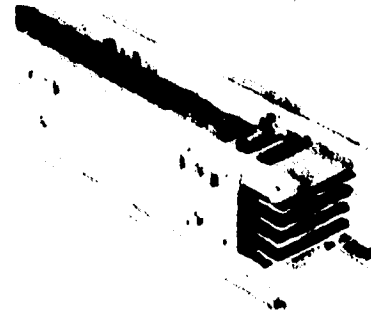
#### **b. Electroductos de mediana capacidad en baja tensión.**

**1) Características de construcción.** Los electroductos son manufacturados en dos versiones: " Tipo atornillable " y " Tipo enchufable " con capacidades desde 225 A hasta 5000 A, la tendencia del mercado es a cambiar sus diseños previos por el " Tipo enchufable " ya que la facilidad y tiempo de instalación son mucho menores que cuando se tiene que atornillar cada una de las fases en cada uno de sus componentes y accesorios.

**Tipos de electroductos.** Están disponibles en dos versiones por su tipo de instalación; servicio interior ( derivador ) y servicio exterior ( alimentador ) construido con una carcasa especial a prueba de agua y polvo, con uniones selladas en sus extremos.



Estilo "Plug-in" Derivador



Estilo "Feeder" Alimentador



fig. Electroducto para uso en exteriores.

**Barras conductoras:** Son construidos con barras conductoras de Cobre o de Aluminio de alta conductividad eléctrica. Las barras de cobre poseen un electrorecubrimiento de plateado intermitente, mientras que las barras de aluminio son recubiertas de una capa de estaño, esto es, con el fin de proporcionarles una integridad óptima a las superficies de contacto en las uniones y derivaciones.

**Constricción tipo "sandwich".** Cada barra está una encima de la otra, separadas por un dieléctrico. Las cubiertas laterales son de acero para soportar esfuerzos mecánicos, las cubiertas superior e inferior son de Aluminio y tienen doble función envolvente y barra de tierra integrada.

Sus componentes han sido cuidadosamente diseñados para reducir el peso del electroducto y minimizar las pérdidas por histéresis y corrientes de remolino; conocidas comúnmente como corrientes de "Eddy" y las cuales son frecuentes en envolventes de acero.

**Barra integral de tierra.** El electroducto está construido con un innovador sistema de " Barra de tierra integrada ", utiliza dos delgadas láminas de 1.6 mm (1/16") como bus de tierra para formar la envolvente superior e inferior. Este sistema integral produce una trayectoria de retorno a tierra con un mínimo de 50 % de capacidad continua de corriente.

Igualmente importante es, que las dos barras integrales de tierra encierran completamente las barras conductoras y representan un muy efectivo paso a tierra durante fallas eléctricas.

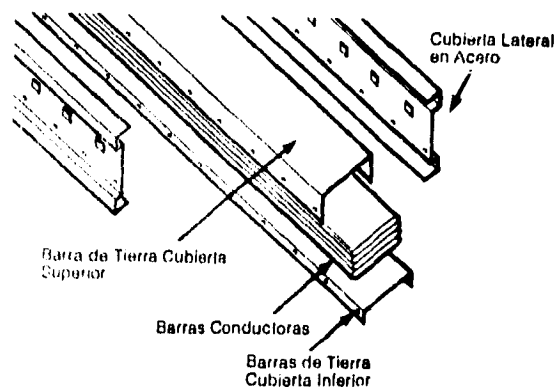


fig. Componentes del electroducto.

**Aislamiento de barras.** Las barras en todo el electroducto están aisladas con materiales clase B 130 °C para prolongar la vida del aislamiento. Este aislamiento consiste de dos capas de película de poliéster termoformada y polipropileno.

En un futuro la tendencia es a usar un aislamiento a base de polvo de resina epóxica para mejorar el comportamiento del mismo.

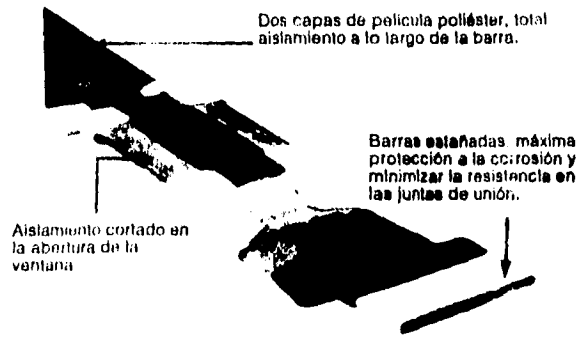


fig. Aislamientos de la barra conductora.

**Construcción tipo Alimentador.** El electroducto alimentador es para distribuir energía a cargas concentradas en un área. Este tipo de electroducto es a menudo usado en trayectorias cortas como una entrada de servicio. En trayectorias horizontales largas, sirve como trayectoria de enlace desde los tableros de distribución o de fuerza, hasta los centros de control de motores ( CCM's ) u otros componentes que demandan alta concentración de energía, tales como motores de gran capacidad.

Para entender mejor la manera en que se fabrica el electroducto, nos basaremos en la figura que a continuación se indica; en la cual observamos claramente las dos cubiertas laterales de acero ( E ) y abrazaderas de acero ( I ) para mejorar la resistencia a esfuerzos mecánicos, las cubiertas superior e inferior de Aluminio ( K ) en forma de envoltente; cuya función es proteger las barras conductoras y servir como barra integral de tierra y finalmente las barras conductoras ( G ) en construcción tipo " sandwich " con su aislamiento de poliéster- polipropileno ( J-H ).

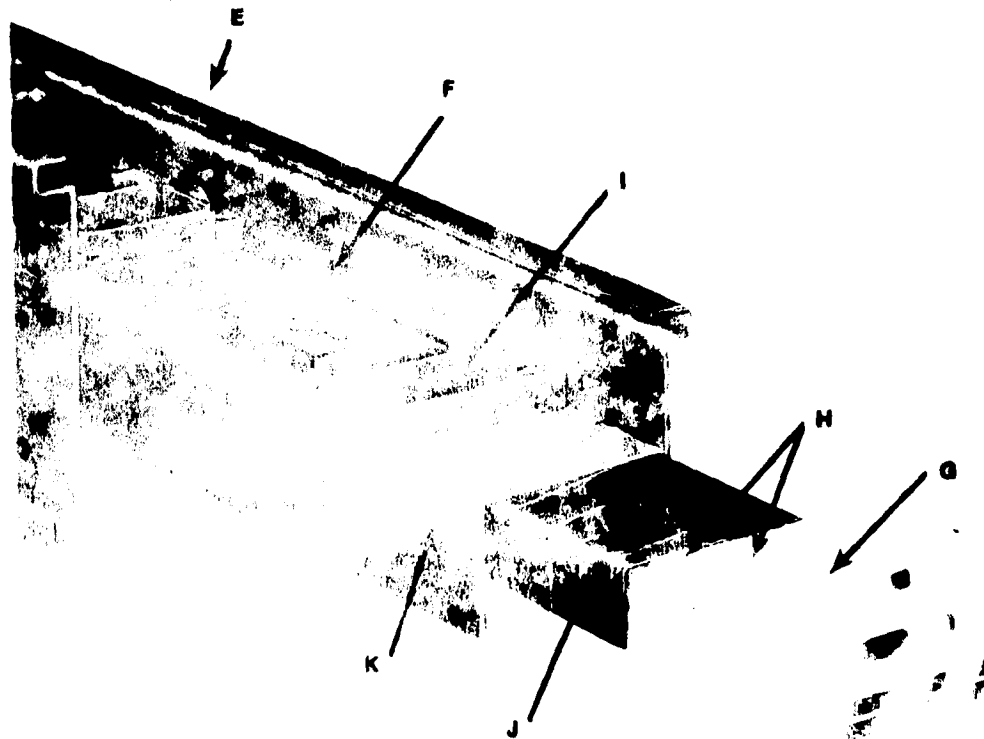


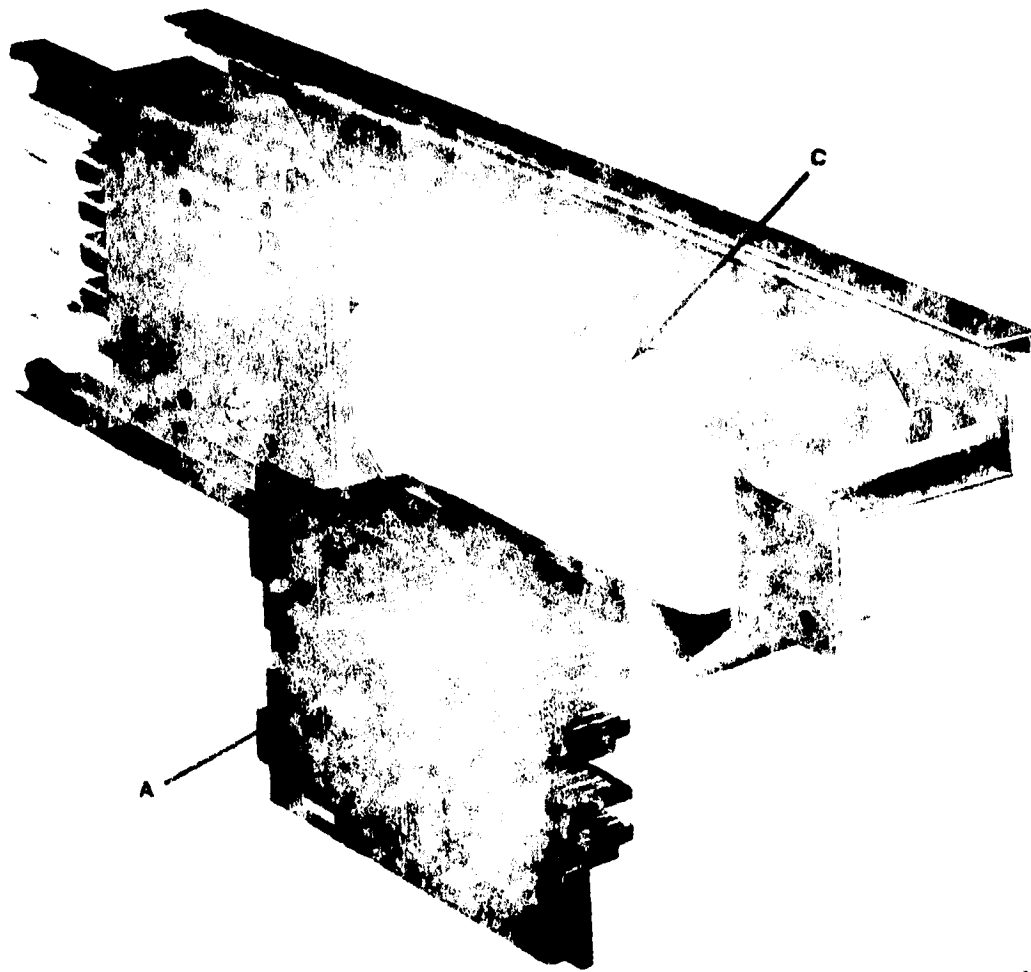
fig. Electroducto "Feeder" tipo Alimentador. Principales componentes.

MADE IN MEXICO

**Construcción tipo Derivador.** La versatilidad del electroducto derivador lo convierte en una solución ideal para distribuir energía en una área muy amplia. Puede ser utilizado en trayectorias horizontales o verticales. En ambos casos ofrece las ventajas de su tamaño compacto y de su capacidad para energizar cargas adicionales en el futuro.

Aplicando el electroducto derivador, el aumento o relocalización de conexiones de carga, son muy sencillas. Se han previsto en ambos lados del electroducto preparaciones para derivaciones a intervalos de 2 ft de distancia ( 61 cm ).

La construcción del electroducto tipo derivador, es básicamente la misma a diferencia de la ventana (c), indicada en la figura; en la cual entra el aislador moldeado ( A ) que proporciona un grado de protección IP2X definido en la norma IEC 529. Esta característica proporciona una mejor protección contra contactos accidentales con partes vivas durante la inserción y retiro de las "Unidades de Enchufar" ( toma corrientes ).



FALLA DE ORIGEN

fig. Electroducto "Plug-in" tipo Derivador. Principales componentes.

**Diseño totalmente cerrado.** Su diseño es totalmente cerrado, esto ofrece tres grandes beneficios:

- *Primero.* Reduce el contacto accidental con las barras.
- *Segundo.* No permite la penetración de polvo ni de suciedad, lo que facilita una mejor transferencia de calor y las barras se encuentran a temperatura adecuada.
- *Tercero.* No es necesario degradar su capacidad de conducción en cualquier orientación de la instalación, ya sea vertical u horizontal.

**Conector Universal.** El electroducto está diseñado para conectarse con tramos de longitud recta o accesorios con el mejorado sistema de unión " un tornillo ", el cual puede ser removido para aislar eléctricamente las secciones del mismo con propósitos de mantenimiento y transferencia de carga. También puede ser colocado en el extremo opuesto de un tramo para considerar los cambios de último minuto y para ayudar a minimizar el trabajo de instalación o reinstalación.

Está formado por dos cubiertas protectoras de acero, barras conductoras en su interior, 2 roldanas de presión y un tornillo de doble cabeza.

Este sistema de unión "Un tornillo" es un aditamento estándar en todos los ensambles del electroducto, el cual está formado como elemento principal por un tornillo de alta resistencia con doble cabeza y conectadas por un delgado cuello. Está diseñado para que con una llave de mango largo sea fracturada en su unión y se libere el disco de seguridad una vez alcanzado el par de apriete correcto de 70 lb-ft. Este sistema hace que el par de apriete sea rápido, simple y exacto.

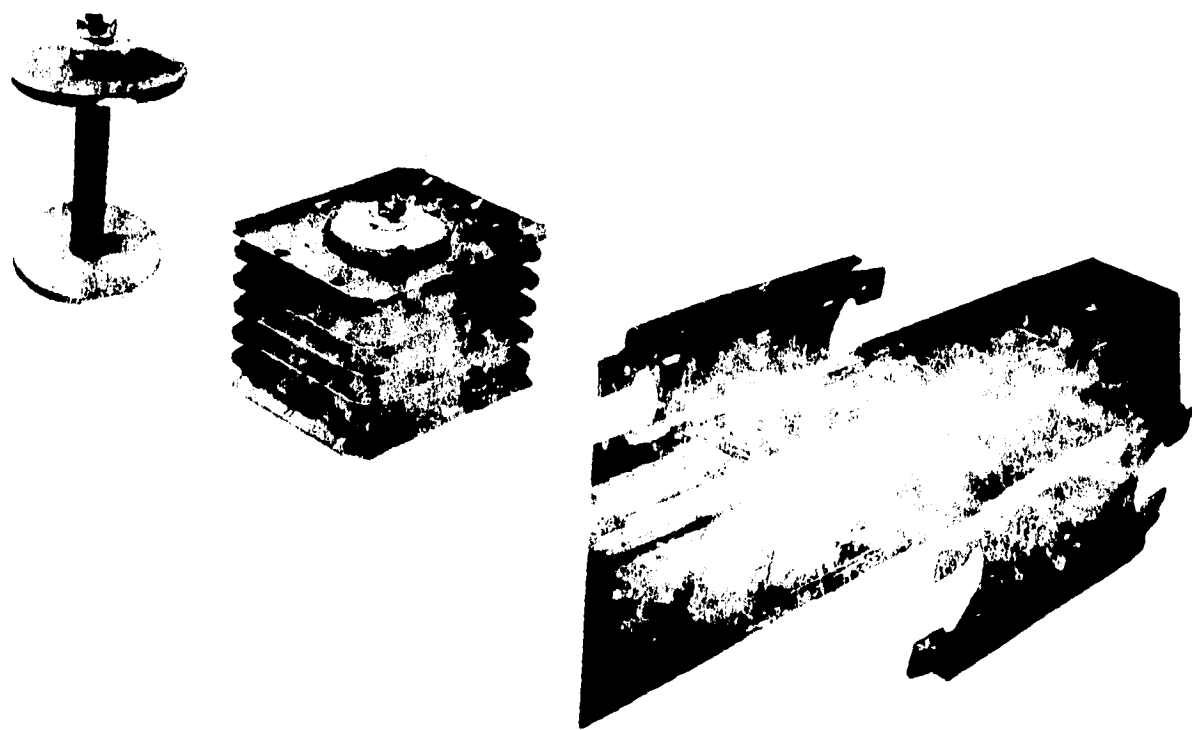


fig. Conector Universal. Montaje y componentes.

FALLA DE ORIGEN

**Colgadores.** La forma de soportar el electroducto es mediante colgadores que están incluidos dentro de su propio diseño para mayor facilidad del montaje del mismo. Estos colgadores están diseñados para montarse en posición plana, de canto o vertical.

La sección 364-5 de las NTIE establece que, los electroductos deben estar firmemente soportados a distancias no mayores de 1.5 m a menos que por diseño propio se especifique otro espaciamiento entre soportes, a menos que por diseño propio se especifique otro espaciamiento entre soportes. Si los electroductos son instalados verticalmente, los soportes deben ser adecuados para esta posición. Se deberá tener cuidado de no bloquear las puertas para conectar las unidades de enchufar.



fig. Soporte Colgador de montaje en pared.



fig. Soporte Colgador de montaje en techo.

**2) Características eléctricas.** Estos electroductos son fabricados con las siguientes características.

- Capacidad de corriente : 225 A hasta 5000 A
- Voltaje : 240, 480 y 600 Vca 60 Hz
- Sistemas : 3F-3H+G & 3F-4H+G
- Capacidad interruptiva : de 22 kA hasta 200 kA rms simétricos
- Neutro : 100 % de capacidad
- Barra de tierra : 50% de capacidad
- Barras conductoras : Cobre plateadas & Aluminio estañadas
- Envoltente o carcasa : Servicio interior ( NEMA 1 ) & servicio exterior ( NEMA 3R )

**3) Unidades de enchufar.** Las unidades de enchufar son accesorios destinados para tomar corriente y alimentar cargas, cubren un amplio rango de capacidades, desde 15 A hasta 1600 A. Estas unidades son direccionadas por las indentaciones de la parte superior de la envoltente del electroducto y se encuentran disponibles en dos tipos.

- a) Tipo fusible
- b) Tipo interruptor termomagnético





fig. Instalación de una Unidad de Enchufar.

**a) Unidades de enchufar tipo fusible.**

- Capacidad de corriente : 30 A hasta 1600 A
- Voltaje : 120, 240, 480 y 600 Vca 60 Hz
- Sistemas : 3F-3H+G & 3F-4H+G
- Capacidad interruptiva : estándar y alta ( 10 kA hasta 200 kA )
- Gabinete : Servicio interior ( NEMA 1 )
- Posición de montaje : Vertical u horizontal

**b) Unidades de enchufar tipo interruptor termomagnético.**

- Capacidad de corriente : 15 A hasta 1600 A
- Voltaje : 120, 240, 480 y 600 Vca 60 Hz
- Sistemas : 3F-3H+G & 3F-4H+G
- Capacidad interruptiva : estándar y alta ( 10 kA hasta 200 kA )
- Gabinete : Servicio interior ( NEMA 1 )
- Posición de montaje : Vertical u horizontal

**4) Accesorios.** El electroducto cuenta con todos los accesorios necesarios para realizar cualquier trayectoria aún en los lugares en los que el espacio es reducido, así como aquellos para compensar los esfuerzos debido a contracciones o elongaciones en la trayectoria, el electroducto cuenta con: Tramos rectos de 4,6,8 y 10 ft de longitud, codos, tés, conector para tableros, juntas de expansión, unidades de enchufar y entre otros.

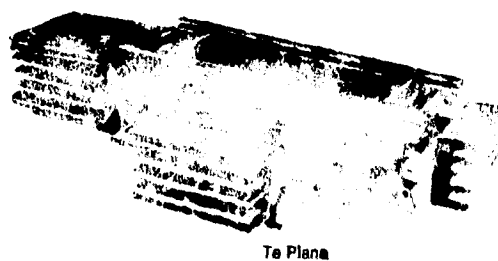
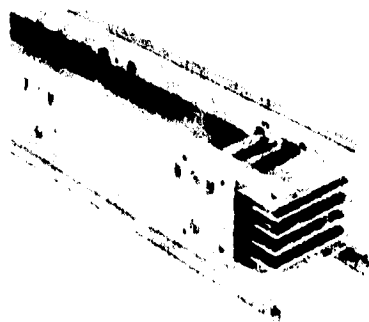
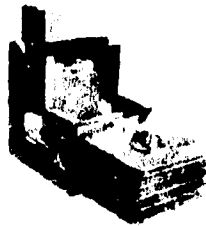


fig. Accesorios para Electroducto.

FALLA DE ORIGEN



Codo de Canto



Codo Plano

fig. Accesorios para Electroducto.

### 5) Ventajas.

- **Ligero y compacto.** Por su diseño compacto y su construcción tipo " sandwich " le permite ser instalado en lugares de difícil acceso. Comparando con cable y conduit, el menor peso y el tamaño más compacto del electroducto ayudan a simplificar su almacenamiento, haciendo que su manejo e instalación sea más sencilla.

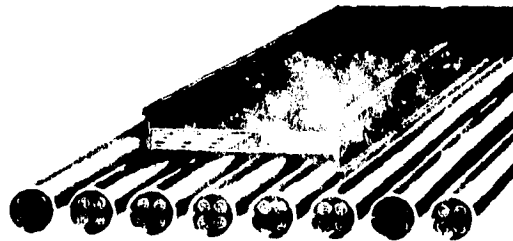
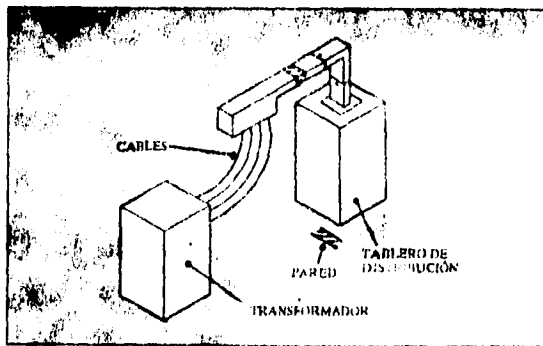


fig. Electroducto Vs. Cable y Conduit. Espacio ocupado.

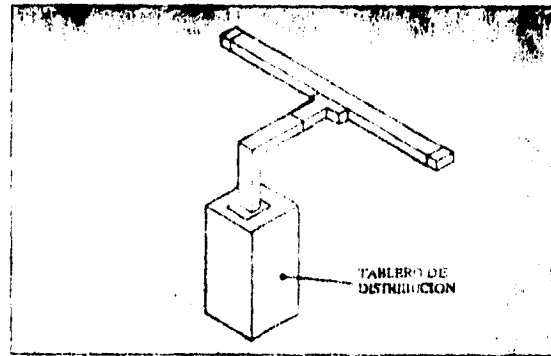
- **% reutilizable.** Cuando el sistema eléctrico de una instalación necesita ser modificado, las trayectorias completas de electroducto pueden ser desmontadas y relocalizadas.
- **Mínimo tiempo fuera.** La sencillez y facilidad de instalación y relocalización significan menos tiempo fuera de servicio del equipo del sistema de potencia.

- **Fácilmente expandible.** La expansión de un sistema se puede llevar a cabo en la mayoría de los casos con componentes estándar de electroducto.
- **Baja impedancia.** La baja impedancia de un sistema de electroducto implica que se tendrá una menor caída de voltaje, resultando menores costos y ahorro de energía.
- **Alto grado de seguridad.** Los conductores están totalmente cerrados y las unidades de enchufar están polarizadas. Lo que resulta un equipo seguro tanto para usuarios como operarios.
- **Barra de tierra integrada.** Por su propio diseño la envolvente tiene dos usos. Protege a las barras conductoras y sirve como barra de tierra.
- **Mínimo tiempo de instalación.** Reduce 75 % del tiempo de instalación necesario para instalar cable y tubo conduit.

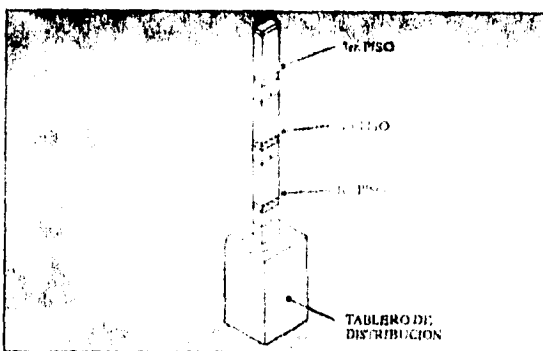
**6) Aplicaciones.** El electroducto se utiliza en todos los lugares donde se emplean cables y conduits; debido a que el electroducto es tan compacto, también se puede utilizar en aplicaciones en las cuales no es posible adaptar trayectorias múltiples de cables y tubos conduit.



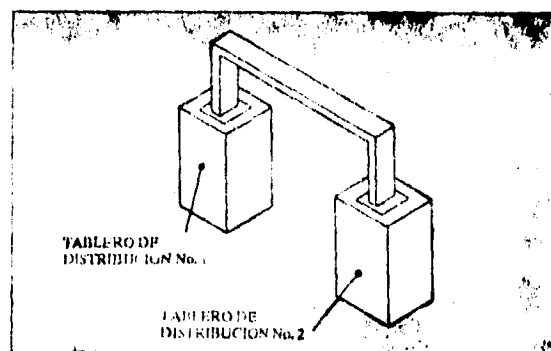
**Tipo "Feeder":** Trayectoria de alimentación de un transformador a un tablero de distribución, conectando con cables directamente al Electroducto.



**Tipo Horizontal "Plug-in":** Trayectoria horizontal de alimentación a través de una "Te" por un tablero de distribución.



**Tipo Vertical "Plug-in":** Trayectoria vertical de alimentación por un tablero de distribución.



**Tipo "Feeder":** Trayectoria típica de alimentación entre dos tableros de distribución.

fig. Formas de instalar el Electroducto.

El electroducto lo encontramos instalado en:

- La industria automotriz e industria en general.
- Hospitales, hoteles, oficinas, comercios y talleres.
- OEM's y productores de electricidad.
- Donde los espacios son reducidos.

**7) Fabricantes de electroducto.** A partir de la década de los 50's en donde surge la necesidad de utilizar electroducto, varias compañías enfocan una rama de su productividad para fabricar este equipo e introducirlo en los sectores industrial, comercial y residencial.

En ultimas fechas contamos con una gran variedad de marcas en el mercado para seleccionar el producto que más se apegue a nuestras necesidades, especificaciones y presupuesto, entre las cuales podemos citar las siguientes:

<b>Nombre del electroducto</b>	<b>Nombre de la compañía fabricante</b>
I - LINE II	SQUARE D COMPANY - Groupe Schneider Oxford, Ohio 45456 - USA
CANALIS	TELEMECANIQUE - Groupe Schneider bd. Franklin Roosevelt -Fcia.
DE BAJA IMPEDANCIA	FEDERAL PACIFIC ELECTRIC -Groupe Schneider Detroit, Michigan - USA
SPECTRA	GENERAL ELECTRIC COMPANY Plainville, CT 06062 - USA
ALLIS	SIEMENS ENERGY & AUTOMATION Inc. Spartanburg, SC 29304 - USA
P4	CUTLER - HAMMER PRODUCTS Co. Spartanburg, SC 29304 -USA
BD2	KLÖCKNER - MÖELLER Co. Dauestrom VDE 0660 - Alem.
EC - SYSTEM	CHALLENGER ELECTRICAL EQUIPMENT Corporation. Malvern, PA 19355 - USA

Los fabricantes de electroducto para fabricar y/o distribuir sus productos en el **mercado nacional**, deberán cumplir con la norma NOM J-148 que edita la Dirección General de Normas a través de SECOFI y para poder competir a nivel internacional deberán cumplir con las normas internacionales que rigen la fabricación de tales equipos, como son ASTM, NEMA, ANSI, CSA, UNE, IEC, NFC, UL y

# CAPITULO IV. DISEÑO Y ANALISIS DE LA INSTALACION ELECTRICA.

## A. ILUMINACION INTERIOR.

### 1. Generalidades.

Es importante que al diseñarse un sistema de alumbrado, el ingeniero debe especificar el diseño de alumbrado desde tres puntos de vista básicos: Cantidad, Calidad y Costo.

**CANTIDAD.** Esto se refiere a la aplicación de la cantidad de iluminación necesaria para poder ver y es medida en luxes.

**CALIDAD.** Esta expresión se refiere al confort visual, requiriendo una iluminación necesaria para despertar el interés y llamar la atención. involucra luminancias y reflectancias de las superficies ambientales y de trabajo, así como sus relaciones en un ambiente visual.

Existen diversos factores que deben tomarse en consideración como son: sombras, deslumbramientos, reflejos, rendimiento de color de las fuentes luminosas, integración al diseño arquitectónico, fisiología y estímulo de los ojos, psicología y percepción.

**COSTO.** Siempre que se selecciona un sistema de iluminación, el costo es un factor de consideración. deben considerarse aspectos como la eficacia luminosa de la lámpara, costo y vida útil de la misma. Costo de la electricidad, costo de mano de obra, amortización del equipo y entre otros.

dado que sistemas diferentes de iluminación pueden no producir iguales niveles de iluminación en servicio, todos los costos deben igualarse a una misma base para mantener la misma cantidad en luxes. Se deben aplicar programas de mantenimiento y limpieza acordes a cada tipo de sistema.

#### a. Factores ambientales luminosos.

Es necesario planear la iluminación de oficinas y zonas de trabajo porque en estas áreas se llevan a cabo trabajos visuales durante largos períodos de tiempo. Para asegurar un rendimiento visual óptimo, debemos proporcionar luminancias ambientales adecuadas y un nivel de iluminación suficiente.

Es importante también que el total de todos los campos visuales estén balanceados y que no sean excesivos. Un ambiente luminoso adecuado permite a los músculos del ojo trabajar en forma mas eficiente y cómoda.

Para obtener un ambiente luminoso balanceado es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Acabado del local
- El mobiliario y equipo
- El color

Las superficies del local las cuales incluyen techos, paredes y pisos, son factores importantes para determinar las relaciones de luminancia entre el equipo de iluminación y sus más lejanos alrededores.

Los acabados de las superficies del local poseen una cierta reflectancia que incrementaran la utilización de la luz y reducirán o atenuaran las sombras. Similarmente, superficies del local con menor reflectancia absorberán luz, reducirán el coeficiente de utilización y afectaran las condiciones de luminancia aceptables.

El uso de los acabados mate que tienen las reflectancias recomendadas, previene contra las reflexiones especulares de luz, las cuales pueden distraer o pueden provocar relaciones excesivas de luminancia.

**Mobiliario y equipo.** Para las reflectancias en planos de trabajo en oficinas. En un estudio efectuado recientemente en los Estados Unidos se encontró que las reflectancias de los diferentes planos de trabajo fueron desde 20 % para una heliografía azul, hasta el 90 % para un escrito a maquina en papel blanco. La reflectancia de trabajo mas conveniente encontrada fue del 85 %.

## **2. El sistema de iluminación.**

El sistema de iluminación produce el medio ambiente visual. Es una combinación de fuentes de luz artificial y/o natural que crea las luminancias en las cuales se trabaja. La luz de estas fuentes inciden en las superficies del local reflejándose y produciendo finalmente luminancias. La combinación de estas luminancias y las fuentes son las que perciben cuando cualquier objeto es visto en el espacio.

El sistema de iluminación es una combinación de factores que intervienen al mismo tiempo para proporcionar un ambiente luminoso. Los criterios físicos y psicofísicos deben satisfacerse antes de que la mayoría de los diseños sean considerados como aceptables.

### **a. Tipos de sistemas de iluminación.**

Existen dos tipos de sistemas de iluminación: El directo y el indirecto.

**1) Sistema de iluminación directo.** Este sistema se caracteriza por el hecho de que las superficies de los luminarios ( reflector, rejilla, etc. ) son generalmente visibles y porque las superficies de trabajo están directamente iluminadas por los luminarios.

En lugares donde es conocido el plano de trabajo se puede aumentar la iluminación de esa zona, o puede aumentarse también para crear un ambiente no uniforme. Se debe tener cuidado de evitar sombras desagradables o reflejos de las superficies que el sistema puede crear.

**2) Sistema de iluminación indirecto.** El sistema de iluminación indirecto se caracteriza porque la luz es reflejada en la mayoría de las superficies antes de llegar al plano de trabajo y porque la superficie del luminario que emite la luz no se ve bajo condiciones normales.

Estos sistemas se clasifican en dos grandes categorías: De techo y perimetral.

El sistema indirecto de techo hace incidir la luz sobre el techo mientras que el sistema perimetral lo hace sobre las paredes. Ambos tipos de sistemas pueden proporcionar la suficiente luz para iluminar superficies verticales ( paredes, muebles, gente, etc. ) las cuales son importantes para percibir el volumen.

## **b. Integración física.**

El sistema de iluminación puede seccionarse en varios componentes que pueden ser controlados independientemente: Estos componentes incluyen el tipo de luminario, el arreglo de los luminarios, los controles eléctricos, las ventanas, los tragaluces y el medio ambiente, es decir, la forma del local, el tipo de acabados y superficies, muebles, etc.

Un sistema de iluminación puede tener cualquier cantidad y tipo de luminarios. Un luminario esta constituido por varios componentes que, debido a su construcción física, determinan su función.

**Lámparas.** Las lámparas son la fuente de luz del sistema. Se cuenta con una amplia variedad de estas, las cuales están divididas en tres tipos básicos: Incandescentes, fluorescentes y descarga de alta intensidad.

**Luminario.** Los luminarios o gabinetes debido a que son casi siempre visibles, su apariencia física es muy importante.

**Reflectores.** Los reflectores son láminas reflejantes localizadas en el interior del luminario, las cuales dependiendo de su acabado aumentan la eficiencia lumínica del conjunto.

**Difusores.** Los difusores nos ayudan a tener un adecuado control de la luz. La selección de los difusores requiere un especial cuidado para lograr una satisfactoria eficiencia lumínica, confort visual, máximo rendimiento en el trabajo, adaptación y armonía estética. Entre los difusores comunes se encuentran:

- Difusores de acrílico. Materia prima de metil-metacrilato, estable a la luz ultravioleta, poseen una transmitancia del 85% pero a medida que envejecen llegan a tener una transmitancia del 50%, o sea que perdemos la mitad de luminiscencia. Bajo condiciones normales de operación de uso en interiores, se comportan satisfactoriamente durante 15 o 20 años.
- Difusores de poliestireno o permatone. Es un material de alta temperatura de distorsión, resistente a la luz ultravioleta, que bajo condiciones normales en usos interiores darán un servicio satisfactorio de 7 a 10 años sin llegar a una decoloración.
- Difusores de rejilla. Son limitados en sus aplicaciones ya que facilitan el deslumbramiento.
- Difusores de rejilla especulares o parabólicos. También conocidos como "Louvers parabólicos" son más utilizados que los anteriores por evitar deslumbramientos y reflejar los rayos incidentes de las superficies.

**Tabla comparativa de características de lámparas.**

<b>Lámpara</b> <b>Característica</b>	<b>Incandescente</b>	<b>Fluorescente</b>	<b>Vapor de mercurio</b>	<b>Aditivos metálicos</b>	<b>Vapor de sodio alta presión</b>	<b>Vapor de sodio baja presión</b>
<b>Vida (horas)</b>	750 a 2,000	6,000 a 20,000	> 24,000	7,500 a 20,000	24,000	18,000
<b>Encendido</b>	Instantáneo	Muy rápido	5 a 7 minutos	5 a 10 minutos	3 a 5 minutos	15 minutos
<b>Reencendido</b>	Instantáneo	Instantáneo o muy rápido	13 minutos	15 minutos	1 minuto	70 % instantáneo
<b>Falla típica</b>	No enciende	No enciende o parpadea	No enciende o muy tenue	No enciende	Enciende y apaga intermitentemente	No enciende
<b>Rendimiento de color</b>	72 a 99	52 a 93	15 a 50	60 a 96	30 a 65	- 40 Distorsiona el color
<b>Depreciación de lúmenes</b>	De bueno a excelente	De regular a bueno	De pobre a regular	De pobre a regular	Bueno	Excelente
<b>Eficacia (lm / w)</b>	9 a 30	37 a 107	22 a 63	60 a 100	58 a 180	130 a 183
<b>Costo inicial promedio</b>	Bajo	Medio	Medio	Medio	De medio a alto	Alto
<b>Costo de operación promedio</b>	Muy alto	Regular	Regular	De bajo a regular	Bajo	Bajo

Fuente: Genertec.



**Integración con otros sistemas.** Los luminarios deben integrarse con el sistema eléctrico, con el sistema de aire acondicionado y con el medio ambiente.

### **1). Disposición física.**

**a) El número de luminarios.** Son calculados conforme algún método de cálculo ( en nuestro caso se utilizara el método de cavidad zonal ) y dependerán de la cantidad de luz requerida para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.

**b) Distribución de luminarios.** La lógica juega un papel muy importante para determinar el número de unidades por fila, así como el número de filas requeridas; así por ejemplo, Si su local es cuatro veces mas largo que ancho, se deberán tener cuatro veces mas unidades a lo largo que a lo ancho.

En cualquier caso la distancia entre unidades no debe exceder la altura de montaje entre estas y el plano de trabajo. La distancia entre la pared y la primera unidad no debe ser mas de la mitad del espaciamiento entre unidades y en situaciones donde el trabajo es realizado inmediatamente a la pared, la distancia se deberá reducir de 1/3 a 1/4 veces el espaciamiento entre unidades. En locales que están divididos por columnas o vigas, es deseable localizar las unidades simétricamente en las naves.

**c) La orientación.** Es el grado de rotación o inclinación a la que esta sujeto el luminario. Los luminarios pueden estar dirigidos hacia superficies u objetos. La orientación es la que determina que un luminario sea utilizado en forma directa o indirecta.

### **c. Controles.**

Los controles eléctricos pueden ser considerados para economizar energía y proporcionar flexibilidad a la instalación. El elevado costo de la energía puede justificar sistemas de control muy sofisticados y su consideración es muy recomendable, existen básicamente dos tipos de controles eléctricos: Controles eléctricos manuales y automáticos.

**1º. Controles manuales.** La mayor parte de la iluminación en las oficinas se controla manualmente por lo que se deberán considerar las siguientes condiciones:

- 1) Cada oficina o área deberá tener su propio control.
- 2) En grandes espacios abiertos, las áreas de trabajo deberán agruparse y controlarse independientemente.
- 3) Cuando se usa una o dos lamparas por luminario, los luminarios adyacentes se deberán conectar en circuitos alternos.
- 4) Cuando se usan luminarios de tres lamparas fluorescentes, la lampara central deberá conectarse a un circuito separado de las lamparas exteriores.
- 5) Cuando se usan luminarios de cuatro lamparas fluorescentes, el par interior deberá conectarse a un circuito separado de las lamparas exteriores.
- 6) Las áreas de trabajo que requieran altos niveles de iluminación deben concentras en circuitos independientes.

**2º. Controles automáticos.** Los controles automáticos pueden eliminar muchos de los problemas en el uso de la energía eléctrica. debido a fallas de las personas que usan o controlan este servicio. Algunas de las tecnologías aplicadas de control eléctrico automático son:

- Interruptores de tiempo
- Relojes
- Detectores de presencia
- Controles fotosensitivos
- Relevadores
- Computadoras o microprocesadores

Esta última técnica se usa para resolver una gran variedad de problemas de alumbrado, responden también a una amplia variedad de funciones, además pueden manejar otras cargas como: Calefacción, aire acondicionado, motores de servicios, elevadores, etc.

**Atenuación de luz.** La utilidad de un sistema de iluminación puede ser aumentada, instalando atenuadores de luz o " Dimers " en los locales donde se puedan requerir variados niveles de iluminación.

**Reducción del voltaje de operación.** El alumbrado fluorescente puede ser operado a voltaje reducido con el uso del equipo y circuitos adecuados, logrando un considerable ahorro de energía.

**Apagado y encendido del alumbrado fluorescente.** Una lámpara fluorescente pierde pocos minutos de vida por cada ciclo de apagado y encendido. En cambio sirve para aumentar la vida útil de la lámpara; debido a que el tiempo en que permanece apagada excede en tiempo a la reducción de su vida útil que por el efecto de apagarlas y encenderlas.

### **3. Iluminación de áreas específicas.**

#### **a. Respuesta subjetiva.**

Para la iluminación de determinadas áreas se deberá tomar en cuenta las impresiones subjetivas que están influenciadas por diversos factores, para un espacio dado se encuentran las siguientes consideraciones:

**Amplitud de espacio.** Esta directamente relacionada con la uniformidad de la luminancia de las superficies. A mayor uniformidad, es más fuerte la impresión de amplitud. Esta impresión se refuerza cuando el sistema de iluminación tiene un arreglo en forma periférica.

**Relajamiento.** La sensación de relajamiento se refuerza cuando la iluminación se mueve de la parte superior hacia la periferia. La no uniformidad también incrementa la sensación de relajamiento.

**Claridad visual.** Se refuerza mediante sistemas de iluminación que sean claros, uniformes y periféricos.

**Privacidad o intimidad.** La sensación de privacidad o intimidad es ayudada por sistemas de iluminación no uniforme cuando los ocupantes están ubicados en áreas más oscuras.

**Satisfacción y preferencia.** Esta sensación de satisfacción y preferencia por ciertos espacios es aumentada por la iluminación no uniforme y periférica. Esto puede ser aprovechado por el diseñador para el desarrollo de alternativas del uso específico de espacio.

## **b. Áreas publicas.**

Las áreas publicas incluyen vestíbulos de acceso, corredores, elevadores y escaleras. Generalmente no se ejecutan tareas visuales de gran dificultad. La iluminación es para proveer seguridad en los movimientos de los ocupantes y para establecer contactos sociales. éstas tareas ofrecen al diseñador una oportunidad para desarrollar e implantar un sistema de iluminación innovador. El tratamiento adecuado de las áreas publicas pueden crear una sensación de placer y una atmósfera de bienestar en los espacios.

Entre los espacios conocidos como áreas publicas encontramos: Los vestíbulos de acceso, corredores, elevadores, escaleras eléctricas y escaleras.

## **c. Áreas de recepción.**

La recepción frecuentemente efectúa trabajos de oficina además de los trabajos de recepción. La iluminación deberá ser diseñada para proporcionar una visibilidad adecuada y que se complemente además con la arquitectura.

## **d. Áreas de oficinas o áreas específicas.**

Por los diferentes tipos de oficinas o áreas específicas que existen, son usadas para una gran diversidad de trabajos que van desde las salas de lectura, bibliotecas, mecanografía, archivos, salas de primeros auxilios, procesamiento de datos, operación de computadoras, entrevistas, dibujos, diseño, juntas, etc. los espacios varían desde grandes oficinas abiertas hasta pequeñas oficinas privadas, desde grandes áreas para delimitar departamentos hasta cuartos pequeños de utilerías.

## **4. Eficiencia del sistema de iluminación.**

La eficiencia de un sistema de iluminación es el resultado de la combinación de las eficiencias de los componentes de los luminarios y del medio ambiente.

Es común que en los proyectos de iluminación a oficinas se utilicen lamparas fluorescentes. Sin embargo a últimas fechas se han empezado a incorporar lamparas de descarga de alta intensidad en el alambrado interior. los diseñadores deberán seleccionar las fuentes más eficaces que satisfagan las necesidades del área. esta selección depende de las necesidades del rendimiento del color, tiempo de encendido, eficacia ( lúmenes/watts de entrada ), etcétera. Por lo general las lamparas de gran potencia son las mas eficaces.

Existe una amplia gama de diseños de balastos, el perfeccionamiento en sus diseños ha dado como resultado pocas pérdidas en el núcleo y bobinas, lo cual redundo en una vida útil mayor debido a su menor temperatura de operación. Se cuantifica que una reducción de 10 °C en la temperatura del balastro ocasiona un aumento del doble de la vida útil esperada. los avances tecnológicos en la tecnología del estado sólido han dado como resultado el desarrollo de balastos electrónicos para lamparas fluorescentes y de descarga de alta intensidad, estos dispositivos reducen las pérdidas al eliminar el núcleo y las bobinas, ofreciendo una gran flexibilidad para el control.

El reflector y difusor si son usados, mejoran la calidad y dirección de la luz que sale de las lamparas hacia la zona de trabajo.

Cada watt utilizado en el alumbrado introduce una cantidad de calor de 3.41 BTU por hora a la construcción. Actualmente se usan sistemas para el control del calor producidos por los luminarios. estos sistemas pueden utilizar la parte superior del luminario para coleccionar el calor o incluir un sistema de aire a través de ductos que remuevan el calor producido por el alumbrado.

La localización y el agrupamiento de zonas que tengan actividades de requerimientos visuales similares, proporciona un mejor arreglo de luminarios.

El aprovechamiento de la luz natural es un importante factor en el ahorro de energía, la cuantificación del ahorro dependerá de variables como: La disponibilidad de la luz natural, la orientación del edificio, horario de labores, tamaño y localización de las ventanas, niveles de iluminación requeridos y de la utilización de controles de iluminación.

El uso de colores claros con reflectancias altas en techo, paredes y piso, aunado a realizar cálculos con valores reales del equipo y no con valores estimados, ayuda a diseñar un sistema de iluminación lo mas aproximado a nuestras necesidades.

#### **a. Niveles de iluminación.**

Al planear un diseño de iluminación, una de las primeras consideraciones involucra la cantidad de iluminación necesaria para realizar el trabajo visual considerado. La ingeniería de iluminación para el diseño de un sistema tiene necesariamente su punto de partida en los niveles de iluminación.

Actualmente existen dos organismos reconocidos que recomiendan los mínimos niveles de iluminación que deberán considerarse en cualquier proyecto de alumbrado. Tales organismos son la IES - Illuminating Engineering society ( ver tabla IV.A.7 ) y la SMII - Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A.C. ( ver tabla IV.A.8 de la sección de tablas ).

La DGN ( Dirección General de Normas a través de la STPS ( Secretaria de Trabajo y Previsión Social ) publico el 25 de Mayo de 1994 en el diario oficial la Norma NOM - 025 - STPS - 1994; en la cual se contemplan los mínimos niveles de iluminación recomendados con que serán calificados los proyectos de alumbrado en territorio nacional por las unidades verificadoras. Estos niveles de iluminación fueron retomados de los que recomienda la SMII.

#### **b. Alumbrado de emergencia.**

El alumbrado de emergencia proporciona seguridad a los ocupantes de un edificio cuando el sistema normal de iluminación falla. La iluminación proporcionada por este sistema de alumbrado debe permitir salir en forma segura del edificio del edificio en caso de emergencia. Si el salir no es necesario, el sistema debe operar para proporcionar seguridad y comodidad a los ocupantes hasta que el sistema normal sea restablecido.

Existen tres tipos de sistemas de alumbrado de emergencia y sus usos dependen de las necesidades de cada edificio:

- 1) Un sistema de luminarios cableados independientemente y alimentados por una planta generadora.
- 2) Un sistema de luminarios alimentados por dos fuentes independientes.
- 3) Equipo unitario con baterías individuales.

### **c. Seguridad.**

En cualquier parte de una oficina, las condiciones para trabajar con seguridad son esenciales y por lo tanto, deben ser considerados los efectos de la luz. El medio ambiente de una oficina es importante diseñarlo con el objeto de compensar las limitaciones propias de la capacidad humana. Cualquier factor que ayude a ver mejor, aumenta la probabilidad de que un empleado pueda detectar la causa potencial de un accidente y la evite y corrija.

Un área visualmente segura no debe tener brillo ni deberá ver grandes contrastes dentro de ella. Debido a los cambios en la adaptación del ojo humano cuando mira superficies de diferente luminancia, la relación de luminancia entre superficies adyacentes o próximas se recomienda que no excedan de 20 a 1.

### **d. Mantenimiento.**

Para asegurar que el sistema de iluminación funcione como fue diseñado, se debe dar mantenimiento al equipo de iluminación. Las lámparas deben ser cambiadas periódicamente, el alambrado deberá reponerse cuando sea necesario y las partes ópticas deben mantenerse en un estado de limpieza óptimo.

Actualmente se cuenta con sociedades de ingenieros que han dedicado sus esfuerzos a realizar tareas de mantenimiento en la industria y construcción. Tal es el caso de SOMMAC ( Sociedad mexicana de Mantenimiento, A.C. ).

#### **Plan de Mantenimiento.**

Se debe proporcionar suficiente información al usuario para implementar un programa de mantenimiento. Este es de suma importancia dado que el sistema de alumbrado es diseñado considerando factores de pérdidas de luz que requieren de un mantenimiento periódico para cumplir con los criterios básicos de diseño establecidos.

Como guía para elaborar un plan de mantenimiento se pueden utilizar los siguientes puntos:

- Limpiar luminarios y reemplazar lámparas periódicamente.
- Revisar todos los componentes de los luminarios.
- Reemplazar luminarios viejos o dañados por unidades nuevas que se limpien fácilmente.
- Instalar lámparas de alta eficiencia.
- Podar los árboles o arbustos que obstruyan la luz.
- Repintar las superficies del local
- Minimizar el uso de la iluminación durante períodos de limpieza.

## 5. Calculo del sistema de iluminación.

### a. Comparación entre sistemas de iluminación.

Debido a la gran variedad de lamparas que existen en el mercado, se han incluido un estudio acerca de las principales alternativas que podemos escoger para nuestro sistema de iluminación.

En el se contemplan características de la lámpara como son:

Potencia  
Nivel de iluminación  
Eficacia de la lampara  
Vida útil  
Energía consumida por el balastro  
Ahorro.

En este estudio, primero se analiza la energía consumida con luminarios convencionales y lámparas de marcas Osram y Philips, con un balastro electromagnético que las controla marca Sola Basic. Posteriormente se analiza el nivel de iluminación por luminario y finalmente la eficacia de las lamparas y la vida útil promedio de las mismas.

COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS: ( 2 x 34 W ) Vs. ( 2 x 40 W ) CON LAMPARAS OSRAM - ACABADO BLANCO FRIO. ARRANQUE RAPIDO					
SISTEMA	POTENCIA* [ W/ luminario ]	NIVEL DE ILUMINACIÓN [ lm / luminario ]	EFICACIA DE LA LAMPARA [ lm / W ]	VIDA UTIL PROMEDIO [ hrs. ]	PRECIO NETO UNITARIO ( NS )
A: ( 2 x 40 W )	100	6,300	79	12,000	244
B: ( 2 x 34 W )	78	5,850	86	20,000	254
( B - A )	- 22	- 450	7	8,000	10
$[( B - A ) / B] \times 100$	- 28 %	- 8 %	8 %	40 %	4 %

\* Incluye consumo del balastro.

CONCLUSION. Con el sistema de lamparas de 34 W:

- Se ahorra el 28 % de la energía.
- Aumenta el 40 % la vida útil de la lampara.
- Es 8 % mas eficaz.
- Disminuye el nivel de iluminación en 8 %.
- Aumenta 4 % el precio neto unitario del luminario.

Nota: Ambos sistemas utilizan el mismo bulbo (T-12) y el mismo tipo de casquillos (G-13).

COMPARACION ENTRE LOS SISTEMAS: ( 2 x 34 W ) Vs. ( 2 x 39 W ) CON LAMPARAS OSRAM - ACABADO BLANCO FRIO. ARRANQUE RAPIDO					
SISTEMA	POTENCIA* [ W/ luminario ]	NIVEL DE ILUMINACION [ lm / luminario ]	EFICACIA DE LA LAMPARA [ lm / W ]	VIDA UTIL PROMEDIO [ hrs. ]	PRECIO NETO UNITARIO ( N\$ )
A: ( 2 x 39 W )	98	6,200	79	12,000	257
B: ( 2 x 34 W )	78	5,850	86	20,000	254
( B - A )	- 20	- 350	7	8,000	-3
( B - A ) / B)x100	- 26 %	- 6 %	8 %	40 %	-1 %

\* Incluye consumo del balastro.

**CONCLUSION.** Con el sistema de lamparas de 34 W:

- Se ahorra el 26 % de la energía.
- Aumenta el 40 % la vida útil de la lampara.
- Es 8 % mas eficaz.
- Disminuye el nivel de iluminación en 6 %.
- Disminuye 1 % el precio neto unitario del luminario.

**Nota:** Estos sistemas utilizan el mismo bulbo (T-12) pero diferentes casquillos (G-13 y Fa8).

COMPARACION ENTRE LOS SISTEMAS: ( 2 x 34 W ) Vs. ( 2 x 32 W ) CON LAMPARAS OSRAM - ACABADO BLANCO FRIO. ARRANQUE RAPIDO					
SISTEMA	POTENCIA* [ W/ luminario ]	NIVEL DE ILUMINACION [ lm / luminario ]	EFICACIA DE LA LAMPARA [ lm / W ]	VIDA UTIL PROMEDIO [ hrs. ]	PRECIO NETO UNITARIO ( N\$ )
A: ( 2 x 32 W )	74	5,400	84	20,000	259
B: ( 2 x 34 W )	78	5,850	86	20,000	254
( B - A )	4	450	2	0	-5 %
[( B - A ) / B]x100	5 %	8 %	2 %	0 %	- 2 %

\* Incluye consumo del balastro

**CONCLUSION.** Con el sistema de lamparas de 34 W:

- Se gasta el 5 % mas de energía.
- La vida útil de la lámpara es igual al sistema 2 x 32 W.
- Es 2 % mas eficaz.
- Mejoramos el nivel de iluminación en 8 %.
- Disminuimos 2 % el precio neto unitario del luminario

**Nota:** Estos sistemas utilizan el mismo bulbo(T-12) pero diferentes casquillos (G-13 y Fa8).

COMPARACION ENTRE LOS SISTEMAS: INCANDESCENTE 100 W Vs. FLUORESCENTES COMPACTAS					
LAMPARAS PHILIPS - ACABADO CONFORT LUIJO. ARRANQUE POR PRECALENTAMIENTO					
SISTEMA	POTENCIA * [ W ]	NIVEL DE ILUMINACION [ lm ]	EFICACIA DE LA LAMPARA [ lm / W ]	VIDA UTIL PROMEDIO [ hrs. ]	PRECIO NETO UNITARIO ( N\$ )
A : Incandescente A60 (A19)	100	1,320	13	1,000	6
B : PL - 18	21	1,125	54	12,000	39
C : PL - 24	28	1,620	58	12,000	44
D : PL - 36	41	2,610	64	12,000	50
( B - A )	- 79	- 195	41	11,000	33
( C - A )	- 72	300	45	11,000	38
( D - A )	- 59	1,290	47	11,000	44
$[( B - A ) / A] \times 100$	- 79 %	- 15 %	315 %	1,100 %	550 %
$[( C - A ) / A] \times 100$	- 72 %	23 %	346 %	1,100 %	633 %
$[( D - A ) / A] \times 100$	- 59 %	98 %	362 %	1,100 %	733 %

\* Incluye consumo del balastro.

**CONCLUSION.** La lampara incandescente de 100 W puede sustituirse por:

- PL - 18. Ahorrando el 79 % de energía, con 11 veces mas de duración, pero con 15 % menos del nivel de iluminación.
- PL - 24. Ahorrando el 72 % de energía, con 11 veces mas de duración y con 23 % mayor el nivel de iluminación.
- PL - 36. Ahorrando el 59 % de energía con 11 veces mas de duración y mejorando el nivel de iluminación en un 98 %.

Por lo anterior se puede concluir que podemos realizar las siguientes sustituciones ("retrofits") en una obra, por lámparas ahorradoras de energía:

LAMPARA ANTERIOR	LAMPARA NUEVA	BULBO	CASQUILLO	LONGITUD ( cm )	DIAMETRO ( in )
40 W	34 W	T - 12	G - 13	122	1.5
39 W	32 W	T - 12	Fa8	122	1.5
39 y 40 W	32 W*	T - 8	G - 13	122	1
Incandescente	Lamparas compactas fluorescentes	Compacto	2G11	22 a 41	variable

\* Para realizar ésta sustitución es necesario cambiar bases.

### b. Método de cálculo - "Sistema de cavidad zonal".

**1) Generalidades.** El método de cálculo " Sistema de cavidad zonal " es usado para lograr una iluminación promedio y uniforme en áreas interiores, así como para calcular el numero de luminarios requeridos, el área más importante a iluminar es el plano de trabajo, pues es donde se realiza la tarea visual. Este método divide el local en cuestión en tres cavidades, considera la cavidad del cuarto como un



espacio vacío entre el plano de trabajo. Utilizando este concepto, podemos considerar la existencia de reflectancias de techos, paredes y pisos.

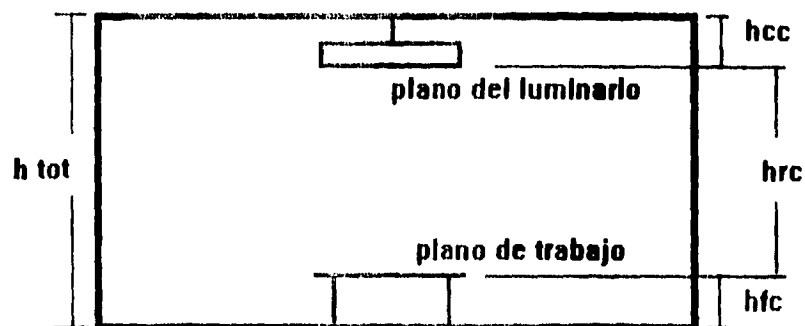
Para la descripción de este método utilizaremos las siglas en inglés porque en la mayoría de la literatura y reportes de pruebas de laboratorios se hace referencia de esta forma. Antes de entrar a describir el método, se procederá a describir algunos conceptos que utilizaremos en este tema:

- **Cavidad de techo.** Se considera desde el plano del luminario hasta el techo.
- **Cavidad de cuarto.** Se considera desde el plano de trabajo hasta el plano del luminario.
- **Cavidad de piso.** Se considera desde el plano de trabajo hasta el piso.

$h_{cc}$  = Altura de la cavidad del techo (ceiling cavity height).

$h_{rc}$  = Altura de la cavidad del cuarto (room cavity height).

$h_{fc}$  = Altura de la cavidad del piso (floor cavity height).



Cuando los luminarios están empotrados en el techo, o si la superficie de montaje es poco profunda, no existe la cavidad de techo; si el plano de trabajo coincide con el piso, no existe cavidad de piso. En cualquier caso existe la cavidad de cuarto.

**Reflectancia efectiva de la cavidad de techo ( $p_{cc}$ ; ceiling cavity reflectance):** La tabla IV.A.2 proporciona la información necesaria para obtener la reflectancia efectiva de la cavidad de techo bajo cualquier condición. El valor se encuentra localizando las columnas que contienen las reflectancias de pared y techo, leyendo el valor de la *reflectancia efectiva de la cavidad de pared* ( $p_{cw}$ ; wall cavity reflectance) frente a la relación de cavidad de techo.

**Reflectancia efectiva de la cavidad de piso ( $p_{fc}$ ; floor cavity reflectance):** En la mayoría de las ocasiones podemos asumir una reflectancia de cavidad de piso igual a 20%; sin embargo, cuando se trata con cuartos muy oscuros o de grandes dimensiones, la reflectancia de la cavidad de piso puede diferir ampliamente del 20% y afectar el resultado de los cálculos. Para estos casos, la  $p_{fc}$  se puede obtener de la tabla IV.A.2 de la misma forma que la  $p_{cw}$ .

**Coficiente de utilización (CU):** Es el porcentaje de la luz generada por la lámpara que finalmente incide en el plano de trabajo. Este valor se determina de acuerdo a las tablas que proporciona el fabricante para cada luminario (se anexan en la tabla IV.A.3). Este factor toma en cuenta las reflectancias efectivas de techo ( $p_{cc}$ ) o piso ( $p_{fc}$ ), las reflectancias de pared ( $p_{cw}$ ) y las relaciones de cavidad de techo (CCR) o piso (FCR).

**Ajuste del CU:** Cuando la reflectancia de la cavidad de piso es diferente del 20 %, el CU deberá corregirse con los factores de la tabla IV.A.4, esta tabla contiene valores de reflectancias efectivas de la cavidad de piso de 0,10 y 30 %, pudiendo interpolarse otros valores.

**Factor de balastro (BF):** Es el porcentaje de lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente operando con un balastro normal comparado con los lúmenes emitidos cuando la lámpara opera con un balastro patrón.

$$BF = \text{Emisión relativa} / \text{Emisión real}$$

En la tabla IV.A.5 se muestran algunas características de balastos Sola Basic.

**Factor de pérdida de luz (LLF; light loss factor):** Existen factores de depreciación del sistema de iluminación que nos impiden tener un máximo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por las lámparas. Dentro de los factores anteriores más importantes tenemos los siguientes:

- **LDD (luminaire dirt depreciation):** Depreciación por polvo en el luminario. Este valor compensa las pérdidas de luz debidas a la acumulación de polvo en las lámparas y luminarios; depende del diseño del mismo y de las condiciones ambientales; se determina mediante la gráfica de la tabla IV.A.8.
- **RSDD (room surface dirt depreciation):** Depreciación por suciedad del cuarto. Compensa la pérdida de reflectancia en las superficies del cuarto debido a la suciedad; se determina mediante la tabla IV.A.7a y b.
- **LLD (lumen lamp depreciation):** Depreciación de lúmenes de la lámpara. Es un valor proporcionado por el fabricante que compensa las pérdidas de los lúmenes de salida de la lámpara conforme esta envejece.

La multiplicación de los tres factores de depreciación anteriores, dan como resultado el denominado *Factor de pérdida de luz (LLF)*.

**Clasificación de los luminarios:** Los luminarios para iluminación general son clasificados por la CIE y especificados en el Manual de iluminación de IESNA. Esta clasificación se realiza de acuerdo con el porcentaje de luz emitida hacia arriba o hacia abajo del luminario, tomando como base un plano central imaginario que lo atraviesa; obteniendo de esta forma lo que se denomina Tipo de distribución del luminario, mostrado en la tabla IV.A.7b.

Las curvas de distribución de la luz pueden adoptar cualesquiera de las formas indicadas en la figura que abajo se muestra, dependiendo del tipo de fuente de luz y del diseño del propio luminario.

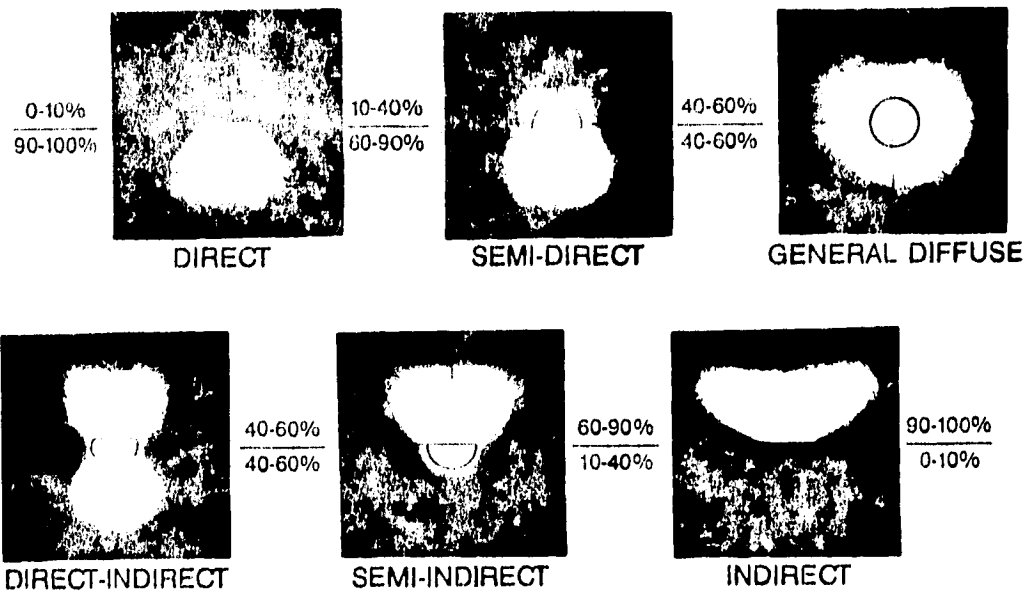


fig. Luminarios para iluminación general, clasificados por el CIE de acuerdo con los porcentajes de iluminación exterior total emitida hacia arriba  $\%$  abajo del plano horizontal. Estas curvas pueden variar dentro de los límites de distribución; dependiendo de la fuente de luz y del diseño del luminario.

## 2) Pasos básicos:

Uno de los aspectos más importantes del diseño de un sistema de iluminación es la determinación del nivel adecuado de iluminancia y las condiciones bajo las cuales operará este sistema.

**1o. Definición de la tarea visual o actividad.** Para lo cual es necesario considerar los siguientes factores de peso:

- Clasificación de la tarea visual según las categorías de IESNA.
- Edad promedio de los ocupantes.
- Velocidad y exactitud de la tarea a realizar.
- Reflectancias del plano de trabajo.
- Período de mantenimiento (limpieza y/o reemplazo).
- Condiciones ambientales: muy limpio, limpio, regular, sucio, muy sucio.

**2o. Dimensiones.** Es necesario determinar las dimensiones siguientes del cuarto o local:

- L = Longitud del cuarto o local.
- A = Ancho del cuarto o local.
- h tot = Altura total del cuarto o local
- hcc = Altura de la cavidad del techo (ceiling cavity height).
- hrc = Altura de la cavidad del cuarto (room cavity height).
- hfc = Altura de la cavidad del piso (floor cavity height).

**3o. Relaciones de cavidad.** Para determinar las Relaciones de cavidad o Radios de cavidad, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

Relación de cavidad de techo:  $CCR = 5 \text{ hcc } (L+A) / (LxA)$

Relación de cavidad de cuarto:  $RCR = 5 \text{ hrc } (L+A) / (LxA)$

Relación de cavidad de piso:  $FCR = 5 \text{ hfc } (L+A) / (LxA)$

**4o. Reflectancias.** La tabla IV.A.1 proporciona un juego completo de reflexiones aproximadas de superficies y acabados, usados en la industria de la construcción.

La tabla IV.A.2 ( sección de tablas ) proporciona diferentes condiciones a partir de los cuales puede obtenerse cualquier reflectancia efectiva de techo y piso. Para obtener las reflectancias efectivas, las reflexiones aproximadas se ajustan a valores cercanos de la tabla anterior de reflectancias.

La reflectancia efectiva corregida de techo se encuentra localizando en la columna que contiene la reflectancia del techo y de la pared sobre el nivel de la luminaria, leyéndose la reflectancia efectiva corregida frente a la relación de la cavidad del techo. De igual forma se calcula la reflectancia efectiva corregida de piso utilizando los datos correspondientes para el mismo.

**5o. Selección de la categoría y nivel recomendado de iluminancia.** De acuerdo con los valores que señala IESNA, se pueden seleccionar de cualesquiera de las siguientes formas:

a) Tablas IV.A.10 y IV.A.11 (**Tareas típicas**). Cuando las actividades a realizar están especificadas.

b) Tablas IV.A.9 (**Tareas genéricas**). Si la actividad a realizar no está especificada.

**b-1) Para las categorías A a C:** Se toman en cuenta los siguientes factores de peso:

- Edad promedio de las personas que realizan la tarea visual.
- Reflectancias de las superficies.

Los parámetros anteriores se evalúan de la tabla IV.A.12a y se les asigna un valor numérico: -1, 0 , +1 y se deberá realizar la suma algebraica ( tomando en cuenta los signos ) de los valores. Si el resultado de la suma es -2, se deberá tomar el menor de los tres valores de iluminancia establecidos en la tabla IV.A.9. Si el resultado es +2, se toma el valor más alto del rango. En cualquier otro caso se utiliza el valor medio.

**b-2) Para las categorías D a I:** Se toman en cuenta los siguientes factores de peso:

- Edad promedio de las personas que realizan la tarea visual.
- Importancia de la velocidad y exactitud de la tarea a realizar.
- Reflectancia del plano de trabajo.

Los parámetros anteriores se evalúan en la tabla IV.A.12b y se deberá realizar de igual forma la suma algebraica ( tomando en cuenta los signos) de los tres valores. Si el resultado de la suma es -2 ó -3, se deberá tomar el menor de los tres valores de iluminancia establecidos en la tabla IV.A.9. Si el resultado es +2 ó +3, se toma el valor más alto del rango. En cualquier otro caso se utiliza el valor medio.

Para determinar convenientemente el valor de los factores, se requiere de la información y evaluación por parte del usuario. Cuando se suponen valores, se corre un alto riesgo de tener un bajo o sobre diseño; que no importando la actividad a desarrollar, es totalmente inadecuado.

**6o. Definición del sistema de iluminación (luminario, lámpara y balastro).** En función de las necesidades del local a iluminar necesitamos considerar: La potencia de la lámpara, vida útil, luminancia, índice de rendimiento de color (CRI), confort, temperatura de color, aplicación (residencias, oficinas, industria, etc.), categoría de mantenimiento del luminario y entre otras. Estableciendo claramente cada una de las principales características de sus elementos componentes:

- Características de la lámpara.
- Características del balastro.
- Características del luminario.

En la tabla IV.A.5 y IV.A.6a se muestran algunas características de balastros y lámparas respectivamente.

***Características de la lámpara:***

Marca:	Longitud:
Tipo:	CRI:
Encendido:	Temperatura de color:
Sistema:	Acabado:
Potencia nominal:	Flujo luminoso:
Bulbo:	Vida promedio:
Diámetro:	Casquillo:

***Características del balastro:***

Marca:	Tensión de línea:
Tipo:	Tensión de encendido:
Encendido:	Corriente de línea:
Potencia nominal:	Factor de balastro (BF):
No. Catálogo:	Peso por pieza:

***Características del luminario:***

Marca:	Ancho:
Modelo:	Largo:
Tipo:	Altura:
lámparas por luminario:	Pintura:
Watts por luminario:	Calibre de lámina:
Lúmenes por luminario:	Difusor:
Categoría de mantenimiento:	S / MH:
Tipo de distribución:	

**7o. Categoría de mantenimiento del luminario.** La categoría de mantenimiento del luminario es seleccionada de los datos del fabricante, o bien de la tabla IV.A.6b. Esto es para ayudar a determinar el factor de depreciación por suciedad (LDD) del luminario. Los luminarios están divididos en seis categorías de la I a la VI, el gabinete se divide por una línea central imaginaria en una parte superior y otra parte inferior. Solamente una característica de esta tabla deberá usarse para cada una de estas partes y de esta forma, determinar la categoría del luminario. Si el luminario contara con más de una categoría, se deberá tomar la categoría más baja.

**8o. Calculo de factores de depreciación.** Se consideran básicamente 3 factores y para determinarlos se procede como a continuación se indica.

**LDD (Luminaire Dirt Depreciation).** Según la tabla IV.A.8 y del tipo de categoría de mantenimiento, Este valor se lee en la intersección del número de meses de mantenimiento con la curva característica del medio ambiente.

**RSDD (Room Surface Dirt Depreciation).** Para Obtener este valor, primero se determina en la gráfica IV.A.7a el porcentaje esperado de depreciación por suciedad (**EDD**); este se obtiene de la misma forma que el valor anterior. Después se utiliza este valor junto con la relación de cavidad de cuarto (**RCR**) y el tipo de distribución del luminario en la tabla IV.A.7b.

**LLD (Lumen Lamp Depreciation).** Dato proporcionado según el fabricante de la lámpara.

Se pueden realizar interpolaciones lineales en los datos de las tablas según convenga.

**9o.a. Coeficiente de utilización [C.U.].** Los fabricantes suministran tablas de coeficientes de utilización [ C.U. ] para los luminarios que ellos fabrican. En la tabla IV.A.3 se muestran estos datos para una reflectancia efectiva de piso del 20 % correspondientes al modelo "EC" de Manufacturas Lumínicas, que es la marca del luminario que se va a utilizar.

Para encontrar el C.U. se identifica en la tabla la columna adecuada de reflectancia efectiva del techo y pared ( $\rho_{cc}$  y  $\rho_{wc}$  respectivamente); se lee el C.U. frente a la relación de cavidad de cuarto (RCR).

**9o.b. Ajuste del coeficiente de utilización ( C.U.C.).** Si tenemos una reflectancia de la relación de cavidad de piso diferente al 20 %, el coeficiente de utilización se deberá corregir utilizando los factores de la tabla IV.A.4.

Para obtener las reflectancias efectivas deseadas, habrá que multiplicarse por el factor adecuado mencionado en cada tabla, pudiendo interpolarse otros valores.

**10o. Lúmenes totales [L.T.].** Calculo de los lúmenes necesarios para obtener el nivel recomendado.

Formula:

$$L.T.= (\text{luxes}) (\text{área}) / (C.U.C.) (LDD) (RSDD) (LLD) (BF)$$

**11o. No. de luminarios requeridos [N.L.R.].** Cálculo del número de luminarios necesarios para proporcionar el total de lúmenes determinados en el punto anterior tomando en cuenta la emisión lumínica de cada lámpara y el número de lámparas por luminario.

- Lúmenes por lámpara:
- No. de lámparas por luminario:
- Lúmenes por luminario:

Fórmula:

$$N.L.R. = (L.T.) / (\text{lúmenes por luminario})$$

El número de luminarios puede aumentar si la distribución de los mismos así lo requiere.

**12o. Espaciamiento entre luminarios.** Para determinar la separación máxima entre luminarios, es necesario considerar la "Relación de separación máxima entre luminarios a la altura de montaje: [ S/MH ]", donde "S" es la separación máxima medida entre centros de los luminarios y "MH" es la altura de montaje medida a partir del plano de trabajo: MH = hrc.

Esta relación es proporcionada por el fabricante y nos garantiza la uniformidad en la iluminación.

a) *Área promedio [ Ap ]:* Formula:

$$Ap = (\text{Área total}) / (\text{No. De luminarios})$$

b) *Espaciamiento promedio [ Ep ]:* Formula:

$$Ep = \sqrt{Ap}$$

c) *No. aproximado de luminarios a lo largo:* Formula:

$$\text{A lo largo} = (\text{Longitud}) / (Ep)$$

d) *No. aproximado de luminarios a lo ancho:* Formula:

$$\text{A lo ancho} = (\text{Ancho}) / (Ep)$$

Es importante tener en cuenta que para determinar el número de luminarios por fila, así como el número de filas requeridas para el sistema de iluminación, la lógica juega un papel muy importante; por ejemplo, si un local es cuatro veces más largo que ancho, se deberán colocar cuatro veces más unidades a lo largo que a lo ancho. En cualquier caso, la distancia entre unidades no debe exceder la altura de montaje entre estas y el plano de trabajo.

La distancia entre la pared y la primera unidad no debe ser más de la mitad del espaciamiento entre unidades y en situaciones donde el trabajo es hecho inmediatamente adyacente a la pared, la distancia se debe reducir de  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{4}$  veces el espaciamiento entre unidades.

En locales que están divididos por columnas o vigas, es deseable localizar las unidades simétricamente en las vigas.

### c. Ejemplo de cálculo.

Se tomará el ejemplo siguiente para una oficina general, como base de cálculo mediante el "Método de cavidad zonal" y se darán en una tabla los resultados princip. del resto del edificio.

Se determinará el número de luminarios de ésta oficina que mide 6.9x6.9 m los luminarios serán empotrados en plafón falso suspendido a 75 cm del techo. El techo es pintado con pintura color blanco nuevo, las paredes con gris mediano y el piso en concreto pulido. La altura de trabajo con respecto al piso es de 75 cm.

Se utilizarán luminarios marca Manufacturas Lumínicas S.A. de C.V. modelo "EC" de dimensiones 38x12x122 cm para dos lámparas, con difusor de rejilla especular o parabólico. Las lámparas serán de la marca Osram del tipo fluorescentes ahorradoras de energía de 32 W, encendido rápido, bulbo T8 de 122 cm de longitud, con acabado blanco frío, flujo luminoso de 3,000 lúmenes y una vida promedio de 20,000 horas cada una.

Serán utilizados balastos de la marca Sola Basic del tipo electromagnético, ahorradores de energía de 32 W, termoprotegido, de alta eficiencia, bajas pérdidas, encendido rápido y con pérdidas del 15 %.

## Hoja de cálculo de iluminación

### *Método de cavidad zonal*

Oficina general No. 1 en Planta tipo.

#### 1o. Definición de la tarea visual o actividad.

- Clasificación de la tarea visual según las categorías de IESNA: **D ( 200 - 300 - 500 luxes )**
- Edad promedio de los ocupantes: **40 - 55 años**
- Velocidad y exactitud de la tarea a realizar: **crítica**
- Reflectancias del plano de trabajo: **menor del 30 %**
- Período de mantenimiento (limpieza y/o reemplazo): **12 meses**
- Condiciones ambientales: **limpio**

#### 2o. Dimensiones.

L = Longitud del cuarto o local: **6.9 m**

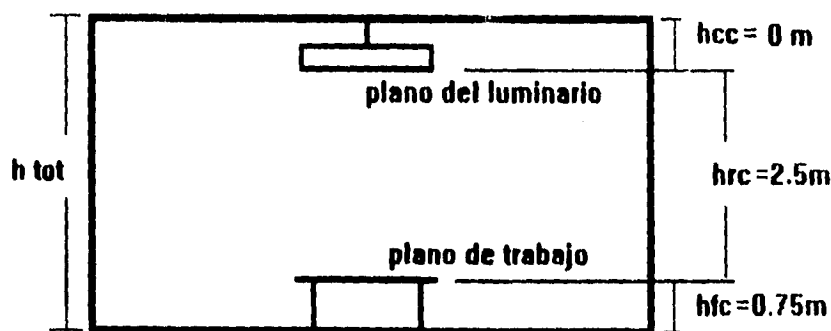
A = Ancho del cuarto o local: **6.9 m**

h tot = Altura total del cuarto o local: **4 m**

hcc = Altura de la cavidad del techo (ceiling cavity height): **0 m**

hrc = Altura de la cavidad del cuarto (room cavity height): **2.5 m**

hfc = Altura de la cavidad del piso (floor cavity height): **0.75 m**





### 3o. Relaciones de cavidad.

Relación de cavidad de techo:  $CCR = 5 \text{ hcc } (L+A) / (LxA) = 0$

Relación de cavidad de cuarto:  $RCR = 5 \text{ hrc } (L+A) / (LxA) = 3.62$

Relación de cavidad de piso:  $FCR = 5 \text{ hfc } (L+A) / (LxA) = 1.09$

### 4o. Reflectancias.

#### A. Reflexiones aproximadas.

	Reflexión
Techo: Blanco nuevo	88 %
Pared: Gris mediano	61 %
Piso: Concreto pulido	40 %

#### B. Reflectancias efectivas.

Techo:	80 %
Pared:	60 %
Piso:	40 %

#### C. Reflectancias efectivas corregidas.

Techo ( $\rho_{cc}$ ):	80 %
Pared ( $\rho_{wc}$ ):	60 %
Piso ( $\rho_{fc}$ ):	37 %

### 5o. Selección de la categoría y nivel recomendado de iluminancia.

factores de peso:

• Edad promedio de las personas que realizan la tarea visual: 40 - 55 años	valor: ( 0 )
• Importancia de la velocidad y exactitud de la tarea a realizar: crítica	( +1 )
• Reflectancia del plano de trabajo: menor del 30%	( +1 )

**valor total = +2**

Por lo tanto tomamos el valor de: **500 luxes.**

### 6o. Definición del sistema de iluminación.

*Características de la lámpara:*

Marca: **Osram-Sylvania**  
Tipo: **Fluorescente - Ahorradora de energía**  
Encendido: **Rápido**  
Sistema: **FO-32-T8/841**  
Potencia nominal: **32 W**  
Bulbo: **T8**  
Diámetro: **1 pulgada**

Longitud: **122 cm**  
CRI: **85 %**  
Temperatura de color: **4100 Kelvin**  
Acabado: **blanco frío**  
Flujo luminoso: **3,000 lúmenes**  
Vida promedio: **20,000 hrs.**  
Casquillo: **G13**

*Características del balastro:*

Marca: **Sola Basic**  
Tipo: **Electromagnético, termoprotegido, alta eficiencia, bajas pérdidas, ahorradores de energía.**  
Encendido: **Rápido**  
Potencia nominal: **32 W (+15 % de pérdidas del sistema)**  
No. Catálogo: **428 - 232**

Tensión de línea: **127 V**  
Tensión de encendido: **300 V**  
Corriente de línea: **0.56 A**  
Factor de balastro (BF): **92.5 %**  
Peso por pieza: **1.85 Kg**

*Características del luminario:*

Marca: **Manufacturas lumínicas**  
Modelo: **"EC"**  
Tipo: **Empotrar**  
lámparas por luminario: **2**  
Watts por luminario: **74 W (incluye pérdidas)**  
Lúmenes por luminario: **6000 lm**  
Categoría de mantenimiento: **IV**  
Tipo de distribución: **Directa**

Ancho: **38 cm**  
Largo: **122 cm**  
Altura: **12 cm**  
Pintura: **Esmalte secado al horno**  
Calibre de lámina: **24**  
Difusor: **Rejilla especular o parabólico.**  
S / MH: **1.3**

**7o. Categoría de mantenimiento del luminario.**

- **IV**

**8o. Calculo de factores de depreciación.**

**LDD (Luminaire Dirt Depreciation): 0.9**

**RSDD (Room Surface Dirt Depreciation): 0.97 ; ( EDD = 10, RCR = 3.62 )**

**LLD (Lumen Lamp Depreciation): 0.9**

**9o.a. Coeficiente de utilización [C.U. ].**

$\rho_{cc} = 80 \%$ ,  $\rho_{wc} = 60 \%$ ,  $\rho_{fc} = 37 \%$

**C.U. = 0.70**

**9o.b. Ajuste del coeficiente de utilización ( C.U.C.).**

Como la reflectancia efectiva de la cavidad de piso diferente del 20 %, el coeficiente de utilización se deberá corregir multiplicándolo por el siguiente factor: **factor = 1.054**

**C.U.C. = (C.U.)(factor) = (0.68)(1.054) = 0.738**

**10o. Lúmenes totales [L.T.].**

$L.T. = (\text{lúmenes}) (\text{área}) / (C.U.C.) (LDD) (RSDD) (LLD) (BF)$

$$L.T. = ( 500 ) ( 6.9 \times 6.9 ) / ( 0.738 ) ( 0.90 ) ( 0.97 ) ( 0.90 ) ( 0.925 ) = 44,394.69$$

**11o. No. de luminarios requeridos [N.L.R.].**

$$N.L.R. = ( L.T. ) / ( \text{lúmenes por luminario} )$$

$$N.L.R. = ( 44.394.69 ) / ( 6,000 ) = 7.40$$

Por lo tanto colocaremos: **9 luminarios.**

**12o. Espaciamiento entre luminarios.**

a) *Área promedio [ Ap ]:*

$$Ap = ( \text{Área total} ) / ( \text{No. de luminarios} )$$

$$Ap = ( 6.9 \times 6.9 ) / ( 9 ) = 5.29$$

b) *Espaciamiento promedio [ Ep ]:*

$$Ep = \sqrt{ ( Ap ) }$$

$$Ep = \sqrt{ ( 5.29 ) } = 2.3$$

c) *No. aproximado de luminarios a lo largo:*

$$\text{A lo largo} = ( \text{Longitud} ) / ( Ep )$$

$$\text{A lo largo} = ( 6.9 ) / ( 2.3 ) = 3 \text{ luminarios}$$

d) *No. aproximado de luminarios a lo ancho:*

$$\text{A lo ancho} = ( \text{Ancho} ) / ( Ep )$$

$$\text{A lo ancho} = ( 6.9 ) / ( 2.3 ) = 3 \text{ luminarios}$$

Por lo tanto, colocaremos: **3 hileras de 3 luminarios cada una.**

A continuación se muestran las hojas de cálculo y el archivo de datos, utilizados para calcular el número de luminarios requeridos en cada espacio dentro del edificio en cuestión.

Los resultados obtenidos son vaciados en los planos de alumbrado IE01, IE02 e IE03. Son representados también, en el diagrama unifilar IE07.

**ARCHIVO DE DATOS  
INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO**

**REFLEXIONES APROXIMADAS**

	COLOR	REFLEXION	
Techo:	Blanco nuevo	88%	
Pared:	Gris mediano	61%	
Piso:	Concreto pulido	40%	( para oficinas )
Piso:	Cemento	27%	( para estacionamiento )

**REFLECTANCIAS EFECTIVAS**

	Oficinas	Pasillos	Estacionamiento
Techo:	80%	80%	80%
Pared:	60%	60%	60%
Piso:	40%	40%	20%

**ALTURAS DE CAVIDADES**

	Oficinas	Pasillos	Estacionamiento
hcc=	0	0	0.75
hrc=	2.5	3.25	3.25
hfc=	0.75	0	0

**DATOS DE LA LAMPARA**

MARCA:	OSRAM - SYLVANIA (Ahorradoras de energía)
POTENCIA [ W ]:	32
SISTEMA:	FO-32-T8/841
ACABADO :	Blanco frío
FLUJO LUMINOSO [ LUMENES ] :	3,000
VIDA PROMEDIO [ hrs. ] :	20,000
TEMPERATURA DE COLOR:	4100 kelvines

**DATOS DEL LUMINARIO ( CON LAMPARA OSRAM )**

LAMPARAS POR LUMINARIO:	2
LUMENES POR LUMINARIO:	6,000
WATTS POR LUMINARIO: (+15% PERDIDAS BALASTRO)	74
CATEGORIA DE MANTENIMIENTO:	IV

**DATOS DEL BALASTRO**

MARCA :	SOLA BASIC
POTENCIA [ W ]:	32
TENSION DE LINEA [ V ]:	127
CORRIENTE DE LINEA [ A ]:	0.56
FACTOR DE BALASTRO [ BF ]:	92.50%

## **B. CALCULO DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES.**

### **1. Generalidades.**

Durante el proyecto de toda instalación eléctrica, uno de los aspectos más importantes es el cálculo de los conductores alimentadores y conductores derivados; así como la canalización que los contendrá durante su funcionamiento.

De la adecuada selección e instalación de éstos conductores, dependerá la seguridad y el buen funcionamiento de la propia instalación eléctrica, así como el costo de la inversión inicial, gastos de operación y gastos de mantenimiento.

#### **a. Criterios para el cálculo de conductores.**

La selección de un calibre para una instalación, se resume a encontrar un adecuado calibre AWG o MCM que pueda distribuir y utilizar la energía eléctrica con la más alta calidad y al menor costo posible, cumpliendo con las Normas preestablecidas para tal fin.

Los principales criterios a considerar para el cálculo de conductores son:

- 1) Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).
- 2) Caída de tensión permitida.
- 3) Calibre mínimo o permitido para aplicaciones específicas.
- 4) Capacidad para soportar corrientes de corto circuito.

Otros criterios menos importantes son:

- 5) Pérdida por efecto joule ( $RI^2$ ).
- 6) Fuerza de tiro en el proceso de cableado.
- 7) Alimentadores de calibres diferentes que pueden compartir la misma canalización.

En el presente trabajo, para el cálculo de conductores, los analizaremos tomando en cuenta los cuatro primeros puntos por ser los de mayor importancia; en la mayoría de los casos para instalaciones eléctricas en edificios, los otros criterios de selección son despreciables o quedan considerados dentro de los cuatro primeros.

#### **1) Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).**

Según las NTIE- NOM-001-1994. Se define la capacidad de corriente como: "La corriente que puede conducir un conductor eléctrico, expresado en amperes, bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación".

Todos los conductores eléctricos están recubiertos por ferros aislantes de diferentes tipos de materiales y diferentes grosores. Los cables están clasificados según el tipo de material conductor, sección transversal, tipo de aislamiento, temperatura de operación, usos permitidos y entre otros. En la tabla 310-13 y 310-20 de las NTIE se muestran las características anteriores y entre otras.

De esta forma para una misma sección de cobre, se pueden tener diferentes capacidades de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione. En las tablas 310-16 y 310-17 de las NTIE, se indican las diferentes capacidades de conducción de corriente de conductores para diferentes tipos de calibres y aislamiento; así como los factores de corrección por temperatura ambiente y en la tabla 310-21 se indican los *factores de corrección por agrupamiento* dependiendo del número de conductores portadores de corriente dentro de la misma canalización.

El calibre deberá ser seleccionado en función de la corriente nominal que circula por cada uno de los conductores, o bien; en condiciones de plena carga. Se deberá tomar en consideración el *factor de corrección por temperatura ambiente* y el *factor de corrección por agrupamiento*; seleccionando aquel cuya capacidad de corriente sea igual o mayor que la calculada previamente.

### **Por Ampacidad.**

*Factor de temperatura:* 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, 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 y los factores de corrección por temperatura (tablas 310-16 y 310-17) son una guía para la selección del área de la sección transversal o calibre de los conductores, los tipos, capacidades 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:

- *Temperatura ambiente.* Puede variar a lo largo de la longitud del cable así como en el tiempo.
- *Calor interno del conductor.* Generado como resultado del flujo de la corriente.
- *Disipación de calor.* La rapidez con que se disipa el calor generado en el medio ambiente, es función de la resistencia térmica de los materiales alrededor de los conductores.
- *Conductores adyacentes.* Presentan el doble efecto de incrementar la temperatura ambiente y dificultar la disipación de calor.

$$I_{cl} = I_n / FT$$

donde:  $I_{cl}$  = Corriente del conductor corregida por el factor de temperatura (A).

$I_n$  = Corriente nominal del conductor (A).

FT = Factor de temperatura (leído de las tablas 310-16 y 310-17).

*Factor de agrupamiento:* Estos factores se deberán aplicar para cables o canalizaciones que tengan más de tres conductores que lleven corriente. Cuando el número de conductores que llevan corriente en un cable o en una canalización exceda de tres, la capacidad de corriente obtenida de las tablas y ya corregida por el factor de temperatura debe ser reducida multiplicando por los factores de corrección por agrupamiento de la tabla 310-21.

Cuando se tienen conductores de sistemas diferentes, en una canalización o un mismo cable, los factores de corrección por agrupamiento se aplican solamente a los conductores de fuerza y alumbrado.

$$I_{c2} = I_{c1} / FA$$

donde:  $I_{c1}$  = Corriente del conductor corregida por el factor de temperatura (A).

$I_{c2}$  = Corriente del conductor corregida tanto por FT como por FA (A).

FA = Factor de temperatura (leído de la tabla 310-21).

Con este valor de corriente  $I_{c2}$ , se entra a las tablas 310-16 y 310-17, de las NTIE; donde se indican las capacidades de corriente para conductores de cobre o aluminio y se selecciona el calibre adecuado considerando el tipo de aislamiento y la temperatura de operación del aislamiento.

## 2) Caída de tensión permitida.

Se llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo inicial del alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal:

$$E = \Delta V = V_a - V_t \quad \dots (2.1); \quad \text{donde: } V_a = \text{Voltaje en el extremo inicial del alimentador.}$$

$V_t$  = Voltaje en cualquier punto del alimentador.

E = Caída de voltaje.

Si se expresa en porcentaje, se le conoce como *regulación de voltaje*:

$$e\% = (\Delta V / V_{nom}) \cdot 100 \quad \dots (2.2a)$$

expresándolo de otra forma:

$$e\% = E \cdot 100 / V_N = E_F \cdot 100 / V_F \quad \dots (2.2b)$$

donde:  $V_F$  = Voltaje entre fases.

$V_N$  = Voltaje de línea a neutro.

E = Caída de voltaje de fase a neutro en Volts.

$E_F$  = Caída de voltaje entre fases en Volts.

$e\%$  = regulación de voltaje.

Según los artículos 210-19 y 215-2 de las NTIE, la caída de tensión global, desde el medio de desconexión principal hasta la salida más alejada de la instalación, considerando alimentadores y circuitos derivados (sean de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.) no debe exceder del 5%. La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor del 3%.

Cuando se realiza la transmisión de energía a través de un conductor, este cuenta con una resistencia "R" y una reactancia inductiva "X<sub>L</sub>". Si el voltaje terminal "V<sub>T</sub>" y la corriente nominal "I<sub>n</sub>" están defasados un ángulo φ entre ellos; tenemos el arreglo fasorial siguiente:

$$\tilde{V}_A = \tilde{V}_T + R \cdot \tilde{I}_n + j \cdot X_L \cdot \tilde{I}_n$$

Sin embargo la componente reactiva depende de las distancias de separación entre los conductores y del tipo de aislamiento (forro) por lo que debería calcularse para cada alimentador. Sin embargo para baja tensión y en calibres hasta de 4/0 AWG la componente reactiva (inductiva o capacitiva) es bastante pequeña comparada con la resistiva, por lo que puede despreciarse. Tomando en cuenta esto, la regulación de voltaje puede expresarse en términos de la ley de Ohm:

$$\Delta V = R \cdot I_n = \rho (L \cdot I_n / S) \quad \dots (2.4)$$

Combinando 2.2 con 2.4 resulta:

$$S = 100 \cdot \rho (L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) \quad \dots (2.5)$$

donde: S= Área o sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>.

ρ = Resistividad específica (volumétrica) del material conductor en Ohms • mm<sup>2</sup>/m.

I<sub>n</sub> = Corriente de carga nominal en Amperes.

L = Longitud del alimentador en metros.

e = Caída de voltaje permitida en %.

V<sub>n</sub> = Voltaje nominal aplicado en Volts.

Considerando que la mayoría de los alimentadores son de cobre de 100% de conductividad IACS (International Annealed Copper Standard) y suponiendo una temperatura de operación de 60 °C se tiene que ρ = 1/50; por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{cu} = (2 \cdot c \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) \quad \dots (2.6)$$

**Para circuitos monofásicos y bifásicos:** c = 2; debido a que existe un hilo de retorno.

$$S_{cu} = (4 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) \quad \dots (2.7)$$



**Para circuitos trifásicos en 3 y 4 hilos:**  $e = \sqrt{3}$ ; ya que el voltaje nominal corresponde al voltaje entre fases como:

$$V_F = \sqrt{3} \cdot V_n \quad \dots (2.8); \quad \text{donde: } V_F = \text{Voltaje entre fases.}$$
$$V_n = \text{Voltaje nominal de fase a neutro.}$$

y de la ecuación 2.7 tenemos:

$$S_{cu} = (2 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_F) \quad \dots (2.9)$$

Con éste valor de "S" de la sección transversal del conductor se entra en la tabla 8 para conductores desnudos concéntricos normales y se obtiene el calibre del conductor que cumple con la caída de tensión preestablecida.

Finalmente el calibre del conductor seleccionado, será aquel que soporte la corriente para el peor de los casos; ya sea por Ampacidad o por Caída de tensión.

Cuando por condiciones propias de la instalación no es conveniente despreciar la reactancia; es necesario analizar la caída de voltaje por IMPEDANCIA y para ello la caída de voltaje total será la caída por la impedancia total del conductor, o sea la suma de la caída por la resistencia más la caída por la reactancia.

La reactancia de un conductor depende de entre otros factores de: La sección transversal, frecuencia de operación, longitud, material, materiales magnéticos en su cercanía y la tensión de operación asociada al valor de la corriente de carga.

y la caída de voltaje total por resistencia y reactancia es:

$$E = \sqrt{((RI)^2 + (XLY)^2)} \quad \dots (2.10)$$

A menor longitud del conductor y a mayor sección transversal del mismo, la caída de voltaje es menor y como son menores las pérdidas por efecto "Joule" ( $RI^2$ ) en los conductores; el sistema es más eficiente y los costos de operación son menores.

La caída de voltaje es función de:

- a) Tensión de operación.
- b) Corriente que fluye por el conductor.
- c) Material, longitud y sección transversal del conductor.

El calibre del conductor deberá ser seleccionado en función de los parámetros anteriores, seleccionando aquel que no rebase los límites preestablecidos por las NTIE

### 3) Calibre mínimo o permitido para aplicaciones específicas.

Cuando realizamos el proyecto de una instalación eléctrica, es necesario tomar en cuenta el tipo de carga a la cual se va a alimentar, en función de esto; las NTIE establecen el calibre mínimo del circuito derivado o alimentador para realizar todo tipo de instalación eléctrica.

Dependiendo de la carga a alimentar se recomiendan los siguientes calibres y capacidades:

Tipo de circuito	Calibre mínimo AWG	Referencia
Alumbrado	14	art. 202.7b) NTIE - 1988
Contactos	12	art. 202.7b) NTIE - 1988
Fuerza o motores	14	art. 202.7b) NTIE - 1988
Alimentadores	10	art. 203.2 NTIE - 1988
Puesta a Tierra	18	art. 259.95 NTIE - 1994

Sin embargo éstas restricciones pueden ampliarse en el caso de proyectos especiales.

### 4) Capacidad para soportar corrientes de corto circuito.

Este último punto a considerar para el diseño de conductores, es un tema que por su extensión y complejidad se le ha dedicado un subcapítulo completo ("C"), dentro del presente trabajo.

## 2. Circuitos de alumbrado.

Para circuitos de cargas inductivas de iluminación que alimentan unidades de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, debe considerarse la corriente total que tomen dichos equipos y no solamente la de las lámparas de los mismos; de acuerdo con el art. 210-22b).

Los circuitos derivados que tienen dos o más salidas, deberán cumplir con las capacidades nominales indicadas en la tabla 210-24.

La caída de voltaje es función de:

- a) Tensión de operación.
- b) Corriente que fluye por el conductor.
- c) Material, longitud y sección transversal del conductor.

El calibre del conductor deberá ser seleccionado en función de los parámetros anteriores, seleccionando aquel que no rebase los límites preestablecidos por las NTIE

### 3) Calibre mínimo o permitido para aplicaciones específicas.

Cuando realizamos el proyecto de una instalación eléctrica, es necesario tomar en cuenta el tipo de carga a la cual se va a alimentar, en función de esto; las NTIE establecen el calibre mínimo del circuito derivado o alimentador para realizar todo tipo de instalación eléctrica.

Dependiendo de la carga a alimentar se recomiendan los siguientes calibres y capacidades:

Tipo de circuito	Calibre mínimo AWG	Referencia
Alumbrado	14	art. 202.7b) NTIE - 1988
Contactos	12	art. 202.7b) NTIE - 1988
Fuerza o motores	14	art. 202.7b) NTIE - 1988
Alimentadores	10	art. 203.2 NTIE - 1988
Puesta a Tierra	18	art. 259.95 NTIE - 1994

Sin embargo éstas restricciones pueden ampliarse en el caso de proyectos especiales.

### 4) Capacidad para soportar corrientes de corto circuito.

Este último punto a considerar para el diseño de conductores, es un tema que por su extensión y complejidad se le ha dedicado un subcapítulo completo ("C"), dentro del presente trabajo.

## 2. Circuitos de alumbrado.

Para circuitos de cargas inductivas de iluminación que alimentan unidades de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, debe considerarse la corriente total que tomen dichos equipos y no solamente la de las lámparas de los mismos; de acuerdo con el art. 210-22b).

Los circuitos derivados que tienen dos o más salidas, deberán cumplir con las capacidades nominales indicadas en la tabla 210-24.

Cuando se tienen conductores de sistemas diferentes, en una misma canalización o un mismo cable, los factores de corrección por agrupamiento se aplican solamente a los conductores de fuerza y alumbrado.

Cuando la mayor parte de la carga en un circuito estrella de 3 fases, 4 hilos consiste de cargas no lineales, como alumbrado por descarga eléctrica, equipo de procesamiento de datos, computadoras o equipo similar, en que se presentan corrientes armónicas en el conductor neutro; éste se considerará como conductor activo; según secciones 8 y 10 de la pp. 114 de las NTIE.

Para seleccionar el calibre de los conductores para alumbrado se deberá proceder conforme a lo especificado en la sección 1. (Generalidades) del presente trabajo

### **3. Circuitos de contactos.**

Los conductores de circuitos derivados deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir. Además los conductores de los circuitos derivados de salidas múltiples que alimentan contactos para cargas portátiles conectados por medio de cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la capacidad nominal del circuito derivado (art. 210-19).

Para salidas de contactos sencillos o múltiples se considera una carga no menor de 180 VA (art. 220-3(6)). Un contacto único instalado en un circuito derivado individual, debe tener una capacidad de corriente no menor que la del circuito derivado; indicado en la tabla 210-21.b2 y cuando se trate de un contacto conectado a un circuito derivado que alimente dos o más contactos o salidas, deberán tener una capacidad nominal de acuerdo con los valores indicados en la tabla 210-21.b3 y donde sea mayor de 50 A, la capacidad del contacto no debe ser menor que la del propio circuito derivado.

Los receptáculos y contactos para la conexión de aparatos portátiles deben ser de una capacidad nominal no menor de 15 A a 125 V y no menor de 15A a 250 V (art. 410-56a).

Todos los circuitos derivados que tienen dos o más salidas (a excepción de los circuitos derivados de contactos para aparatos de bajo consumo en unidades de vivienda; en los cuales se pueden instalar dos o más circuitos de 20 A para todas las salidas), deberán cumplir con las capacidades nominales de la tabla 210-24.

Para los circuitos derivados que alimentan a contactos, primero es necesario calcular la corriente nominal de cada uno de los conductores del circuito.

#### **Corriente nominal.**

##### **Contactos monofásicos:**

$$I_n = (N \cdot W) / (V_n \cdot FP)$$

##### **Contactos trifásicos:**

$$I_n = (N \cdot W) / (\sqrt{3} \cdot V_F \cdot FP)$$

donde:  $I_n$  = Corriente nominal en Amperes.  
 $N$  = Número de contactos alimentados por el mismo conductor.  
 $W$  = Carga de cada contacto en Watts.  
 $V_n$  = Voltaje nominal de fase a neutro en Volts.  
 $V_f$  = Voltaje entre fases en Volts.  
 $FP$  = Factor de potencia unitario.

Tomando como base la corriente nominal calculada, los conductores activos se calculan por *Ampacidad* (tomando en cuenta las correcciones que deben hacerse por los factores de agrupamiento y temperatura) y por *Caída de tensión*, seleccionando el conductor que soporte la corriente en el peor de los casos. La selección de protecciones se basará en la corriente nominal.

#### Cálculo del conductor neutro.

De acuerdo con el art. 220-22. Para circuitos monofásicos el calibre del conductor neutro será igual al del conductor activo y para circuitos trifásicos la corriente nominal del neutro será un tercio de la corriente nominal del mismo conductor activo. Después se deberá proceder conforme al art. 5.b (Cálculo del conductor neutro) del presente trabajo.

### **4. Circuitos de fuerza o alimentación a motores.**

#### **Determinación de la corriente nominal.**

De acuerdo con el artículo 430-6. En los motores, la corriente nominal o de operación, es usada como base para determinar la capacidad en amperes del conductor, para seleccionar la capacidad de los interruptores, así como las protecciones de sobrecarga, corto circuito por fallas de fase, entre otros. Esta corriente se puede calcular de cualesquiera de las siguientes formas:

- a) De la placa de datos del motor.
- b) De las tablas 430-147, 430-148 y 430-150 de las NTIE - NOM 001.
- c) De cualesquiera de las siguientes fórmulas:
  - c.1) Para un solo motor monofásico:

$$I_n = (HP \cdot 746) / (V_n \cdot \eta \cdot FP) = W / (V_n \cdot \eta \cdot FP)$$

donde:  $I_n$  = Corriente nominal en Amperes.  
 $HP$  = Potencia nominal en caballos de fuerza.  
 $W$  = Potencia en Watts.  
 $V_n$  = Voltaje de fase a neutro en Volts.  
 $\eta$  = Eficiencia unitaria del motor.  
 $FP$  = Factor de potencia del motor.

- c.2) Para varios motores monofásicos:

Se calculan las corrientes nominales de cada motor de cualesquiera de las fórmulas indicadas anteriormente y se suman la corrientes nominales de todos los motores, a esto se le denomina la corriente nominal del circuito.

$$I_{nc} = \sum_{i=1}^N I_{ni}$$

donde:  $I_{nc}$  = Corriente nominal del circuito en Amperes.  
 $I_n$  = Corriente nominal de cada motor en Amperes..  
 $N$  = Número total de motores alimentados por el mismo conductor.

c.3) Para un solo motor trifásico:

$$I_n = (HP \cdot 746) / (\sqrt{3} \cdot V_f \cdot \eta \cdot FP) = W / (\sqrt{3} \cdot V_f \cdot \eta \cdot FP)$$

donde:  $I_n$  = Corriente nominal en Amperes.  
 $HP$  = Potencia nominal en caballos de fuerza.  
 $W$  = Potencia en Watts.  
 $V_f$  = Voltaje entre fases en Volts.  
 $\eta$  = Eficiencia unitaria del motor.  
 $FP$  = Factor de potencia del motor.

c.4) Para varios motores trifásicos:

Se calculan las corrientes nominales de cada motor como se especificó anteriormente y se suman las corrientes nominales de todos los motores; a este valor se le denomina la corriente nominal del circuito.

$$I_{nc} = \sum_{i=1}^N I_{ni}$$

donde:  $I_{nc}$  = Corriente nominal del circuito en Amperes.  
 $I_n$  = Corriente nominal de cada motor en Amperes.  
 $N$  = Número total de motores alimentados por el mismo conductor.

#### a. Cálculo de conductores para circuitos de motores.

Es necesario especificar la sección transversal o calibre del conductor con la capacidad suficiente para alimentar el motor(es), sin que se presente calentamiento. Este diseño se debe realizar por *Ampacidad* y por *Caída de tensión*, seleccionándose el conductor para el peor de los casos.

##### 1) Por ampacidad.

a) Para un solo motor monofásico o trifásico.

De acuerdo con el art. 430-22 de las NTIE, los conductores derivados para alimentar a un sólo motor, deberán tener una capacidad no menor al 125 % de la corriente nominal del motor a plena carga.

$$I_c = I_n \cdot 1.25$$

donde:  $I_c$  = Corriente corregida en Amperes.  
 $I_n$  = Corriente nominal en Amperes.

**b) Para varios motores monofásicos o trifásicos.**

De acuerdo con el art. 430-24 de las NTIE, los conductores que alimentan varios motores y otras cargas, deberán tener una capacidad de conducción de corriente, igual a la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores, más el 25 % de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas.

$$I_c = I_{nc} + I_{nmm} \cdot 0.25$$

donde:  $I_c$  = Corriente corregida en Amperes.  
 $I_{nc}$  = Corriente nominal del circuito en Amperes.  
 $I_{nmm}$  = Corriente nominal del motor mayor en Amperes.

Tomando como base la corriente corregida " $I_c$ " calculada, se procede a calcular la corriente corregida por el *factor de temperatura* y por el *factor de agrupamiento*. De las tablas 310-16 y 310-17 se selecciona el calibre del conductor, según la capacidad de corriente del mismo, considerando el tipo de aislamiento y la temperatura de operación del aislamiento. Tal como se procede en el inciso 1 (Generalidades) anterior.

**2) Por caída de tensión.**

De acuerdo con el art. 215-2 de las NTIE y el inciso 1 (Generalidades) del presente trabajo, primero se procede a calcular la sección transversal o calibre del conductor.

**a) Para un motor monofásico.**

$$S = (4 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n)$$

**b) Para varios motores monofásicos.**

$$S = (4 \cdot L \cdot I_{nc}) / (e \cdot V_n)$$

**c) Para un motor trifásico.**

$$S = (2 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_f)$$

**d) Para varios motores trifásicos.**

$$S = (2 \cdot L \cdot I_{nc}) / (e \cdot V_n) = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_{nc}) / (e \cdot V_f)$$

donde:  $S$  = Área o sección transversal del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$I_n$  = Corriente nominal en Amperes.

$I_{nc}$  = Corriente nominal del circuito en Amperes.

$L$  = Longitud del conductor o distancia del tablero al motor en metros.

$e$  = Caída de voltaje permitida en %.

$V_n$  = Voltaje nominal de fase a neutro en Volts.

$V_f$  = Voltaje entre fases en Volts.

Con este valor "S" de la sección transversal del conductor, se busca en la tabla 8 para conductores desnudos concéntricos normales y se obtiene el calibre del conductor que cumple con la caída de tensión preestablecida. El calibre del conductor seleccionado, será aquel que soporte la corriente para el peor de los casos; ya sea por ampacidad o por caída de tensión.

#### **b. Cálculo del conductor neutro.**

Para circuitos monofásicos y trifásicos, se deberá proceder conforme a la sección 5.b (Cálculo del conductor neutro) del presente trabajo.

#### **c. Cálculo del conductor de puesta a tierra.**

De acuerdo con el art. 430-145, para el cálculo del conductor de puesta a tierra; para motores monofásicos y trifásicos se deberá realizar conforme al art. 250-95. Descrito en la sección 5.c (Cálculo del conductor de puesta a tierra) del presente trabajo.

#### **d. Cálculo del diámetro de la canalización (tubo conduit o equivalente).**

Para calcular el diámetro del tubo conduit o canalización equivalente, se deberá proceder conforme a la sección 5.d (Cálculo del diámetro de la canalización) del presente trabajo.

#### **e. Protecciones.**

##### **1) Protección contra sobrecarga del motor y circuitos derivados.**

De acuerdo con el art. 430-31 y 430-32, una sobrecarga de un aparato eléctrico, origina una sobrecorriente de funcionamiento que cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar o calentar peligrosamente el aparato o el aislamiento del conductor. Para lo cual es necesario instalar dispositivos por separado de sobrecorriente, que actúen por efecto de la corriente del motor.



cualquier motor menor, igual o mayor de 1 HP, que estén instalados en forma permanente o sean de servicio continuo, así como aquellos que no estén a la vista del control; se deberán proteger contra sobrecarga de la manera siguiente:

La corriente nominal o de disparo del dispositivo de protección, no deberá ser mayor que los porcentajes de la corriente a plena carga del motor, como sigue:

- Motores con Factor de Servicio no menor de 1.5 ..... 125 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.25$
- Motores con aumento de temperatura no menor de 40 C ..... 125 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.25$
- Todos los demás motores..... 115 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.15$

donde:  $I_{PCS}$  = Corriente de protección contra sobrecarga.

$I_n$  = Corriente nominal del motor.

Con el valor de la corriente de protección contra sobrecarga ( $I_{PCS}$ ) se selecciona el dispositivo adecuado de las tablas del fabricante.

## 2) Protección del circuito derivado del motor contra corrientes de cortocircuito y fallas a tierra.

### 2.a) Para un solo motor.

De acuerdo con el art. 430-52, el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado del motor, deberá ser capaz de soportar la corriente de arranque del motor, pero sus capacidades no deben exceder los valores de la tabla 430-152.

Cuando los valores especificados en la tabla anterior, no son suficientes para soportar la corriente de arranque del motor, entonces se deberá proceder conforme a lo siguiente:

- La capacidad de un fusible del tipo sin retardo de tiempo y no mayor de 600 A podrá ser aumentada, pero en ningún caso podrá exceder el 400 % de la corriente del motor a plena carga.
- La capacidad de un fusible con retardo de tiempo (doble elemento) podrá ser aumentada, pero en ningún caso será mayor del 225 % de la corriente del motor a plena carga.
- La capacidad de un fusible clasificado entre 601 a 6000 A podrá ser aumentada, pero en ningún caso podrá exceder el 300 % de la corriente del motor a plena carga.
- El ajuste de un interruptor termomagnético de tiempo inverso puede aumentarse, pero en ningún caso se excederá: (a) 400 % de corrientes a plena carga de 100 A o menos. (b) 300 % para corrientes a plena carga de 100 A o mayores.

- Se usará un interruptor de disparo instantáneo solamente si es ajustable y si sólo forma parte de un control tipo de combinación que tenga protección contra sobrecargas del motor, así como protección contra cortocircuito y falla a tierra en cada conductor. El ajuste del interruptor podrá ser incrementado pero en ningún caso excederá el 1300 % de la corriente del motor a plena carga.

2.b) Para varios motores o cargas de un circuito derivado.

De acuerdo con el art. 430-53, dos o más motores y otras cargas, podrán conectarse al mismo circuito derivado en las condiciones siguientes:

1) Motor no mayor de 1 HP.

- Protección hasta 20 A, en 120 V.
- Protección hasta 15 A, en 600 V.

Siempre y cuando la corriente nominal del motor sea menor de 6 A.

2) Protección basada en el motor más pequeño.

- Protección del motor conforme al art. 430-52.
- Cada motor adicional deberá contar con protecciones individuales.
- La protección del circuito deberá resistir las condiciones de trabajo más severas.

**3) Protección del circuito alimentador del motor contra cortocircuito y fallas a tierra.**

De acuerdo con el art. 430-62, un alimentador que sirve a una carga fija y específica de motores, deberá estar provisto de un dispositivo de protección de valor nominal o ajuste, no mayor que la capacidad o ajuste del mayor de los dispositivos de protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra de cualquiera de los motores del grupo, más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores del grupo.

$$I_{INT} = I_{INTMM} + \sum_{i=1}^N I_{nmr_i}$$

donde:  $I_{INT}$  = Corriente nominal del interruptor del circuito alimentador en Amperes.  
 $I_{INTMM}$  = Corriente nominal del interruptor del motor mayor en Amperes.  
 $I_{nmr}$  = Corriente nominal de los motores restantes en Amperes  
 $N$  = Número de motores.

Para instalaciones que incluyan alimentadores de gran capacidad, previstas para futuras adiciones o cambios, el valor nominal o ajuste de los dispositivos de protección del alimentador podrá basarse en la capacidad de corriente de sus conductores.

## 5. Circuitos alimentadores.

a. Cálculo de los conductores activos para circuitos alimentadores.

De acuerdo con el artículo 215 y 220, los conductores alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la requerida para alimentar la carga por servir.

- Los calibres mínimos del alimentador para circuitos específicos no deben ser menor de 30 A (calibre 10 AWG).
- La capacidad de los conductores del alimentador no deben ser menor que la de los conductores de la acometida.

Al igual que el cálculo para todo conductor, es necesario calcular primero la corriente nominal equivalente del alimentador, para posteriormente calcular el calibre por ampacidad y por caída de tensión (ver secciones 1.1 y 1.2 del presente trabajo). Para el cálculo por ampacidad es necesario considerar los factores de carga, de reserva y demanda como se indica a continuación:

### 1) Corriente nominal equivalente del circuito.

$$I_{na} = \sum_{i=1}^N I_{nci}$$

donde:  $I_{na}$  = Corriente nominal del alimentador en Amperes.

$I_{nc}$  = Corriente nominal de la carga en Amperes.

$N$  = Número total de motores alimentados por el mismo conductor.

### 2) Cálculo por ampacidad.

- 2.a) De acuerdo con el art. 430-24. Los conductores alimentadores de motores y otras cargas, deberán tener una capacidad de conducción de corriente igual a la suma de todas las corrientes nominales de los motores y de las otras cargas, más el 25 % de la corriente nominal del motor mayor del grupo. A esto se le denomina FACTOR DE CARGA.

$$I_a = I_{na} + 0.25 \cdot I_{mm}$$

- 2.b) Corrección por Factor de Temperatura (FT). De las tablas 310-16 y 310-17.

$$I_{a1} = I_a / FT$$

- 2.c) Corrección por Factor de Agrupamiento (FA). De la tabla 310-21

$$I_{a2} = I_{a1} / FA$$

- 2.d) Corrección por Factor de Reserva (FR). Debemos considerarlo como un factor para futuras ampliaciones de la instalación, por lo general se considera entre el 1.2 o 1.3 (20 % ó 30 % adicional), teniendo en cuenta que entre mayor sea este factor mayor serán los costos de la misma.

$$I_{a3} = I_{a2} \cdot FR$$

- 2.e) Corrección por Factor de Demanda (FD).

$$I_{a4} = I_{a3} \cdot FD$$

Se considera al Factor de Demanda como la relación de la Demanda Máxima (DM) del circuito y la Capacidad Instalada (CI) o carga conectada al mismo.

$$FD = DM / CI$$

En otras palabras es la cantidad que utilizamos de nuestra capacidad instalada. Por lo general se considera un FD del 0.8 (80% de la capacidad instalada) pero en el art. 220 vienen dados algunos FD a considerar como lineamiento general.

Con este valor de corriente  $I_{a4}$  se entra a las tablas 310-16 y 310-17 de las NTIE-NOM-001, donde se indican las capacidades de corriente para conductores de cobre o aluminio y se selecciona el calibre adecuado, considerando el tipo de aislamiento y la temperatura de operación del aislamiento.

### 3) Cálculo por caída de tensión.

Se toma como base la corriente nominal equivalente del circuito calculada en la sección anterior ( $I_{na}$ ). Se deberá considerar los art. 210-19 y 215-2 de las NTIE; enunciados en la sección 1.2) del presente trabajo, en donde es especificada la caída de tensión permisible.

**Cálculo de la sección transversal del conductor.** De las ecuaciones 2.7 y 2.9 de la sección 1.2).

3.a) Para circuitos monofásicos y bifásicos:

$$S_{cu} = (4 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n)$$

3.b) Para circuitos trifásicos en 3 y 4 hilos:

$$S_{cu} = (2 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n) = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_F)$$

Con este valor "S" de la sección transversal del conductor se entra en la tabla 8 para conductores desnudos concéntricos normales y se obtiene el calibre del conductor que cumple con la caída de tensión preestablecida.

El calibre del conductor seleccionado, será aquel que soporte la corriente para el peor de los casos; ya sea por *Ampacidad* o por *Caída de tensión*.

### b. Cálculo del conductor neutro.

La carga del neutro para éstos sistemas, será el **desequilibrio máximo de la carga determinada**. La carga máxima de desbalanceo del neutro de un alimentador, debe ser la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de los conductores activos; con lo cual se prevé el caso más desfavorable de desequilibrio; cuando uno de los conductores activos queda desconectado. En tal caso la corriente nominal del neutro será  $1/3$  de la corriente nominal del circuito o conductor alimentador (art. 220-22).

**Excepción:** Cuando la mayor parte de la carga en un circuito estrella de 3 fases, 4 hilos consiste de cargas no lineales como equipo de procesamiento de datos, computadoras o equipo similar, en que se presentan corrientes armónicas en el conductor neutro y éste se considerará como conductor activo (según la parte pp 114-c - NTIE)

- Para circuitos monofásicos:

$$I_{nN} = I_{na}$$

- Para circuitos trifásicos:

$$I_{nN} = I_{na} / 3$$

donde:  $I_{nN}$  = Corriente nominal del neutro en Amperes.

$I_{na}$  = Corriente nominal del alimentador en Amperes.

Con este valor de corriente " $I_{nN}$ " se entra a las tablas 310-16 y 310-17, se selecciona posteriormente el calibre del conductor, según su capacidad de corriente, tipo de aislamiento, temperatura de operación y material del conductor.

### **c. Cálculo del conductor de puesta a tierra.**

De acuerdo con el art. 250 de las NTIE, los sistemas y circuitos conductores son puestos a tierra para limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas y a fenómenos transitorios en el propio circuito o contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como para estabilizar la tensión a tierra en condiciones normales de operación. Los sistemas y circuitos conductores se ponen a tierra de manera sólida para limitar la tensión a tierra de tales partes conductoras y para facilitar la acción de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra.

Las partes metálicas descubiertas de equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente, no destinados a transportar corriente y que tengan probabilidades de llegar a ser energizados, deben ser puestos a tierra cuando:

- Estén expuestos a contacto de personas.
- Estén ubicados en lugares húmedos o mojados y que no estén aislados.
- Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
- Cuando estén alimentados por cables con revestimiento metálico, cubierta metálica, canalizaciones metálicas u otros métodos de alambrado los cuales provean una puesta a tierra de equipo; según art. 250-42.

De acuerdo con los art. 250-94 y 250-95, el calibre de cada uno de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos que están en paralelo, debe estar basado en la capacidad nominal de corriente de los dispositivos contra sobrecorriente que protegen a los conductores del circuito. El calibre del conductor de puesta a tierra, ya sea de cobre, aluminio o aluminio con recubrimiento de cobre, para equipos y canalizaciones, no deberá ser menor que lo indicado en la tabla 250-95.

Cuando se instale un solo conductor de puesta a tierra de equipos para varios circuitos en la misma canalización, se le dimensionará de acuerdo al mayor de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos dentro de la canalización.

Cuando los dispositivos de protección contra sobrecorriente consisten de un interruptor con circuito de disparo instantáneo o un motor protector de corto circuito como se menciona en el art. 430-52, el calibre del conductor de puesta a tierra de un equipo se debe basar en el dispositivo de protección de sobrecarga del motor pero no debe ser menor que la sección transversal que se menciona en la tabla 250-95.

Excepción. El conductor de puesta a tierra en los equipos no deberá ser menor que la sección transversal de  $0.823 \text{ mm}^2$  (18 AWG) de cobre.

Los conductores de puesta a tierra en tuberías deben identificarse en toda su longitud por un acabado exterior de color blanco o gris natural; obien, en el caso del electroducto, indentificarse debidamente en cada tramo terminal.

#### **d. Cálculo del diámetro de la canalización (Tubo conduit o equivalente).**

El número y el calibre de los 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 producir daño a los mismos o a su aislamiento.

Todos los conductores del mismo circuito, el conductor neutro y todos los conductores de puesta a tierra del equipo, cuando sean usados, deben estar dentro de la misma canalización, charola, zanja o cordón.

**Factor de relleno.** Este factor limita el número máximo de conductores en una canalización, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros. De acuerdo con la tabla 1, no deben ocupar más del 40 % de la sección transversal de la canalización en el caso de 3 conductores o más. No más del 30 % cuando sean 2 conductores y no más del 53 % cuando se trate de un solo conductor.

Para ayudar a seleccionar el diámetro de la canalización nos auxiliaremos de la tabla 3, en la cual se especifica el número máximo de conductores de un mismo tipo en una tubería. De la tabla 4, en la que se nos da el área disponible para los conductores y en la tabla 5, en la que se nos da el área de la sección transversal del conductor desnudo y conductor con aislamiento termoplástico. Se deberán considerar todos los conductores que integran el o los circuitos (activos, neutros, de puesta a tierra y de control).

- 1o.) Definir el número de conductores, calibres y tipos de aislamientos (auxiliarse de las tablas 3, 310-16 y 310-17).
- 2o.) Determinar el área por conductor en  $\text{mm}^2$  con todo y aislamiento o bien si está desnudo (auxiliarse de la tabla 5).
- 3o.) Determinar la suma total del área de todos los conductores.
- 4o.) Determinar de las tablas 3 y 4 el diámetro nominal del tubo conduit permitido para alojar a los conductores.

#### **e. Protecciones.**

## 1) Protección del circuito alimentador contra sobrecorriente.

De acuerdo con el art. 240-1 una sobrecarga de un aparato o una carga eléctrica, origina una sobrecorriente de funcionamiento que, cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar o calentar peligrosamente el aparato o el aislamiento del conductor; para lo cual es necesario instalar dispositivos por separado de sobrecorriente que actúen por efecto de la corriente de la carga y abran el circuito eléctrico.

El art. 240-3 establece que ésta protección contra sobrecarga no se exigirá cuando la interrupción del circuito pudiera producir riesgo, tal es el caso del circuito de un magneto de transporte de materiales o el de alimentación a bombas contra incendio.

Sin embargo la protección contra corrientes de corto circuito y fallas a tierra se deberá proveer en todos los casos.

La corriente nominal o de disparo del dispositivo de protección, no deberá ser mayor que los porcentajes de la corriente a plena carga del motor como sigue:

- Motores con Factor de Servicio no menor de 1.5 ..... 125 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.25$
- Motores con aumento de temperatura no menor de 40 C ..... 125 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.25$
- Todos los demás motores..... 115 %  $\Rightarrow I_{PCS} = I_n \cdot 1.15$

donde:  $I_{PCS}$  = Corriente de protección contra sobrecarga.

$I_n$  = Corriente nominal del motor.

Con el valor de la corriente de protección contra sobrecarga ( $I_{PCS}$ ) se selecciona el dispositivo adecuado de las tablas del fabricante.

## 2) Protección del circuito alimentador contra corrientes de corto circuito y fallas a tierra.

**a. Carga específica.** Un alimentador que sirve a una carga fija y específica de motores, deberá estar provisto de un dispositivo de protección de valor nominal o ajuste, no mayor que la capacidad o ajuste del mayor de los dispositivos de protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra de cualesquiera de los motores del grupo más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores del grupo.

Si dos o más circuitos derivados del grupo poseen dispositivos contra cortocircuito y falla a tierra de igual capacidad o ajuste, se considerará a uno sólo de ellos como el mayor para los cálculos siguientes.

$$I_{INT} = I_{INTMM} + \sum_{i=1}^N I_{nmf_i}$$

donde:  $I_{INT}$  = Corriente nominal del interruptor del circuito alimentador en Amperes.

$I_{INTMM}$  = Corriente nominal del interruptor del motor mayor en Amperes.

$I_{nmr}$  = Corriente nominal de los motores restantes en Amperes  
 $N$  = Número de motores.

**b. Expansiones futuras.** Para las instalaciones que incluyan alimentadores de gran capacidad, previstas para futuras adiciones o cambios, el valor nominal o ajuste de los dispositivos de protección del alimentador, podrán basarse en la capacidad de corriente de sus conductores.

### 3) Cálculo del interruptor general.

De acuerdo con el art. 430-62, Un alimentador que sirve a una carga fija y específica de motores, deberá estar provisto de un dispositivo de protección de valor nominal o ajuste, no mayor que la capacidad o ajuste del mayor de los dispositivos de protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra de cualesquiera de los motores del grupo más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores del grupo.

Si dos o más circuitos derivados del grupo poseen dispositivos contra cortocircuito y falla a tierra de igual capacidad o ajuste, se considerará a uno sólo de ellos como el mayor para los cálculos siguientes.

$$I_{INTG} = I_{INTMM} + I_{nmr}$$

donde:  $I_{INTG}$  = Corriente nominal del interruptor general en Amperes.  
 $I_{INTMM}$  = Corriente nominal del interruptor del motor o carga mayor en Amperes.  
 $I_{nmr}$  = Corriente nominal de los motores o cargas restantes en Ampere

### *Ejemplo de cálculo.*

Se analizarán los circuitos de contactos y alumbrado de la oficina general No.1, ubicada en planta tipo; para ilustrar los métodos descritos anteriormente. (Se analizó la iluminación de ésta oficina cuando se explicó el método de cavidad zonal).

- **Circuito C-M-6** de contactos en servicio normal, con 6 contactos y una capacidad de 20 W por cada contacto.
- **Circuito A-M-2** de alumbrado en servicio normal, con 8 lámparas del tipo fluorescente de 2 x 32 W y una capacidad de 75 W por cada lámpara incluyendo las pérdidas del balastro.

Se analizará también el motor 7 para el elevador en servicio normal, ubicado en la azotea y que es alimentado directamente del tablero general "TGP". Las características del motor son las siguientes

- **Motor de inducción.** 32 HP o 23,872 W  
220 V , 3 $\phi$  , 60 Hz  
75 A  
141 rpm  
elevación de temperatura: 50 °C  
Capacidad máxima de carga: 1,360 kg  
eficiencia  $\eta$ = 94%



## **Hoja de cálculo para conductores de contactos.**

Circuito C-M-6 en oficina general No. 1 en planta tipo.

### **1º. CÁLCULO DE CONDUCTORES.**

#### **A. Corriente nominal del contacto monofásico.**

$$I_n = (N \cdot W) / (V_n \cdot FP)$$

$$I_n = (6 \cdot 200) / (127 \cdot 0.9) = 10.5 \text{ A}$$

#### **B. Cálculo por Ampacidad.**

a) **Factor de corrección por temperatura.** Para una temperatura ambiente de 31 °C y aislamiento THW clase 90 °C con conductores de cobre; de la tabla 310-16.

$$FT = 0.96$$

$$I_{c1} = I_n / FT$$

$$I_{c1} = 10.5 / 0.96 = 10.94 \text{ A}$$

b) **Factor de corrección por Agrupamiento.** Para tres conductores portadores de corriente en una tubería; de la tabla 310-21.

$$FA = 1$$

$$I_{c2} = I_{c1} / FA$$

$$I_{c2} = 10.94 / 1 = 10.94 \text{ A}$$

leyendo de la tabla 310-16, el calibre seleccionado por Ampacidad será **18 AWG**.

#### **C. Cálculo por caída de tensión.** Calculando primero la sección transversal o calibre del conductor.

$$S = (4 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_{ll})$$

$$S = (4 \cdot 24 \cdot 10.5) / (2 \cdot 127) = 3.97 \text{ mm}^2$$

Leyendo en la tabla 8; el calibre seleccionado por caída de tensión corresponde a un calibre **10 AWG**.

Por lo tanto, seleccionaremos este último calibre **10 AWG** tanto para el conductor activo como el neutro y poder cumplir con Ampacidad y con Caída de tensión.

### **2º. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO CONTRA SOBRECORRIENTE.**

La selección del dispositivo de protección del circuito de contactos contra sobrecarga o sobrecorriente, se selecciona de tablas del fabricante, tomando como base la corriente nominal del circuito calculada previamente.

Por lo tanto, de la tabla 210-24; para la corriente nominal calculada  $I_n = 10.5 A$ .  
 Seleccionaremos el interruptor termomagnético enchufable con protección de falla a tierra *QOB115GFI* de la marca SQUARE D.

### 3º. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.

Según la tabla 250-95, para una capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente de  $15 A$ ; el conductor de puesta a tierra será de cobre, calibre *14 AWG* desnudo.

### 4º. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA CANALIZACIÓN O TUBO CONDUIT EQUIVALENTE.

Haciendo uso de las tablas 3 y 5.

No. Conductores	Calibre AWG	Tipo de Aislamiento	Area por conductor (mm <sup>2</sup> )	Area de los Conductores (mm <sup>2</sup> )
2	10	THW	16.62	33.24
1	14	Desnudo	2.08	2.08
<b>Total = 3</b>				<b>35.32</b>

Considerando un factor de relleno del 40 % para más de dos conductores; de la tabla 4 seleccionaremos una tubería conduit con diámetro nominal de  $13 mm$  ( $\frac{1}{2}$  ").

## *Hoja de cálculo para conductores de alumbrado.*

Circuito A-M-2 en oficina general No. 1 en planta tipo.

### 1º. CÁLCULO DE CONDUCTORES.

#### A. Corriente nominal del circuito de alumbrado.

$$I_n = (N \cdot W) / (V_n \cdot FP)$$

$$I_n = (8 \cdot 75) / (127 \cdot 0.9) = 5.25 A$$

#### B. Cálculo por Ampacidad.

a) **Factor de corrección por temperatura.** Para una temperatura ambiente de  $31^\circ C$  y aislamiento THW clase  $90^\circ C$  con conductores de cobre; de la tabla 310-16.

$$FT = 0.96$$

$$I_{c1} = I_n / FT$$

$$I_{c1} = 5.25 / 0.96 = 5.25 A$$

**b) Factor de corrección por Agrupamiento.** Para tres conductores portadores de corriente en una tubería; de la tabla 310-21.

$$FA = 1$$

$$Ic2 = Ic1 / FA$$

$$Ic2 = 5.47 / 1 = \mathbf{5.47 A}$$

leyendo de la tabla 310-16, el calibre seleccionado por Ampacidad será **18 AWG**.

**C. Cálculo por caída de tensión.** Calculando primero la sección transversal o calibre del conductor.

$$S = (4 \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_n)$$

$$S = (4 \cdot 17 \cdot 5.47) / (2 \cdot 127) = \mathbf{1.41 \text{ mm}^2}$$

Leyendo en la tabla 8; el calibre seleccionado por caída de tensión corresponde a un calibre **14 AWG**.

Por lo tanto, seleccionaremos este último calibre **14 AWG** tanto para el conductor activo como el neutro y poder cumplir con Ampacidad y con Caída de tensión.

## 2º. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO CONTRA SOBRECORRIENTE.

La selección del dispositivo de protección del circuito de alumbrado contra sobrecarga o sobrecorriente, se selecciona de tablas del fabricante; tomando como base la corriente nominal del circuito calculada previamente.

Por lo tanto, de la tabla 210-24; para la corriente nominal calculada  $I_n = 5.25 A$ . Seleccionaremos el interruptor termomagnético enchufable con protección de falla a tierra *QOB115GFI* de la marca SQUARE D.

## 3º. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.

Según la tabla 250-95, para una capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente de  $15 A$ ; el conductor de puesta a tierra será de cobre, calibre **14 AWG** desnudo.

## 4º. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA CANALIZACIÓN O TUBO CONDUIT EQUIVALENTE.

Haciendo uso de las tablas 3 y 5.

No. Conductores	Calibre AWG	Tipo de Aislamiento	Área por conductor (mm <sup>2</sup> )	Área de los Conductores (mm <sup>2</sup> )
2	14	PIIW	9.62	19.24
1	14	Desnudo	2.08	2.08
<b>Total = 3</b>				<b>21.32</b>

Considerando un factor de relleno del 40 % para más de dos conductores; de la tabla 4 seleccionaremos una tubería conduit con diámetro nominal de **13 mm** ( 1/2 ").

### ***Hoja de cálculo para conductores de motores.***

Motor No. 7 para elevador ubicado en azotea.

#### **1º. CÁLCULO DE CONDUCTORES.**

**A. Corriente nominal del motor trifásico.** Este valor de corriente se puede leer directamente de la placa de datos del motor, de la tabla 430-150 (NTIE), o bien, calcularla por la fórmula para un motor trifásico.

$$I_n = (HP \cdot 746) / (\sqrt{3} \cdot V_F \cdot \eta \cdot FP)$$

$$I_n = (32 \cdot 746) / (\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.94 \cdot 0.9) = 74.05 \text{ A}$$

En nuestro caso seleccionaremos la corriente nominal de la placa de datos por ser la que indica el fabricante:  $I_n = 75 \text{ A}$ .

#### **B. Cálculo por Ampacidad.**

**a) Corriente corregida.** Para un solo motor trifásico.

$$I_c = I_n \cdot 1.25$$

$$I_c = 75 \cdot 1.25 = 93.75 \text{ A}$$

**b) Factor de corrección por temperatura.** Para una temperatura ambiente de 31 °C y aislamiento THW clase 90 °C con conductores de cobre; de la tabla 310-16.

$$F_T = 0.96$$

$$I_{c1} = I_c / F_T$$

$$I_{c1} = 93.75 / 0.96 = 97.66 \text{ A}$$

**c) Factor de corrección por Agrupamiento.** Para cuatro o seis conductores portadores de corriente en una canalización; de la tabla 310-21.

$$F_A = 0.80$$

$$I_{c2} = I_{c1} / F_A$$

$$I_{c2} = 97.66 / 0.80 = 122 \text{ A}$$

leyendo de la tabla 310-16, el calibre seleccionado por Ampacidad será **2 AWG**.

**C. Cálculo por caída de tensión.** Calculando primero la sección transversal o calibre del conductor para un solo motor trifásico.

$$S = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_n) / (e \cdot V_F)$$

$$S = (2 \cdot \sqrt{3} \cdot 34 \cdot 75) / (4 \cdot 220) = 10 \text{ mm}^2$$

Leyendo en la tabla 8; el calibre seleccionado por caída de tensión corresponde a un calibre **6 AWG**.

Por lo tanto, seleccionaremos este último calibre **2 AWG** para cada uno de los conductores activos y poder cumplir con Ampacidad y Caída de tensión.

**D. Cálculo del conductor neutro.** Para circuitos trifásicos.

$$I_{nN} = I_{na} / 3$$

$$I_{nN} = 75 / 3 = 25 \text{ A}$$

Leyendo en la tabla 310-16, el calibre seleccionado será **14 AWG**.

## 2º. PROTECCIONES.

**A. Protección del motor contra sobrecarga.** Para motores con elevación de temperatura mayor de 40 °C, se procede de la manera siguiente.

$$I_{pcs} = I_n \cdot 1.25$$

$$I_{pcs} = 75 \cdot 1.25 = 93.75 \text{ A}$$

**B. Protección del motor contra corrientes de corto circuito y fallas a tierra.** La capacidad o ajuste máximo de un interruptor termomagnético instantáneo será.

$$I_{pcs} = I_n \cdot 4$$

$$I_{pcs} = 75 \cdot 4 = 300 \text{ A}$$

Por lo tanto, seleccionaremos el dispositivo de protección tomando como base la corriente nominal en las tablas del fabricante y seleccionaremos el Interruptor Termomagnético atornillable con protección de falla a tierra *Q1B3100G* de la marca SQUARE D.

## 3º. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.

Según la tabla 250-95, para una capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente de 100 A; el conductor de puesta a tierra será de cobre, calibre **8 AWG** desnudo.

## 4º. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA CANALIZACIÓN O TUBO CONDUIT EQUIVALENTE.

Haciendo uso de las tablas 3 y 5.

No. Conductores	Tipo de Conductor	Calibre AWG	Tipo de Aislamiento	Area por conductor( mm <sup>2</sup> )	Area de los Conductores ( mm <sup>2</sup> )
3	Activo	2	THW	86.6	259.80
1	Neutro	14	THW	9.62	9.62
1	Tierra	8	Desnudo	8.367	8.367
<b>Total = 5</b>					<b>277.79</b>

Considerando un factor de relleno del 40 % para más de dos conductores; de la tabla 4 seleccionaremos una tubería conduit con diámetro nominal de **32 mm ( 1 1/4" )**.

## 6. Capacidad de la planta generadora.

La potencia requerida por el tablero general de emergencia es de 53,000 W.

Por lo tanto,  $P = 53,000 / 746$  [ HP ]

$$P = 71 \text{ [ HP ]}$$

Calculándola al 80 % de su capacidad:

$$P = 71 / 0.8$$

$$P = 88.8 \text{ [ HP ]}$$

y por consiguiente seleccionaremos una planta generadora de : **90 [ HP ] ó 67 KW.**

## 7. Capacidad del transformador.

La potencia de un transformador es función de la carga total conectada al sistema, considerando las correcciones por los factores de reserva y demanda.

$$FR = 1.2 \text{ ó } 1.3$$

$$FD = 0.8$$

$$P_n = \text{Potencia nominal del sistema [ W ]}$$

$$P_t = \text{Potencia del transformador [ W ]}$$

$$P_t = P_n \cdot FR \cdot FD$$

$$P_t = ( 290,364 + 52,987 ) ( 1.25 ) ( 0.8 ) = 343,351 \text{ [ W ]}$$

Considerando un Factor de Potencia de 0.9

$$KVA = 343.351 / 0.9 = 381.5 \text{ [ KVA ]}$$

Por lo tanto, escogeríamos un transformador comercial de 500 KVA o bien en nuestro caso, seleccionaremos DOS transformadores comerciales de **225 KVA**, marca SQUARE D Liquid Filled (líquido aislante) cada uno con las siguientes características:

$$KVA = 225$$

$$\text{Voltaje al primario} = 25 \text{ KV máx.}$$

Voltaje al secundario = 220 / 120 V  
Impedancia = Standard 3.8 % hasta 5.75 %

## 8. Capacidad de los fusibles en la acometida del transformador.

De acuerdo con el artículo 450-3 de la Norma NOM-001, un transformador que opera con un voltaje al primario mayor de 600 V<sub>nom.</sub>, la máxima capacidad del fusible primario será del 300% de la corriente primaria nominal del transformador.

Los dispositivos de sobrecorriente, deben colocarse en el punto de alimentación de los conductores que protejan lo más cerca que se pueda de dicho punto.

$$I_{nom.} = (KVA_{3\phi}) / (\sqrt{3} \cdot KV_{LL} \cdot F.P.)$$

$$I_{nom.} = 225 / (\sqrt{3} \cdot 23 \cdot 0.9) = 6.28 \text{ A}$$

$$I_{m\acute{a}x.} = 3 ( I_{nom.} )$$

$$I_{m\acute{a}x.} = 3 ( 6.28 ) = 18.84 \text{ A m\acute{a}x.}$$

Por lo que se seleccionan fusibles limitadores de corriente, clase J de 15 Amperes, con capacidad interruptiva de 5000 AIC.

**Nota.** Se selecciona la capacidad interruptiva inmediata inferior del fusible de la  $I_{m\acute{a}x.}$  calculada. El valor de 5000 AIC se obtuvo del análisis de corto circuito del sistema analizado en el capítulo IV.C.

## C. ANALISIS DE CORTO CIRCUITO.

### 1. Generalidades.

**Definición.** Un corto circuito o circuito corto, es aquel en el cual disminuye la resistencia del circuito y la corriente eléctrica aumenta bruscamente en comparación con la corriente nominal o de carga.

Esta disminución de la resistencia puede ser causada por la unión de dos o más conductores, que generalmente siempre ocurre por accidente; provocando que la corriente circule por donde haya menor resistencia en su trayectoria.

**Consecuencias.** Al originarse el corto circuito, la corriente que circula por el conductor tiene por lo general tres efectos:

- 1) Calentamiento
- 2) Esfuerzos electromagnéticos
- 3) Arco eléctrico

**1) Calentamiento.** Al ocurrir un corto circuito genera una elevada cantidad de calor en el conductor, que amenaza el aislamiento del sistema produciendo daños importantes en la instalación, deterioro en los instrumentos de medición, motores y equipo en general, así como la fusión de los contactos de los interruptores.

**2) Esfuerzos electromagnéticos.** Es de gran importancia los efectos producidos por las grandes fuerzas electromagnéticas de atracción y repulsión al cual se ven sujetas las barras conductoras cuando se producen campos magnéticos al circular corrientes a través de éstos.

**3) Arco eléctrico.** Un corto circuito de grandes magnitudes puede llegar a provocar la carbonización o fusión del aislamiento de los conductores y del sistema en general, cuando no se realiza mantenimiento periódico al sistema de protección de la instalación; dando origen a la formación de un arco eléctrico, similar al que presenta cuando se usa soldadura eléctrica, de efectos altamente destructivos y que provocan incendios. Este riesgo es una importante razón que obliga al aislamiento de la falla y a una rápida interrupción.

**Precauciones.** Tomando en cuenta que aún en las instalaciones con las protecciones más sofisticadas se producen fallas por corto circuito y debido a las peligrosas consecuencias destructivas, es necesario observar ciertas precauciones durante el montaje y el servicio de las instalaciones eléctricas, con el objeto de evitar o disminuir en lo posible éstas fallas. De ellas las más importantes son:

- a) Aislamiento de los cables acorde a la tensión, Ampacidad de la red y las condiciones reales de servicio.
- b) Adecuada sección transversal de los conductores para evitar calentamiento.
- c) Aislamiento seguro en los puntos de conexión y derivación de cables.
- d) Aisladores con suficiente resistencia mecánica y rigidez dieléctrica para soportar los cables.
- e) Protección contra daños mecánicos en cables tendidos.
- f) Al pasar a través de paredes, techos y pisos, los cables deben estar protegidos contra humedad, deterioros mecánicos y químicos.



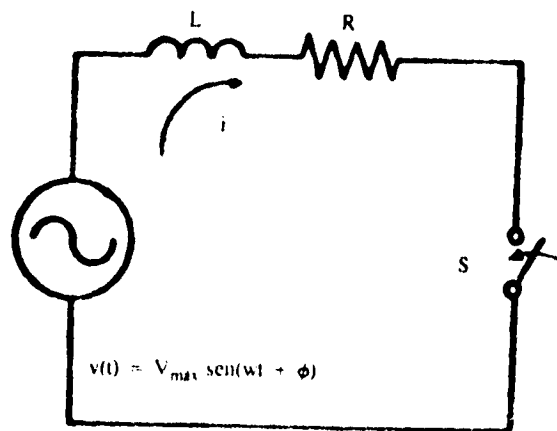
**Objetivo.** El objetivo del estudio de corto circuito, es proporcionar información sobre corrientes y voltajes máximos, así como su comportamiento desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente. Esta información es requerida para:

- 1) Seleccionar adecuadamente el valor de las protecciones.
- 2) Determinación de los esfuerzos electrodinámicos y térmicos en barras, conductores o buses de tableros.
- 3) Cálculo de redes de tierra.
- 4) Selección de conductores alimentadores.
- 5) Coordinación de protecciones.

Asegurando así, la mínima interrupción en el servicio y evitando daños a los equipos.

**a. Componentes simétrica y asimétrica de la corriente de corto circuito.**

Todo sistema eléctrico contiene circuitos en los que intervienen elementos con resistencias inductivas, por lo cual; se analizará lo que ocurre cuando se presenta una falla de corto circuito en un circuito RL como el de la figura siguiente.



Circuito *RL*.

Aplicando la 2a. ley de Kirchhoff, la ecuación diferencial del circuito es:

$$V_{\max} \text{sen}(\omega t + \phi) = Ri + L \, di/dt \quad \dots (1)$$

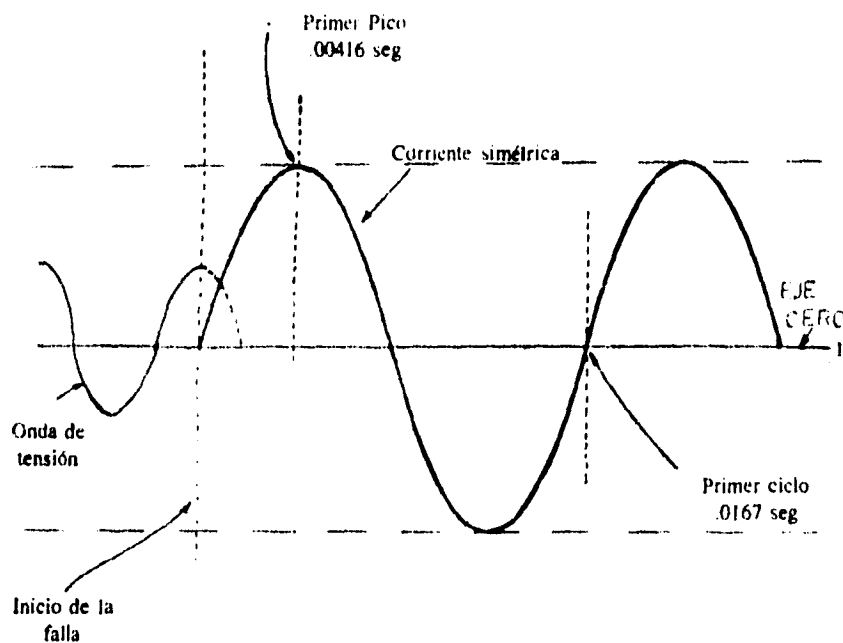
cuya solución es:

$$i(t) = V_{\max} / |Z| \cdot \left[ \underbrace{\text{sen}(\omega t + \phi - \theta)}_{1er. \text{ término}} \cdot e^{-R/L \cdot t} \underbrace{\text{sen}(\phi - \theta)}_{2o. \text{ término}} \right] \quad \dots (2)$$

donde:  $\varphi$  = instante en que se cierra el interruptor.  
 $\theta = \text{Tan}^{-1} (\omega L/R)$   
 $|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$

El *primer término* de la ecuación (2) varía *senoidalmente* con respecto al tiempo y representa el "valor en estado estable" de la corriente para la tensión aplicada. El *segundo término* de la ecuación (2) es aperiódico y decae exponencialmente con una constante de tiempo (L/R), a éste término se le denomina "Componente de corriente directa" de la corriente.

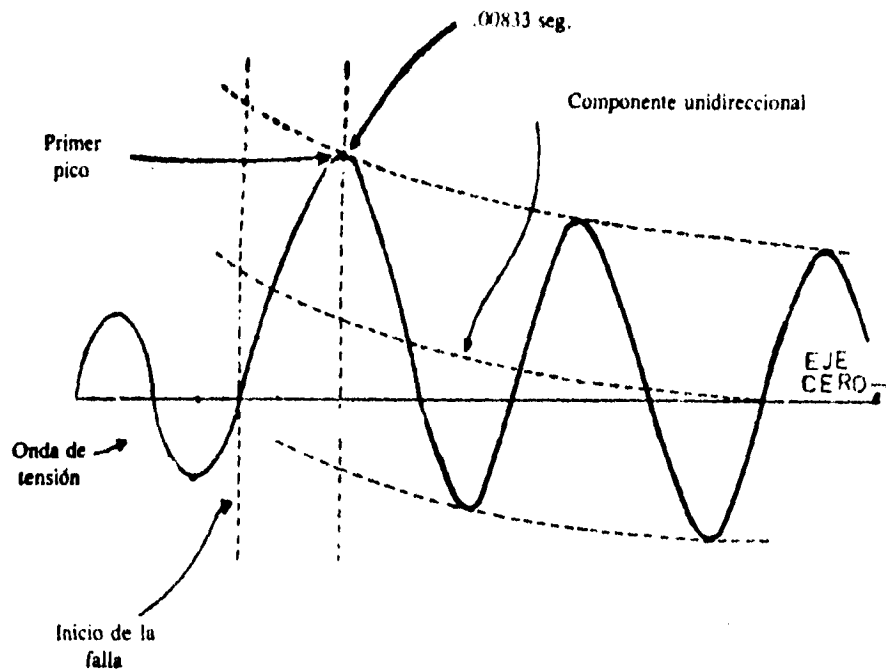
Observamos que el término de corriente directa no existe si se cierra el circuito en un punto de la onda de tensión tal que  $\varphi - \theta = 0$  ó  $\varphi - \theta = \pi$ . La figura que se indica a continuación representa la variación de la corriente con respecto al tiempo de la ecuación (2) cuando  $\varphi - \theta = 0$ ; es decir, cuando la tensión pasa por el eje cero



Corriente simétrica de circuito corto.

En ese instante ocurre una falla de corto circuito y la forma de onda de la corriente es simétrica con respecto al eje cero, así que se dice que la corriente es SIMÉTRICA.

Si el interruptor se cierra en un punto de onda de tensión tal que  $\varphi - \theta = \pi/2$ , la componente de corriente directa tiene un valor inicial máximo igual a la amplitud máxima de la componente senoidal. La figura que se ilustra a continuación, representa la variación de la corriente en función del tiempo para  $\varphi - \theta = -\pi/2$ , esto es, si ocurre una falla de corto circuito cuando en valor de la onda de tensión está entre cero y el valor máximo y se produce una corriente ASIMÉTRICA.



Corriente asimétrica de circuito corto.

La componente de directa puede tener un valor cualquiera, desde cero hasta  $V_{\max} / |Z|$ , según el valor instantáneo de la tensión al cerrar el circuito y el factor de potencia del mismo. Al instante de aplicar la tensión, las componentes de *corriente directa* y *estado estable*, siempre tendrán el mismo valor en magnitud pero serán de signo opuesto para expresar el valor cero de la corriente en ese instante.

La asimetría es reducida en forma logarítmica por las resistencias y demás causas disipadoras de la energía hasta hacerse nula. Durante los primeros ciclos después de ocurrir un corto circuito, la mayoría de las corrientes que se presentan son casi siempre asimétricas. Durante el primer ciclo la corriente asimétrica es máxima y pocos ciclos después (5 ó 6 aproximadamente, dependiendo del arreglo del sistema) la corriente es simétrica.

#### b. Fuentes alimentadoras de la corriente de corto circuito.

Al ocurrir una falla de corto circuito, algunos elementos funcionan como fuentes alimentadoras, tal es el caso de las máquinas eléctricas rotatorias como son: Los generadores, motores síncronos y motores de inducción, que aportan corrientes de falla al sistema. Por lo cual son denominados "*Elementos activos*".

Los motores funcionan como generadores durante la falla, ya que utilizan para su movimiento la energía cinética almacenada en su masa y la de las máquinas acopladas a ellos. La corriente que éstas máquinas aportan al sistema está limitada por su impedancia  $Z$  y decrece exponencialmente con el tiempo a partir del valor que adquiere inmediatamente después de ocurrir la falla.

Para determinar la magnitud de éstas corrientes de corto circuito, es necesario considerar todas las fuentes alimentadoras de ésta corriente de falla y conocer las características de las impedancias de éstas fuentes. Entre las principales fuentes se encuentran las siguientes:

- 1) Generadores.
- 2) Motores síncronos.
- 3) Motores de inducción.
- 4) Compañía eléctrica suministradora.

**1) Generadores.** Los generadores eléctricos están accionados por turbinas o primotores, de tal forma que cuando ocurre un corto circuito, el generador tiende a seguir produciendo voltaje; debido a que la excitación del campo se mantiene y el primotor continúa accionando al generador a velocidad normal. Este voltaje generado produce una corriente de corto circuito de gran magnitud que circula del generador al punto de falla. La impedancia del propio generador y la del circuito entre el generador y el punto de falla, limitan el valor de ésta corriente.

**2) Motores síncronos.** La construcción de los motores síncronos es muy similar a la de los generadores; tienen un devanado de campo excitado por corriente directa y el devanado del estator excitado por corriente alterna. El motor demanda corriente alterna de la línea y la transforma en energía mecánica.

Cuando ocurre el corto circuito, el voltaje en el sistema se reduce a un valor muy bajo, el motor ya no entrega energía mecánica a la carga y empieza a detenerse, pero debido al rotor del motor y a la inercia de la carga, le impiden al motor que se detenga y entonces el motor síncrono se convierte en generador y entregará corrientes de corto circuito. La magnitud de ésta corriente, dependerá de la impedancia del motor y de la del sistema al punto de falla.

**3) Motores de inducción.** La inercia de la carga y el rotor de un motor de inducción, tienen el mismo efecto que sobre un motor síncrono, a diferencia de que en el caso de un motor de inducción no tiene devanado de excitación en corriente directa, pero existe un flujo en el motor de inducción producido por la inducción del estator, en forma análoga al que se produce en el devanado de corriente directa del motor síncrono.

Cuando ocurre un corto circuito, la fuente externa de voltaje se reduce a un valor muy bajo en un tiempo relativamente corto, el flujo en el rotor no puede decaer instantáneamente debido a la inercia de la carga y las partes rotatorias del mismo motor. Se genera un voltaje en el devanado del estator, produciendo una corriente de corto circuito que circula hacia la falla hasta que el flujo del rotor decae a cero. Esta corriente de falla desaparece casi por completo a los dos o cuatro ciclos debido a que no hay una corriente de campo sostenida en el rotor para proporcionar un flujo (como es en el caso de las máquinas síncronas).

Por ésta razón se considera únicamente su *Reactancia Subtransitoria X''* (que está relacionada directamente con la corriente de arranque). La magnitud de ésta corriente de corto circuito, dependerá de la impedancia del propio motor y de la del sistema en el punto de ocurrencia de la falla.

**4) Compañía eléctrica suministradora.** La compañía suministradora (CFE) es en realidad una fuente importante de contribución de la corriente de corto circuito, si no fuera por los transformadores y por las líneas de transmisión y distribución; que introducen impedancias entre las plantas generadoras y los consumidores industriales, la compañía suministradora sería una fuente infinita de corriente de corto circuito.

Para el análisis de corto circuito, la representación de la compañía suministradora en el punto de conexión con la industria (acometida), es representada mediante una impedancia equivalente (equivalente de Thévenin de toda la red que se encuentra detrás de ese punto). La compañía suministradora debe proporcionar en el punto de conexión, el valor de la potencia a la corriente de corto circuito. El valor total de la corriente de corto circuito en un punto de la red, será la suma de las contribuciones de cada uno de los elementos con la intensidad y duración de cada caso.

Debido a que los dispositivos que abren los circuitos actúan antes de que la falla llegue a condiciones permanentes, la reactancia de las máquinas rotatorias correspondiente a ese estado: *Reactancia síncrona o de estado permanente  $X_s$* , no se utiliza en el análisis de corto circuito.

Los *capacitores*, cuyas corrientes de descarga a la falla son de alta frecuencia, tienen una constante de tiempo que dura uno o máximo dos ciclos, por lo que no se consideran como portadores al corto circuito.

### **c. Dispositivos limitadores de la corrientes de corto circuito.**

Los elementos que tienen la función de limitar las corrientes de corto circuito, reciben el nombre de "*Elementos pasivos*", en general son:

- 1) Impedancias de cables y barras conductoras.
- 2) Impedancias de transformadores.
- 3) Reactores limitadores.

Debido a su propia impedancia, los Conductores y Transformadores reducen la magnitud de las corrientes de corto circuito producidas por las fuentes a las que están conectados.

Los Reactores limitadores, limitan los valores de la corriente de corto circuito mediante la inserción intencional de una reactancia en su circuito. Sin embargo, éstos reactores producen una caída de voltaje al ocurrir una falla o durante el arranque de motores de gran capacidad. además de ser elementos que consumen energía. Desde éste punto de vista es más conveniente instalar reactores de baja capacidad de corriente en varios circuitos que uno sólo en un circuito de alta capacidad de corriente.

### **d. Protección contra corto circuito.**

A finales del siglo XIX, cuando se originó la industria eléctrica, no se conocía ningún medio de protección contra sobrecargas y corto circuito, lo cual provocaba que el aislamiento de los cables se quemara y el metal de éstos se fundiera. Esto se acentuaba en lugares, donde la sección transversal del conductor era más pequeña; la localización del efecto resultaba difícil porque había que detectar la falla a lo largo de la instalación. En 1880 Thomas Alva Edison dio solución a éste problema que demandaba tanto tiempo, lo que propuso fue fijar un estrechamiento de la sección del cable en un punto determinado y lo denominó "*Conductor de seguridad*" lo que conocemos actualmente como "*Fusible*". Poco después debido a la necesidad que surgió de abrir o cerrar el circuito libremente, aparecieron por 1901 los primeros "*Interruptores de seguridad*" y los "*Interruptores termomagnéticos*".

Las Compañías General Electric Company & Square D Company fueron pioneras en este campo.

**1) Función de la protección.** La función de un sistema de protección es detectar la falla, aislarla e interrumpirla lo más pronto posible. La protección para sistemas eléctricos debe diseñarse tomando en cuenta los siguientes objetivos:

- a) Proteger de daños al personal.
- b) Evitar o minimizar daños al equipo.
- c) Minimizar la interrupción de energía, garantizando la continuidad.
- d) Reducir desperfectos sobre las partes no interrumpidas del sistema.

**2) Dispositivos de protección.** Los dispositivos de protección que se utilizan generalmente en los sistemas eléctricos abajo de 600 volts son:

- a) Fusibles.
- b) Interruptores termomagnéticos.

O bien, una combinación de ambos, la diferencia entre éstos estriba en la forma en que efectúan su operación y la economía que resulta de unos con respecto a los otros.

Los dispositivos de protección para sistemas con voltajes mayores de 600 volts, se divide en cinco grupos básicos:

- a) Fusibles de potencia.
- b) Interruptores en aire.
- c) Interruptores en vacío.
- d) Interruptores en aceite.
- e) Interruptores en gas ( $SF_6$ ).

Esta clasificación de los interruptores, está en función del medio que contiene a los contactos del propio interruptor.

**3) Requerimiento de los dispositivos de protección.** Todos los dispositivos de protección empleados en los sistemas eléctricos, deberán cumplir con los siguientes requerimientos generales:

- a) Ser completamente automáticos.
- b) Transportar la corriente normal sin interrupción.
- c) Interrumpir inmediatamente las sobrecorrientes.
- d) Ser fácilmente reemplazables o restablecidos.
- e) Ser seguros bajo condiciones normales y de sobrecorriente.

#### **e. Teoría de las componentes simétricas.**

En el año de 1918, C.L. Fortescue presentó en una reunión de la AIEE (American Institute of electrical Engineers) un trabajo titulado "*Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks*" ( vol.37, pp 1027-1140,1918). o bien, "Método de las Coordenadas Simétricas Aplicado a la Solución de Circuitos Polifásicos".

Actualmente éste método constituye una de las herramientas más poderosas para el estudio de las fallas asimétricas (trifásicas y monofásicas) y de los sistemas eléctricos desbalanceados.

### **Teorema de Fortescue.**

Un sistema formado por tres fasores desbalanceados de un circuito trifásico, puede descomponerse en tres componentes balanceados independientes de fasores:

- Una componente de secuencia Positiva o Directa.
- Una componente de secuencia Negativa o Inversa.
- Una componente de secuencia Cero u Homopolar.

A éstas tres componentes se les denomina "*Las componentes simétricas del sistema desbalanceado*".

- 1) Componente de secuencia positiva.** Es un sistema trifásico balanceado, formado por tres fasores de igual magnitud, con diferencias de fase de  $120^\circ$  y con la misma secuencia positiva de fases (ABC) que los fasores originales.
- 2) Componente de secuencia negativa.** Es un sistema trifásico balanceado, formado por tres fasores de igual magnitud, con diferencias de fase de  $120^\circ$  y con secuencia de fases opuesta o negativa (ACB) a la de los fasores originales.
- 3) Componente de secuencia cero.** Es un sistema trifásico balanceado, formado por tres fasores de igual magnitud y con una diferencia de fase nula (en fase).

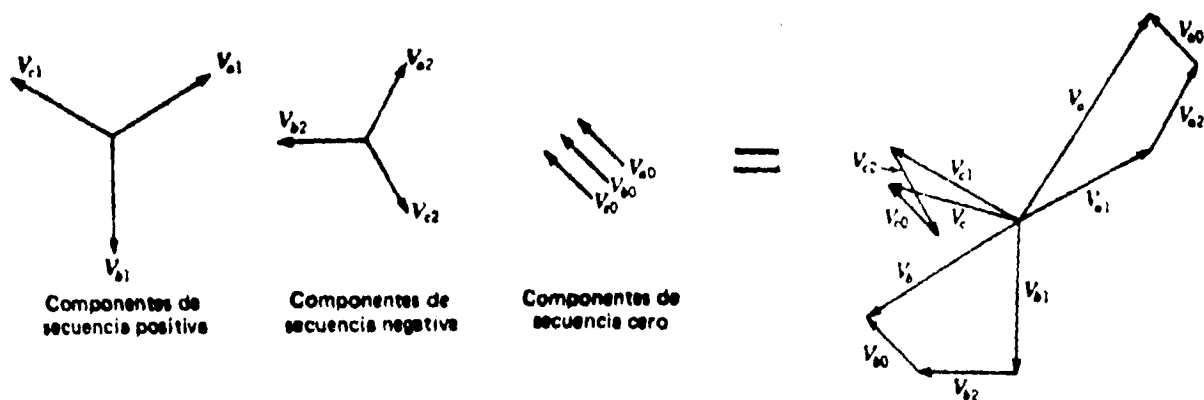


Fig. Suma gráfica de las componentes simétricas para obtener un sistema de tres fasores desbalanceados

**El operador "a".** Este operador es un número complejo de módulo unitario y ángulo de 120°, al aplicar éste operador origina una rotación de 120° en sentido contrario a las manecillas del reloj

**Funciones del operador a.**

---


$$\begin{aligned}
 a &= 1/120^\circ = -0.5 + j0.866 \\
 a^2 &= 1/240^\circ = -0.5 - j0.866 \\
 a^3 &= 1/360^\circ = 1 + j0 \\
 a^4 &= 1/120^\circ = -0.5 + j0.866 = a \\
 1 + a &= 1/60^\circ = 0.5 + j0.866 = -a^2 \\
 1 - a &= \sqrt{3}/-30^\circ = 1.5 - j0.866 \\
 1 + a^2 &= 1/-60^\circ = 0.5 - j0.866 = -a \\
 1 - a^2 &= \sqrt{3}/30^\circ = 1.5 + j0.866 \\
 a + a^2 &= 1/180^\circ = -1 - j0 \\
 a - a^2 &= \sqrt{3}/90^\circ = 0 + j1.732 \\
 1 + a + a^2 &= 0 = 0 + j0
 \end{aligned}$$


---

Como cada uno de los fasores desbalanceados originales es igual a la suma de sus componentes, los fasores originales expresados en función de sus componentes son :

$$\begin{aligned}
 V_a &= V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \\
 V_b &= V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \\
 V_c &= V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \qquad \dots (3)
 \end{aligned}$$

Descomponiendo los tres fasores asimétricos de voltajes en sus componentes simétricos, en función del operador "a" y expresándolas en forma matricial

$$\begin{vmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{vmatrix} \qquad \dots (4)$$

En un sistema trifásico, la corriente que circula por el neutro es:

$$I_n = I_a + I_b + I_c \qquad \dots (5)$$

Si el sistema trifásico está balanceado, no habrá corriente de retorno por el neutro del sistema,  $I_n = 0$  y las corrientes en las líneas no tendrán componente de secuencia cero. Una carga en delta no tiene componentes de secuencia cero.



Si el sistema trifásico está desbalanceado, habrá una circulación de corriente por el neutro.

$$I_{a0} = I_n / 3 \quad \dots (6)$$

$$I_n = 3 I_{a0} \quad \dots (7)$$

Ecuación básica para el cálculo de corto circuito a tierra.

Procediendo en forma análoga a los voltajes con las corrientes; tenemos su forma matricial:

$$\begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} = 1/3 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{vmatrix} \quad \dots (8)$$

## f. Impedancias y diagramas de secuencia.

**1) Impedancias de secuencia.** La caída de tensión en un circuito, originada por la corriente de una secuencia determinada, depende directamente de la impedancia.

La impedancia de un circuito cuando por él circulan solamente corrientes de secuencia positiva se llama "*Impedancia a la corriente de secuencia positiva  $Z_1$* ". Similarmente, si sólo existen corrientes de secuencia negativa, la impedancia se denomina "*Impedancia a la corriente de secuencia negativa  $Z_2$* ". Cuando existen únicamente corrientes de secuencia cero, la impedancia se llama "*Impedancia a la corriente de secuencia cero  $Z_0$* ". Estas designaciones de las impedancias de un circuito a las corrientes de las distintas secuencias se suelen abreviar, reduciéndolas a las denominaciones: "*Impedancia de secuencia positiva  $Z_1$* ", "*Impedancia de secuencia negativa  $Z_2$* " e "*Impedancia de secuencia cero  $Z_0$* ".

Como las corrientes de secuencia de una fase dan lugar a caídas de tensión solamente de la misma secuencia y son independientes de las corrientes de las otras secuencias, en un sistema desbalanceado las corrientes de cualquier secuencia pueden considerarse que se encuentran circulando en una red independiente, formada solamente por las impedancias a la corriente de la secuencia en cuestión.

La red de secuencia incluye las c.e.m. generadas de secuencia igual. Las redes de secuencia que transportan las corrientes  $I_{a1}$ ,  $I_{a2}$  e  $I_{a0}$  se interconexionan para presentar diversas condiciones de fallas desbalanceadas. Por lo tanto, para calcular los efectos de una falla por el método de las componentes simétricas, es esencial determinar las impedancias de secuencia y combinarlas para formar los *Diagramas de secuencia*.

Las corrientes de secuencia cero no fluyen si el neutro del transformador no está conectado a tierra. Cuando dichas corrientes no fluyen,  $X_0$  se considera infinita.

En los cables y líneas de transmisión, las reactancias de secuencia positiva y negativa se consideran iguales. En las líneas de transmisión, la reactancia de secuencia cero dependerá de si el retorno de la corriente se hace a través del hilo de guarda o no.

Los transformadores tienen reactancia de secuencia negativa y positiva iguales ( $X_1 = X_2$ ). La reactancia de secuencia cero ( $X_0$ ) también tiene el mismo valor, excepto en los transformadores tipo acorazado.

**2) Impedancia de las máquinas rotatorias.** Como se mencionó en el inciso anterior, la corriente que las máquinas eléctricas rotatorias aportan a la falla, está limitada por su impedancia  $Z$  y decrece exponencialmente con el tiempo a partir del valor que adquiere inmediatamente después de ocurrir la falla; por consecuencia la impedancia que las máquinas rotatorias presentan al corto circuito es variable.

Para simplificar el análisis de la impedancia de una máquina rotatoria, se desprecia la resistencia y se considera en principio la reactancia, que no es un valor simple como en el caso de la impedancia de los transformadores o de los cables, ya que para éstas máquinas es un valor complejo y variable con el tiempo. Las expresiones para analizar la variación de las reactancias en cualquier instante, requieren de una formulación complicada por involucrar al tiempo como una de las variables. Por lo tanto, con el propósito nuevamente de simplificar, se consideran tres valores de reactancias para generadores y motores en el estudio de corto circuito en tiempos específicos. A éstos valores se les conoce como:

- a) Reactancia subtransitoria  $X''_d$
- b) Reactancia transitoria  $X'_d$
- c) Reactancia síncrona  $X_s$

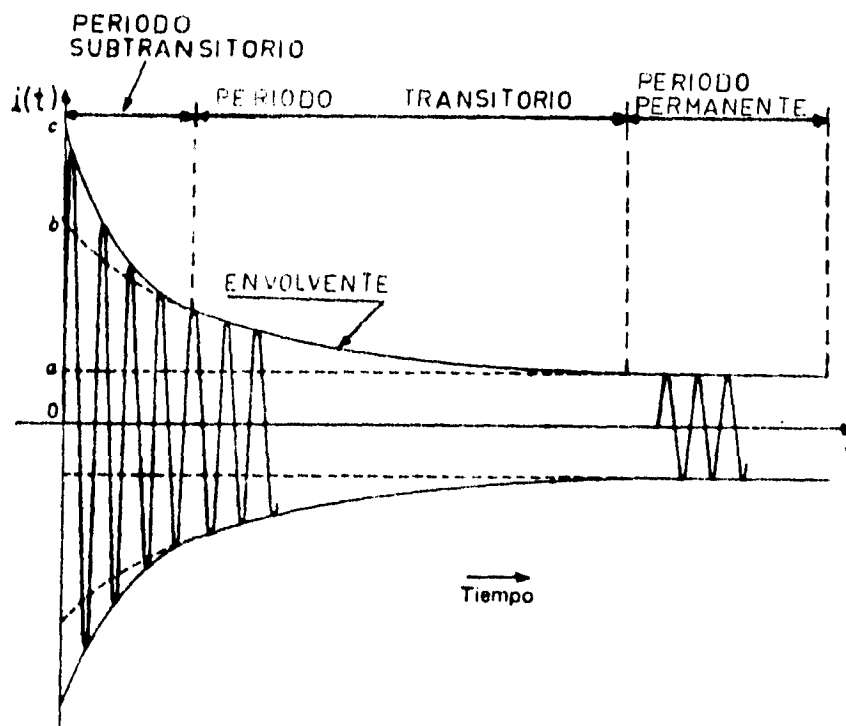


Fig. La corriente en función del tiempo de un alternador de 208 V - 30 kW, cortocircuitado funcionando en vacío, la componente unidireccional transitoria de la corriente ha sido eliminada al volver a dibujar el oscilograma.

- a) **Reactancia subtransitoria  $X''_d$** . Es la reactancia aparente del devanado del estator en el instante en que ocurre el corto circuito y determina el valor de la corriente que circula durante los primeros ciclos después de la falla.

En la figura anterior, éste valor pico de corriente es representado por las ordenadas  $oc$ ; al valor eficaz de ésta corriente es denominada *Corriente subtransitoria*  $|I''|$  y será igual al cociente de la corriente  $I_{oc} / \sqrt{2}$ . A la corriente subtransitoria se le llama frecuentemente *Corriente eficaz simétrica inicial*, lo que es más descriptivo porque lleva consigo la idea de despreciar la componente de directa y tomar el valor eficaz de la componente alterna de la corriente, inmediatamente después de presentarse la falla.

$$X''_d = |E_g| / |I''| \quad \dots (9a)$$

donde:  $|E_g|$  = Tensión en vacío del generador  
 $|I''| = I_{oc} / \sqrt{2}$  = Corriente subtransitoria o corriente eficaz simétrica inicial.

- b) **Reactancia transitoria  $X'_d$** . Esta reactancia determina la corriente que sigue al periodo cuando la reactancia subtransitoria decae, la reactancia transitoria es efectiva después de uno y medio o hasta diez ciclos dependiendo esto del diseño de la máquina y del sistema.

En la figura anterior, éste valor pico de corriente es representado por las ordenadas  $ob$ ; al valor eficaz de ésta corriente es denominada *Corriente en régimen transitorio* o simplemente *Corriente transitoria*.

$$X'_d = |E_g| / |I'| \quad \dots (9b)$$

donde:  $|I'| = I_{ob} / \sqrt{2}$  = Corriente transitoria o corriente en régimen transitorio.

- c) **Reactancia sincrónica  $X_s$** . Esta reactancia es la que determina la corriente que circula cuando opera en estado permanente. No es efectiva hasta después de varios segundos después de que ocurre el corto circuito, por lo que se NO se usa normalmente en el análisis de corto circuito. A la reactancia sincrónica es también denominada *Reactancia permanente* por la razón de que no varía con respecto al tiempo.

En la figura anterior, éste valor pico de corriente es representado por las ordenadas  $oa$ ; al valor eficaz de ésta corriente es denominada *Corriente en régimen permanente* o bien, *Corriente sincrónica*. Puesto que el Factor de potencia es bajo durante el corto circuito, se desprecia la resistencia relativamente pequeña del inducido.

$$X_s = |E_g| / |I| \quad \dots (10)$$

donde:  $|I| = I_{oa} / \sqrt{2}$  = Corriente sincrónica o corriente en régimen permanente.

donde se cumple que:

$$X''_d < X'_d < X_s \quad \dots (11)$$

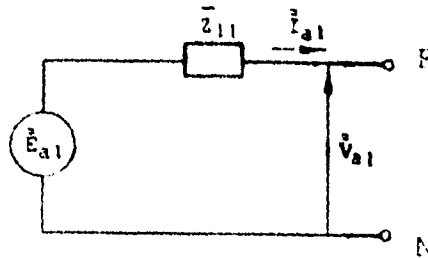
- Los motores de inducción, no tienen devanado de excitación en corriente directa, pero las barras del rotor actúan como el devanado de amortiguamiento en un generador. Por lo tanto, los motores de inducción, se dice que sólo tienen reactancia subtransitoria.

- Los motores síncronos tienen físicamente las mismas reactancias que los generadores, pero desde luego con diferente valor.
- La reactancia subtransitoria generalmente es igual a la reactancia de secuencia negativa ( $X_2$ ), excepto en los casos de generadores hidráulicos sin devanados amortiguadores.

**3) diagramas o redes de secuencia.** El objeto de obtener los valores de las impedancias de secuencia de un sistema eléctrico es hacer posible la construcción de los diagramas o redes de secuencia de todo el sistema. El diagrama de una secuencia en particular muestra todos los caminos para la circulación de la corriente, de tal secuencia en el sistema.

**Diagrama de secuencia positiva.** Se obtiene reemplazando cada elemento del sistema por su impedancia (como las reactancias de máquinas rotatorias, transformadores y líneas alimentadoras) y cada generador por una fuente de voltaje en serie con su impedancia de secuencia positiva.

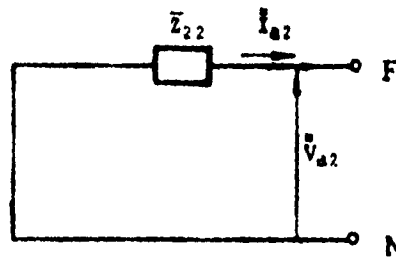
Los generadores, motores síncronos y de inducción son fuentes de voltaje y corriente de secuencia positiva.



En donde se cumple la siguiente ecuación:

$$V_{a1} = E_{a1} - Z_{11} I_{a1} \quad \dots (12)$$

**Diagrama de secuencia negativa.** Generalmente es una copia del diagrama de secuencia positiva y como las impedancias de secuencia positiva y negativa son las mismas en un sistema simétrico estático, la conversión de un diagrama de secuencia positiva a un diagrama de secuencia negativa, se lleva a cabo, cambiando si es necesario, solamente las impedancias que representan las máquinas rotatorias y omitiendo las fuentes de voltaje como las de los generadores. Estas fuentes de voltaje se suprimen ya que ninguna máquina rotatoria síncrona opera con secuencias de fases inversa, fueron diseñadas para generar u operar con tensiones balanceadas de secuencia de fases positiva ABC.

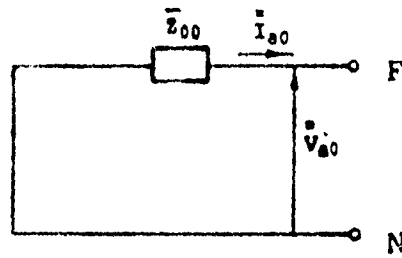


En donde se cumple la siguiente ecuación:

$$V_{a_2} = -Z_{22} I_{a_2} \quad \dots (13)$$

**Diagrama de secuencia cero.** Un sistema trifásico funciona como monofásico en lo que respecta a las corrientes de secuencia cero, ya que las corrientes de secuencia cero tienen el mismo valor absoluto e igual fase en cualquier punto en todas las fases del sistema. Por consiguiente, éstas corrientes circularán durante la falla a tierra solamente si existe un camino de retorno (neutro o conexión a tierra) por el cuál pueda cerrarse el circuito.

Es necesario considerar la forma en cómo se encuentran los neutros de los elementos conectados a tierra. Se deberán mostrar en los diagramas las impedancias a tierra con tres veces su valor nominal.



En donde se cumple la siguiente ecuación:

$$V_{a_0} = -Z_{00} I_{a_0} \quad \dots (14)$$

**Resumiendo:**

- a) Los voltajes de secuencia positiva, negativa y cero, inducen únicamente corrientes de secuencia positiva, negativa o cero, respectivamente.
- b) Corrientes de determinada secuencia, sólo podrán producir voltajes de esa misma secuencia.
- c) Las diferentes secuencias son independientes.
- d) Los elementos activos de la red sólo generan voltajes de secuencia positiva; ya que, para que una máquina genere tensiones de secuencia negativa, tendría que girar en sentido contrario.
- e) Los voltajes de secuencia negativa y cero, se consideran en el punto de falla y disminuyen en magnitud conforme se alejan de éste.
- f) El voltaje de secuencia positiva en el punto de falla es cero y es máximo en los puntos de generación.
- g) Como las corrientes de secuencia cero están en fase y son de la misma magnitud, necesitan el neutro o la conexión a tierra para poder circular.

- h) El neutro es la barra de referencia de los diagramas de secuencia positiva y negativa para especificar caídas de tensión.
- i) La impedancia conectada entre el neutro de una máquina y tierra no forma parte del diagrama de secuencia positiva ni del diagrama de secuencia negativa, porque ni la corriente de secuencia positiva ni la corriente de secuencia negativa pueden circular por ésta impedancia conectada.
- j) La conexión para el banco de transformadores en estrella aterrizada, es una conexión en serie para cada uno de los tres diagramas de secuencia.

**4) Teorema de Thévenin.** El voltaje durante una falla de corto circuito, puede considerarse igual al voltaje que existía un instante antes de la falla. Entonces el teorema de Thévenin establece que " La corriente de corto circuito en un punto es igual al cociente del voltaje que había en ese punto antes de ocurrir la falla, entre la impedancia equivalente del sistema; visto desde el punto de análisis (incluyendo las impedancias de todas las fuentes), con todas las otras fuentes de voltaje iguales a cero. Entonces la corriente de falla en un instante dado, se obtiene simplemente con la ley de Ohm:

$$I_{cc} = V / Z_{eq} \quad \dots (15)$$

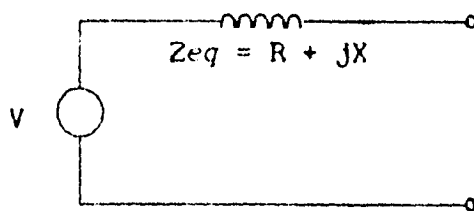


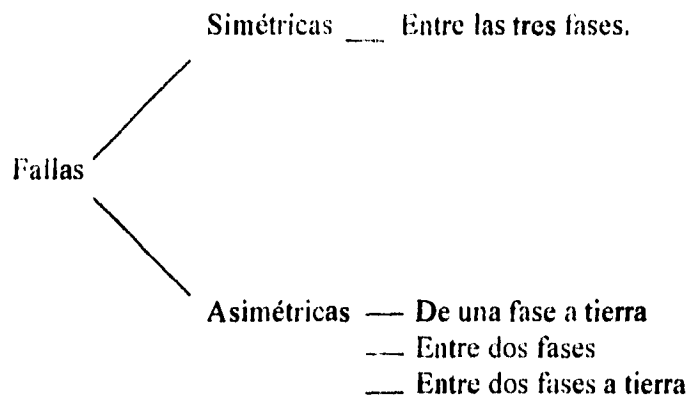
fig. Diagrama equivalente del sistema para el cálculo de la corriente de corto Circuito.

### g. Tipos de fallas.

**Causas.** Las fallas o corto circuitos en un sistema, pueden ocurrir por diferentes circunstancias:

- Fallas de aislamiento. Por desperfectos en el mismo sistema.
- Errores de operación.
- Deficiencias en el mantenimiento.
- Ondas de voltaje peligrosas.
- Vandalismo. Provoca fallas intencionales.
- Agentes naturales. Viento, ramas de árboles, pájaros, roedores, contaminación, temblores.
- Accidentes automovilísticos.

**Clasificación.** Las fallas pueden clasificarse de la siguiente manera:



Para los tipos de falla indicados, pueden considerarse dos casos:

- Falla directa o sólida
- Falla a través de una impedancia

Este último caso se presenta por ejemplo, cuando la falla se establece a través de un arco eléctrico.

**1) Falla simétrica.** Es una de las fallas más críticas, pero no producen desbalanceo al sistema.

**2) Fallas asimétricas.** Son igualmente una de las fallas más críticas, pero sí producen desbalanceo al sistema.

La magnitud de las corrientes de falla dependen de varios factores:

- Del tipo de falla producida.
- Características físicas del sistema. Componentes, impedancias, etc..
- Del punto de ocurrencia de la falla. Será más crítica cerca de la planta generadora.

La mayor parte de las fallas o corto circuitos en los sistemas de energía son asimétricas, lo que da lugar a que circulen por el sistema corrientes desbalanceadas. Uno o dos conductores abiertos dan lugar a fallas asimétricas, ya sea por rotura de uno o dos conductores, o bien por la acción de fusibles u otros dispositivos que no abran simultáneamente las tres fases.

Para poder estudiar el comportamiento de un sistema bajo condiciones de falla, es necesario evaluar las condiciones en el punto de falla y representar el circuito en el sistema por medio de sus componentes simétricas. A éste tipo de análisis se denominó "Método de las componentes simétricas".

Es muy útil éste método de las componentes simétricas, para analizar y determinar la corrientes y tensiones en todas las partes del sistema, después de que se presenta alguna de tales fallas.

En un sistema eléctrico trifásico pueden ocurrir las siguientes fallas:

a) *Falla de una fase a tierra.* Es llamada también *falla monofásica*, se presenta en los sistemas con el neutro sólidamente conectado a tierra, ésta falla es igual o ligeramente menor que la falla trifásica

(excepto cuando se conectan los neutros a tierra a través de un valor elevado de impedancia, en el que el valor de corriente es significativamente menor).

El análisis de la falla monofásica, es necesario en las instalaciones comerciales e industriales que tienen el neutro sólidamente aterrizado en el lado de baja tensión. Para éste análisis, se requiere del método de las componentes simétricas.

Las fallas monofásicas y trifásicas son las que producen los efectos más severos al sistema.



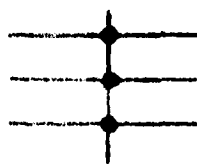
b) *Falla entre dos fases.* Es llamada también *falla bifásica*, el análisis de éste tipo de falla no siempre se requiere, ya que no representa el máximo valor, Este valor es aproximadamente un 15 % menor que la monofásica o trifásica.



c) *Falla de dos fases a tierra.* Es llamada también *falla bifásica a tierra*, al igual que la falla anterior no se requiere por no representar al valor máximo.



d) *Falla entre tres fases.* Es llamada también *falla trifásica*, aún cuando ésta falla no sea la más frecuente, resulta al igual que la falla monofásica, la de efectos más severos al sistema. razón por la cual es básico el análisis de éste tipo de falla para las instalaciones industriales y comerciales.





## 2. Método “En por unidad”.

### a. Definición de los valores *en por unidad* y *en porciento*.

El voltaje y la potencia en los sistemas eléctricos trifásicos de potencia y en las instalaciones industriales, son cuantificados comúnmente con las unidades kilovolt (KV) y kilovolt-Ampere (KVA) respectivamente.

Estas cantidades, junto con la corriente y los valores de impedancias, se expresan en forma común *en por unidad* o *en porciento* para simplificar notación y cálculos, en especial cuando en un mismo sistema eléctrico se manejan distintos niveles de voltaje y distintos valores de potencia en los equipos. Estos conceptos son aplicables a sistemas eléctricos trifásicos balanceados o con un nivel de desbalance tolerable.

**Valor en por unidad.** Un valor o cantidad expresado *en por unidad*, es la relación de esa cantidad entre un valor denominado base, ambos con las mismas unidades y expresados en forma decimal. Por lo tanto éstos valores son adimensionales.

**Valor en porciento.** Un valor o cantidad expresado *en porciento*, es cien veces una cantidad en por unidad, ambos son usados a conveniencia o facilidad en el uso para su análisis.

Los valores tales como:

- Voltaje (V)
- Corriente (I)
- Potencia Real (P)
- Potencia Reactiva (Q)
- Potencia Aparente (S)
- Resistencia (R)
- Reactancia (X)
- Impedancia (Z)

Se pueden expresar *en por unidad* o *en porciento* de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$\text{cantidad en por unidad} = \text{cantidad} / \text{cantidad base} \quad \dots(16)$$

$$\text{cantidad en porciento} = (\text{cantidad en por unidad}) \cdot 100 \quad \dots(17)$$

donde: la “cantidad” es un valor escalar o complejo, expresado en sus propias unidades.

la “cantidad base” es un valor de referencia, seleccionado en forma arbitraria o a conveniencia; con el fin de minimizar cálculos.

### b. Ventajas del análisis *en por unidad*.

Al hacer uso de éste método en los sistemas eléctricos y representar cada uno de sus valores *en por unidad*, representa una gran facilidad y simplificación de trabajo. Resumiendo algunas de sus ventajas tenemos:

- 1) Su representación resulta ser una forma más directa de comparar datos, ya que las magnitudes relativas se pueden comparar directamente.
- 2) Para cualquier transformador la impedancia *en por unidad*, una vez expresada en la base adecuada; no necesitamos especificar si está referida al primario o al secundario, ya que el valor equivalente es el mismo y por lo tanto el diagrama de impedancias es el mismo.
- 3) La impedancia de un circuito equivalente *en por unidad* de un transformador en un sistema trifásico es la misma, independientemente del tipo de conexión que se tenga (delta-estrella, delta-delta, etc.), aunque la conexión determina la relación entre las tensiones base de los dos lados del transformador.
- 4) El método *en por unidad*, es independiente de los cambios de voltaje y de los defasamientos.
- 5) Los fabricantes de equipos eléctricos, normalmente especifican la impedancia de los mismos equipos *en por unidad* o *en por ciento* a la base de sus datos de placa, por lo que éstos valores se pueden usar directamente o realizando un cambio de bases si es necesario.
- 6) Los valores *en por unidad* de impedancias de los equipos caen dentro de una banda muy estrecha, en tanto que los valores en Ohms lo hacen en un rango muy amplio.

Por ésta razón:

- Es más frecuente encontrar valores característicos de impedancias *en por unidad* de los equipos.
  - Si no se conoce la impedancia, generalmente es posible seleccionarla a partir de datos tabulados, proporcionando un valor razonablemente correcto. La experiencia con éste método, familiariza con los valores adecuados de las impedancias *en por unidad* para diferentes tipos de equipos.
- 7) Para el análisis de corto circuito, si empleamos éste método, los voltajes de las fuentes se pueden tomar como valores unitarios (1.0).
  - 8) El producto de cantidades *en por unidad* da otra cantidad *en por unidad*, mientras que el producto de dos cantidades *en por ciento* debe dividirse entre cien para obtener el resultado *en por ciento*.

#### En circuitos trifásicos:

- 9) El voltaje de línea o entre fases es igual al voltaje al neutro.

$$\bar{V}_L = \bar{V}_n = \sqrt{3} \cdot \bar{V}_{Bn}$$

donde:  $\bar{V}_L$  = Voltaje de línea o entre fases, *en por unidad*.

$\bar{V}_n$  = Voltaje al neutro, *en por unidad*.

$\bar{V}_{Bn}$  = Voltaje base al neutro, *en por unidad*.

- 10) La impedancia entre fases, es igual a la impedancia por fase.

$$\bar{Z}_{ab} = \bar{Z}_a \quad \Leftrightarrow \quad \bar{Z}_{BL} = 3 \cdot \bar{Z}_B$$

donde:  $\bar{Z}_{ab}$  = Impedancia entre la fases a y b, *en por unidad*.  
 $\bar{Z}_a$  = Impedancia de la fase a, *en por unidad*.  
 $\bar{Z}_{BL}$  = Impedancia base de línea o entre fases, *en por unidad*.  
 $\bar{Z}_B$  = Impedancia base por fase, *en por unidad*.

**11) La potencia aparente trifásica es igual a la potencia aparente monofásica**

$$\bar{S}_{3\phi} = \bar{S}_{1\phi} \quad \Leftrightarrow \quad \bar{S}_{B3\phi} = 3 \cdot \bar{S}_{B1\phi}$$

donde:  $\bar{S}_{3\phi}$  = Potencia aparente trifásica, *en por unidad*.  
 $\bar{S}_{1\phi}$  = Potencia aparente por fase, *en por unidad*.  
 $\bar{S}_{B3\phi}$  = Potencia base aparente trifásica, *en por unidad*.  
 $\bar{S}_{B1\phi}$  = Potencia base aparente por fase, *en por unidad*.

**12) Para circuitos conectados en delta, la corriente entre fases es igual a la corriente por fase.**

$$\bar{I}_{ab} = \bar{I}_a \quad \Leftrightarrow \quad \bar{I}_{BL} = \bar{I}_B / \sqrt{3}$$

donde:  $\bar{I}_{ab}$  = Corriente entre las fases, *en por unidad*.  
 $\bar{I}_a$  = Corriente de la fase a, *en por unidad*.  
 $\bar{I}_{BL}$  = Corriente base de línea o entre fases, *en por unidad*.  
 $\bar{I}_B$  = Corriente base por fase, *en por unidad*.

**c. Selección de las bases para los valores *en por unidad*.**

En un sistema eléctrico generalmente se involucran siete cantidades en los cálculos.

NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDAD
Corriente	I	Amperes
Tensión o Voltaje	V	Volts o kV
Potencia aparente	S	Voltamperes, KVA o MVA
Impedancia	$\Omega$	Ohms
Angulo de fase	$\theta$	adimensional
Tiempo	t	Segundos
Frecuencia	Hz	Hertz

En el método *en por unidad* es común expresar las ecuaciones en el dominio del tiempo, en lugar de expresarlas en el dominio de la frecuencia y se considera al sistema en estado estable, razón por la cuál el tiempo se suprime en la notación fasorial y de las cinco cantidades restantes una es adimensional y las otras cuatro (Corriente, Voltaje, Potencia aparente e Impedancia) están relacionadas de tal manera que la selección de valores base para dos de ellas, determina los valores base para las otras dos.

Las cantidades tomadas como referencia y conocidas comúnmente como bases, son fasores y por lo tanto, hay que seleccionar tanto el módulo como el ángulo de cada una. Para que los números *en por unidad* conserven sus ángulos, nos conviene seleccionar el ángulo de cero grados para las cantidades base.

$$\bar{S} = S / S_B \quad \dots(18)$$

$$\bar{V} = V / V_B \quad \dots(19)$$

$$\bar{I} = I / I_B \quad \dots(20)$$

$$\bar{Z} = Z / Z_B \quad \dots(21)$$

donde:  $S_B = | S_B | \angle 0^\circ \dots(22)$

$$V_B = | V_B | \angle 0^\circ \quad \dots(23)$$

$$I_B = | I_B | \angle 0^\circ \quad \dots(24)$$

$$Z_B = | Z_B | \angle 0^\circ \quad \dots(25)$$

Dado que el voltaje nominal de la línea alimentadora es conocido, así como el de los equipos a instalar el *Voltaje* es la primera base conveniente a seleccionar. Es común seleccionar como voltaje base, el voltaje nominal del sistema y aquel que se aplica a los transformadores.

Como la *Potencia aparente* (Voltamperes o KVA) también es conocida, ésta se selecciona como la segunda base con un valor conveniente.

La selección de los valores base de voltaje y potencia, se hace con el objeto de reducir en lo posible el trabajo exigido por el cálculo. Primero se selecciona una base para una parte del circuito y después debe determinarse la base en otras partes del mismo, separadas de la primera parte por transformadores. La base elegida debe ser tal que lleve la tensión y la corriente a valores aproximadamente iguales a la unidad, de forma que se simplifique el cálculo. Se ahorrará mucho tiempo si la base se selecciona de forma que pocos valores *en por unidad*, ya conocidos tengan que convertirse a una nueva base. Para un adecuado manejo de éstos valores *en por unidad*, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- En los sistemas trifásicos, se prefiere trabajar con potencias trifásicas y voltajes entre fases o de línea-línea.
- Cuando un fabricante da la resistencia y reactancia de un equipo (como los transformadores y el electroducto) *en por unidad* o *en porciento*, se sobreentiende que las bases son la *Potencia* y el *Voltaje* (KVA y KV respectivamente) nominales del equipo, si es necesario se deberá realizar un cambio de bases para su análisis dentro del sistema.
- Una base de Potencias y Voltajes se selecciona en una parte del sistema.

- La misma Potencia base es única en un sistema y se usará en todas las partes del mismo, no así el voltaje base que al seleccionarlo arbitrariamente en un punto, todos los voltajes de las otras partes del sistema separadas por los transformadores, se determinarán por la relación de transformación de los mismos transformadores.
- Para tres transformadores monofásicos conectados como unidad trifásica, las especificaciones trifásicas se extraen de la especificación monofásica de cada transformador individual. La impedancia en porcentajes para la unidad trifásica es la misma que para cada transformador individual.

#### d. Relaciones generales de los valores en por unidad.

**Nomenclatura.** En el presente trabajo se hará uso del subíndice "B" para expresar los valores base de las cantidades eléctricas antes mencionadas. A su vez, se hará uso también de un "guión" arriba del símbolo de las cantidades eléctricas para indicar que se trata de valores en por unidad. Por lo tanto, podemos escribir algunas relaciones en por unidad de la siguiente forma.

#### Relaciones generales para las bases de sistemas trifásicos.

NOMBRE	SÍMBOLO	RELACION [UNIDAD]	RELACION [UNIDAD]
Potencia base trifásica total	$S_{B3\emptyset}$	$KVA_{B3\emptyset}$	$MVA_{B3\emptyset}$
Voltaje base de línea o entre fases	$V_{BLL}$	$KV_{BLL}$	...
Corriente base por fase	$I_B$	$I_B = (S_{B3\emptyset} / \sqrt{3} \cdot V_{BLL}) [A]$ $I_B = (KVA_{B3\emptyset} / \sqrt{3} \cdot KV_{BLL}) [A]$	$I_B = (MVA_{B3\emptyset} \cdot 10^3 / \sqrt{3} \cdot KV_{BLL}) [A]$
Impedancia base por fase	$Z_B$	$Z_B = ((KV_{BLL})^2 \cdot 10^3 / KVA_{B3\emptyset}) [\Omega]$	$Z_B = ((KV_{BLL})^2 / MVA_{B3\emptyset}) [\Omega]$

donde los subíndices significan: B → "Base", LL → "de línea a línea" y 3∅ → "trifásico".

#### Relaciones generales para las bases de sistemas monofásicos.

NOMBRE	SÍMBOLO	RELACION [UNIDAD]	RELACION [UNIDAD]
Potencia base por fase	$S_{B1\emptyset}$	$KVA_{B1\emptyset}$	$MVA_{B1\emptyset}$
Voltaje base respecto al neutro	$V_{BLN}$	$KV_{BLN}$	...
Corriente base de línea	$I_B$	$I_B = (S_{B1\emptyset} / V_{BLN}) [A]$ $I_B = (KVA_{B1\emptyset} / KV_{BLN}) [A]$	$I_B = (MVA_{B1\emptyset} \cdot 10^3 / KV_{BLN}) [A]$
Impedancia base de línea	$Z_B$	$Z_B = ((KV_{BLN})^2 \cdot 10^3 / KVA_{B1\emptyset}) [\Omega]$	$Z_B = ((KV_{BLN})^2 / MVA_{B1\emptyset}) [\Omega]$

donde los subíndices significan: B → "Base", LN → "por fase y de línea a neutro" y 1∅ → "monofásico".

NOTA:  $V_{LL} = \sqrt{3} \cdot V_{LN}$

Para convertir valores de reactancia a valores *en por unidad* enunciaremos a continuación algunas de las principales fórmulas, cabe aclarar que la fórmula (30) que se da posteriormente para realizar cambio de bases de las impedancias o reactancias, complementan este breviario.

**Reactancia de la Compañía de suministro.**

$$\bar{X} = KVA_B / KVA_{CC3\phi} \quad \dots (26)$$

donde:  $\bar{X}$  = Reactancia de la Compañía de suministro, *en por unidad*.  
 $KVA_B$  = Potencia base.  
 $KVA_{CC3\phi}$  = Potencia de corto circuito trifásico.

**Reactancia de cables y buses alimentadores.**

$$\bar{X} = X (KVA_B) / 10^3 \cdot (KV_B)^2 \quad \dots (27)$$

donde:  $\bar{X}$  = Reactancia del bus alimentador, *en por unidad*.  
 $X$  = Reactancia del bus alimentador, en Ohms.

**Capacidad interruptiva de los dispositivos de protección.**

$$S_{CC} = \bar{I} \cdot I_B \quad [A] \quad \dots (28)$$

o bien:

$$S_{CC} = \bar{I} \cdot S_{B3\phi} \quad [A] \quad \dots (29)$$

**e. Cambio de base para los valores *en por unidad*.**

Todas las impedancias en un sistema se deben expresar sobre la misma base para el análisis, como normalmente las impedancias de los equipos vienen dadas del fabricante, considerando bases distintas a las bases del sistema de potencia en cuestión, será necesario convertir todos los valores a una base común seleccionada.

Definiremos a los valores base de Impedancia, Voltaje y Potencia anteriores o antiguos del equipo en cuestión, como:  $Z_{B0}$ ,  $V_{B0}$  y  $S_{B0}$  respectivamente. Se definirán también, a los valores actuales o nuevos de acuerdo con las bases del sistema de potencia como:  $Z_{BN}$ ,  $V_{BN}$  y  $S_{BN}$ . De tal forma que la ecuación que nos permite cambiar de base cualquier valor de impedancia *en por unidad* sin tener conocimiento del valor óhmico  $Z_{ohms}$ , será:

$$\bar{Z}_N = \bar{Z}_0 \cdot (\bar{V}_{B0} / \bar{V}_{BN})^2 \cdot (\bar{S}_{BN} / \bar{S}_{B0}) \quad \dots (30a)$$

$$\bar{Z}_N = \bar{Z}_0 \cdot (\bar{KV}_{B0} / \bar{KV}_{BN})^2 \cdot (\bar{KVA}_{BN} / \bar{KVA}_{B0}) \quad \dots (30b)$$

### f. Conversión de valores *en por unidad* a valores reales.

Una vez que los cálculos *en por unidad* de algún sistema de potencia se han terminado y se requiere convertir éstas cantidades a valores reales, el procedimiento se realiza en forma inversa a la propia definición de un valor *en por unidad*, de tal forma que, para cada una de las principales cantidades eléctricas tenemos:

$$\text{Potencia real} \quad P = \bar{P} \cdot S_B \text{ (W)} \quad \dots(31)$$

$$\text{Potencia reactiva} \quad Q = \bar{Q} \cdot S_B \text{ (VAR)} \quad \dots(32)$$

$$\text{Corriente} \quad I = \bar{I} \cdot I_B \text{ (A)} \quad \dots(33)$$

$$\text{Voltaje} \quad V = \bar{V} \cdot V_B \text{ (V)} \quad \dots(34)$$

$$\text{Impedancia} \quad Z = \bar{Z} \cdot Z_B \text{ (\Omega)} \quad \dots(35)$$

### 3. Análisis de corto circuito - Método "En por unidad".

El determinar las corrientes de corto circuito es uno de los aspectos más importantes en el diseño de un sistema eléctrico, los efectos de éstas corrientes en el sistema y en cada uno de sus componentes deben ser considerados y previstos.

El estudio de corto circuito es de gran importancia porque en él se analizan las magnitudes de la corriente anormal que debido a posibles fallas circulan en el sistema.

#### a. Procedimiento para el análisis de fallas por corto circuito.

Los siguientes pasos son consideraciones básicas a seguir en el estudio de corto circuito; desde luego que con la práctica algunos de los siguientes pasos se pueden combinar o simplificar.

**1) Diagrama unifilar.** Es la representación de un sistema eléctrico mediante una sola línea, empleando símbolos convencionales. Este diagrama deberá contener la siguiente información:

- Fuentes de alimentación, incluyendo en valor de KVAcc o Xeq. del sistema eléctrico en estudio.
- Calibre, tipo, ampacidad y cantidad de los conductores, así como valores de reactancia y resistencia de los cables de potencia.
- Potencia (en HP o W), reactancia  $X''_d$  y tipo de conexión de cada uno de los motores eléctricos.
- Potencia (en KVA o MVA), relaciones de transformación, impedancias y tipos de conexión de los transformadores.
- Identificación y cantidad de los dispositivos de protección (Interruptores, fusibles, relevadores, etc.).

2) **Sistema en por unidad.** Establecer las condiciones de operación del sistema eléctrico en estudio *en por unidad* considerando lo siguiente:

- Dividir en zonas el sistema.
- Seleccionar bases y propagar este conjunto de bases a todos los elementos de su zona.
- Poner en por unidad las impedancias y condiciones de operación (cargas) del sistema.

Las condiciones de operación de un sistema antes de la falla se consideran balanceadas.

3) **Diagramas de impedancias.** Dibujar los circuitos equivalentes de *secuencia positiva, negativa y cero*. Reemplazando cada elemento por su impedancia y cada fuente de corto circuito (Red de alimentación, generador o motor) por una fuente de voltaje en serie con una reactancia.

4) **Puntos de falla.** Especificar los puntos de falla y el tipo de corriente de corto circuito a determinar.

5) **Circuito equivalente de Thévenin.** Por el punto de falla designado y las condiciones de la falla, reducir la red a su circuito más elemental o circuito equivalente de Thévenin para cada una de las componentes simétricas.

6) **Tipo de falla.** Aplicar el algoritmo correspondiente según el tipo de falla en estudio.

7) **Efecto global de la falla.** Calcular los efectos de la falla en todo el sistema.

8) **Capacidades interruptivas.** Una vez conocidos los efectos de la falla, calcular la capacidad interruptiva de los interruptores, fusibles y demás sistemas de protección.

9) **Obtención de valores reales.** Convertir cada uno de los valores calculados *en por unidad*, a sus unidades correspondientes.

**b. Cálculo del corto circuito. Falla trifásica.**

### **Hoja de cálculo - falla trifásica**

1) **Diagrama unifilar.** Partiendo del diagrama unifilar general, plano IE-07. Las condiciones de operación son:

De la tabla IV.C.1. →  $P_{CC3\phi} = 3.03 \text{ KA}$  → Subestación: Huasteca  
Voltaje: 23 KV  
Longitud: 4 Km

**Potencia de corto circuito trifásica:**

De la fórmula de la corriente base para sistemas trifásicos:

$$I_B = (MVA_{B3\phi} \cdot 10^3 / \sqrt{3} \cdot KV_{BLL}) [A] \quad MVA_{B3\phi} = (\sqrt{3} \cdot KV_{BLL} \cdot I_B) / 10^3$$



$$MVA_{B3\phi} = (\sqrt{3} \cdot 23 \cdot 3.03 \cdot 10^3) / 10^3 = 121 \text{ MVA}$$

**2) Sistema en por unidad.** Para poner el sistema en por unidad lo dividiremos en dos zonas:

ZONA I: Antes del transformador, o sea la Compañía suministradora.

ZONA II: Después del transformador, o sea el edificio en estudio.

Por lo tanto las bases seleccionadas serán:

BASE \ ZONA	I	II	UNIDADES
$S_{B3\phi}$	225	225	KVA
$V_{Bl.}$	23	0.22	KV
$I_B$	5.648	590.472	A
$Z_B$	2.351.111 111	0.215 111	$\Omega$

Nota: se considera un F.P. = 0.9

#### Red alimentadora:

Potencia de corto circuito trifásica.  $KVA_{CC3\phi} = 121 \text{ MVA}$

Reactancia trifásica en por unidad. De la Fórmula (26)  $\bar{X} = KVA_B / KVA_{CC3\phi}$

$$\bar{X} = 225 / 121,000 = 0.001 860$$

#### Transformador. De la tabla IV.C.3

Potencia S: 225 KVA

Voltaje al primario: 25 KV max.

Voltaje al secundario: 220/127 V

Impedancia: 5.75 %

**Reactancia en por unidad.** Para calcular la reactancia de los transformadores 1 y 2 (ambos iguales), se procede a realizar un cambio de base para el voltaje.

De la fórmula. (15).  $\bar{Z}_n = (5.75/100) (25/23)^2 (225/225) = 0.067 935$

**Motores de inducción.** Para el análisis de los motores se considera únicamente la reactancia subtransitoria  $X''_d$ . Por lo tanto de la tabla IV.C.2.

$$X''_d = 25 \%$$

Como la potencia de los motores de inducción se expresa generalmente en HP, su valor en KVA se puede determinar de dos formas:

- Valor exacto:  $KVA = (\sqrt{3} \cdot V_{nom} \cdot I_{nom}) / 1000$
- Valor aproximado: 1 HP = 1 KVA

Por cuestiones de simplificación, consideraremos este último caso, sin recurrir en un error significativo.

**Reactancias en por unidad.** Para calcular la reactancia del motor 1:

25 HP = 25 KVA  
 0.22 KV  
 68 Amperes.  
 1760 r.p.m.  
 60 Hz  
 $X''_d = 25 \%$

Se procede a realizar un cambio de base para la potencia.

De la fórmula. (15).  $\bar{Z}_n = (25/100) (0.22/0.22)^2 (225/25) = 2.25$

Procediendo de igual forma para el resto de los motores, tenemos la tabla siguiente:

**Tabla de reactancias de motores.**

No. motor	HP	Z %	$\bar{X}$
1	25	25	2.25
2	25	25	2.25
3	5	25	11.25
4	5	25	11.25
5	10	25	5.625
6	10	25	5.625
7	32	25	1.757 813
8	32	25	1.757 813

**Cables de potencia.** Para convertir las impedancias de cables (dadas en Ohms) a valores *en por unidad*, basta dividirlos entre la impedancia base "ZB" de la zona en que se encuentren. o bien, por medio de la fórmula (27).

Para la línea 1 que tiene una longitud de 47 m y una capacidad de 400 A.

De la tabla IV.C.4 leemos: Resistencia  $R = 0.002 13 \Omega / 100 \text{ ft}$   
 Reactancia  $X = 0.002 30 \Omega / 100 \text{ ft}$

Por lo que la impedancia será:  $Z = (0.002 13 + 0.002 30) \Omega / 100 \text{ ft}$

Para calcular la impedancia en  $\Omega$  /fase. para una longitud de 47 m

$$Z = (0.002 13 + 0.002 30) (\Omega / 30.48 \text{ m}) (47 \text{ m})$$

$$Z = (0.002 13 + 0.002 30) 1.541 995 \Omega / \text{fase}$$

$$Z = (0.003 284 + 0.003 547) \Omega / \text{fase} \rightarrow \text{en forma rectangular}$$

$$Z = (0.004 834 \angle 47.2^\circ) \Omega / \text{fase} \rightarrow \text{en forma polar}$$

**Valor en por unidad.** Para calcular la impedancia de la línea I en por unidad, se procede conforme a la fórmula (27), o bien, basta dividir a la impedancia calculada en ohms entre la impedancia base de la zona II.

$$\bar{Z}_{L1} = Z_{L1} / Z_B = 0.004\ 834 \angle 47.2^\circ / 0.215\ 111 = 0.022\ 472 \angle 47.2^\circ$$

poniendo la expresión anterior en forma rectangular:

$$\bar{Z}_{L1} = 0.015\ 268 + j0.016\ 488$$

Procediendo de igual forma par las líneas 2, 3 y 4, tenemos la tabla siguiente:

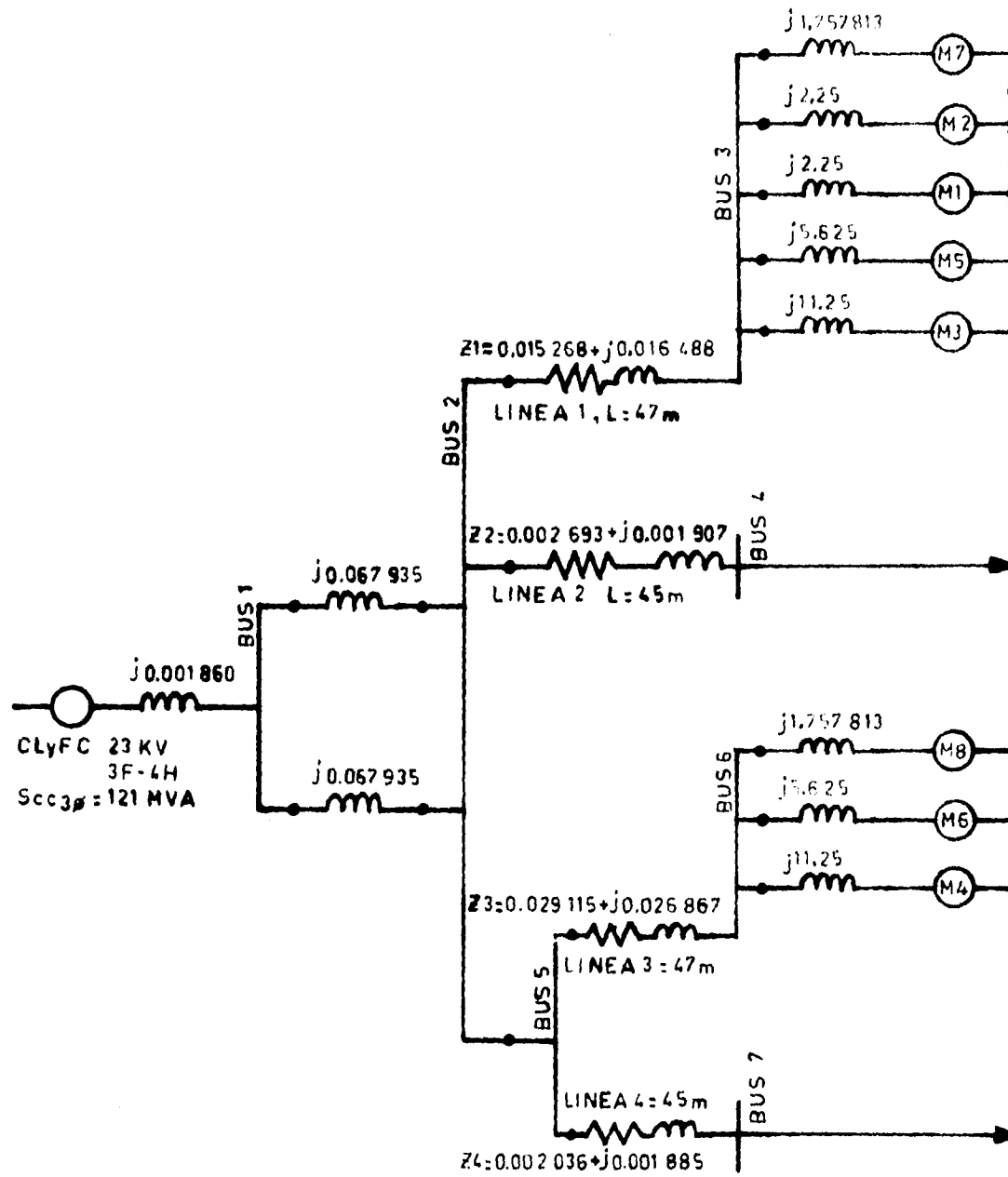
**Tabla de reactancias de las líneas.**

No. línea	Capacidad ( A )	Longitud ( m )	Impedancia (en por unidad)
1	400	47	0.015 268 + j0.016 488
2	2.500	45	0.002 693 + j0.001 907
3	225	47	0.029 115 + j0.026 867
4	225	45	0.002 036 + j0.001 885

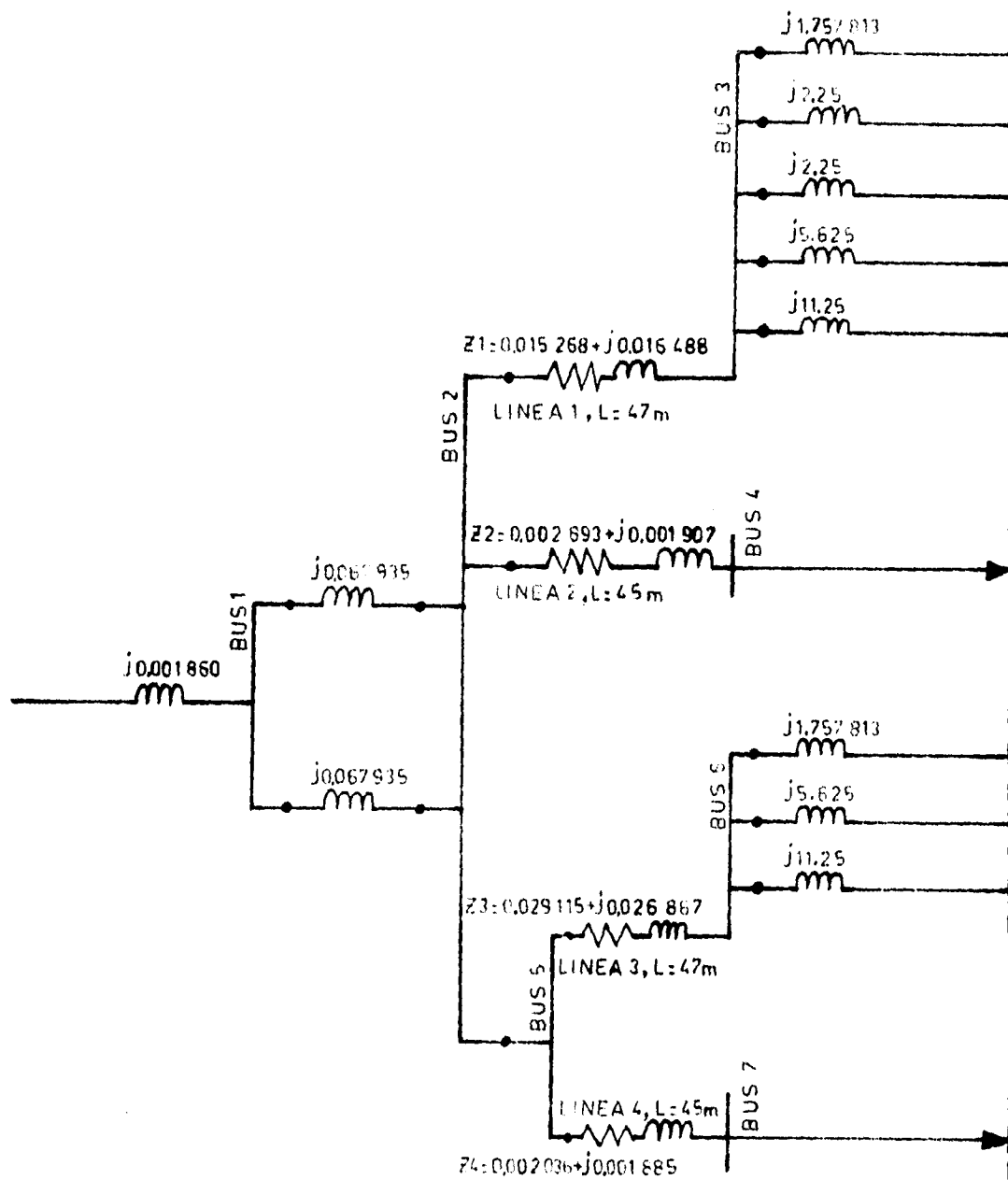
**3) Diagrama de reactancias.** Como la falla trifásica es balanceada no existen las componentes de secuencia negativa y cero, sólo existen las componentes de secuencia positiva.

**4) Puntos de falla.** Se analizará el sistema localizando los puntos de falla en cada uno de los buses indicados en el diagrama de reactancias de secuencia positiva, para determinar la capacidad interruptiva de los dispositivos de protección. Como los buses 4 y 7 alimentan a tableros de alumbrado no se considerará ésta carga para el análisis de corto circuito.

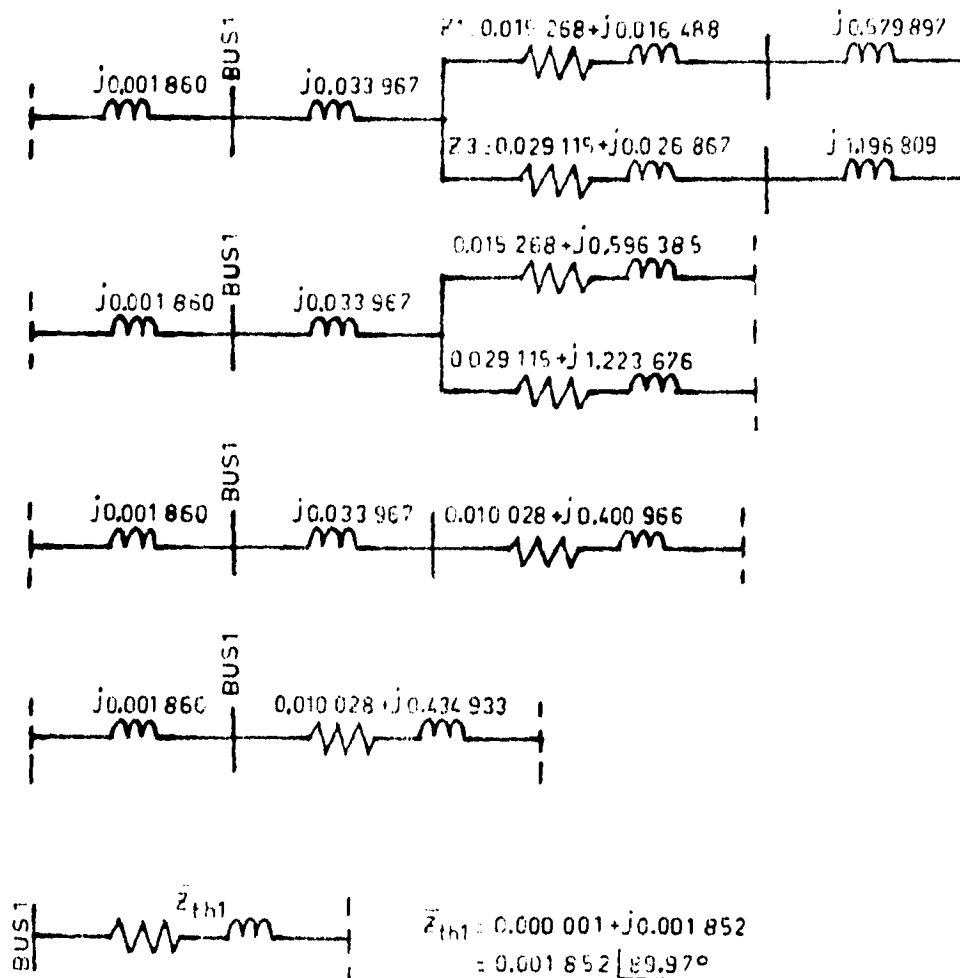
**DIAGRAMA DE REACTANCIAS DE SECUENCIA POSITIVA.**



**DIAGRAMA DE REACTANCIAS DE SECUENCIA NEGATIVA.**



5) **Equivalente de Thévenin - BUS 1.** Si ocurre una falla trifásica "F" en el bus 1, localizada en el lado de alta tensión del transformador. Obteniendo el circuito equivalente de Thévenin a la falla "F".



8) **Capacidad interruptiva en por unidad.** Para el dispositivo de protección.

Para las condiciones de operación en el lugar de la falla.

$$V = 23 \text{ KV}, \quad \bar{Z}_{th1} = 0.001852 \angle 89.97^\circ, \quad \bar{V}_F = V / V_B = 23/23 = 1$$

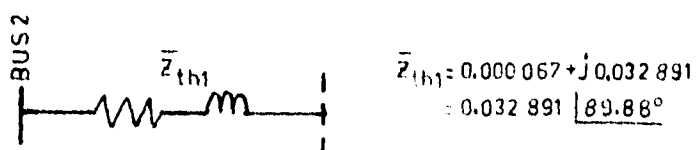
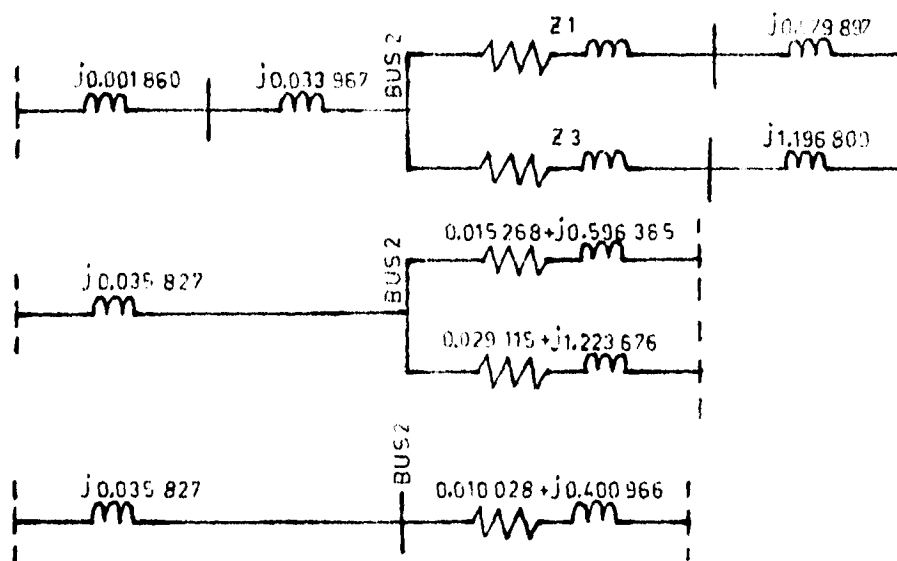
$$\text{Por lo tanto.} \quad \bar{I}_{F3\phi} = \bar{V}_F / \bar{Z}_{th1} = 1/0.001852 \angle 89.97^\circ = 539.957 \angle -89.97^\circ$$

9) **Capacidad interruptiva en Amperes.** Para el dispositivo de protección.

$$S_{CC3\phi} = \bar{I}_{F3\phi} \cdot I_B \text{ (A)}$$

$$S_{CC3\phi} = (539.957) (5.648) = 3,050 \text{ (A)}$$

**5) Equivalente de Thévenin - BUS 2.** Si ocurre una falla trifásica "F" en el bus 2, localizada en el lado de baja tensión del transformador. Obteniendo el circuito equivalente de Thévenin a la falla "F".



**8) Capacidad interruptiva en por unidad.** Para el dispositivo de protección.

Para las condiciones de operación en el lugar de la falla.

$$V = 0.22 \text{ KV}, \quad \bar{Z}_{th1} = 0.032891 \angle 89.88^\circ, \quad \bar{V}_F = V / V_{ll} = 0.22/0.22 = 1$$

$$\text{Por lo tanto, } \bar{I}_{F3\phi} = \bar{V}_F / \bar{Z}_{th1} = 1/0.032891 \angle 89.88^\circ = 30.403 \angle -89.88^\circ$$

**9) Capacidad interruptiva en Amperes.** Para el dispositivo de protección

$$S_{CC3\phi} = \bar{I}_{F3\phi} \cdot I_B \text{ (A)}$$

$$S_{CC3\phi} = (30.403) (590.472) = 17,953 \text{ (A)}$$

Procediendo de igual forma para los buses 3, 4, 5, 6 y 7, tenemos la tabla siguiente:

**Tabla de capacidades interruptivas trifásicas.**

Bus No.	$\bar{Z}_{th1}$ (en por unidad)	$S_{CC\phi}$ (A)
1	0.001 852 $\angle$ 89.97°	3,050
2	0.032 891 $\angle$ 89.88°	17,953
3	0.049 163 $\angle$ 74.79°	12,011
4	0.034 907 $\angle$ 85.47°	16,916
5	0.032 890 $\angle$ 89.88°	17,953
6	0.064 046 $\angle$ 65.65°	9,220
7	0.034 840 $\angle$ 86.54°	16,949

Como la capacidad interruptiva estándar de los Interruptores Termomagnéticos SQUARE D son:

25,000 AIC  $\Rightarrow$  240 Vac, 60 Hz

18,000 AIC  $\Rightarrow$  480Y / 277 Vac, 60 Hz

y la capacidad momentánea del electroducto es:

22,000 A  $\Rightarrow$  225, 400 y 600 A

25,000 A  $\Rightarrow$  2,500 A

Por lo cual se satisface plenamente la capacidad interruptiva requerida por el sistema.

Estos resultados son vaciados en los cuadros de cargas y en los planos eléctricos: ubicados en la parte final del presente trabajo.

**c. Cálculo del corto circuito. Falla monofásica o de fase a tierra.**

*Hoja de cálculo - falla monofásica.*

**1) Diagrama unifilar.** Partiendo del diagrama unifilar general, plano IE-07. Las condiciones de operación son:

De la tabla IV.C.1.  $\rightarrow P_{CC\phi} = 1.95 \text{ KA} \rightarrow$  Subestación: Huasteca  
 Voltaje: 23 KV  
 Longitud: 4 Km

**Potencia de corto circuito monofásica:**

De la fórmula de la corriente base para sistemas trifásicos:

$$I_B = (MVA_{B3\phi} \cdot 10^3 / \sqrt{3} \cdot KV_{BLL}) [A] \quad MVA_{B3\phi} = (\sqrt{3} \cdot KV_{BLL} \cdot I_B) / 10^3$$

$$MVA_{B3\phi} = (\sqrt{3} \cdot 23 \cdot 1.95 \cdot 10^3) / 10^3 = 78 \text{ MVA} \quad (\text{sobre base trifásica})$$

**FALLA DE ORIGEN**



**Red alimentadora:**

$$I_a = I_{CC} = (KVA_{CC1\phi} / \sqrt{3} \cdot KV_{BLL}) = (78,000 / \sqrt{3} \cdot 23) = 1,957.970 \text{ (A)}$$

$$I_B = 5.648 \text{ (A)}$$

$$\bar{I}_a = I_a / I_B = 1,957.970 / 5.648 = 346.666$$

Para falla monofásica:

$$I_{a0} = I_{f1\phi} / 3 \quad \dots(36)$$

donde:  $I_{f1\phi}$  = Corriente total de falla monofásica  
 $I_{a0}$  = Componente simétrica de secuencia cero de fase a.

$$\bar{I}_{a0} = 346.666 / 3 = 115.555$$

además:

$$\bar{I}_{a0} = V_f / Z_{th1} + Z_{th2} + Z_{th0} \quad \dots(37)$$

donde:  $V_f$  = Voltaje del sistema antes de la falla.  
 $Z_{th1}$  = Impedancia equivalente de Thévenin secuencia positiva.  
 $Z_{th2}$  = Impedancia equivalente de Thévenin secuencia negativa.  
 $Z_{th0}$  = Impedancia equivalente de Thévenin secuencia cero.

despejando  $Z_{th0}$  :

$$\bar{Z}_{th0} = (\bar{V}_f / \bar{I}_{a0}) - (2 \cdot \bar{Z}_{th1})$$

donde:  $\bar{Z}_{th1} = 0.001 \ 860$  (obtenido del análisis de falla trifásica)

$$\bar{Z}_{th0} = (1/115.555) - 2(0.001 \ 860) = 0.004 \ 934$$

**Transformador.** Del diagrama de reactancias de secuencia positiva.

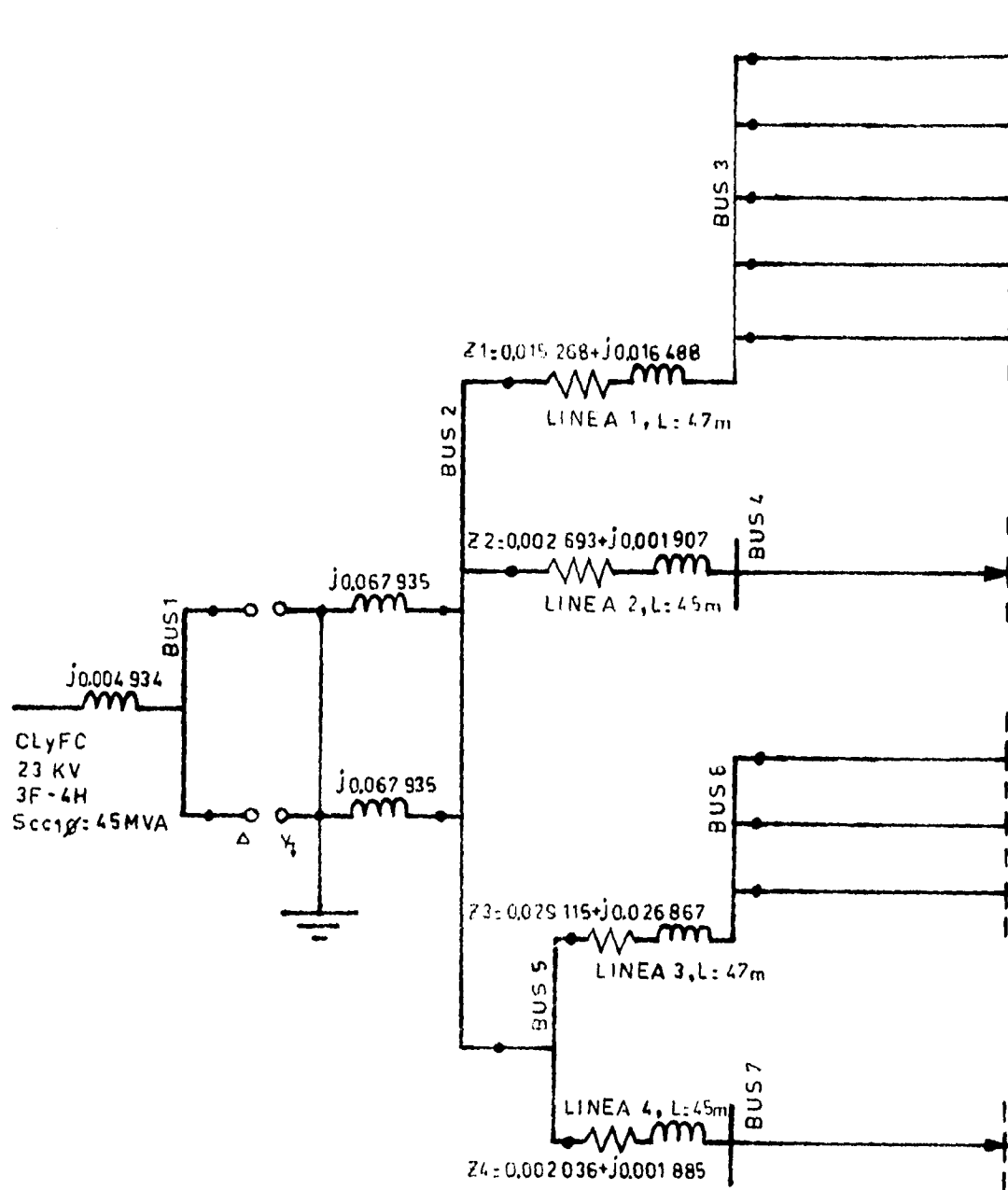
**Cables de potencia.**  $\bar{X}_0 = \bar{X}_1 = \bar{X}_2$  (ver tabla anterior del análisis de falla trifásica).

**3) Diagrama de reactancias.** Para la falla monofásica sólo existen las componentes de secuencia cero.

**4) Puntos de falla.** Se analizará el sistema localizando los puntos de falla en cada uno de los buses indicados en el diagrama de reactancias de *secuencia cero*, para determinar la capacidad interruptiva de los interruptores "S".

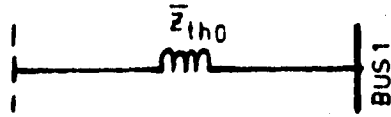
Como los buses 4 y 7 alimentan tableros de alumbrado, no se considerará ésta carga para el análisis de corto circuito, ni tampoco se considerarán las reactancias de los motores de inducción por estar en conexión delta.

**DIAGRAMA DE REACTANCIAS DE SECUENCIA CERO.**



*Analizando el bus 1:*

**5) Bus 1.** Si ocurre una falla monofásica o de fase a tierra "f" en el bus 1; localizado en el lado de alta tensión del transformador. Obteniendo la impedancia equivalente de Thévenin a la falla "f".



$$\bar{Z}_{th0} = j 0.004 934 = 0.004 934 \angle 90^\circ$$

**8) Para las condiciones de operación en el lugar de la falla**

$$V = 23 \text{ KV}$$

$$\bar{V}_f = V / V_B = 23/23 = 1$$

$$\bar{Z}_{th1} = \bar{Z}_{th2} = 0.000 001 + j0.001 852 \quad (\text{del bus1 de la falla trifásica})$$

de la fórmula (37):

$$\bar{I}_{a0} = \frac{1}{2(0.000 001 + j0.001 852) + j 0.004 934} = \frac{1}{0.000 002 + j 0.008 638}$$

$$\bar{I}_{a0} = 0.026 804 - j115.767 533 = 115.767 536 \angle -89.99^\circ$$

de la fórmula (36):

$$\bar{I}_{f1\phi} = 3 \cdot \bar{I}_{a0} = 3 (115.767 536 \angle -89.99^\circ) = 347.303 \angle -89.99^\circ$$

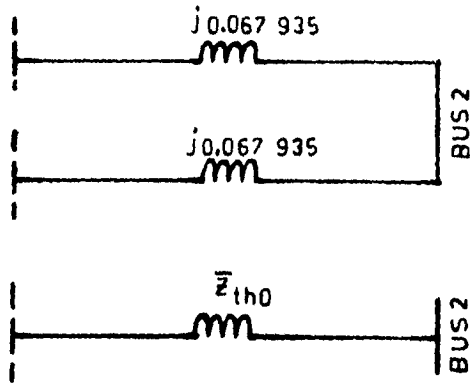
**9) Calculando la capacidad interruptiva del dispositivo de protección:**

$$SS_{CCI\phi} = \bar{I}_{f1\phi} \cdot I_B \quad (\text{A})$$

$$SS_{CCI\phi} = (347.303)(5.648) = 1,962 \text{ (A)}$$

*Analizando ahora el bus 2:*

**5) Bus 2.** Falla monofásica "f" en el bus 2; localizado en el lado de baja tensión del transformador. Obteniendo la impedancia equivalente de Thévenin a la falla "f".



$$\bar{Z}_{th0} = j 0.033 967 = 0.033 967 \angle 90^\circ$$

8) Para las condiciones de operación en el lugar de la falla

$$V = 0.22 \text{ KV}$$

$$\bar{V}_f = V / V_B = 0.22/0.22 = 1$$

$$\bar{Z}_{th1} = \bar{Z}_{th2} = 0.000 067 + j0.032 891 \quad (\text{del bus2 de la falla trifásica})$$

de la fórmula (37):

$$\bar{I}_{a0} = \frac{1}{2(0.000 067 + j0.032 891) + j 0.033 967} = \frac{1}{0.000 134 + j 0.099 749}$$

$$\bar{I}_{a0} = 0.013 467 - j10.025 145 = 10.025 154 \angle -89.92^\circ$$

de la fórmula (36):

$$\bar{I}_{f\phi} = 3 \cdot \bar{I}_{a0} = 3 (10.025 154 \angle -89.92^\circ) = 30.076 \angle -89.92^\circ$$

9) Calculando la capacidad interruptiva del dispositivo de protección:

$$SS_{CCI\phi} = \bar{I}_{f\phi} \cdot I_B \quad (A)$$

$$SS_{CCI\phi} = (30.076)(590.472) = 17,760 \text{ (A)}$$

Procediendo de igual forma para los buses 3,4,5,6 y 7 tenemos la tabla siguiente:

**Tabla de capacidades interruptivas monofásicas.**

Bus No.	$\bar{Z}_{th0}$ (en por unidad)	$S_{cc1\phi}$ (A)
1	0.004 934 [90°	1,962
2	0.033 967 [90°	17,760
3	0.052 715 [73.16°	11,730
4	0.035 975 [85.71°	16,746
5	0.033 967 [90°	17,760
6	0.067 442 [64.42°	9,060
7	0.035 910 [86.75°	16,777

**Tabla de capacidades interruptivas por BUS:  $S_{cc3\phi}$  Vs.  $S_{cc1\phi}$ .**

Bus No.	$S_{cc3\phi}$ (A)	$S_{cc1\phi}$ (A)	$S_{cc\text{mínima}}$ (A)
1	3,050	1,962	3,050
2	17,953	17,760	17,953
3	12,011	11,730	12,011
4	16,916	16,746	16,916
5	17,953	17,760	17,953
6	9,220	9,060	9,220
7	16,949	16,777	16,949

Como la capacidad interruptiva estándar de los interruptores termomagnéticos SQUARE D son del orden:

25,000 AIC → 240 Vac, 60 Hz.  
 18,000 A IC → 480 Y/277 Vac, 60 Hz.

y la capacidad momentánea del electroducto es:

22,000 A → 225, 400 y 600 A.  
 125,000 A → 2,500 A.

Con lo cual se satisface plenamente la capacidad interruptiva requerida por el sistema.

Estos resultados son vaciados en los cuadros de cargas y en los planos eléctricos; ubicados en la parte final del presente trabajo.

## SECCION A. ESTUDIO DEL EDIFICIO.

### 1. Situación actual.

El edificio seleccionado por analizar será el edificio de C.F.E., ubicado entre las calles de Rudano y Atoyac en la Ciudad de México; por ser uno de los remodelados recientemente.

- **Alimentación principal.** Cuenta con un sistema de alimentación principal con Electroducto marca Square D de diseño anterior, operando después de la subestación en baja tensión; 220 Vca, 3F-4H, 60 Hz.
- **Alimentadores secundarios.** Algunos alimentadores para sistemas secundarios como son: elevadores y cargas considerables, se empleó cable montado en ducto cuadrado y cable montado en charolas.
- **Sistema de distribución.** Para el sistema de distribución hacia las cargas, se empleó cable y tubo conduit pared gruesa.
- **Sistema de iluminación.** Para el sistema de iluminación, realizaron el cambio del sistema de alumbrado con lámparas fluorescentes de 2 x 39 W con balastro magnético, por el sistema de 2 x 34 W con balastro electromagnético y gabinetes con acrílicos; pero en algunas áreas específicas presentan todavía el sistema anterior.

### 2. Estado deseado.

Para analizar el estado deseado del edificio de C.F.E., se recomendará el uso de algunos equipos ya sea como recomendaciones para futuras remodelaciones, o bien, como necesidades a cubrir para lograr importantes ahorros de energía.

- **Alimentación principal.** El sistema de alimentación principal es bastante aceptable por utilizar Electroducto, no importando que sea el diseño anterior. Si en un futuro se realizara una remodelación general, bien se podría reemplazar por los Electroductos de nuevo diseño como el I-LINE II de Square D, o bien, por el SPECTRA de General Electric, por ser diseños compactos y ligeramente menos pérdidas.
- **Alimentadores secundarios.** Para los alimentadores secundarios en lugar de emplear cable y ducto cuadrado o charolas, bien se podría sustituir por los Electroductos de baja capacidad como el CANALIS de Telemecanique, el I-LINE II de Square D, o el SPECTRA de General Electric.

- **Sistema de distribución.** Para el sistema de distribución se hace énfasis en la sustitución del sistema tradicional empleando cable y conduit por el Electroducto CANALIS y PREFADIS de Telemecanique, además éstos Electroductos ofrecen la opción de TELEMANDO para convertir al edificio en un "Edificio inteligente".
- **Sistema de iluminación.** Para el sistema de iluminación, se hace énfasis en la necesidad de cambiar al sistema de 2 x 32 W con balastro electrónico o electromagnético y gabinetes con "louvers" parabólicos en recepción, oficinas y pasillos. gabinetes con difusores de acrílico en estacionamiento y cuartos de máquinas.

Colocar además gabinetes con difusores de acrílico en estacionamiento y cuartos de máquinas.

## SECCION B. ANALISIS DE ALTERNATIVAS.

### 1. Análisis financiero del sistema de iluminación.

Luminario = Gabinete + Lámpara + Balastro + Difusor + Accesorios para conexión (bases, cable, etc.)

Si analizamos el sistema de 2x32 W para determinar el consumo en KWh que consumirán durante un año (3,000 h/año ó 12.5 h/día), con un precio del KWh = N\$ 0.341 para la tarifa 03 (Servicios generales. Mayores a 25 KW).

$$\begin{aligned}\tau &= P \cdot t \\ &= (74 \text{ W})(3,000 \text{ h}) = 222,000 \text{ Wh} = 222 \text{ KWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{costo} &= (0.341 \text{ N\$/KWh})(222 \text{ KWh}) \\ &= \text{N\$ } 76\end{aligned}$$

En forma análoga se calcula el resto de los sistemas.

Para comparar las diferentes alternativas del sistema de iluminación, se considerará un tiempo promedio de horas-encendido de 12.5 h diarias (3,000 h/año), con una tasa del 70 % anual. De los datos de las pp. IV.10 y IV.11.

Sistemas de iluminación.

	2 x 32 W	2 x 34 W	2 x 39 W	2 x 40 W
Inversión inicial (N\$)	259	254	257	244
Costo anual de operación (N\$)	76	82	94	96
vida útil (años)	6	6	4	4
Precio lámpara (N\$)*	38	34	36	33

\* incluye mano de obra

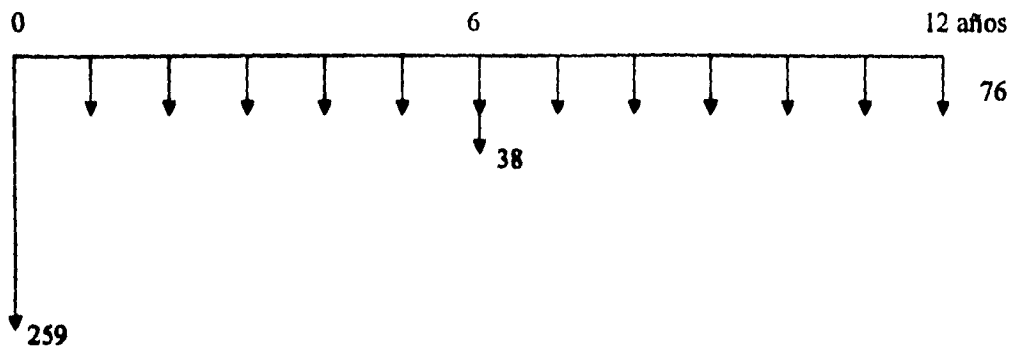
Nota: Ver Gráficas 1 y 2 al final de ésta sección..

Para comparar estos sistemas con los datos proporcionados, se analizarán mediante el método financiero del "Valor presente de alternativas con diferente vida útil" y se analizarán para un período de 12 años por ser el mínimo común múltiplo de los sistemas; eligiendo la menor opción.

Los diagramas de flujo de efectivo para cada uno de los sistemas serán:



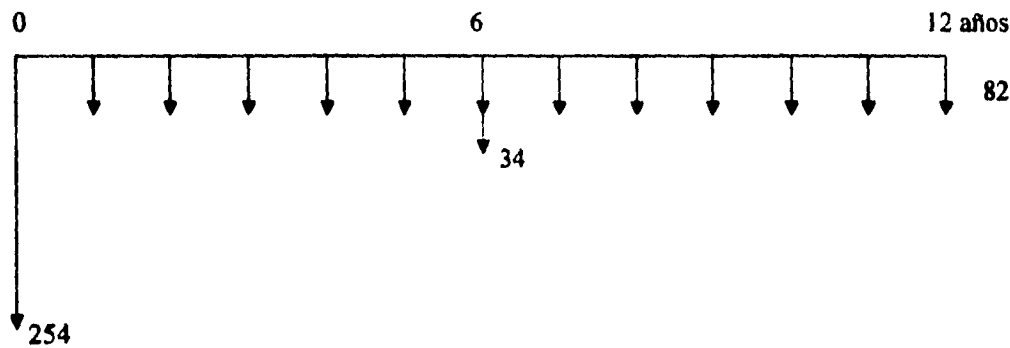
**a) Sistema 2 x 32 W.**



Para calcular el valor presente de la alternativa "a" (Vpa):

$$\begin{aligned} V_{pa} &= 259 + 38 (P/F, 70 \%, 6) + 76 (P/A, 70 \%, 12) \\ V_{pa} &= 259 + 38 \{ 1 / (1+0.7)^6 \} + 76 \{ ((1+0.7)^{12} - 1) / (0.7(1+0.7)^{12}) \} \\ V_{pa} &= 259 + 38 (0.0414) + 76 (1.4261) \\ V_{pa} &= \text{NS } 369 \end{aligned}$$

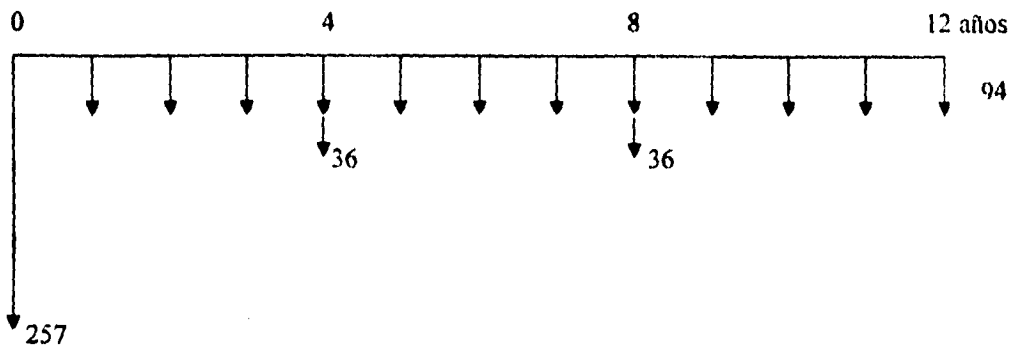
**b) Sistema 2 x 34 W.**



Para calcular el valor presente de la alternativa "b" (Vpb):

$$\begin{aligned} V_{pb} &= 254 + 34 (P/F, 70 \%, 6) + 82 (P/A, 70 \%, 12) \\ V_{pb} &= 254 + 34 (0.0414) + 82 (1.4261) \\ V_{pb} &= \text{NS } 372 \end{aligned}$$

**c) Sistema 2 x 39 W.**



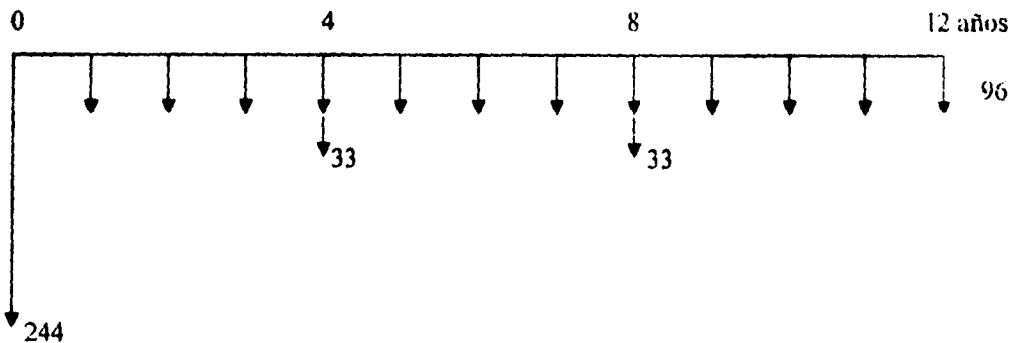
Para calcular el valor presente de la alternativa "c" ( $V_{pc}$ ):

$$V_{pc} = 257 + 36 (P/F, 70\%, 4) + 36 (P/F, 70\%, 8) + 94 (P/A, 70\%, 12)$$

$$V_{pc} = 257 + 36 (0.1197) + 36 (0.0143) + 94 (1.4261)$$

$$V_{pc} = \text{NS } 396$$

**d) Sistema 2 x 40 W.**



Para calcular el valor presente de la alternativa "d" ( $V_{pd}$ ):

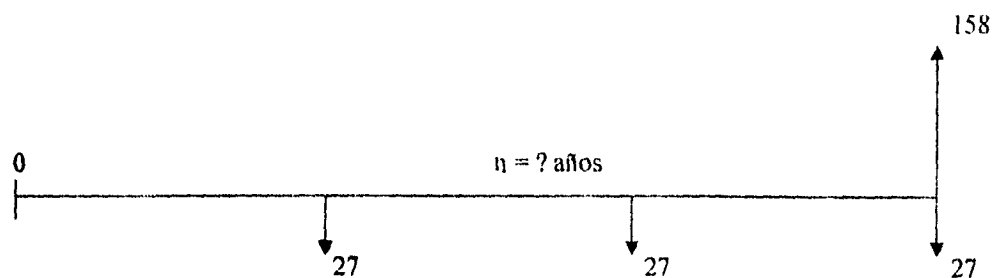
$$V_{pd} = 244 + 33 (P/F, 70\%, 4) + 33 (P/F, 70\%, 8) + 96 (P/A, 70\%, 12)$$

$$V_{pd} = 244 + 33 (0.1197) + 33 (0.0143) + 96 (1.4261)$$

$$V_{pd} = \text{NS } 385$$

Por lo tanto como se puede observar se escogerá el sistema de 2 x 32 W por ser la menor de todas las opciones.

Si consideramos un "retrofit" para convertir luminarios de 2 x 39 W a luminarios de 2 x 32 W cambiando balastros, bases y lámparas con un costo por luminario de N\$158.<sup>00</sup> (incluyendo materiales y mano de obra), necesitamos saber el número de años "n" en el cual recuperaremos la inversión inicial.



Para calcular el valor futuro  $V_F$  :

$$V_F = A (F/A, 70 \%, n)$$

$$V_F = 27 (F/A, 70 \%, n)$$

$$158/27 = (F/A, 70 \%, n)$$

$$5.85185 = \{ ((1+i)^n - 1) / i \}$$

$$5.85185 = \{ ((1+0.7)^n - 1) / 0.7 \}$$

Procediendo por tanteos o despejando "n" se llega a que  $n \approx 3$  años.

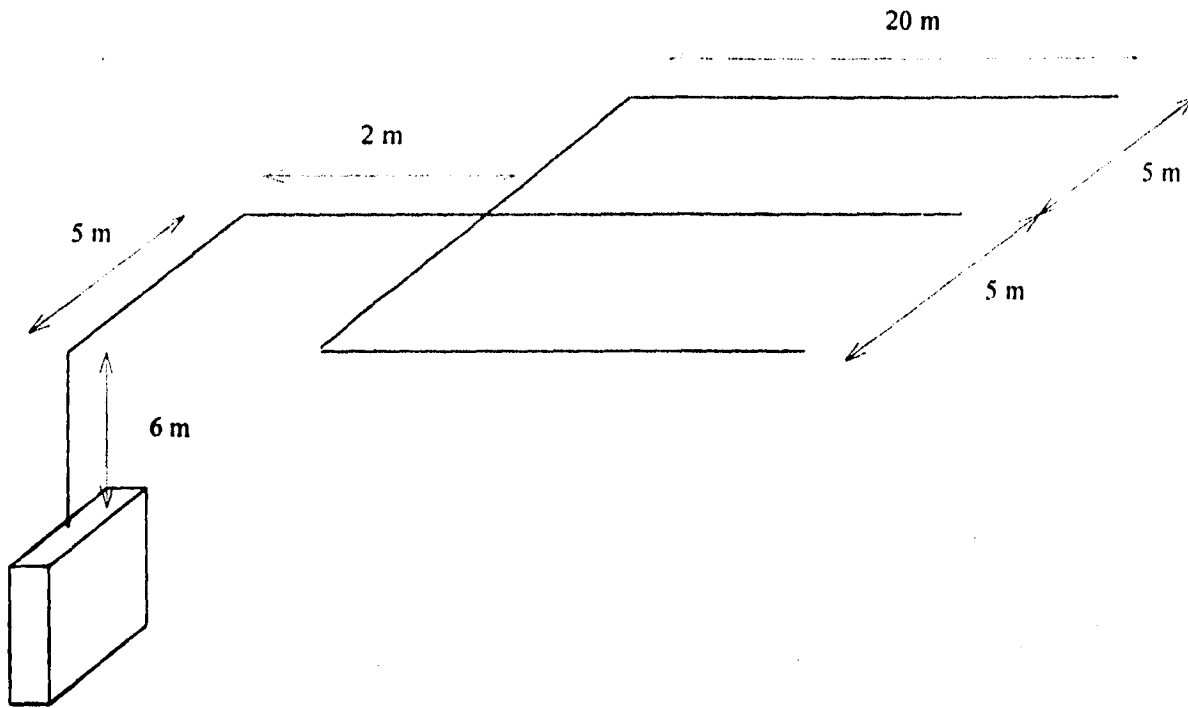
De los resultados anteriores, observamos que ahorramos N\$27.<sup>00</sup> por año y por lo tanto recuperaremos la inversión inicial de N\$158.<sup>00</sup> en un período aproximado de 3 años, considerando una tasa anual del 70 %.

## 2. Análisis financiero del sistema de cableado con cable y tubo conduit.

Sistema

de cableado = Cable + Tubo conduit + Soportes + Difusor + Accesorios (cajas, coples, etc.) + Mano de obra

Se empleó una trayectoria patrón en baja tensión, para comparar las capacidades de 40 A, 225 A, 400 A y 2,500 A: la cuál se especifica a continuación.



**Lista de material.**

**Cable.**

83 m de tubería.

4 codos de 90°.

1 cruz.

1 conector de tablero.

**Sistema de cableado: Conduit - cable (cobre).**

Sistema	Precio neto materiales (N\$)	Precio neto mano de obra (N\$)	Precio neto total (N\$)
40 A	2,412	2,330	4,742
225 A	16,263	4,767	21,030
400 A	44,411	6,689	51,100
2,500 A	570,018	17,526	587,544

Nota: Ver Gráfica 3.

Por lo que se observa que a medida que aumenta la capacidad del equipo a instalar, el costo de los materiales es muy superior al costo por mano de obra.

**3. Análisis financiero del sistema de cableado con Electroducto.**

Sistema de cableado = Electroducto + Mano de obra.

Incluso los soportes vienen integrados al Electroducto.

Analizando la misma trayectoria anterior.

**Electroducto con barras de Cobre.**

Sistema	Precio neto materiales (N\$)	Precio neto mano de obra (N\$)	Precio neto total (N\$)
40 A	3,016	2,097	5,113
225 A	23,233	4,290	27,523
400 A	63,444	6,020	69,464
2,500 A	858,575	15,773	874,348

Nota: Ver Gráficas 4,5,6 y 7.

**Electroducto con barras de Aluminio.**

Sistema	Precio neto materiales (N\$)	Precio neto mano de obra (N\$)	Precio neto total (N\$)
225 A	15,775	4,290	20,065
400 A	42,634	6,020	48,654
2,500 A	543,893	15,773	559,666

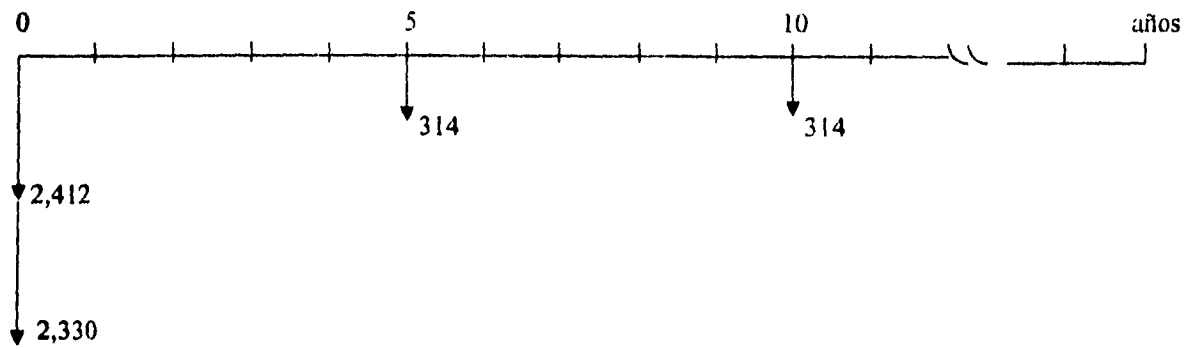
Nota: Ver Gráficas 5,6 y 7.

Para comparar las diferentes alternativas de los sistemas de alimentación y distribución con electroducto Vs. cable-conduit, emplearemos el método financiero del "Costo capitalizado del valor presente" por aplicarse a proyectos que se supone que tendrán una vida útil indefinida (Algunos proyectos de obras públicas, sistemas de alimentación eléctrica y sistemas de irrigación; son de ésta categoría). Se considerará una tasa anual del 70 %

**Sistema de distribución.**

	Cable-conduit	Electroducto
	40 A	40 A
Costo de materiales (N\$)	2,412	3,016
Costo de mano de obra (N\$)	2,330	2,097
Costo recurrente por mantenimiento cada 5 años (N\$)	314	314

**a) Sistema de distribución: Cable-conduit (40 A).**



Para calcular el *costo capitalizado del sistema de distribución* ( $P_1$ ):

$$P_1 = 2,412 + 2,330$$

$$P_1 = 4,742$$

La *equivalencia anual del costo por mantenimiento* ( $A_1$ ) es :

$$A_1 = 314 (A/F, 70\%, 5)$$

$$A_1 = 314 \{0.7 / ((1+0.7)^5 - 1)\}$$

$$A_1 = 314 (0.05304)$$

$$A_1 = 16.65$$

El *costo capitalizado de costos recurrentes* ( $P_2$ ):

$$P_2 = A_1 / i = 16.65 / 0.7$$

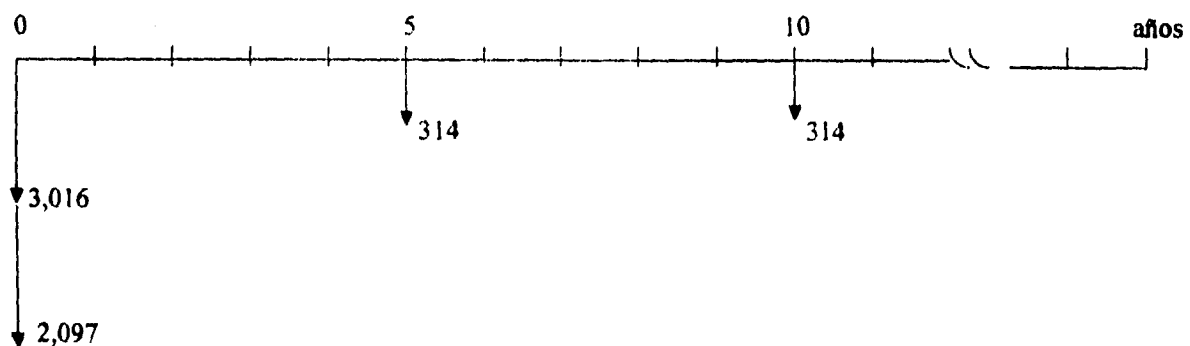
$$P_2 = 23.79$$

Finalmente el *costo total capitalizado* ( $P_S$ ):

$$P_S = P_1 + P_2 = 4,742 + 23.79$$

$$P_S = \text{NS } 4,766$$

**b) Sistema de distribución: Electroducto (40 A).**



Para calcular el costo capitalizado del sistema de distribución ( $P_1$ ):

$$P_1 = 3,016 + 2,097$$

$$P_1 = 5,113$$

La equivalencia anual del costo por mantenimiento ( $A_1$ ) es :

$$A_1 = 314 (A/F, 70 \%, 5)$$

$$A_1 = 314 \{0.7 / ((1+0.7)^5 - 1)\}$$

$$A_1 = 314 (0.05304)$$

$$A_1 = 16.65$$

El costo capitalizado de costos recurrentes ( $P_2$ ):

$$P_2 = A_1 / i = 16.65 / 0.7$$

$$P_2 = 23.79$$

Finalmente el costo total capitalizado ( $P_S$ ):

$$P_S = P_1 + P_2 = 5,113 + 23.79$$

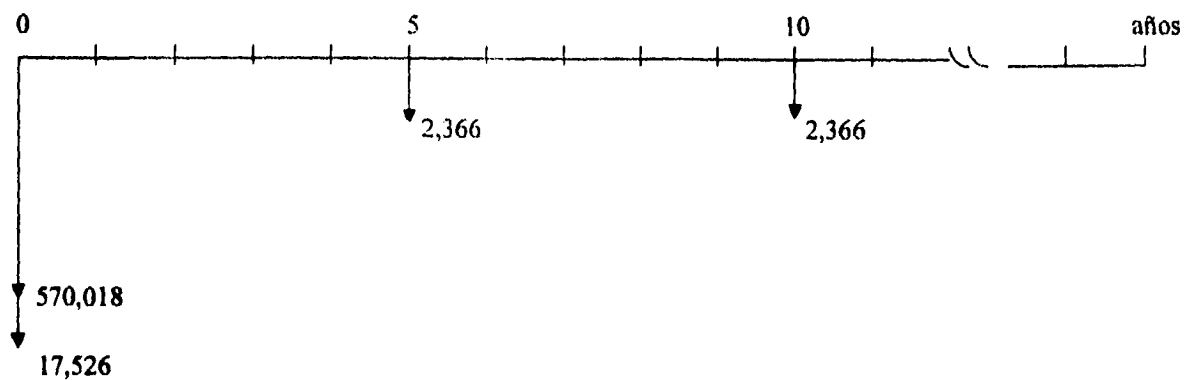
$$P_S = \text{NS } 5,137$$

Se observa del análisis financiero que el sistema de distribución con cable-conduit es 8% menor comparado con el electroducto de baja capacidad, pero por las ventajas que éste último representa y como la diferencia en precio no es significativa; por lo tanto *escogeremos el sistema de distribución con electroducto de baja capacidad.*

#### Sistema de alimentación.

	Cable-charolas 2,500 A	Electroducto (Barras de cobre) 2,500 A	Electroducto (Barras de aluminio) 2,500 A
Costo de materiales (N\$)	570,018	858,575	543,893
Costo de mano de obra (N\$)	17,526	15,773	15,773
Costo recurrente por mantenimiento cada 5 años (N\$)	2,366	2,366	2,366

**A) Sistema de alimentación: Cable de cobre-charolas (2,500 A).**



Para calcular el *costo capitalizado del sistema de alimentación* ( $P_1$ ):

$$P_1 = 570,018 + 17,526$$

$$P_1 = 587,544$$

La *equivalencia anual del costo por mantenimiento* ( $A_1$ ) es :

$$A_1 = 2,366 (A/F, 70\%, 5)$$

$$A_1 = 2,366 \{0.7 / ((1+0.7)^5 - 1)\}$$

$$A_1 = 314 (0.05304)$$

$$A_1 = 125.48$$

El *costo capitalizado de costos rrecurrentes* ( $P_2$ ):

$$P_2 = A_1 / i = 125.48 / 0.7$$

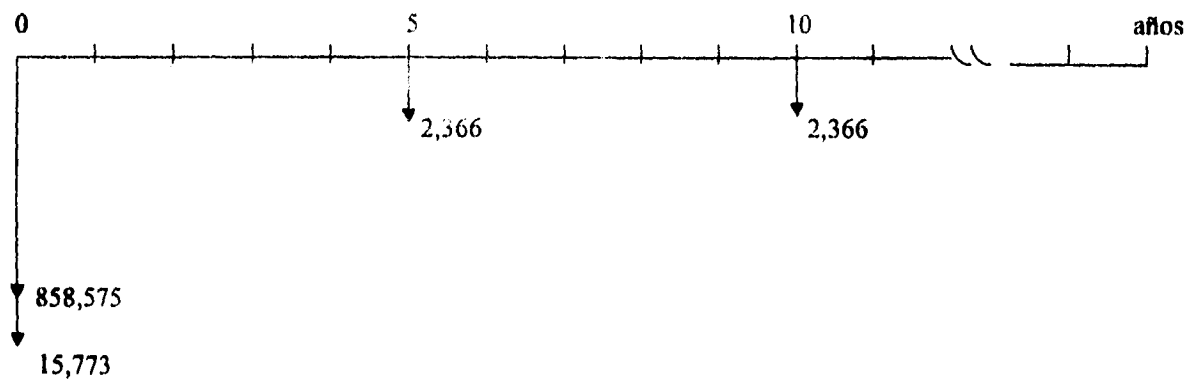
$$P_2 = 179.26$$

Finalmente el *costo total capitalizado* ( $P_S$ ):

$$P_S = P_1 + P_2 = 587,544 + 179.26$$

$$P_S = \text{NS } 587,723$$

**B) Sistema de alimentación: Electroducto con barras de cobre (2,500 A).**





Para calcular el *costo capitalizado del sistema de alimentación* ( $P_1$ ):

$$P_1 = 858,575 + 15,773$$

$$P_1 = 874,348$$

La *equivalencia anual del costo por mantenimiento* ( $A_1$ ) es :

$$A_1 = 2,366 (A/F, 70 \%, 5)$$

$$A_1 = 2,366 \{0.7 / ((1+0.7)^5 - 1)\}$$

$$A_1 = 314 (0.05304)$$

$$A_1 = 125.48$$

El *costo capitalizado de costos rrecurrentes* ( $P_2$ ):

$$P_2 = A_1 / i = 125.48 / 0.7$$

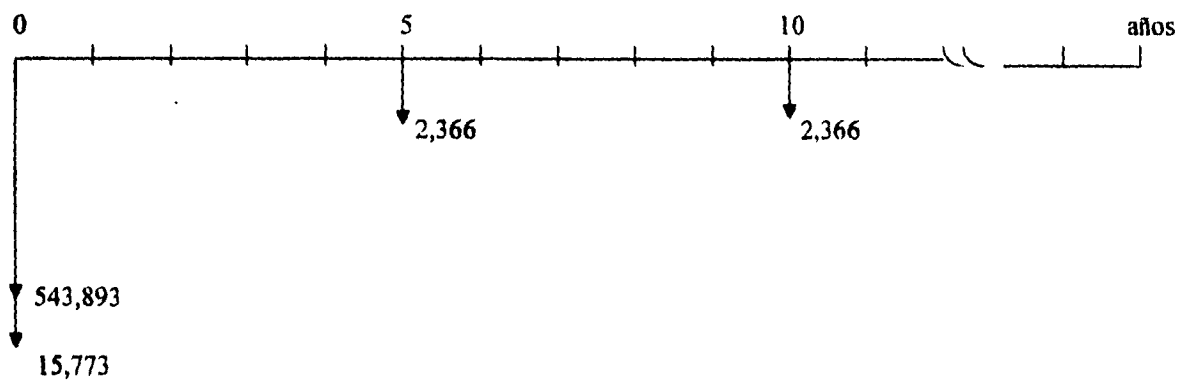
$$P_2 = 179.26$$

Finalmente el *costo total capitalizado* ( $P_S$ ):

$$P_S = P_1 + P_2 = 874,348 + 179.26$$

$$P_S = \text{NS } 874,527$$

### C) Sistema de alimentación: Electroducto con barras de aluminio (2,500 A).



Para calcular el *costo capitalizado del sistema de alimentación* ( $P_1$ ):

$$P_1 = 543,893 + 15,773$$

$$P_1 = 559,666$$

La *equivalencia anual del costo por mantenimiento* ( $A_1$ ) es :

$$A_1 = 2,366 (A/F, 70 \%, 5)$$

$$A_1 = 2,366 \{0.7 / ((1+0.7)^5 - 1)\}$$

$$A_1 = 314 (0.05304)$$

$$A_1 = 125.48$$

El costo capitalizado de costos recurrentes ( $P_2$ ):

$$P_2 = A_1 / i = 125.48 / 0.7$$

$$P_2 = 179.26$$

Finalmente el costo total capitalizado ( $P_S$ ):

$$P_S = P_1 + P_2 = 559,666 + 179.26$$

$$P_S = \text{NS } 559,845$$

Se observa de este análisis financiero que el sistema de alimentación con electroducto con barras de aluminio es 5 % menor comparado con el sistema de cable-charolas y resulta 36 % menor comparado con el electroducto con barras de cobre, por lo tanto *escogeremos el sistema de alimentación con electroducto con barras de aluminio.*

#### **4. Selección e implantación de la mejor alternativa.**

**a. Sistema de iluminación.** Luminarios de 2 x 32 W, balastro electromagnético termoprotegido y lámparas Osram FO-32-T8/841.

##### **Ventajas.**

- Ahorradoras de energía.
- Bajo costo de operación (de 8% a 26 % menor).
- Recuperación de la inversión inicial en 3 años.
- Buena eficacia (lm/W).
- CRI bueno (85%).
- Larga vida de duración.

##### **Desventajas.**

- Inversión inicial más alta (hasta 6 %)

**b. Sistema de distribución.** Electroducto CANALIS en los sistemas de distribución hacia las cargas.

##### **Ventajas.**

- Cableado limpio.
- Fácil instalación.
- Mano de obra económica (10% menor).
- Flexibilidad para modificaciones futuras.
- Opción de TELEMANDO integrado (Para edificios inteligentes).

**Desventajas.**

- Costumbre por el sistema tradicional: Cable - conduit.
- Negativa al cambio.
- Conocimiento escaso del equipo. (Responsabilidad de los OEM's).
- Precio del equipo (25 % más caro).
- Costo total 8% mayor, comparado con el sistema cable-conduit.

**c. Sistema de alimentación.** Electroducto I-Line II con barras de aluminio para la alimentación principal.

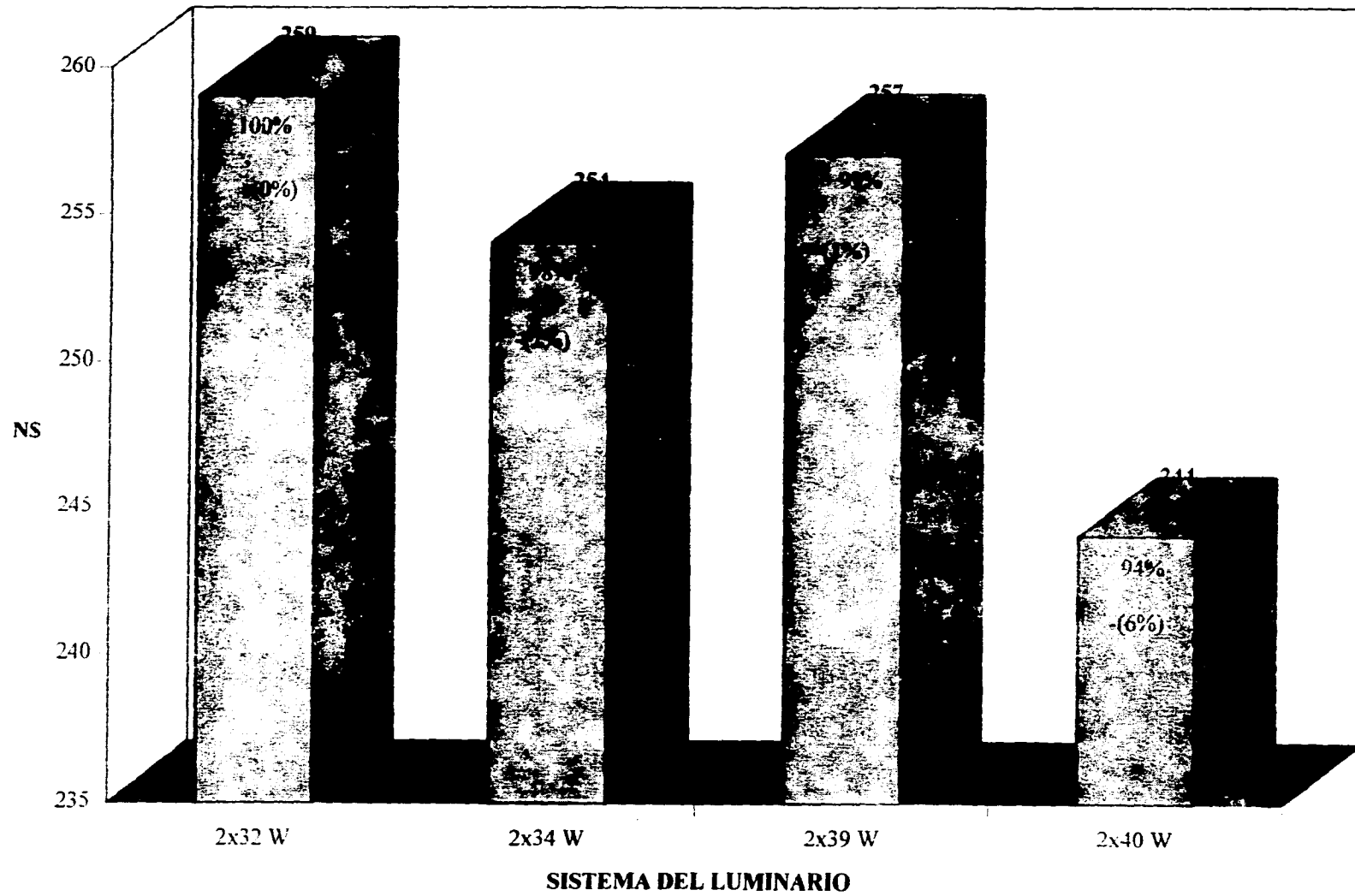
**Ventajas.**

- Cableado limpio.
- Fácil instalación.
- Mano de obra económica (10% menor).
- Flexibilidad para modificaciones futuras.
- Barras de cobre o aluminio.
- Precio del equipo con barras de aluminio más económicas (40% menor. Compite con tubo conduit y cable de cobre).
- Precio total de la instalación con barras de aluminio (Similar que con tubo conduit y cable de cobre).
- Costo total 5 % menor, comparado con el sistema cable-charolas.

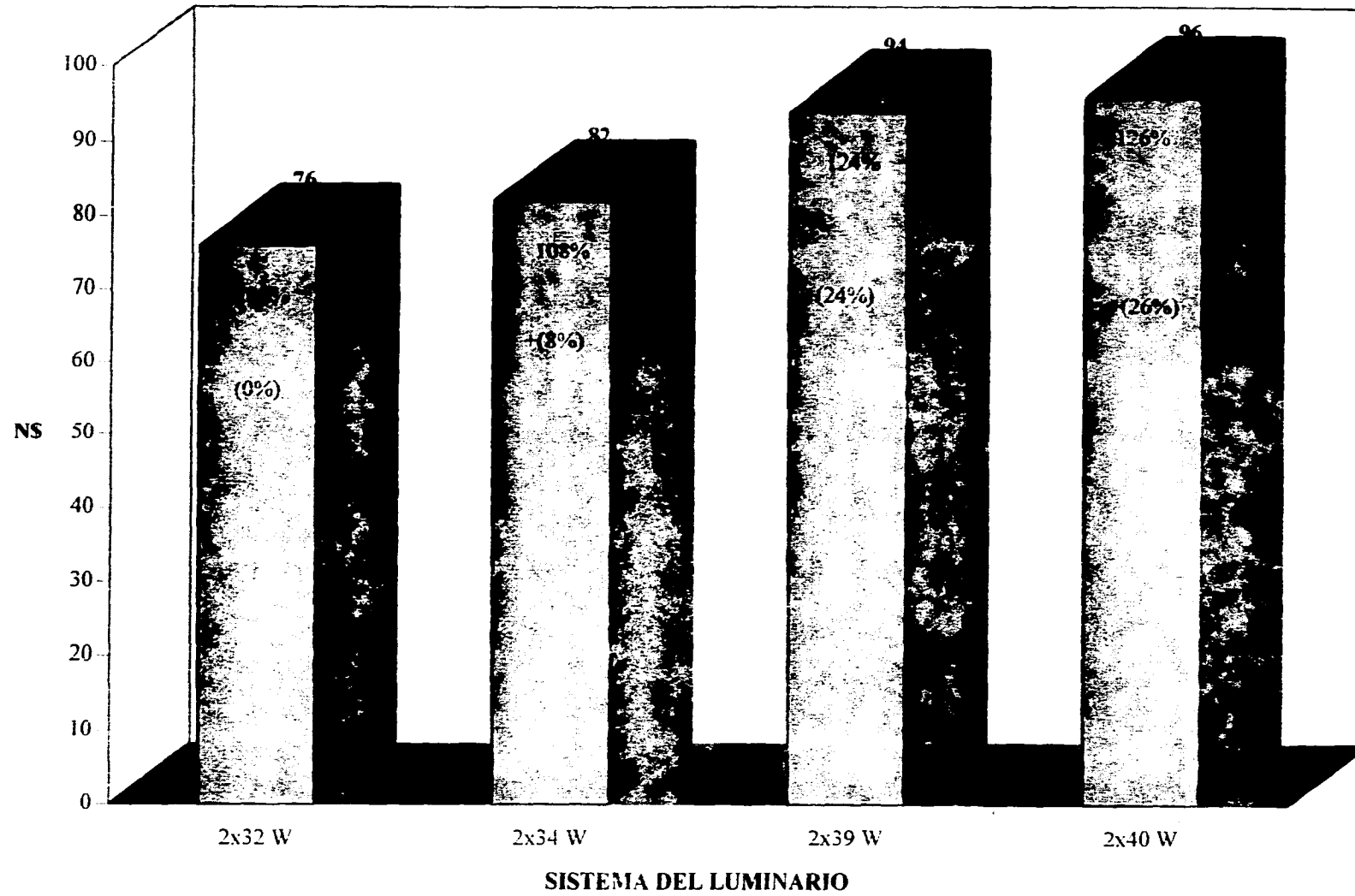
**Desventajas.**

- Precio del equipo con barras de cobre (40 % más caro).
- Costo total 36 % mayor con barras de cobre.

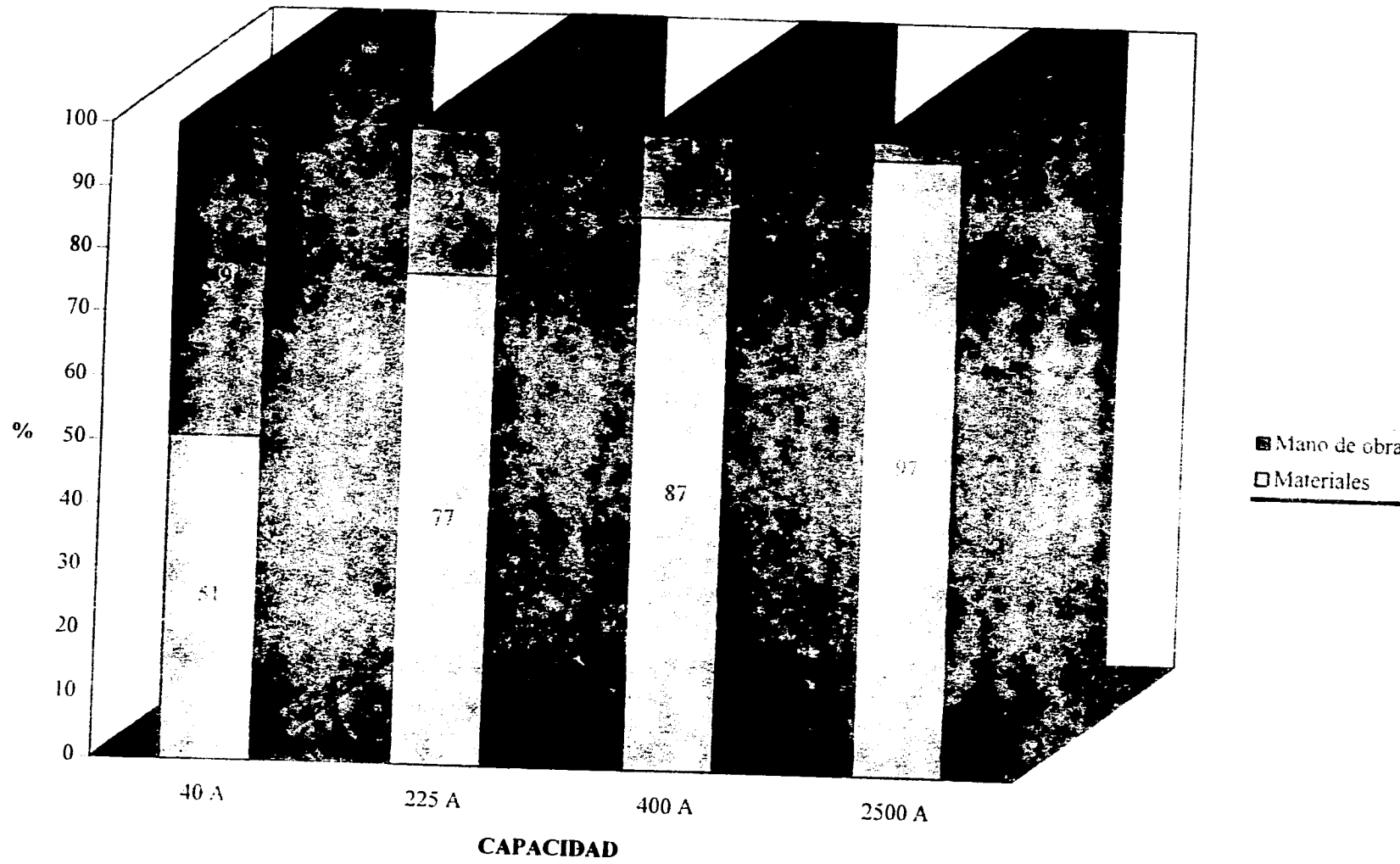
GRÁFICA 1. ANÁLISIS FINANCIERO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.  
(inversión inicial)



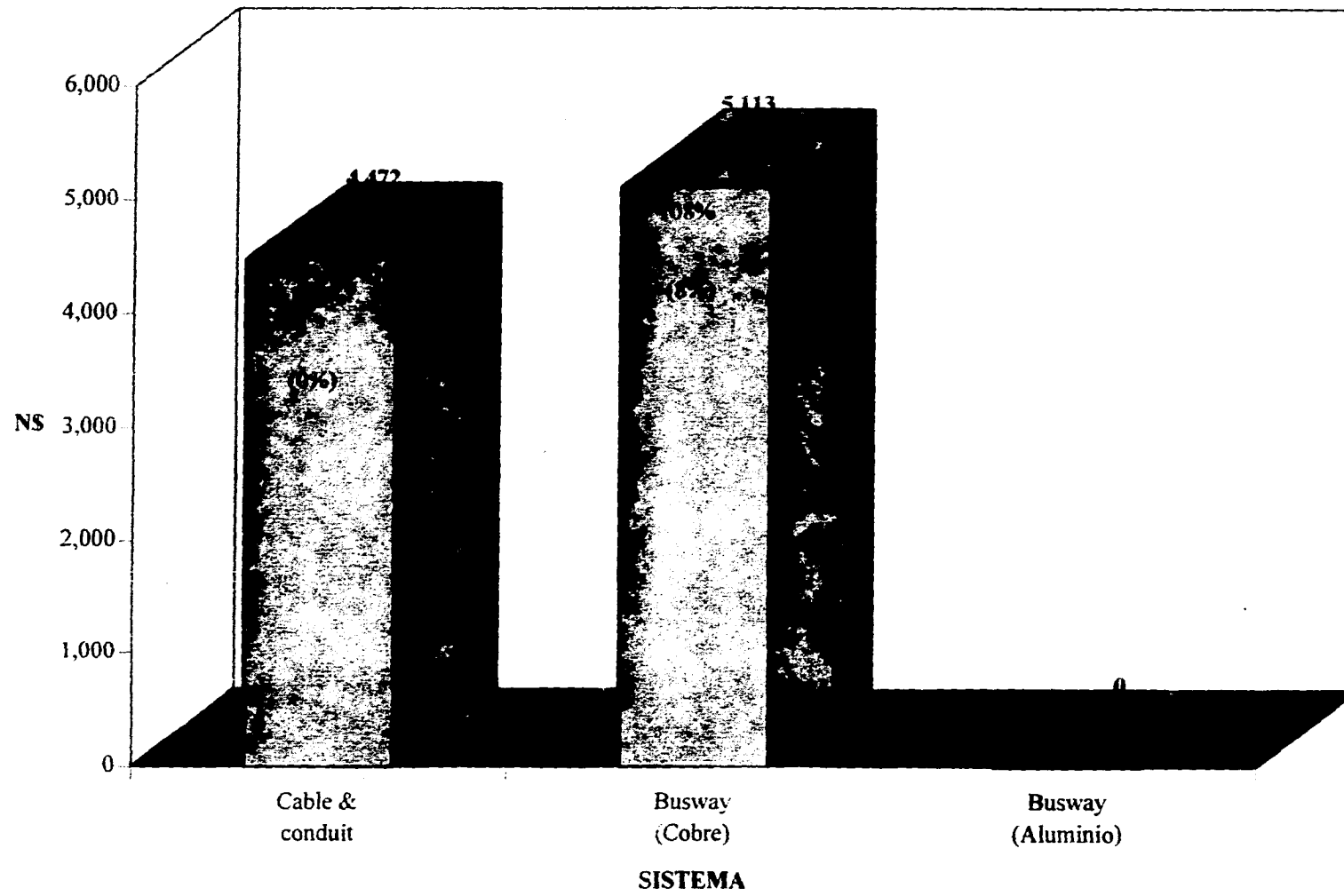
GRÁFICA 2. COSTO ANUAL DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR LUMINARIO  
(3,000 h/año).



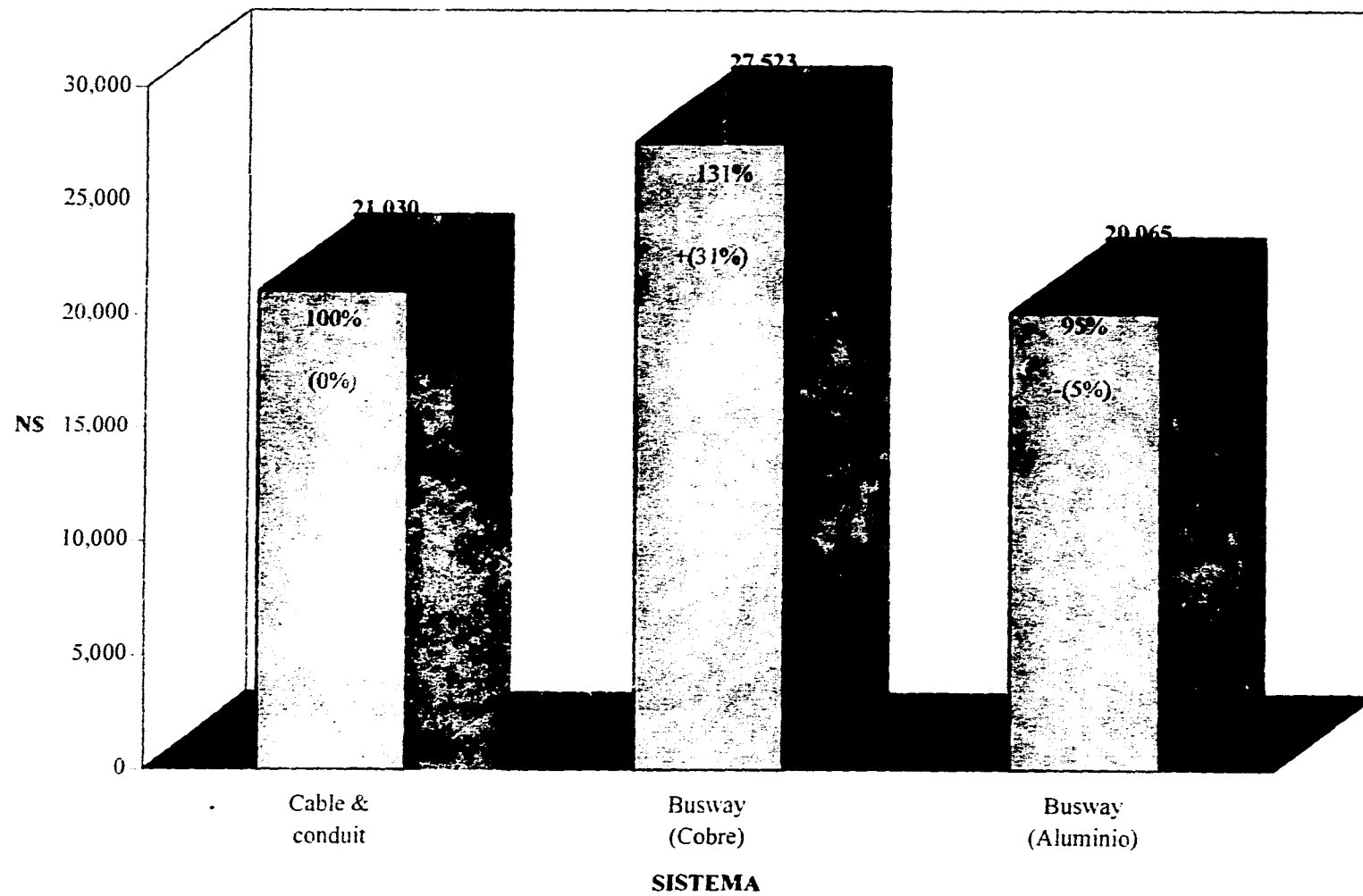
GRÁFICA 3. ANÁLISIS FINANCIERO DEL SISTEMA DE CABLEADO:  
Conduit-cable (cobre)



GRÁFICA 4. CONDUIT-CABLE Vs. ELECTRODUCTO  
capacidad 40 A

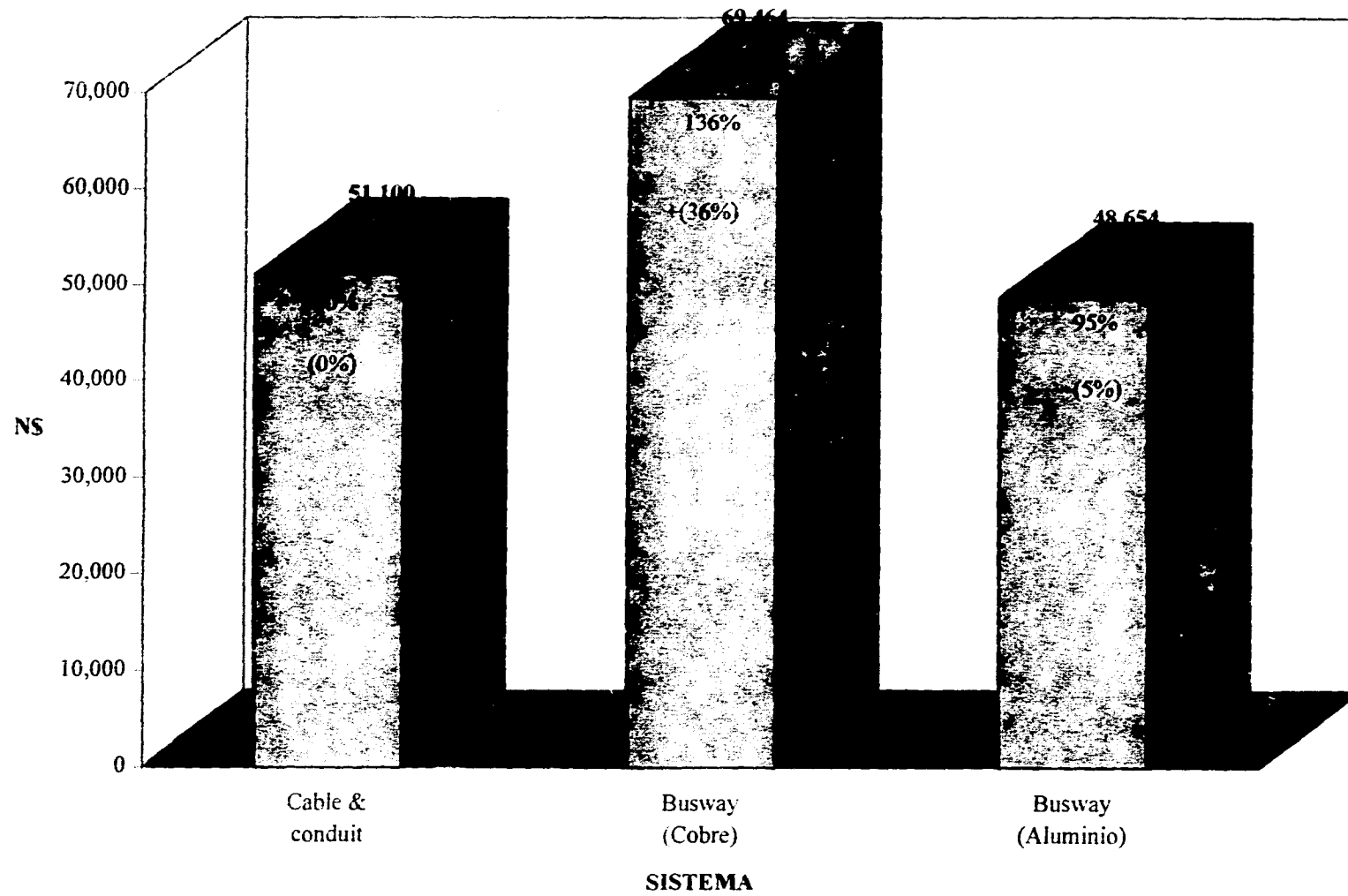


GRÁFICA 5. CONDUIT-CABLE Vs. ELECTRODUCTO  
capacidad 225 A

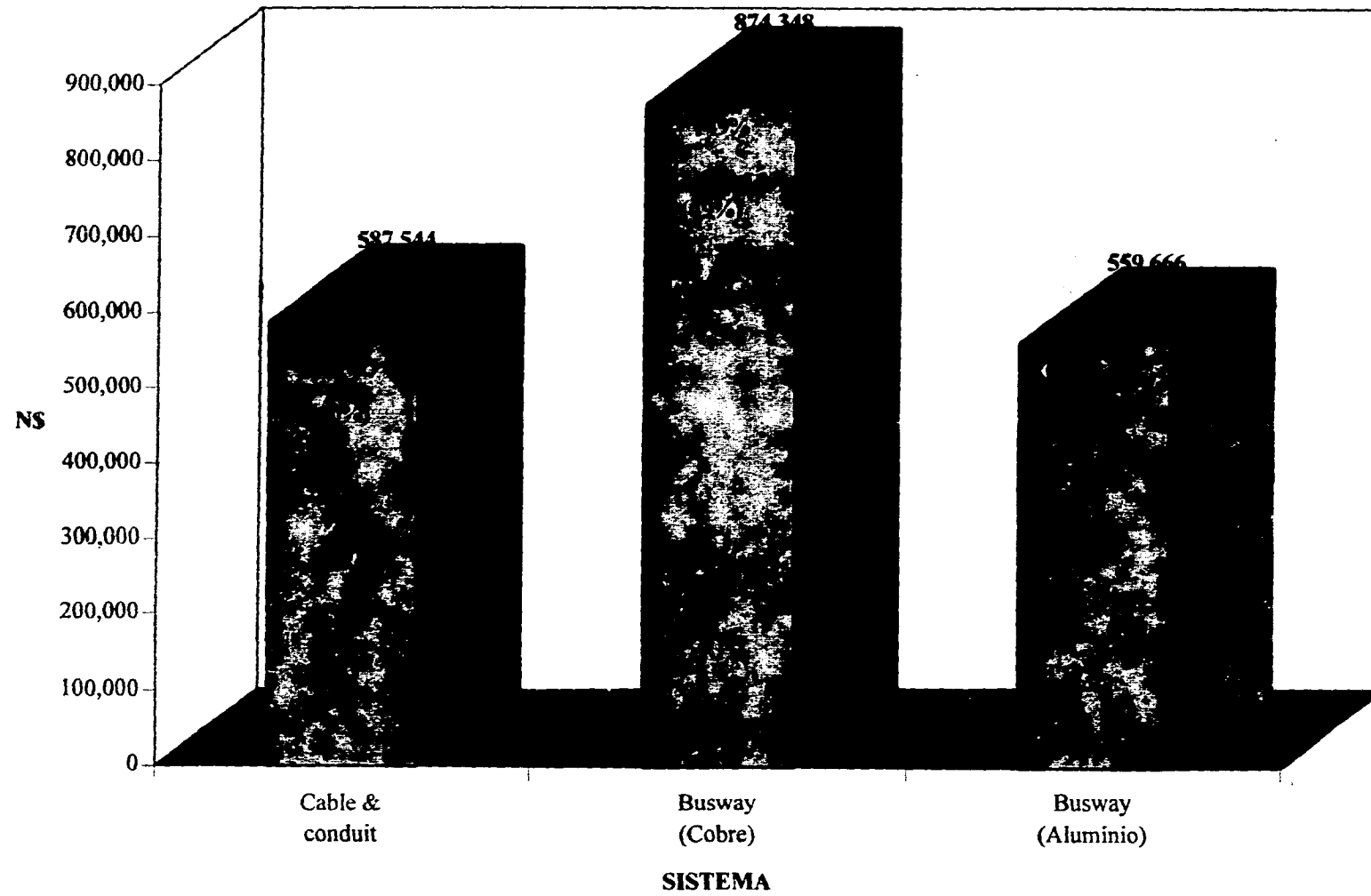




GRÁFICA 6. CONDUIT-CABLE Vs. ELECTRODUCTO  
capacidad 400 A



GRÁFICA 7. CONDUIT-CABLE Vs. ELECTRODUCTO  
capacidad 2,500 A



## **SECCION C. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

### **1. Sistema de iluminación.**

Del análisis financiero del sistema de iluminación, observamos que el sistema de 2 x 32 W es más caro (hasta 6 %) comparado con los otros sistemas. Sin embargo, del análisis energético, concluimos que éste mismo sistema es de 8% hasta 26 % ahorrador de energía, comparado con los otros sistemas y recuperaremos la inversión inicial en un periodo aproximado de 3 años.

### **2. Sistema de distribución.**

Del análisis financiero para el sistema de distribución con Electroducto de baja capacidad, resulta 8 % mayor comparado con el sistema tradicional Cable-conduit, pero dado que ésta diferencia no es cuantiosa y posee muchas ventajas el Electroducto; es una buena opción elegir este sistema de distribución.

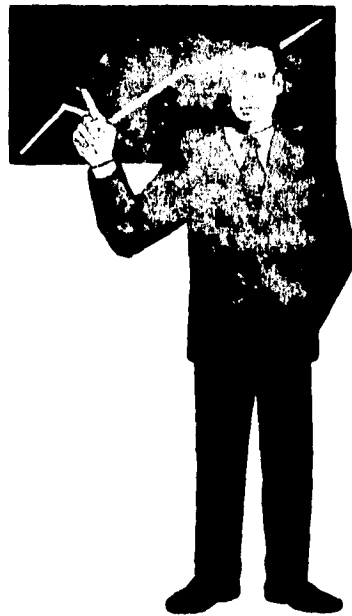
### **3. Sistema de alimentación.**

Del análisis financiero, observamos que la instalación total con el sistema de Electroducto con barras de aluminio, resulta 5% más económica que el sistema formado por charolas-cable de cobre y 36% menor, comparado con el electroducto con barras de cobre; debido principalmente al tipo de material empleado y a la disminución del 10% en la mano de obra. Pudiendo ser este sistema una buena alternativa a utilizar.

# Sección D

## Apéndice de tablas

- Conductores.
- Corrientes de falla.
- Datos técnicos del equipo.
- Iluminación.



## SECCION C. APENDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Porcentaje de relleno de conductores para tubos conduit o tuberías.

### Notas a las tablas

1. Las tablas 3A, 3B y 3C, se aplican solamente a sistemas completos de tubos conduit o tuberías y no se pretende aplicar a secciones de tubos conduit o tuberías que se emplean para proteger de daños mecánicos a los alambres expuestos.

2. Cuando se instalan conductores para la puesta a tierra e interconexión de equipos, éstos deben incluirse para calcular el porcentaje de relleno de los tubos conduit. Para el cálculo deben emplearse las dimensiones reales de dichos conductores.

3. Cuando en un tubo conduit se instalan nipples, con una longitud no mayor de 60 cm, para conectar a cajas, gabinetes, o envolventes similares, el porcentaje de relleno en el nipple pueda ser de hasta el 60% de su área de sección transversal total. El Artículo 310, Nota 8(a) de las notas a las tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V no se aplican a esta condición.

4. Para conductores que no se incluyen en el Capítulo 10, tales como los cables multiconductores, deben emplearse las dimensiones reales.

5. Véase la Tabla 1 para el porcentaje de relleno de los tubos conduit o tuberías.

Nota.

La Tabla 1 está basada en las condiciones usuales de cableado y alineación adecuada de los conductores y cuando la longitud del tendido y el número de dobleces está dentro de límites razonables.

Para ciertas condiciones debe considerarse un tamaño mayor de tubo conduit o un menor porcentaje de relleno.

Table 1. Porcentajes de relleno de conductores para tubos conduit o tuberías.

	(%)		
Número de conductores	1	2	más de 2
Todos los tipos	53	30	40

Nota 1. Véanse las tablas 3A, 3B y 3C para el número de conductores, todos del mismo tamaño, en tamaños comerciales de tubos conduit o tuberías de 13 mm hasta 150 mm.

Nota 3. Para conductores con área de sección transversal mayor de 380.0 mm<sup>2</sup> (750 kCM) o para combinaciones de conductores de diferentes tamaños, úsense las tablas 4, 5 y 8 de este Capítulo para las dimensiones de los conductores, de los tubos conduit y de las tuberías.

Nota 4. Cuando, para conductores del mismo tamaño se calcula el área total ocupada (considerando el área de sección transversal total de cada uno, incluyendo su aislamiento), afectando este cálculo por el factor de relleno correspondiente y resulta una fracción decimal de 0.8 o mayor que el área de un tubo conduit de tamaño comercial, debe seleccionarse el tubo conduit o tubería de tamaño comercial inmediato superior.

Nota 5. Se permite el uso de las dimensiones para conductores desnudos dadas en la tabla 9 de este Capítulo, cuando el uso de conductores desnudos está autorizado en otras secciones de esta Norma.

Nota 6. Un cable multiconductor de dos o más conductores debe considerarse como un solo cable para el cálculo del porcentaje de relleno del tubo conduit. Para cables con sección transversal elíptica debe considerarse la distancia mayor como el diámetro externo del cable y con esto calcular el porcentaje de ocupación del cable en el tubo conduit.

Tabla 3A. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería  
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10)

Tipo	Área de la sección transversal del conductor mm <sup>2</sup> (AWG)	Diámetro nominal del tubo mm											
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102	127	152
THW	2.082 (14)	9	15	25	44	60	99	142					
THW-LS	3.307 (12)	7	12	19	35	47	78	111	171				
THHW	5.260 (10)	5	9	15	26	36	60	85	131	176			
XHHW	8.367 (8)	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108		
RHW	2.082 (14)	6	10	16	29	40	65	93	143	192			
RHW	3.307 (12)	4	8	13	24	32	53	76	117	157			
RHH	5.260 (10)	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163		
RHH	8.367 (8)	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	133	
THW	13.30 (6)	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	97	141
THW-LS	21.15 (4)	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	73	106
THW-LS	33.62 (2)	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	54	78
THHW	53.48 (1/0)		1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	49
THHW	67.43 (2/0)		1	1	1	3	5	7	10	14	18	29	41
THHW	85.01 (3/0)		1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35
RHW y RHH (sin cubierta)	107.20 (4/0)			1	1	1	3	5	7	10	13	20	29
RHW y RHH (sin cubierta)	126.70 (250)			1	1	1	2	4	6	8	10	16	23
RHW y RHH (sin cubierta)	152.00 (300)			1	1	1	2	3	5	7	9	14	20
RHW y RHH (sin cubierta)	177.30 (350)				1	1	1	3	4	6	8	12	18
RHW y RHH (sin cubierta)	202.70 (400)				1	1	1	2	4	5	7	11	16
RHW y RHH (sin cubierta)	253.40 (500)				1	1	1	1	3	4	6	9	14
RHW y RHH (sin cubierta)	380.00 (750)					1	1	1	2	3	4	6	9

Nota. Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico normal

Tabla 3. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería (Basado en la tabla 1).

Tabla 3B. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería  
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10)

Tipo	Área de la sección transversal del conductor mm² (AWG)	Diámetro nominal del tubo mm											
		15	20	25	32	38	51	63	76	89	102	127	152
THHN	2.25 (14)	22	24	26	29	32	35	38	42	46	50	54	58
	3.31 (12)	18	20	22	25	28	31	34	38	42	46	50	54
	5.26 (10)	12	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42	46
THWN	2.25 (14)	18	20	22	25	28	31	34	38	42	46	50	54
	3.31 (12)	12	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42	46
RFD (14 a 2)	2.25 (14)	18	20	22	25	28	31	34	38	42	46	50	54
	3.31 (12)	12	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42	46
RFD (14 a 2)	53.48 (2/0)		4	6	9	12	15	18	22	26	30	36	42
	67.43 (2/0)		4	6	9	12	15	18	22	26	30	36	42
	85.01 (3/0)		4	6	9	12	15	18	22	26	30	36	42
	107.20 (4/0)		4	6	9	12	15	18	22	26	30	36	42
XHHW (4 a 500)	126.70 (250)			4	6	9	12	15	18	22	26	30	36
	152.00 (300)			4	6	9	12	15	18	22	26	30	36
	203.70 (400)			4	6	9	12	15	18	22	26	30	36
	262.40 (500)			4	6	9	12	15	18	22	26	30	36
	380.00 (750)			4	6	9	12	15	18	22	26	30	36
XHHW	13.30 (6)	1	3	5	9	13	21	30	42	55	71	88	107
	380.00 (750)	1	3	5	9	13	21	30	42	55	71	88	107

Nota. Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico normal

Tabla 3. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería (Basado en la Tabla 1)  
(Continuación)

Tabla 3. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería (Basado en la tabla 1)  
(Continuación).

Tabla 3C. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería  
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10)

Tipo	Area de la sección transversal del conductor mm <sup>2</sup> (AWG)	Diámetro nominal del tubo mm											
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102	127	152
RHW y RHH (con cubierta exterior)	2.082 (14)	3	6	10	18	25	41	58	90	121	155		
	3.307 (12)	3	5	9	15	21	35	50	77	103	132		
	5.260 (10)	2	4	7	13	18	29	41	64	86	110		
	8.367 (8)	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	94	137
	13.30 (6)	1	1	2	5	6	11	15	24	32	41	64	93
	21.15 (4)	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	50	72
	33.62 (2)		1	1	3	4	6	9	14	19	24	38	56
	53.48 (1/0)		1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
	67.43 (2/0)			1	1	1	3	5	8	11	14	22	32
	85.01 (3/0)				1	1	3	4	7	9	12	19	28
	107.20 (4/0)				1	1	2	4	6	8	10	16	24
	126.70 (250)				1	1	1	3	5	6	8	13	19
	152.00 (300)				1	1	1	3	4	5	7	11	17
	202.70 (400)				1	1	1	1	3	4	6	9	14
	253.40 (500)				1	1	1	1	3	4	5	8	11
	380.00 (750)						1	1	1	3	3	5	8

Nota. Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico normal

D.4



Tabla 4. Dimensiones de tubos conduit y área disponible para los conductores (Basado en la tabla 1).

Tabla 4. Dimensiones de tubos conduit y área disponible para los conductores.  
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10).

Diámetro nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm <sup>2</sup>	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>		
			1 conductor fr=53%	2 conductores fr=30%	más de 2 conductores fr=40%
13	15.80	194	103	58	78
19	20.95	342	181	103	137
25	26.65	555	294	167	222
32	35.05	968	513	290	387
38	40.90	1 316	697	395	526
51	52.50	2 168	1 149	650	867
63	62.71	3 090	1 638	927	1 236
76	77.93	4 761	2 523	1 428	1 904
89	90.12	6 387	3 385	1 916	2 555
102	102.26	8 206	4 349	2 402	3 282
127	128.20	12 203	6 468	3 661	4 881
152	154.00	18 639	9 879	5 592	7 456

Nota. Las dimensiones de esta tabla representan valores promedio, considerando tubos conduit metálicos de tipo pesado. Los tubos conduit metálicos de otro tipo o tubos conduit no metálicos tienen dimensiones diferentes a las mostradas en la tabla.

Tabla 5. Dimensiones de conductores con aislamiento termoplástico

Area de la sección transversal del conductor (mm <sup>2</sup> ) (AWG KCM)	Tipos TW, THW THW-LS, THHW		Tipos THWN, THHN	
	Diámetro exterior mm	Area mm <sup>2</sup>	Diámetro exterior mm	Area mm <sup>2</sup>
2.082 (14) 3.307 (12) 5.260 (10) 8.367 (8)	3.5 4.0 4.6 6.0	9.62 12.57 16.62 28.27	3.0 3.5 4.4 5.8	7.07 9.62 15.21 26.42
13.30 (6) 21.15 (4) 33.62 (2)	7.8 9.8 10.5	47.78 63.60 86.60	6.7 8.5 10.0	35.26 56.75 78.54
53.48 (1/0) 67.43 (2/0) 85.01 (3/0) 107.20 (4/0)	13.6 14.8 16.1 17.6	145.30 172.00 203.60 243.30	12.6 13.8 15.1 16.6	124.60 149.60 176.70 216.40
126.70 (250) 152.00 (300) 202.70 (400) 253.40 (500) 380.00 (750) 506.70 (1000)	19.5 20.9 23.4 25.6 30.6 34.5	298.60 343.00 430.10 514.70 735.40 934.80	18.3 19.7 22.2 24.4 29.3 32.2	263.00 304.80 387.00 467.60 674.30 814.30

- Notas. - Todos los conductores de esta tabla son de cableado concéntrico normal clase B.  
 - Los diámetros exteriores de los cables y las áreas son valores promedio, útiles para calcular el número de conductores dentro de tubos conduit.  
 - Los espesores de aislamiento de los tipos de cables de esta tabla son los indicados en la Tabla 310-13.

FALLA DE ORIGEN

Tabla 5. Dimensiones de conductores con aislamiento termoplástico.

Tabla 8. Características de conductores concéntricos normales (DESNUDOS).

Área de la sección transversal del conductor (DESNUDO) mm <sup>2</sup> (AWG kCM)	Conductor concéntrico normal			
	Número de alambres	Diámetro de alambres mm	Diámetro exterior nominal mm	Resistencia eléctrica nominal c.d. ohm/km 20°C
2.082 (14)	7	0.615	1.85	8.45
3.307 (12)	7	0.776	2.33	5.32
5.260 (10)	7	0.978	2.93	3.34
8.367 (8)	7	1.234	3.70	2.10
13.30 (6)	7	1.555	4.67	1.32
21.15 (4)	7	1.961	5.88	0.832
33.62 (2)	7	2.473	7.42	0.523
53.48 (1/0)	19	1.893	9.47	0.329
67.43 (2/0)	19	2.126	10.63	0.261
85.01 (3/0)	19	2.387	11.94	0.207
107.20 (4/0)	19	2.680	13.40	0.164
126.70 (250)	37	2.088	14.62	0.139
152.00 (300)	37	2.287	16.01	0.116
202.70 (400)	37	2.641	18.49	0.0868
253.40 (500)	37	2.953	20.67	0.0694
380.00 (750)	61	2.816	25.34	0.0463
506.70 (1000)	61	3.252	29.27	0.0347

Tabla 8. Características de conductores concéntricos normales y Resistencia eléctrica nominal C.D. de cables desnudos.

Tabla 210-24. Capacidad nominal, protección contra sobrecorriente y carga máxima permitida para conductores de circuitos derivados.

**Requisitos para circuitos derivados**  
(Conductores de tipos RHW-LS, RHH, THHN, THW, THW-LS, THWN y XHHW en canalización o cable).

Capacidad nominal del circuito	15A	20A	30A	40A	50A
<b>CONDUCTORES</b> (tamaño mínimo): - Alambrado de circuitos*: Sección transversal nominal Calibre	2 082 mm <sup>2</sup> 14 AWG	3 307 mm <sup>2</sup> 12 AWG	5 260 mm <sup>2</sup> 10 AWG	8 387 mm <sup>2</sup> 8 AWG	13 300 mm <sup>2</sup> 6 AWG
- Derivaciones: Sección transversal nominal Calibre	2 082 mm <sup>2</sup> 14 AWG	2 082 mm <sup>2</sup> 14 AWG	2 082 mm <sup>2</sup> 14 AWG	3 307 mm <sup>2</sup> 12 AWG	3 307 mm <sup>2</sup> 12 AWG
- Alambrado de aparatos empleando cordones flexibles: (Véase la Sección 240-4)					3 307 mm <sup>2</sup> 12 AWG
<b>Protección contra sobrecorriente</b>	15A	20A	30A	40A	50A
Dispositivos de salida: Portalámparas permitidas Capacidad de contacto**	cualquier tipo 15 A max	cualquier tipo 15 ó 20 A	servicio pesado 30 A	servicio pesado 40 ó 50 A	servicio pesado 50 A
<b>Carga máxima</b>	15A	20A	30A	40A	50A
Carga permitida	Refiérase a la secc. 210-23 (a)	Refiérase a la secc. 210-23 (a)	Refiérase a la secc. 210-23 (b)	Refiérase a la secc. 210-23 (c)	Refiérase a la secc. 210-23 (c)

\* Estas secciones transversales nominales son para los conductores de cobre.

\*\* Para la capacidad de los contactos de los aparatos de alumbrado de tipo de descarga eléctrica conectados a un cordón flexible, véase la Sección 410-30 (c).

Tabla 210-21. Carga máxima conectada y capacidad nominal de contactos.

Tabla 210-21 (b) (2) Carga máxima conectada a contacto por medio de cordón y clavija

Capacidad nominal del circuito A	Capacidad nominal del contacto A	Carga máxima A
15 ó 20	15	12
20	20	16
30	30	24

Tabla 210-21 (b) (3)

Capacidad nominal de contactos para diversos circuitos

Capacidad nominal del circuito A	Capacidad del contacto A
15	No mayor de 15
20	15 ó 20
30	30
40	40 ó 50
50	50

Tabla 250-94. Conductores para electrodo de puesta a tierra en sistemas de C.A.  
(según la acometida).

**Tabla 250-94 Conductor para electrodo de puesta a tierra  
en sistemas de c.a.**

Area de la sección transversal del conductor más grande de acometida o su equivalente para conductores en paralelo		Area de la sección transversal del conductor para electrodo de puesta a tierra	
Cobre mm <sup>2</sup>	Aluminio mm <sup>2</sup>	Cobre mm <sup>2</sup>	Aluminio mm <sup>2</sup>
Hasta 33.62	Hasta 53.48	8.367	13.30
más de 33.62 hasta 53.48	más de 53.48 hasta 85.01	13.50	21.15
más de 53.48 hasta 85.01	más de 85.01 hasta 126.7	21.15	33.62
más de 85.01 hasta 177.3	más de 126.7 hasta 253.4	33.62	53.48
más de 177.3 hasta 304.0	más de 253.4 hasta 456.0	53.48	85.01
más de 304.0 hasta 557.4	más de 456.0 hasta 886.5	67.43	107.2
más de 557.4	más de 886.5	85.01	126.7

Tabla 250-95. Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos ( según el amperaje ).

Tabla 250-95 Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc.  No mayor en (amperes)	Sección transversal		Sección transversal	
	Cobre		Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG KMC	mm <sup>2</sup>	AWG KCM
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1000	67.43	2/0	107.2	4/0
1200	85.01	3/0	126.7	250
1600	107.2	4/0	177.3	350
2000	126.7	250	202.7	400
2500	177.3	350	304	600
3000	202.7	400	304	600
4000	253.4	500	405.4	800
5000	354.7	700	612	1200
6000	405.4	800	612	1200

Nota. Véanse las restricciones aplicables a las instalaciones, señaladas en la Sección 250-92.

Tabla 310-16. Factores de corrección por temperatura y capacidades de conducción de corriente en Amperes, de conductores aislados de 0 a 2,000 V, 60°C a 90 °C. No más de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C.

Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 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 mm <sup>2</sup> (AVG - kcmil)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TM * UF *	TIPOS RHW * TMW *, THHW * TMW-LS, THHW-LS TMW *, XHHW * USE *	TIPOS SA, SIS, FEP * FEPS * RHM *, RMW-2 TMW-2, THHW * THHW-LS, TT THHW-2, THHW * USE-2, XHHW * XHHW-2	TIPOS TM * UF *	TIPOS RHW * TMW *, THHW * TMW-LS, THHW-LS TMW *, XHHW * USE *	TIPOS SA, SIS, RHM *, RMW-2 TMW-2, THHW * THHW-LS TMW-2, THHW * 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	330
304.0 (600)	355	420	475	285	340	385
380.8 (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 mostrada 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	0.68	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.61	0.67	0.76	0.61	0.67	0.76
56 - 60	.....	0.58	0.71	.....	0.58	0.71
61 - 70	.....	0.53	0.58	.....	0.53	0.58
71 - 80	.....	.....	0.61	.....	.....	0.61

\* 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 mm<sup>2</sup> (14), 20 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12) y 30 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de cobre.  
 15 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12), y 25 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre, después de que se han aplicado los factores de corrección por temperatura ambiente y agrupamiento de conductores.

Tabla 310-17. Factores de corrección por temperatura y capacidades de conducción de corriente en Amperes, de cables monoconductores aislados de 0 a 2,000 V, 60°C a 90 °C. Al aire libre y para una temperatura ambiente de 30 °C.

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

Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> ) (AWG - KCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TW * UF *	TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW *	TIPOS SA, SIS, FEP * FEPE * RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2	TIPOS TW * UF *	TIPOS RHW * THW *, THHW * THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW *	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 (10)	.....	.....	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
38.62 (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 mostrada 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 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 mm<sup>2</sup> (14), 20 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12) y 30 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de cobre.  
 15 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12), y 25 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre.



## Notas de las tablas 310-16 y 310-17 de capacidad de conducción 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 230-4.

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 90°C, como máximo.

Tabla 310-21. Factores de corrección por agrupamiento.

**B.- Factores de corrección por agrupamiento.**

**(a)** Para cables o canalizaciones que tengan mas de tres conductores que lleven corriente. Cuando el número de conductores que llevan corriente en un cable o en una canalización exceda de tres, la capacidad de corriente obtenida de las tablas y ya corregida por temperatura debe ser reducida multiplicando por los factores de corrección por agrupamiento de la tabla siguiente:

Número de conductores que llevan corriente	Factores de corrección por agrupamiento
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 y más	0.35

Quando se apilan o se fuercen entre si cables monoconductores o multiconductores en una longitud mayor de 0.6 m, sin mantenerlos espaciados, y cuando no están instalados en canalizaciones, la capacidad de corriente para cada conductor debe reducirse aplicando los factores de la tabla anterior.

Excepción No. 1: Cuando se tienen conductores de sistemas diferentes, en una misma canalización o un mismo cable, como se indica en la Sección 300-3, los factores de corrección por agrupamiento se aplican solamente a los conductores de fuerza y alumbrado (Véanse los Artículos 210, 215, 220 y 230).

Excepción No. 2: Para conductores instalados en charolas se aplica lo indicado en la Sección 318-11.

Excepción No. 3: Estos factores de corrección no se aplican a conductores en uniones de canalizaciones que tengan una longitud menor de 0.6 m.

Excepción No. 4: Los factores de corrección por agrupamiento no se aplican a conductores subterráneos que entren o salgan de una zanja si están protegidos por tubo conduit rígido metálico semipesado, tubo conduit metálico ligero o tubo conduit rígido no metálico, cuya longitud no exceda de 3 m sobre el nivel del piso y el número de conductores no exceda de 4.

Excepción No. 5: Para otras condiciones de carga, se permite calcular los factores de corrección y las capacidades de corriente como se indica en la Sección 310-15(b).

**(b)** Más de un tubo conduit, tubo o canalización. Debe mantenerse el espaciamiento entre tubos conduits, tubos y canalizaciones.

Tabla 430-152. Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra corto circuito y falla a tierra del circuito derivado del motor.

**TABLA 430-152**  
Máximo rango o ajuste para el dispositivo de protección contra circuito corto y falla a tierra del circuito derivado del motor

Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo	Fusible de dos elementos (con retardo de tiempo)	Interruptor termomagnético instantáneo	Interruptor termomagnético de tiempo inverso*
Motores monofásicos de los tipos sin letra de Código.	300	175	700	250
Todos los motores de CA monofásicos, polifásicos, de jaula de ardilla y sincros(+), de arranque a tensión plena con resistencias o reactores. Sin letra de Código	300	175	700	250
Letra de Código				
F a V	300	175	700	250
B a E	250	175	700	200
A	150	150	700	150
Todos los motores de CA de jaula de ardilla y sincros con arranque por autotrans-formador(+): No mas de 30 A: Sin letra de código	250	175	700	200
Mas de 30 A: Sin letra de código	200	175	700	200
Letra de Código				
F a V	250	175	700	200
B a E	200	175	700	200
A	150	150	700	150
Motores de jaula de ardilla de alta reactancia: No mas de 30 A Sin letra de código	250	175	700	250
Mas de 30 A sin letra de código	200	175	700	200
Motores de rotor devanado, sin letra de código.	150	150	700	150
Motores de CD (voltaje constante) No mayores de 37.3 kW (50 CP) sin letra de código.	150	150	250	150
Mas de 37.3 kW (50 CP) sin letra de código.	150	150	175	150

Para la explicación de las letras de código véase la tabla 430-7 (b).

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase las secciones 430-52 hasta 430-54.

\*Los valores dados en las última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse también como se indica en la sección 430-52.

(+) Los motores sincros de bajo par de arranque y baja velocidad comunmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc. que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que el 200% de la corriente a plena carga.

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. (EN LIQUIDACION)  
 DEPARTAMENTO DE PLANEACION, SECCION DE ESTUDIOS ELECTRICOS

VALORES DE FALLA TRIFASICA Y DE LINEA A TIERRA EN KAMP PARA ALIMENTADORES DE 23 KV  
 ( CONDICIONES ACTUALES )

SUBSTACION	SUBSTACION		EN ALIMENTADOR ACSM336 CON UNA LONGITUD DE											
	2x10/11	ANGULO	1F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F
	2010/11	ANGULO	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F
CUAJIMALPA	0.9409	89.27	7.10	9.92	9.01	4.34	9.83	9.42	9.09	2.81	7.59	2.99	2.22	
	0.9921	87.00	7.31	4.40	9.06	2.92	2.43	2.00	1.82	1.62	1.49	1.32	1.21	
CHAHUITLAN	0.9190	86.89	4.89	4.29	9.79	9.37	9.05	2.79	2.57	2.36	2.21	2.07	1.94	
	0.7926	88.17	4.30	9.27	2.67	2.24	1.94	1.72	1.54	1.39	1.27	1.17	1.08	
CHALCO	0.8102	86.13	4.10	9.84	9.90	9.00	2.75	2.59	2.39	2.10	2.05	1.92	1.81	
	0.7926	88.17	9.81	9.03	2.51	2.14	1.87	1.65	1.48	1.35	1.23	1.13	1.05	
ECATEPEC	0.9935	87.10	9.79	4.94	4.90	9.80	9.41	9.08	2.81	2.50	2.39	2.22	2.08	
	0.7679	86.88	4.78	9.61	2.90	2.42	2.07	1.81	1.61	1.49	1.32	1.21	1.11	
GUADALUPE	0.9900	86.49	9.03	4.38	9.87	9.46	9.13	2.85	2.62	2.42	2.29	2.10	1.97	
	1.2644	87.14	9.33	2.71	2.29	1.98	1.74	1.54	1.41	1.28	1.18	1.09	1.01	
HIASTECA	0.9747	86.70	4.70	4.39	9.72	9.35	9.03	2.77	2.55	2.37	2.20	2.04	1.94	
	0.7976	88.17	4.36	9.26	2.66	2.25	1.95	1.72	1.54	1.39	1.27	1.17	1.08	
INDIANILLA	0.9444	86.92	4.50	4.04	9.61	9.29	2.96	2.71	2.50	2.32	2.16	2.03	1.90	
	0.7926	88.17	4.00	9.20	2.62	2.22	1.93	1.70	1.52	1.38	1.26	1.16	1.07	
INSURGENTES	0.9191	86.74	4.89	4.29	9.79	9.37	9.05	2.79	2.57	2.36	2.21	2.07	1.94	
	0.7926	88.17	4.20	9.27	2.67	2.26	1.96	1.72	1.54	1.39	1.27	1.17	1.08	
IZTAPALAPA	0.9991	87.06	7.10	9.97	4.99	4.33	9.82	9.41	9.08	2.81	2.56	2.39	2.22	
	0.9624	87.11	9.00	4.77	9.99	2.80	2.40	2.04	1.81	1.60	1.44	1.31	1.20	
JAMAICA	0.9406	87.70	4.64	4.00	9.60	9.20	2.98	2.73	2.51	2.33	2.17	2.04	1.91	
	0.7926	88.17	4.10	9.71	2.63	2.23	1.94	1.71	1.53	1.38	1.26	1.16	1.07	
K-0	0.9995	87.07	7.10	9.97	4.90	4.32	9.81	9.41	9.08	2.81	2.56	2.39	2.22	
	0.9627	87.12	7.04	4.76	9.99	2.80	2.40	2.04	1.81	1.60	1.44	1.31	1.20	

Tabla IV.C.1. Valores de falla trifásica y monofásica en kilo-Amperes para alimentadores de 23 KV.

Tabla IV.C.2. Reactancias transitorias y subtransitorias de motores pequeños.

**Table 16—Approximate Machine Reactances**  
**LARGE INDUCTION MOTORS**

The short-circuit reactance of an induction motor (or induction generator) in percent on its own kVA base may be taken as percent  $X''_d =$

$$\frac{100}{\dots}$$

\*times normal stalled rotor current

\*with rated voltage and frequency applied.

The reactance of such a machine will generally be approximately (in percent on own kVA base).

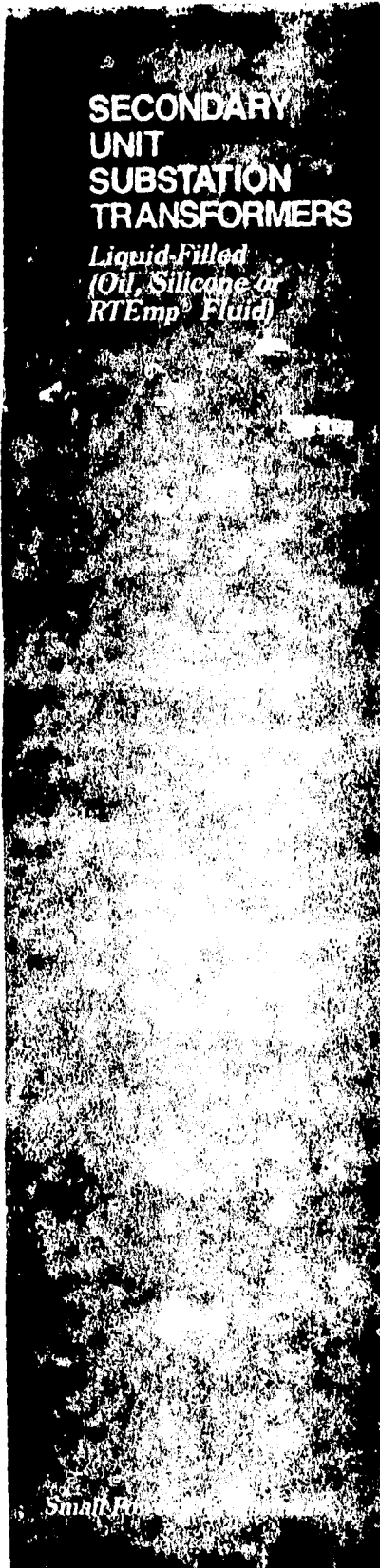
$X''_d$	
Range	Most Common
15-25	25

**Table 17—Grouped Small Motors**

In many short-circuit studies, the number and size of motors, either induction or synchronous, is not known precisely. However, the short-circuit contribution from these motors must be estimated. In such cases the following table of reactances is used to account for a large number of small induction and synchronous motors.

Item	Motor Ratings and Corrections	Subtransient Reactance $X''_d$ (Percent)	Transient Reactance $X'_d$ (Percent)
1	600 volts or less—induction	25	—
2	600 volts or less—synchronous (items 1 and 2 include motor leads)	25	39
3	600 volts or less—induction	31	—
4	600 volts or less—synchronous (items 3 and 4 include motor leads and step-down transformers)	31	39
5	Motors above 600 volts—induction	20	—
6	Motors above 600 volts—synchronous	19	25
7	Motors above 600 volts—induction	26	—
8	Motors above 600 volts—synchronous (Items 7 & 8 include step-down transformers)	21	31

Tabla IV.C.3. Especificaciones técnicas de transformadores de baja capacidad tipo "Liquid - Filled". Marca SQUARE D.



Liquid-filled substation transformers are built with either standard mineral oil or with high firepoint fluids. They are intended for close-coupling to medium voltage and low voltage switchgear. All provisions of ANSI C57.12.00 and NEMA TR1 are observed. Transformers are built to specific user standards where specified. Square D liquid-filled units are vacuum-dried and vacuum-filled with degassed and dried fluids in state-of-the-art vacuum filling chambers. Cores are wound and annealed 5-legged or mitered corner 3-legged construction on all 3-phase transformers. A wide variety of throats, flanges and air-filled terminal chambers allow tailoring individual units to meet the broadest range of applications.

Square D unit substation transformers offer:

- Design flexibility
- Economy
- Low losses
- Standard or high firepoint fluids
- Many options of instrumentation, lightning arresters, pressure relief devices, etc.

■ Standard and Optional Ratings and Accessories

KVA Sizes Available:	225, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3750, 5000KVA	
Primary Voltage Classes:	2.5, 5, 8.7, 15, 25, 34.5kV	
Secondary Voltages:	208Y/120, 240, 480Y/277, 480, 2400, 1160, 4800V	
Basic Impulse Levels:	Standard	Optional
	1.2kV	45kV
	2.5kV	60kV
	5.0kV	75kV
	8.7kV	95kV
	15kV	110kV
	25kV	150kV
34.5kV	200kV	
Winding Temperature Rise:	Standard 65 ° C	Optional 55-65 ° C*
Impedance:	Standard - 3.8% to 5.75% depending on KVA and low voltage combination	
Forced Air Rating:	125% of self-cooled rating 2500 - 5000KVA 125% of self-cooled rating	
Conductor Material:	Standard Aluminum	Optional Copper
Standard Accessories:	Padlockable de-energized tap changer 1" upper flange plug and filter press connection 1" drain plug - 500KVA and below Dial thermometer without alarm contacts Liquid level gauge without alarm contacts Pressure vacuum gauge Provisions for jacking and lifting	

\*Provides 10% overload capacity @ 65 ° C

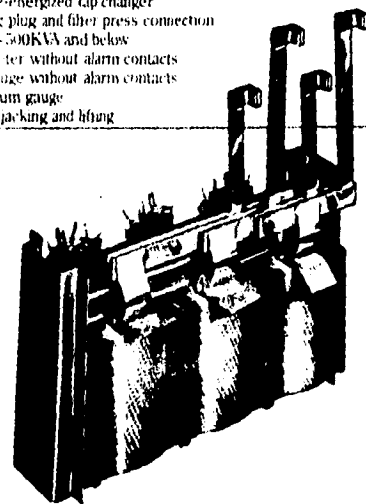


Tabla IV.C.4. Valores de Resistencia y Reactancia del Electroducto I-Line II para diferentes capacidades.

**Impedance Values**

**Line-To-Neutral (Milliohms Per 100 Feet)**

Ampere Rating	Aluminum Busway			Copper Busway		
	R	X <sub>60 Hz</sub>	X <sub>50 Hz</sub>	R	X <sub>60 Hz</sub>	X <sub>50 Hz</sub>
225	7.30	3.42	2.85	4.06	3.75	3.12
400	3.71	2.60	2.17	2.13	2.30	1.92
600	2.04	1.59	1.32	2.13	2.30	1.92
800	2.67	.91	.76	1.86	1.10	.92
1000	2.15	.74	.62	1.63	.96	.80
1200	1.62	.60	.50	1.17	.76	.63
1350	1.36	.53	.44	1.05	.70	.58
1600	1.05	.45	.37	.88	.61	.51
2000	.88	.37	.30	.78	.51	.42
2500	.71	.30	.25	.54	.38	.32
3000	.53	.23	.19	.48	.34	.28
4000	.41	.14	.12	.35	.21	.17
5000	—	—	—	.25	.17	.14

Impedance values are for busway operating at 80°C Centigrade temperature.

**Resistance Values for Aluminum Integral Ground Bus**

Ampere Rating 3Ø 3W and 3Ø 4W	Resistance (Milliohms per 100 Feet)	
	Aluminum Phase Conductors	Copper Phase Conductors
225	6.74	6.74
400	5.03	5.08
600	3.86	5.08
800	2.94	3.39
1000	2.33	2.94
1200	1.92	2.33
1350	1.64	2.11
1600	1.34	1.80
2000	0.92	1.53
2500	0.71	0.92
3000	0.61	0.76
4000	0.45	0.48
5000	—	0.45

Impedance values for the Integral Ground Bus are at a 20°C operating temperature.

Tabla IV.A.1. Tabla de reflexiones aproximadas para superficies con pintura, de madera con barniz, acabados metálicos y construcciones aparentes.

I. SUPERFICIES DE PINTURA.

TONO	COLOR	REFLEXION ( % )
Muy claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
Clara	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
	Gris	73
Mediano	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
	Gris	61
Oscuro	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

II. SUPERFICIES DE MADERA CON BARNIZ.

COLOR	REFLEXION ( % )
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

III. ACABADOS METALICOS.

COLOR	REFLEXION ( % )
Blanco polarizado	70 - 85
Aluminio pulido	75
Aluminio mate	75
Aluminio claro	79
Aluminio medio	59

IV. ACABADOS DE CONSTRUCCION APARENTES.

TIPO	REFLEXION ( % )	TIPO	REFLEXION ( % )
Roca basáltica	18	Concreto	40
Cantera clara	18	Mármol blanco	45
Tabique muy pulido	48	Vegetación	25
Tabique rojo vidriado	30	Asfalto limpio	7
Tabique pulido	40	Grava	13
Tabique rijo barnizado	30	Pasto verde oscuro	6
Cemento	27	Pizarra	8



Tabla IV.A.2. Reflectancias efectivas de cavidades de piso o techo (pfc, pcc).

pfc, pcc (%)	90										80										70										60										50									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0.2	99	98	98	97	96	95	94	93	92	78	78	78	77	76	75	74	73	72	71	70	70	69	68	67	67	66	65	64	63	62	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41

Tabla 5. Continuación

pfc, pcc (%)	40										30										20										10										0									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0.2	40	40	39	38	37	36	35	34	33	31	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	20	20	19	18	17	16	15	14	11	11	11	10	10	10	10	09	08	08	08	08	08	01	01	01	01	01	00	00

Tabla IV.A.3. Coeficientes de utilización para seis diferentes modelos de luminarios, marca Manufacturas Lumínicas S.A.

## COEFICIENTE DE UTILIZACION

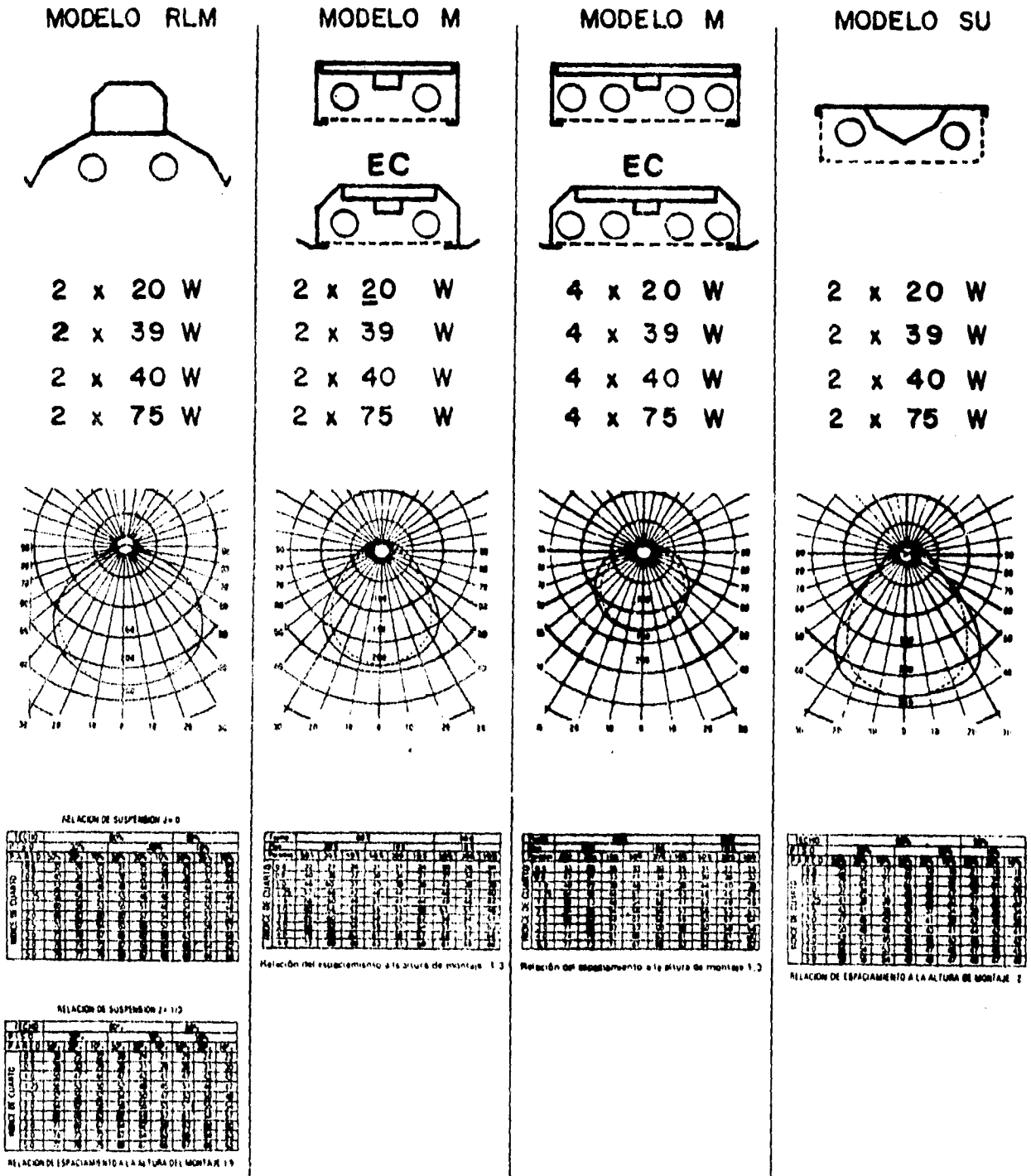


Tabla IV.A.4. Factores multiplicadores para ajustar el Coeficiente de Utilización cuando la reflectancia efectiva de la cavidad de piso es diferente del 20 %.

% Effective Ceiling Cavity Reflectance, $\rho_{cc}$	60				70				80			90			10		
	70	80	90	10	70	80	90	10	80	90	10	80	90	10	80	90	10
For 30 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																	
Room Cavity Ratio																	
1	1.062	1.062	1.076	1.088	1.077	1.076	1.084	1.089	1.048	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.078	1.066	1.055	1.047	1.066	1.067	1.048	1.038	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.008
3	1.070	1.064	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.029	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.043	1.033	1.024	1.058	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.029	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.008	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.008	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.006	1.017	1.010	1.004	1.015	1.008	1.003	1.013	1.007	1.002
For 10 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																	
Room Cavity Ratio																	
1	.923	.929	.935	.940	.933	.936	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.978	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.961	.961	.969	.948	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.968	.978	.960	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.948	.964	.976	.983	.954	.966	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.959	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.967	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.980	.978	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998
9	.983	.979	.987	.994	.966	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999
10	.985	.980	.988	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.999	.988	.994	.999
For 0 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																	
Room Cavity Ratio																	
1	.859	.870	.878	.888	.873	.884	.893	.901	.918	.923	.929	.948	.954	.960	.978	.983	.987
2	.871	.867	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.979	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.908	.919	.934	.947	.938	.950	.964	.958	.969	.978	.978	.984	.993
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.948	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994
5	.903	.931	.953	.965	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.968	.979	.991	.975	.985	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.969	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.979	.991	.970	.983	.995	.979	.989	.998
9	.928	.958	.975	.989	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.978	.988	.998
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999

Tabla IV.A.5. Especificaciones eléctricas y mecánicas de balastos electromagnéticos Sola Basic, ahorradores de energía, termoprotectidos, de alta eficiencia, bajas pérdidas y encendido rápido e instantáneo.

Tipo de lámpara	Potencia nominal de lámpara (Watts)	Numero de catálogo	Tensión de línea (Volts)	Corriente de línea (Ampa)	Tensión de encendido (Volts)	Diagrama	Grado de sonido	Distancia de montaje (cm)	Largo (cm)	Sección	Peso por pieza (Kg)	Piezas por caja.
-----------------	-------------------------------------	--------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------------	----------	-----------------	---------------------------	------------	---------	---------------------	------------------

### ALTA EFICIENCIA BAJAS PERDIDAS (AHORRADORAS DE ENERGIA) ENCENDIDO RAPIDO

#### UNA LAMPARA ALTO FACTOR

F40-T12/RS	34	420-134	127	0.180	300	7	A	22.8	20.3	VI	1.850	12
		420-S-134	220	0.220								
		420-N-134	254	0.190								
		420-T-134	277	0.175								
FO-32-T8	32	428-132	127	0.320	200	7	A	22.8	20.3	VI	1.850	12
		428-S-132	220	0.190								
		428-N-132	254	0.160								
		428-T-132	277	0.140								

#### DOS LAMPARAS ALTO FACTOR

F40-T12/RS	34	420-234	127	0.670	258	8	A	22.8	20.3	VI	1.850	12
		420-S-234	220	0.385								
		420-N-234	254	0.335								
		420-T-234	277	0.300								
FO-32-T8	32	428-232	127	0.560	300	8	A	22.8	20.3	VI	1.850	12
		428-S-232	220	0.330								
		428-N-232	254	0.280								
		428-T-232	277	0.260								

#### DOS LAMPARAS H.O. ALTO FACTOR

F96-T12/HO	112	420-2110	127	1.900	465	8	C	28.4	26.8	IV	6.300	4
		420-S-2110	220	1.100								
		420-N-2110	254	0.950								
		420-T-2110	277	0.870								

### ENCENDIDO INSTANTANEO SLIM LINE

#### UNA LAMPARA ALTO FACTOR

F48-T12	30 ó 32	450-132	127	0.425	385	11	B	22.5	21.2	VII	2.700	8
		450-S-132	220	0.245								
		450-N-132	254	0.215								
		450-T-132	277	0.195								
F96-T12	60	450-160	127	0.675	565	11	C	28.2	27.0	VII	3.88	8
		450-S-160	220	0.390								
		450-N-160	254	0.340								
		450-T-160	277	0.310								

#### DOS LAMPARAS ALTO FACTOR

F48-T12	30 ó 32	450-232	127	0.640	385	12	B	22.5	21.2	VII	2.700	8
		450-S-232	220	0.370								
		450-N-232	254	0.320								
		450-T-232	277	0.295								
F96-T12	60	450-260	127	1.10	565	12	C	28.2	27.0	VII	4.100	8
		450-S-260	220	0.640								
		450-N-260	254	0.560								
		450-T-260	277	0.510								

Tabla IV.A.6a. Lámparas fluorescentes Osram, ahorradoras de energía, encendido rápido.

Nominal				VENDEDOR ID NO. DCI 048136 UPC 48136	Lamp Ordering Abbreviation	Pig. Qty.	Description	Avg. Rated Hours Life(22)	Approx. Initial Lumens(2)
Watts	Ballast	Length	Base	Nom No.					
<b>OCTRON® CURVALUME® "800" SERIES, 1 1/8" LEG SPACING, RAPID START LAMPS (No Starter Required)</b>									
<b>16</b>	T-8	10.5"	Med. Bipin	21834	<b>F8016/830</b> ○	15	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1300
				21835	<b>F8016/835</b> ○	15	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1300
				21836	<b>F8016/841</b> ○	15	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1300
<b>24</b>	T-8	16.5"	Med. Bipin	21874	<b>F8024/830</b> ○	15	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2125
				21875	<b>F8024/835</b> ○	15	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2125
				21876	<b>F8024/841</b> ○	15	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2125
<b>31</b>	T-8	22.5"	Med. Bipin	21877	<b>F8031/830</b> ○	15	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2900
				21878	<b>F8031/835</b> ○	15	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2900
				21879	<b>F8031/841</b> ○	15	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2900
<b>OCTRON® "800" SERIES, RAPID START LAMPS (No Starter Required)</b>									
<b>17</b>	T-8	24"	Med. Bipin	21903	<b>F017/830</b> ○	25	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1400
				21904	<b>F017/835</b> ○	25	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1400
				21905	<b>F017/841</b> ○	25	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	1400
<b>25</b>	T-8	36"	Med. Bipin	21913	<b>F025/830</b> ○	25	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2225
				21914	<b>F025/835</b> ○	25	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2225
				21915	<b>F025/841</b> ○	25	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	2225
<b>32</b>	T-8	48"	Med. Bipin	21923	<b>F032/830</b> ○	25	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3000
				21924	<b>F032/835</b> ○	25	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3000
				21925	<b>F032/841</b> ○	25	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3000
<b>36</b>	T-8	48"	Med. Bipin	21930	<b>F036/830</b> ○	25	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3450
				21931	<b>F036/835</b> ○	25	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3450
				21932	<b>F036/841</b> ○	25	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3450
<b>40</b>	T-8	60"	Med. Bipin	21938	<b>F040/830</b> ○	25	3000K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3775
				21939	<b>F040/835</b> ○	25	3500K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3775
				21940	<b>F040/841</b> ○	25	4100K, 85 CRI <sup>24</sup>	20000	3775
<b>50</b>	T-8	96"	Single Pin	21897	<b>F096/830</b> ○	24	3000K, 85 CRI	15000	6000
				21898	<b>F096/835</b> ○	24	3500K, 85 CRI	15000	6000
				21899	<b>F096/841</b> ○	24	4100K, 85 CRI	15000	6000
<b>OCTRON® "900" SERIES LAMPS FOR DISPLAY AND BACKLIGHTING, RAPID START LAMPS (No Starter Required)</b>									
<b>14</b>	T-8	20"	Med. Bipin	21868	<b>F014/950/20"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	750
<b>17</b>	T-8	24"	Med. Bipin	21871	<b>F017/950/24"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	800
<b>21</b>	T-8	30"	Med. Bipin	21869	<b>F021/950/30"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	1000
<b>25</b>	T-8	36"	Med. Bipin	21872	<b>F025/950/36"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	1250
<b>28</b>	T-8	40"	Med. Bipin	21870	<b>F028/950/40"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	1400
<b>32</b>	T-8	48"	Med. Bipin	21880	<b>F032/950/48"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	1675
<b>40</b>	T-8	60"	Med. Bipin	21873	<b>F040/950/60"</b> ○	30	5000K, 90 CRI <sup>24</sup>	20000	2200

Tabla IV.A.6b. Categorías de mantenimiento de luminarios.

Maintenance Category	Top Enclosure	Bottom Enclosure
I	1. None.	1. None
II	1. None 2. Transparent with 15 per cent or more uplight through apertures. 3. Translucent with 15 per cent or more uplight through apertures. 4. Opaque with 15 per cent or more uplight through apertures.	1. None 2. Louvers or baffles
III	1. Transparent with less than 15 per cent upward light through apertures. 2. Translucent with less than 15 per cent upward light through apertures. 3. Opaque with less than 15 per cent uplight through apertures.	1. None 2. Louvers or baffles
IV	1. Transparent unapertured. 2. Translucent unapertured. 3. Opaque unapertured.	1. None 2. Louvers
V	1. Transparent unapertured. 2. Translucent unapertured. 3. Opaque unapertured.	1. Transparent unapertured 2. Translucent unapertured
VI	1. None 2. Transparent unapertured. 3. Translucent unapertured. 4. Opaque unapertured.	1. Transparent unapertured 2. Translucent unapertured 3. Opaque unapertured

Grafica IV.A.7a. Porcentaje esperado de depreciamiento por suciedad (EDD).

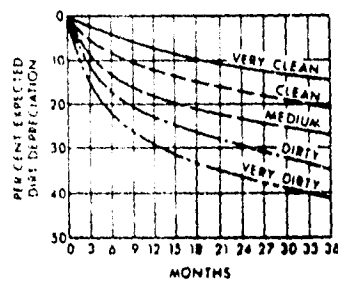


Tabla IV.A.7b. Factores de depreciación por suciedad de cuarto (RSDD).

Room Surface Dirt Depreciation (RSDD) Factors

Per Cent Expected Dirt Depreciation	Luminaire Distribution Type																			
	Direct				Semi-Direct				Direct-Indirect				Semi-Indirect				Indirect			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Room Cavity Ratio																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

Tabla IV.A.8. Factores de depreciación por polvo en el luminario (LDD), para seis categorías de luminarios y cinco grados de suciedad..

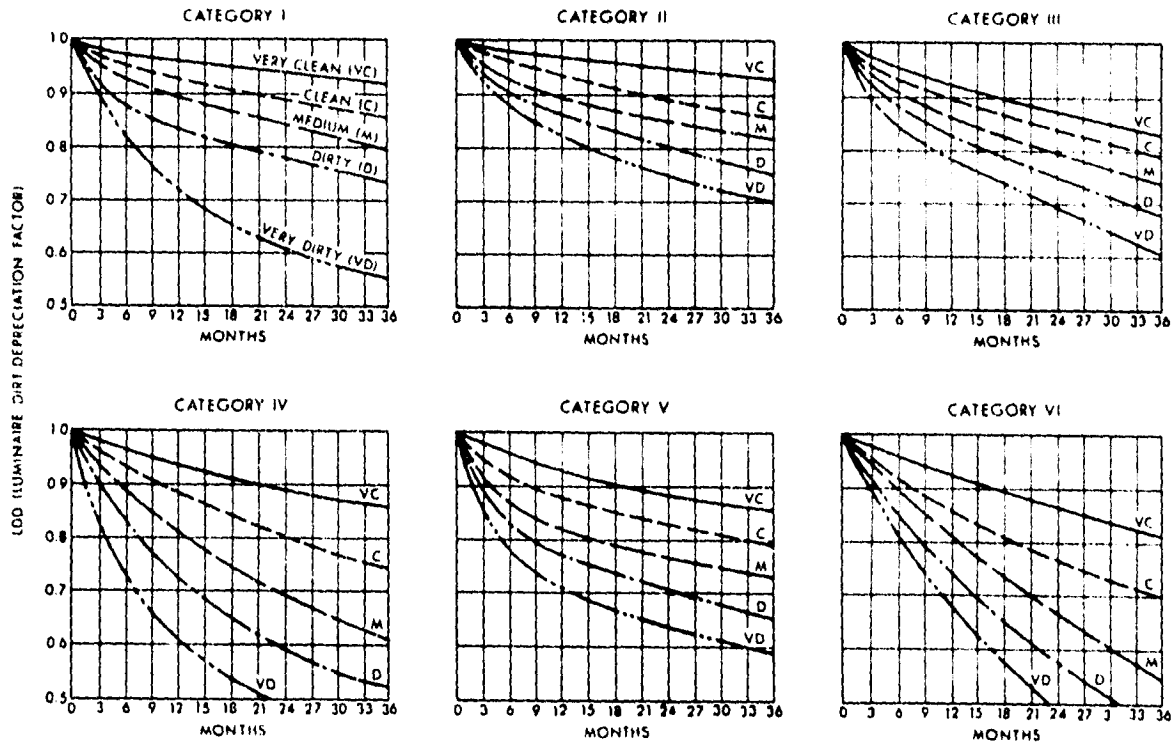


Tabla IV.A.9. Categorías y rangos de valores de iluminación, recomendados para actividades generales en interiores.

I. Illuminance Categories and Illuminance Values for Generic Types of Activities in Interiors				
Type of Activity	Illuminance Category	Ranges of Illuminances		Reference Work-Plane
		Lux	Footcandles	
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-100	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-300-500	20-30-50	Illuminance on task
Performance of visual tasks of medium contrast or small size	E	500-750-1000	50-75-100	
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	200-300-500	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)
Performance of very prolonged and exacting visual task	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

Tabla IV.A.10. Categorías específicas para interiores, según el área y actividad.

II. Commercial, Institutional, Residential and Public Assembly Interiors			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
<b>Accounting (see Reading)</b>		<b>Churches and synagogues</b> ..(see page 7-2) <sup>4</sup>	
<b>Air terminals (see Transportation terminals)</b>		<b>Club and lodge rooms</b>	
<b>Armories</b> .....	C <sup>1</sup>	Lounge and reading .....	D
<b>Art galleries (see Museums)</b>		<b>Conference rooms</b>	
<b>Auditoriums</b>		Conferring .....	D
Assembly .....	C <sup>1</sup>	Critical seeing (refer to individual task)	
Social activity .....	B	<b>Court rooms</b>	
<b>Banks (also see Reading)</b>		Seating area .....	C
Lobby		Court activity area .....	E <sup>3</sup>
General .....	C	<b>Dance halls and discotheques</b> .....	B
Writing area .....	D	<b>Depots, terminals and stations</b>	
Tellers' stations .....	E <sup>3</sup>	(see Transportation terminals)	
<b>Barber shops and beauty parlors</b> .....	E		

For footnotes, see page C-49



Tabla IV.A.12. Factores de peso a considerar, para seleccionar el nivel de iluminación específico dentro de los rangos de valores para cada categoría.

**Weighting Factors to be Considered in Selecting Specific Illuminance Within Ranges of Values for Each Category**

<b>a. For Illuminance Categories A through C</b>			
Room and Occupant Characteristics	Weighting Factor		
	-1	0	+1
Occupants ages	Under 40	40-55	Over 55
Room surface reflectances*	Greater than 70 percent	30 to 70 percent	Less than 30 percent

<b>b. For Illuminance Categories D through I</b>			
Task and Worker Characteristics	Weighting Factor		
	-1	0	+1
Workers ages	Under 40	40-55	Over 55
Speed and/or accuracy**	Not Important	Important	Critical
Reflectance of task background***	Greater than 70 percent	30 to 70 percent	Less than 30 percent

\* Average weighted surface reflectances, including wall, floor and ceiling reflectances, if they encompass a large portion of the task area or visual surround. For instance, in an elevator lobby, where the ceiling height is 7.8 meters (25 feet), neither the task nor the visual surround encompass the ceiling, so only the floor and wall reflectances would be considered.

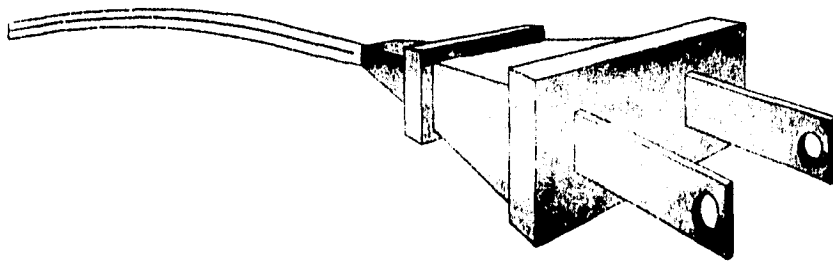
\*\* In determining whether speed and/or accuracy is not important, important or critical, the following questions need to be answered: What are the time limitations? How important is it to perform the task rapidly? Will errors produce an unsafe condition or product? Will errors reduce productivity and be costly? For example, in reading for leisure there are no time limitations and it is not important to read rapidly. Errors will not be costly and will not be related to safety. Thus, speed and/or accuracy is not important. If however, prescription notes are to be read by a pharmacist, accuracy is critical because errors could produce an unsafe condition and time is important for customer relations.

\*\*\* The task background is that portion of the task upon which the meaningful visual display is exhibited. For example, on this page the meaningful visual display includes each letter which combines with other letters to form words and phrases. The display medium, or task background, is the paper, which has a reflectance of approximately 85 percent.

# Sección E

## Cuadros de cargas

- Por tablero.
- Por motor.
- General.



## CUADRO DE CARGAS

Tablero de distribución : SERVICIO NORMAL. Área : PLANTA BAJA. Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO. Temperatura : 31 °C Aislamiento : THW 90 °C. Canalización : TUBO CONDUIT Y ELECTRODUCTO.														Marca : SQUARE D Tipo : NQOD30-4L21F. CON 30 POLOS. Voltaje : 220 V Interruptor Principal : 150 A Watts totales : 15,225 Nivel de corto circuito min. : 17.000 AIC			
Circuito No	Interruptor termomag.		No. de Contactos 1-F 200 W	No. Lámparas fluorescentes 2 x 32 W	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a tablero [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]		
	Polos	[ A ]				A	B	C				Activo	Neutro	Tierra			
C-L-1	1	15	4	-	800		800		127	7.00	21	12	12	14	13		
C-L-2	1	15	3	-	600			600	127	5.25	9	12	12	14	13		
C-L-3	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	17	12	12	14	13		
C-L-4	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	10	12	12	14	13		
C-L-5	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	13	12	12	14	13		
C-L-6	1	15	5	-	1,000	1,000			127	8.75	20	12	12	14	13		
C-L-7	1	15	5	-	1,000	1,000			127	8.75	16	12	12	14	13		
C-L-8	1	15	5	-	1,000	1,000			127	8.75	19	12	12	14	13		
C-L-9	1	15	5	-	1,000	1,000			127	8.75	25	10	10	14	13		
C-L-10	1	15	5	-	1,000		1,000		127	8.75	23	12	12	14	13		
C-L-11	1	15	5	-	1,000		1,000		127	8.75	7	12	12	14	13		
C-L-12	1	15	5	-	1,000		1,000		127	8.75	5	12	12	14	13		
A-L-1	1	15	-	5	375	375			127	3.28	22	14	14	14	13		
A-L-2	1	15	-	5	375		375		127	3.28	15	14	14	14	13		
A-L-3	1	15	-	5	375			375	127	3.28	17	14	14	14	13		
A-L-4	1	15	-	5	375	375			127	3.28	24	14	14	14	13		
A-L-5	1	15	-	6	450		450		127	3.94	28	14	14	14	13		
A-L-6	1	15	-	7	525			525	127	4.59	26	14	14	14	13		
A-L-7	1	15	-	3	225	225			127	1.97	16	14	14	14	13		
A-L-8	1	15	-	3	225		225		127	1.97	21	14	14	14	13		
A-L-9	1	15	-	3	225			225	127	1.97	11	14	14	14	13		
A-L-10	1	15	-	3	225	225			127	1.97	17	14	14	14	13		
A-L-11	1	15	-	3	225		225		127	1.97	9	14	14	14	13		
A-L-12	1	15	-	3	225			225	127	1.97	19	14	14	14	13		
<b>TOTALES :</b>			<b>57</b>	<b>51</b>	<b>15,225</b>	<b>5,200</b>	<b>5,075</b>	<b>4,950</b>					<b>DESBALANCEO :</b>	<b>5.05%</b>			

**NOTAS :** Los circuitos de lámparas fluorescentes incluyen el 15 % de pérdidas en el sistema por el balastro.  
 Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes.  
 Los tableros de distribución son con zapatas principales 3F-4H+G ( El interruptor termomagnético está en la Unidad de enchufar ).

E.2

### CUADRO DE CARGAS

Tablero de distribución : SERVICIO NORMAL.

Area : PLANTA TIPO 1°2°,3°,4°,6° y 7°.

Caida de Tension : 4 % MÁXIMO.

Temperatura : 31°C

Aislamiento : THW 90 °C.

Canalización : TUBO CONDUIT Y ELECTRODUCTO

Marca : SQUARE D

Tipo : NQOD42-4L2IF. CON 42 POLOS.

Voltaje : 220 V

Interruptor Principal : 250 A

Watts totales : 28.550

Nivel de corto circuito min.: 17,000 AIC

Circuito No	Interruptor termomag		No. de Contactos I-F 200 W	No. Lámparas fluorescentes 2 x 32 W	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a tablero [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]
	Polos	[ A ]				A	B	C				Activo	Neutro	Tierra	
C-M-1	1	15	8	-	1,600	1,600			127	14.00	23	10	10	14	13
C-M-2	1	15	7	-	1,400	1,400			127	12.25	23	10	10	14	13
C-M-3	1	15	6	-	1,200	1,200			127	10.50	22	10	10	14	13
C-M-4	1	15	6	-	1,200	1,200			127	10.50	16	12	12	14	13
C-M-5	1	15	7	-	1,400	1,400			127	12.25	20	10	10	14	13
C-M-6	1	15	6	-	1,200	1,200			127	10.50	23	10	10	14	13
C-M-7	1	15	7	-	1,400		1,400		127	12.25	14	12	12	14	13
C-M-8	1	15	6	-	1,200		1,200		127	10.50	16	12	12	14	13
C-M-9	1	15	7	-	1,400		1,400		127	12.25	11	12	12	14	13
C-M-10	1	15	6	-	1,200		1,200		127	10.50	11	14	14	14	13
C-M-11	1	15	7	-	1,400		1,400		127	12.25	15	12	12	14	13
C-M-12	1	15	6	-	1,200		1,200		127	10.50	18	12	12	14	13
C-M-13	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	14	14	14	14	13
C-M-14	1	15	4	-	800			800	127	7.60	19	12	12	14	13
C-M-15	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	18	12	12	14	13
C-M-16	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	19	12	12	14	13
C-M-17	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	23	12	12	14	13
C-M-18	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	26	10	10	14	13
C-M-19	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	8	12	12	14	13
C-M-20	1	15	5	-	1,000			1,000	127	8.75	5	12	12	14	13
A-M-1	1	15	-	8	600	600			127	5.25	25	14	14	14	13
A-M-2	1	15	-	8	600		600		127	5.25	17	14	14	14	13
A-M-3	1	15	-	8	600			600	127	5.25	14	14	14	14	13
A-M-4	1	15	-	8	600	600			127	5.25	21	14	14	14	13
A-M-5	1	15	-	8	600		600		127	5.25	26	12	12	14	13
A-M-6	1	15	-	5	450			600	127	5.25	30	12	12	14	13
A-M-7	1	15	-	6	450	450			127	3.94	22	14	14	14	13
A-M-8	1	15	-	5	450		450		127	3.94	18	14	14	14	13
A-M-9	1	15	-	6	450			450	127	3.94	23	14	14	14	13
<b>TOTALES :</b>			<b>118</b>	<b>66</b>	<b>28,550</b>	<b>9,650</b>	<b>9,450</b>	<b>9,450</b>				<b>DESBALANCEO :</b>			<b>2.12%</b>

**NOTAS :** Los circuitos de lámparas fluorescentes incluyen el 15 % de pérdidas en el sistema por el balastro.  
 Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes.  
 Los tableros de distribución son con zapatas principales 3F-4H-G ( El interruptor termomagnético está en la Unidad de enchufar ).

## CUADRO DE CARGAS

Motores: SERVICIO NORMAL.  
 Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO.  
 Temperatura : 31 °C.  
 Aislamiento : THW 90 °C.  
 Sistema : 220 V - 3F - 60 Hz.  
 Nivel de corto circuito min. : 12,100 AIC

Motor No.	Interruptor termomag.		HP	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a Plug-in Unit [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]	Plug-in Unit Square D *
	Polos	[ A ]			A	B	C				Activo	Neutro	Tierra		
M-1	3	70	25	18.650	6.217	6.217	6.217	220	68	10	2	14	8	32	PFA32070G
M-2	3	70	25	18.650	6.217	6.217	6.217	220	68	34	2	14	8	32	PFA32070G
M-3	3	15	5	3.730	1.243	1.243	1.243	220	13.50	10	14	14	14	13	PFA32015G
M-5	3	30	10	7.460	2.487	2.487	2.487	220	30	10	8	14	10	19	PFA32030G
M-7	3	100	32	23.872	7.957	7.957	7.957	220	75	34	2	14	8	32	PFA32100G
<b>TOTALES :</b>			<b>97</b>	<b>72.362</b>	<b>24,121</b>	<b>24,121</b>	<b>24,121</b>								<b>DESBALANCEO : 0.00%</b>

**NOTAS :** Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes.  
 \* Las Unidades de enchufar son de 3 Polos+G con arrancador magnético a tensión reducida, capacidad interruptiva estándar.

E.4

### CUADRO DE CARGAS

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Tablero de distribución : SERVICIO DE EMERGENCIA. Área : SEMISOTANO. Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO. Temperatura : 31 °C. Aislamiento : THW 90 °C. Canalización : TUBO CONDUIT Y ELECTRODUCTO										Marca : SQUARE D Tipo : NQOD12-4L11F CON 12 POLOS. Voltaje : 220 V Interruptor Principal : 50 A Watts totales : 4,500 Nivel de Corto Circuito min.: 17,000 AIC						
Circuito No	Interruptor termomag.		No de Contactos 1-F 200 W	No. de Contactos 3-F 600 W	No. Lámparas fluorescentes 2 x 32 W	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a tablero [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]
	Polos	[ A ]					A	B	C				Activo	Neutro	Tierra	
C-KE-1	1	15	5			1,000	1,000			127	8.75	23	12	12	14	13
C-KE-2	1	15	5			1,000		1,000		127	8.75	18	12	12	14	13
C-KE-3	1	15	5			1,000		1,000		127	8.75	34	10	10	14	13
C-KE-4	3	15		1		600	200	200	200	220	1.75	23	12	12	14	13
A-KE-1	1	15			4	300	300			127	2.62	11	14	14	14	13
A-KE-2	1	15			4	300		300		127	2.62	25	14	14	14	13
A-KE-3	1	15			4	300			300	127	2.62	25	14	14	14	13
<b>TOTALES :</b>			<b>15</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>4,500</b>	<b>1,500</b>	<b>1,500</b>	<b>1,500</b>				<b>DESBALANCEO :</b>			<b>0.00%</b>
<b>NOTAS :</b> Los circuitos de lámparas fluorescentes incluyen el 15 % de pérdidas en el sistema por el balastro. Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes. Los tableros de distribución son con zapatas principales 3F-4H-G ( El interruptor termomagnético está en la Unidad de enchufar ).																

## CUADRO DE CARGAS

Tablero de distribución : SERVICIO DE EMERGENCIA Área : PLANTA BAJA. Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO. Temperatura : 31 °C. Aislamiento : THW 90 °C. Canalización : TUBO CONDUIT Y ELECTRODUCTO.										Marca : SQUARE D Tipo : NQOD12-4L11F. CON 12 POLOS. Voltaje : 220 V Interruptor Principal : 50 A Watts totales : 2.400 Nivel de Corto Circuito min : 17.000 AIC					
Circuito No	Interruptor termomág.		No. de Contactos I-F 200 W	No Lámparas fluorescentes 2 x 32 W	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a tablero [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]
	Polos	[ A ]				A	B	C				Activo	Neutro	Tierra	
C-LE-1	1	15	2	-	400	400			127	3.50	7	12	12	14	13
C-LE-2	1	15	2	-	400	400			127	3.50	10	12	12	14	13
C-LE-3	1	15	2	-	400		400		127	3.50	18	12	12	14	13
C-LE-4	1	15	2	-	400		400		127	3.50	21	12	12	14	13
C-LE-5	1	15	2	-	400			400	127	3.50	23	12	12	14	13
C-LE-6	1	15	2	-	400			400	127	3.50	25	12	12	14	13
A-LE-1	1	15	-	-	0				127	5.49	20	14	14	14	13
A-LE-2	1	15	-	-	0				127	5.49	26	14	14	14	13
A-LE-3	1	15	-	-	0				127	5.49	20	14	14	14	13
<b>TOTALES :</b>			<b>12</b>	<b>21</b>	<b>2.400</b>	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>				<b>DESBALANCEO :</b>			<b>0.00%</b>
NOTAS : Los circuitos de lámparas fluorescentes incluyen el 15 % de pérdidas en el sistema por el balastro. Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes. Los tableros de distribución son con zapatas principales 100 AHIC ( El interruptor termomagnético está en la Unidad de enchufar ).															

E.C.

## CUADRO DE CARGAS

Tablero de distribución : SERVICIO DE EMERGENCIA. Área : PLANTA TIPO 1°,2°,3°,4°,5°,6° y 7°. Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO. Temperatura : 31 °C. Aislamiento : THW 90 °C. Canalización : TUBO CONDUIT Y ELECTRODUCTO.						Marca : SQUARE D Tipo : NQOD12-4L11F. CON 12 POLOS. Voltaje : 220 V Interruptor Principal : 30 A Watts totales : 1,575 Nivel de Corto Circuito min : 17,000 AIC								
Circuito No.	Interruptor termomagn.		No. Lámparas fluorescentes 2 x 32 W	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a tablero [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]
	Polos	[ A ]			A	B	C				Activo	Neutro	Tierra	
A-ME-1	1	15	7	525	525			127	4.59	25	14	14	14	13
A-ME-2	1	15	7	525		525		127	4.59	20	14	14	14	13
A-ME-3	1	15	7	525			525	127	4.59	20	14	14	14	13
<b>TOTALES :</b>			<b>21</b>	<b>1,575</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>				<b>DESBALANCEO :</b>			<b>0.00%</b>
<b>NOTAS :</b> Los circuitos de lámparas fluorescentes incluyen el 15 % de pérdidas en el sistema por el balastro. Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes. Los tableros de distribución son con zapatas principales 3F-4H+G ( El interruptor termomagnético está en la Unidad de enchufar ).														

E.7



## CUADRO DE CARGAS

Motores: SERVICIO DE EMERGENCIA.  
 Caída de Tensión : 4 % MÁXIMO.  
 Temperatura : 31 °C.  
 Aislamiento : THW 90 °C.  
 Sistema : 220 V - 3F - 60 Hz.  
 Nivel de corte circuito min. : 9,300 AIC

Motor No.	Interruptor termomag.		HP	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Voltaje [ V ]	Corriente Nominal [ A ]	Longitud a Plug-in Unit [ m ]	Calibre AWG del conductor			Diámetro de la canalización [ mm ]	Plug-in Unit Square D *
	Polos	[ A ]			A	B	C				Activo	Neutro	Tierra		
M-4	3	15	5	3.730	1.243	1.243	1.243	220	13.50	10	14	14	14	13	PFA3201SG
M-6	3	30	10	7.460	2.487	2.487	2.487	220	30.00	10	8	14	10	19	PFA32030G
M-8	3	100	32	23.872	7.957	7.957	7.957	220	75.00	34	2	14	8	32	PFA32100G
<b>TOTALES :</b>			<b>47</b>	<b>35,062</b>	<b>11,687</b>	<b>11,687</b>	<b>11,687</b>								<b>DESBALANCEO : 0.00%</b>

NOTAS : Los circuitos de servicio normal y de emergencia van en tuberías independientes.  
 \* Las Unidades de enchufar son de 3 Polos+G con arrancador magnético a tensión reducida, capacidad interruptiva estándar.

E. 8

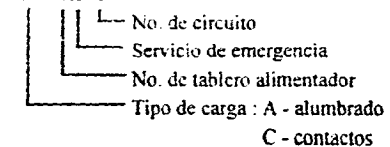
## CUADRO GENERAL DE CARGAS

SERVICIO NORMAL							SERVICIO DE EMERGENCIA						
Tablero	Ubicación	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Desbalanceo [ % ]	Tablero	Ubicación	Watts totales [ W ]	Watts por fase			Desbalanceo [ % ]
			A	B	C					A	B	C	
K	SS	2.925	975	975	975	0.00%	KE	SS	4.500	1.500	1.500	1.500	0.00%
L	PB	15.225	5.200	5.075	4.950	5.05%	LE	PB	2.400	800	800	800	0.00%
M	1°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	ME	1°	1.575	525	525	525	0.00%
N	2°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	NE	2°	1.575	525	525	525	0.00%
P	3°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	PE	3°	1.575	525	525	525	0.00%
Q	4°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	QE	4°	1.575	525	525	525	0.00%
R	5°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	RE	5°	1.575	525	525	525	0.00%
T	6°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	TE	6°	1.575	525	525	525	0.00%
U	7°	28.550	9.650	9.450	9.450	2.12%	UE	7°	1.575	525	525	525	0.00%
M1	SS	18.651	6.217	6.217	6.217	0.00%	M4	SS	3.730	1.243	1.243	1.243	0.00%
M2	AZOTEA	18.651	6.217	6.217	6.217	0.00%	M6	SS	7.460	2.487	2.487	2.487	0.00%
M3	SS	3.730	1.243	1.243	1.243	0.00%	M8	AZOTEA	23.872	7.957	7.957	7.957	0.00%
M5	SS	7.460	2.487	2.487	2.487	0.00%							
M7	AZOTEA	23.872	7.957	7.957	7.957	0.00%							
<b>TOTALES :</b>		<b>290.364</b>	<b>97.846</b>	<b>96.321</b>	<b>96.196</b>	<b>1.72%</b>			<b>52.987</b>	<b>17.662</b>	<b>17.662</b>	<b>17.662</b>	<b>0.00%</b>

NOTAS : % DESBALANCEO = 100 \* (Watts Fase Mayor - Watts Fase Menor) / Watts fase menor

Nomenclatura de circuitos.

A - KE - 1

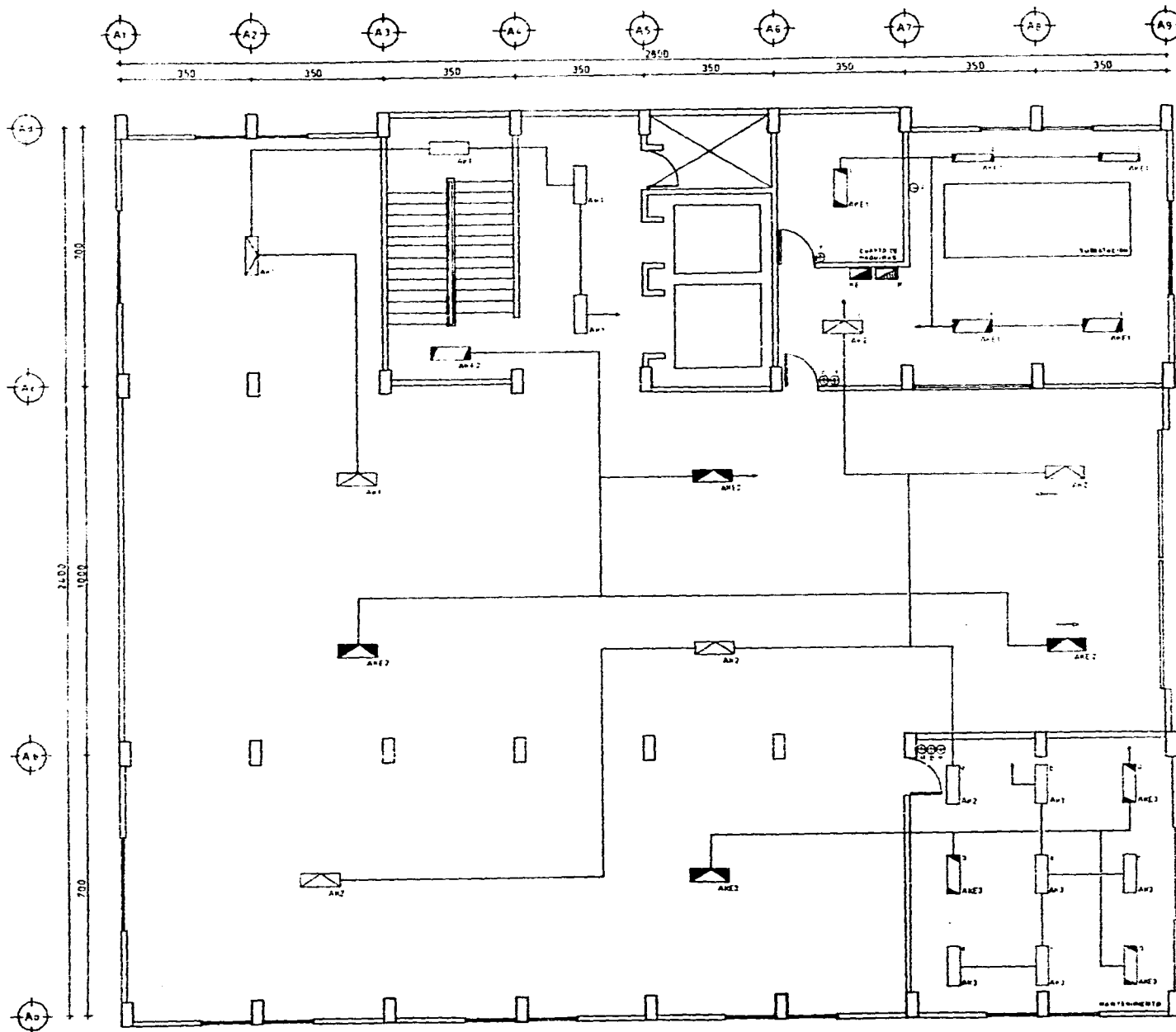


# Sección F

## Planos eléctricos

- Instalación eléctrica de alumbrado.
- Instalación eléctrica de contactos.
- Diagrama unifilar.



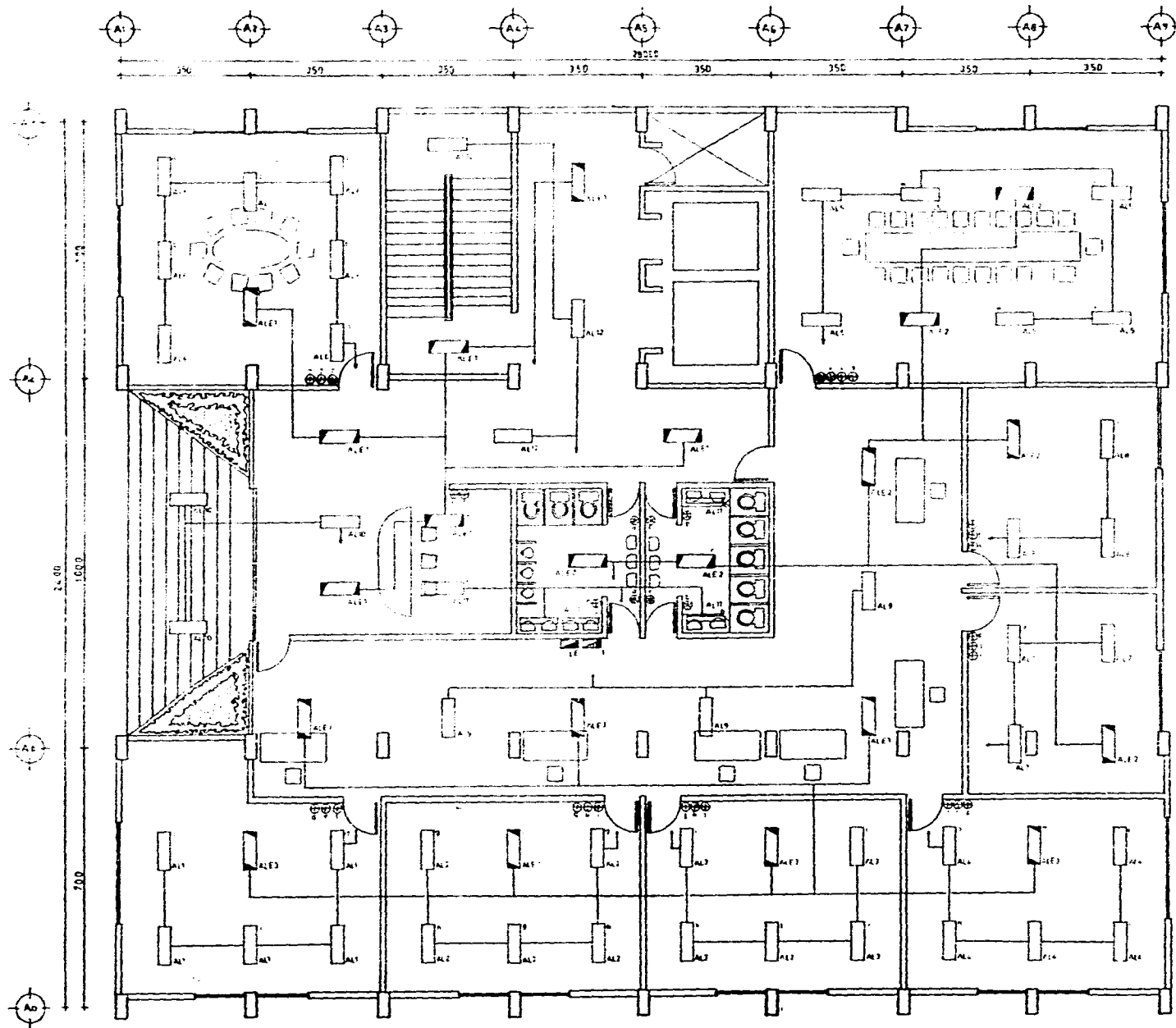


### SIMBOLOGIA









- ⊙ APAREJO SENCILLO SIMBOLO
- ELECTRODUTO PARA CABLES Y/O PLACAS
- LAMPARA FLUORESCENTE DE 20W PARA EMERGENCIAS
- ▤ LAMPARA FLUORESCENTE DE 20W PARA EMERGENCIAS
- ▥ LAMPARA FLUORESCENTE DE 20W PARA SOBREPONER
- ▧ LAMPARA FLUORESCENTE DE 20W SOBREPONER SIN EMERGENCIAS
- ▩ TABLERO DE DISTRIBUCION PERMANENTE NORMAL
- TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIAS
- ▬ CANALETA PARA LAMPARA FLUORESCENTE DE 20W SIN EMERGENCIAS

PROYECTISTA  
Rubén Vega Cisneros

C E L	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD			
	SENIOTAND INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO.		NOTA:	
	R.V.C.		R.V.C.	
	R.V.C.		R.V.C.	
FECHA	ESCALA	PROYECTISTA		
R.V.C.	1:50	R.V.C.		
R.V.C.				
R.V.C.				
			IE - 01	

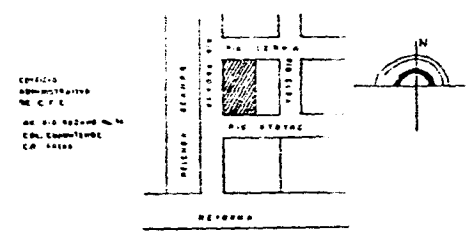


### SIMBOLOGIA

-  APARATO LUMINOSO EMERGENCIA
-  APARATO DE ENCENDIDO EMERGENCIA
-  ELECTRODUTO CONDUCCION 25 PUN PLAFON
-  LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x32W PARA EMERGENCIA
-  LAMPARA FLUORESCENTE 2x32W EMERGENCIA SERVICIO DE EMERGENCIA
-  CANALITA PARA LAMPARA FLUORESCENTE DE 1x32W
-  TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO NORMAL
-  TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIA

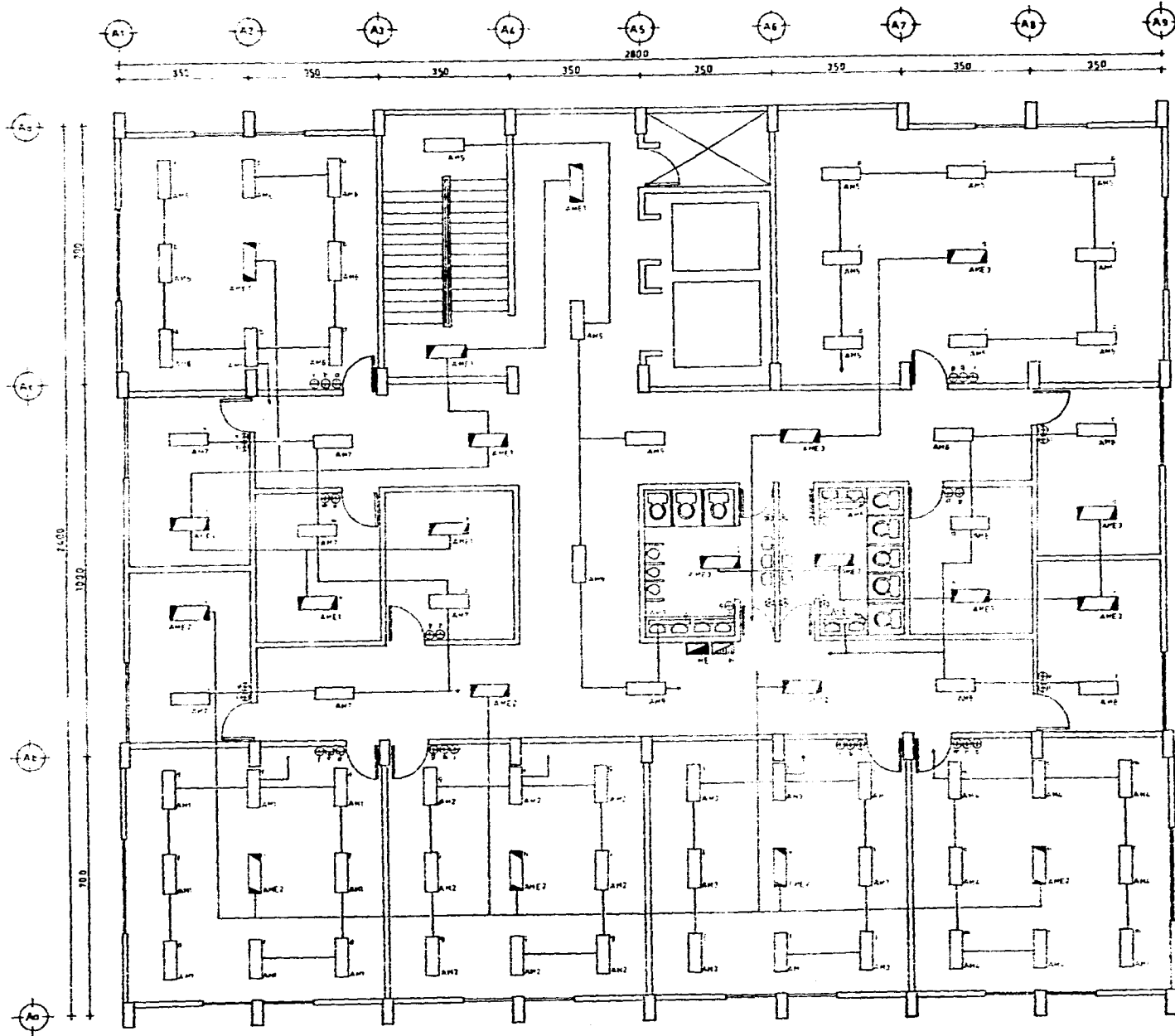
PROYECTISTA  
Rubén Vega Cisneros

### LOCALIZACION



OFICINA ADMINISTRATIVA  
M.C.F.E.  
AV. DIA 20240 No. 14  
C.D. COMUNITAT  
C.A. 48000

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD			
PLANTA BAJA INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO			
PROYECTISTA	FECHA	ESCALA	PROYECTO
RVC	FEB. 7.93	1:50	RVC
RVC	FEB. 7.93		
REV/AME	FEB. 20.93	CM	IE-02



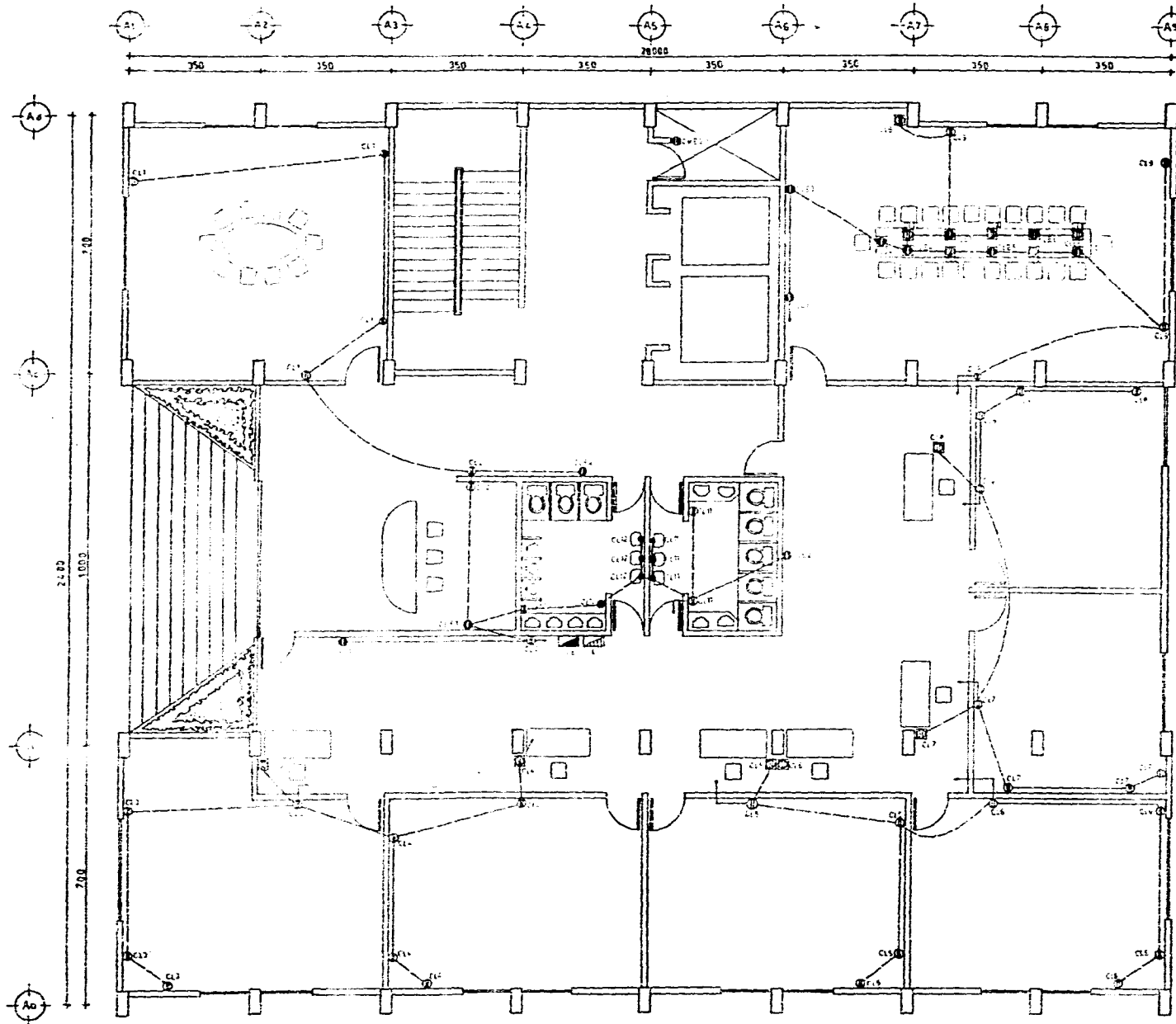
### SIMBOLOGIA

- ⊙ UNICADOR SENCILLO EN MUR
- ⊙ ANILADOR DE ESCALERA DE TRES LIAS EN MUR
- ⊙ ELECTRODUCID COMMS P.A. 15 PCH PLAFON
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE DE 232W PARA ENFRIAR
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE 232W ENFOCADA SERVICIO EMERGENCIA
- ▭ CANALITA PARA LAMPARA FLUORESCENTE DE 432W
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO NORMAL
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIA

PROYECTISTA:  
Rubén Vega Cisneros

U L C	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD			
	PLANTA TIPO: 15.2.3.2.5.5.6 v. 7º INSTALACION ELECTRICA DE ALUMBRADO			
	DISEÑADO: R.V.C. FEB. 95	REVISADO: R.V.C. FEB. 95	APROBADO: C.M. FEB. 95	PROYECTADO: R.V.C. FEB. 95
	NÚMERO: 1E-03			





### SIMBOLOGIA

- ⊙ CONTACTO SENSIBLE EN HORAS
- ⊖ CONTACTO SENSIBLE EN HORAS SERVICIO DE EMERGENCIA
- ⊠ CONTACTO SENSIBLE EN FASE
- ⊡ CONTACTO SENSIBLE EN FASE SERVICIO DE EMERGENCIA
- TUBERIA CONDUIT PARA PISO
- TUBERIA CONDUIT PARA MURO O PLAFON
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO NORMAL
- ▩ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIA

### ALAMBRADO DE CIRCUITOS

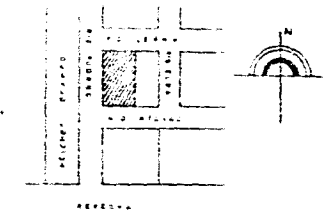
CL12,14,16,18,20,22	2/12	CL12,14,16,18,20,22	2/12
	1 x 1.50 x 25.00		1 x 1.50 x 25.00
	2/12		2/12
CL19	2/12	CL19	2/12
	1 x 1.50 x 25.00		1 x 1.50 x 25.00
	2/12		2/12

### NOTA

ESQUEMA DE ALIMENTACION DE TABLEROS  
CON EFECTIVIDAD DE ALIMENTACION

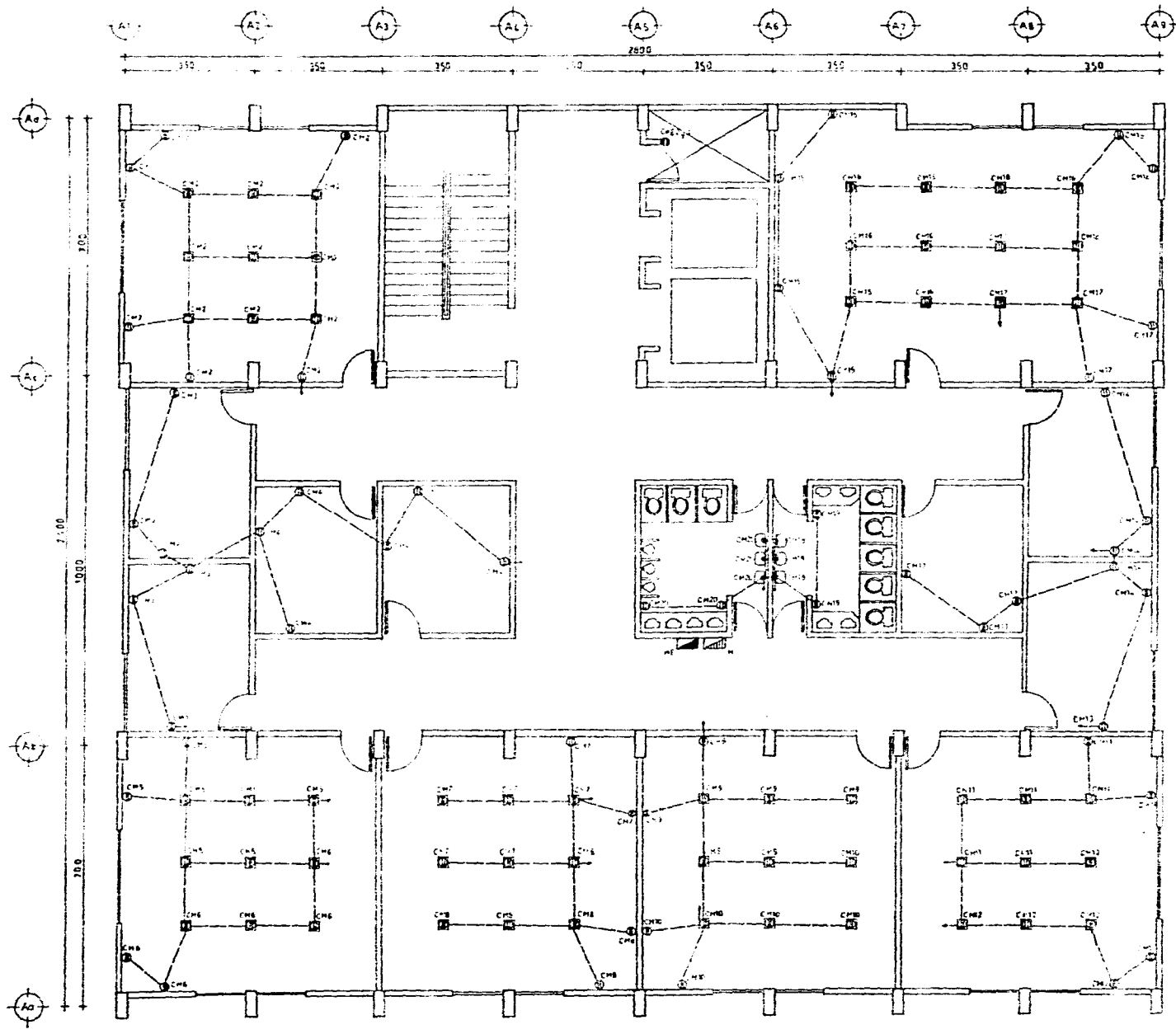
REVISION  
Rafael Vago Cisneros  
DISEÑO Y DISTRIBUCION

NOTA:  
1. COORDINAR CON  
M. C. F. A.  
2. COORDINAR CON  
LA COMISIÓN FEDERAL  
DE ELECTRICIDAD



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD			
PLANTA BAJA		NÚMERO:	
INSTALACION ELECTRICA DE CONTACTOS			
FECHA:	ESCALA:	PROYECTISTA:	REVISOR:
1955	1:50	PEREZ	PEREZ
M. C. F. A.	PEREZ	PEREZ	PEREZ
NOVIEMBRE	PEREZ	PEREZ	PEREZ
			IE-05





**SIMBOLOGIA**

- ⊕ CONTACTO SENCILLO EN RIGID
- ⊕ CONTACTO SENCILLO EN RIGID CON INTERRUPTOR DE EMERGENCIA
- ⊕ CONTACTO SENCILLO EN RIGID
- TUBERIA CONDUIT PARA PISO
- TUBERIA CONDUIT POR MUR O PLATA
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO NORMAL
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIA

**ALAMBRADO DE CIRCUITOS**

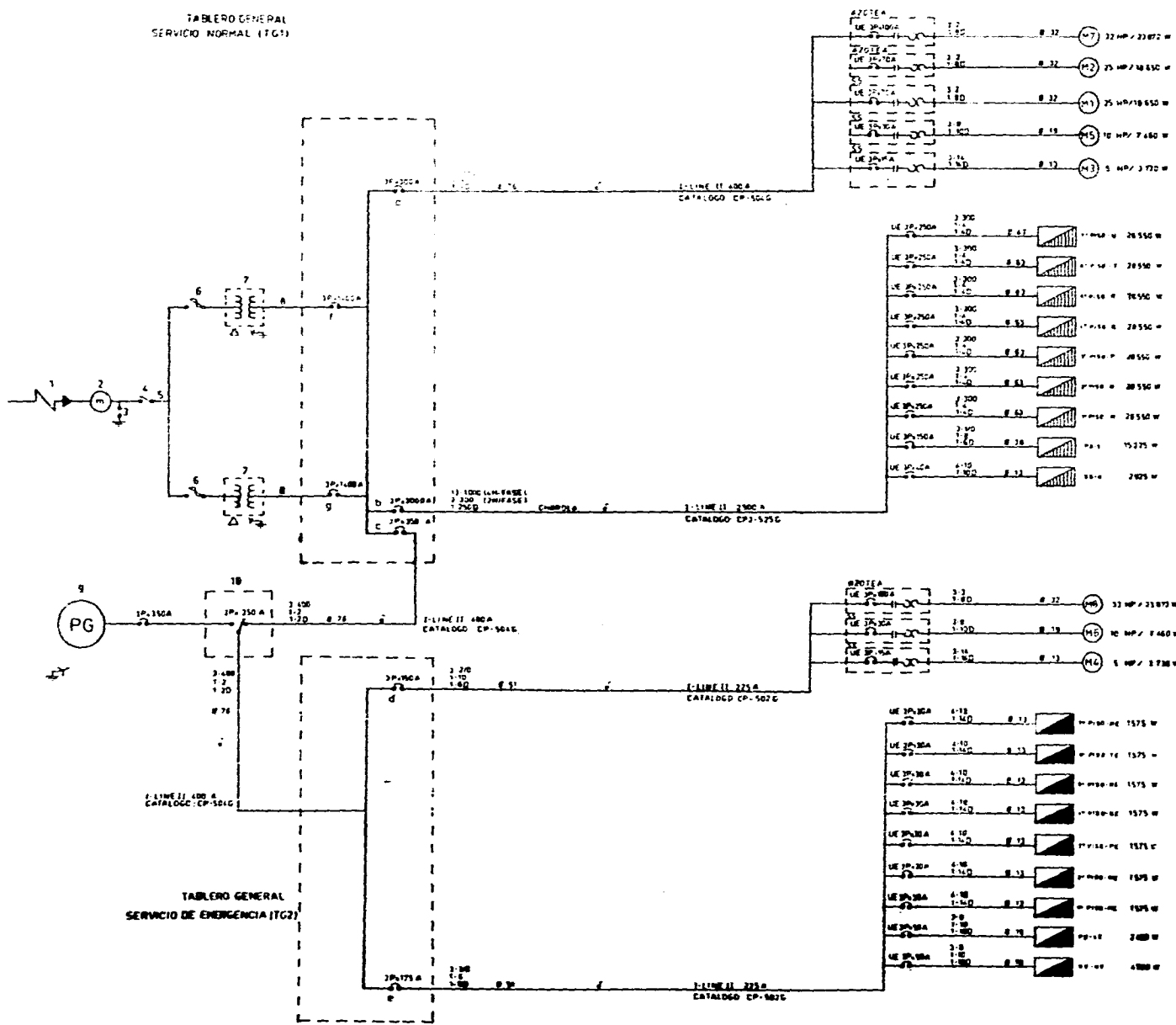
- CM 1235A/B: 2-12  
1-14 DESA. DO  
# 13
- CM 4785A/B 12/14/15/16/17/19/20: 2-12  
1-14 DESA. DO  
# 13

NOTA:  
1. VERIFICAR LOS DATOS DE DIMENSIONES DEL TABLERO  
2. VERIFICAR LA CANTIDAD DE CABLES EN EL TABLERO

PROYECTISTA  
Rubén Vega Cisneros

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD			
PLANTA: 100		PROYECTO: 100	
INSTALACION: 100		FECHA: 100	
INSTALACION DE CONTACTOS			
PROYECTISTA:	REVISOR:	COLOCADOR:	PROYECTISTA:
R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.
R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.
R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.
R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.	R.V.C.
			IE-06

TABLERO GENERAL  
SERVICIO NORMAL (TG3)



SIMBOLOGIA

- 1 acometida de la compañía de luz
  - 2 medidor de la compañía de luz
  - 3 apartarrayos
  - 4 cuchillas desconectadas  
operación sin carga
  - 5 bus alimentador I-LINE II CAT CP-51006
  - 6 interruptor con fusibles 3P a 25 A
  - 7 transformador de distribución 225 KVA  
22.5KV-220/127 Vca 60 Hz 3F-3Ø
  - 8 alimentadores en baja tensión I-LINE II CAT 51006
  - 9 planta generadora de emergencia 50 HP a 67 kW  
3F-4W-220/127 Vca-60 Hz
  - 10 sección de transferencia automática
- (M1) aire acondicionado
  - (M2) aire acondicionado
  - (M3) bomba hidráulica-servicio normal
  - (M4) bomba hidráulica-servicio de emergencia
  - (M5) contra incendio-servicio normal
  - (M6) contra incendio-servicio de emergencia
  - (M7) elevador-servicio normal
  - (M8) elevador-servicio de emergencia
  - [Symbol] tablero de distribución-servicio normal
  - [Symbol] tablero de distribución-servicio de emergencia
  - [Symbol] unidad de enchufar con interruptor tipo B también utilizada
  - (M) motor de corriente alterna
  - [Symbol] interruptor termomagnético
  - [Symbol] unidad de enchufar tipo interruptor termomagnético

PROYECTISTA:

Rubén Vega Cisneros

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	IE-07
REVISADO: [ ]	ELABORADO: [ ]
VERIFICADO: [ ]	PROYECTADO: [ ]
APROBADO: [ ]	FECHA: [ ]

## **BIBLIOGRAFÍA.**

REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS [NTIE ]. ( 1988 ). Editorial Andrade, 7a. Edición.

SECOFI-DGN. (1994). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMP-1994, "RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA". Diario oficial de la federación.Oct. 10, 1994.

J.F. Mc Partland- Editor. NATIONAL ELECTRICAL CODE HANDBOOK [NEC]. Editorial McGraw-Hill, 16a. edición.

Enríquez Harper, Gilberto. (1993). EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Editorial Limusa, 6a.edicion.

Bratu Serban N. & Campero Littlewood E. (1992). INSTALACIONES ELÉCTRICAS -CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO. Editorial Alfaomega, 2a. edición.

Velasco Solis, Jesús. (1994). DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PLANTAS INDUSTRIALES III. Colección de Potencia Eléctrica Industrial.

Illuminating Engineering Society of North America [ IESNA ] & Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A.C. [SMII]. (1976). CURSO BÁSICO DE ILUMINACIÓN. Editorial Publicidad impresa, S.A.

Illuminating Engineering Society of North America [ IESNA ]. (1994). CURSO: PRINCIPIOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN.

Velasco Solis, Jesús. (1988).FUSIBLES-ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y SELECCIÓN. Editorial Limusa, 1a. edición.

E. Kaufman, John. Editor. (1987). IES LIGHTING HANDBOOK. 5a. edición.

Berman. INDUSTRIAL POWER SYSTEM HANDBOOK. Editorial McGraw-Hill.

Lorenzo Bautista, Rodolfo. (1992). ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES. Colección del Colegio de Ingenieros Mecánicos Eléctricos [ CIME].

G. Fink, Donald & Wayne Beaty, H. (1978). STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS. Editorial McGraw-Hill, 11a. edición.

IEEE. (1972). STANDARD DICTIONARY OF ELECTRICAL & ELECTRONICS TERMS. Editorial Wiley-Interscience.

S. Brady, George. MATERIALS HANDBOOK. Editorial McGraw-Hill, 10a. edición.

Enríquez Harper, Gilberto. (1987). MANUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES. Editorial Limusa, 7a. edición.

William D. Stevenson Jr. (1988). ELEMENTS OF POWER SYSTEM ANALYSIS. Editorial McGraw-Hill, 3a. edición.

Jacinto Viqueira Landa. (1987). REDES ELÉCTRICAS II. Editorial Representaciones y servicios de ingeniería, 3a. edición.

Enríquez Harper, Gilberto. (1991). PROTECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES. Editorial Limusa, 1a. edición.

Becerril Diego, Onésimo. (1990). INSTALACIONES ELÉCTRICAS PRACTICAS. Editorial IPN, 11a. edición.

Merrick Gay, Charles. de Van Fawcet, Charles & J. McGuines, William. INSTALACIONES EN LOS EDIFICIOS. Editorial Gustavo Gili, 4a. edición.

W. J. Ellis. (1974). INGENIERÍA DE MATERIALES. Editorial Representaciones y servicios de ingeniería

Baena, Guillermina & Montero, Sergio. (1994). TESIS EN TREINTA DÍAS. Editorial Noriega, 9a. reimpresión.

Tarkin, Anthony J. (1983). INGENIERÍA ECONÓMICA. Editorial Mc Graw Hill, 1a. edición.

W. Clark, Ronald. (1987). THOMAS ALVA EDISON. Editorial Edamex, 5a. edición.

SECOFI-DGN. (1982). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-10-1982, "CONDUCTORES ELÉCTRICOS".

SECOFI-DGN. (1994). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-1994, "NIVELES Y CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO". Diario oficial de la federación.

SECOFI-DGN. (1977). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-235-1977, "GABINETES PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS DE CONTROL Y DISTRIBUCIÓN".

Square D Company - Groupe Schneider. (1992). DIGEST No. 169.

Square D Company - Groupe Schneider. (1993). COMPENDIADO No. 21.

Square D Company - Groupe Schneider. (1993). CATÁLOGOS DE ELECTRODUCTO I-LINE II.

Telemecanique - Groupe Schneider (1993). CATÁLOGOS DE ELECTRODUCTO, CANALIS.

Federal Pacific Electric - Groupe Schneider. (1993). COMPENDIADO.

General Electric Company. (1990). CATÁLOGOS DE ELECTRODUCTO SPECTRA.

**Siemens Energy & Automation Inc. (1992). COMPENDIADO.**

**Cutler Hammer Products. (1991). CATÁLOGO INDUSTRIAL.**

**Klöckner-Moeller. (1990). CATÁLOGO DE ELECTRODUCTO BD-2 SYSTEM.**

**Crouse Hinds Domex. (1994). CATÁLOGOS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.**

**Caname. (1991). MONOGRAFIA DEL SECTOR DE LAS MANUFACTURAS ELÉCTRICAS DE MEXICO.**

**Entrevistas con fabricantes de equipo original [ OEM ] , Distribuidores, Contratistas e Ingenieros de Instalaciones y Proyectos.**