

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NORMALIZACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA  
TENSIÓN POR MEDIO DE DUCTO BARRA**

TESIS

PRESENTADA A LA  
JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**VÍCTOR MANUEL GARCÍA PENAGOS**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MARZO DE 1997.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

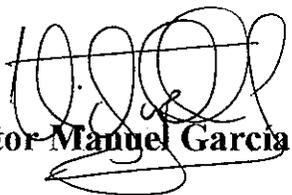
08  
T(3905)  
C 4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**NORMALIZACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA  
TENSIÓN POR MEDIO DE DUCTO BARRA**

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 5 de julio de 1995, bajo referencia EIME.218.95.

  
**Víctor Manuel García Penagos**

Guatemala, marzo de 1997.

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.:	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o.:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o.:	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o.:	Br. Wagner López Cáceres
SECRETARIA:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras
EXAMINADOR:	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR:	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, 30 de enero de 1997

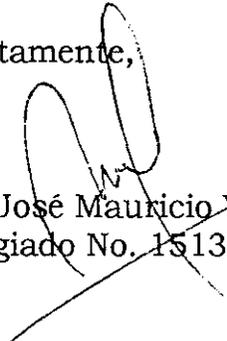
Señor  
Director de Escuela Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad de Guatemala.

Estimado Señor Director:

Atendiendo a la designación que se me hiciera como asesor del trabajo de tesis "NORMALIZACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN POR MEDIO DE DUCTO BARRA" desarrollado por el estudiante VÍCTOR MANUEL GARCÍA PENAGOS, y después de revisar su contenido, me permito informarle que el trabajo satisface el protocolo propuesto.

Por lo anteriormente mencionado, junto con el estudiante me hago responsable del contenido del presente trabajo de tesis y recomiendo que sea aprobado.

Atentamente,



Ing. José Mauricio Velásquez González  
Colegiado No. 1513.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 12 de febrero de 1,997

Señor Director  
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: Normalización y diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de baja tensión por medio de ducto barra, desarrollado por el señor Víctor Manuel García Penagos, ya que considero que cumple con los lineamientos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Luis Herrera Gálvez  
Coordinador Area de Electrotecnia

JLHG/sdem.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Víctor Manuel García Penagos, titulada: Normalización y diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de baja tensión por medio de ducto barra, procede a la autorización del mismo.

Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra  
Director

Guatemala, 21 de febrero de 1,997.





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Normalización y diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de baja tensión por medio de ducto barra, del estudiante Víctor Manuel García Penagos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
Decano

Guatemala, 3 de marzo de 1,997.



## ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: por estar presente en cada momento de mi vida.

Mis padres: VÍCTOR MANUEL GARCÍA ROJAS.  
MARTHA ALICIA PENAGOS DE GARCÍA.  
Seres benditos de mi inspiración, por cuyos esfuerzos y sacrificios veo hoy culminada mi carrera universitaria.

Mi esposa: CLAUDIA PATRICIA NORIEGA DE GARCÍA.  
Por brindarme todo su amor y apoyo moral.

Mi hijo: ESTEBAN ANDRÉS GARCÍA NORIEGA.  
Con todo mi amor.

Mis hermanas: MAYRA, LISSETHE, MIRTA, NORA Y GLADIS.

Mis sobrinos: SHIRLEY, LUZ MARÍA, CLARISSA, MICHELLE  
VÍCTOR EDUARDO, LUIS MANUEL, JUAN MANUEL,  
JUAN LUIS Y MARÍA FERNANDA.

Mis suegros: MARÍA AMELIA PAGURUT DE NORIEGA.  
OSCAR RAFAEL NORIEGA AYALA.

Mi familia: especialmente a mis tíos:  
MARGARITA GARCÍA ROJAS.  
GUILLERMO GARCÍA ROJAS.

Mis amigos especialmente a:  
HUGO HERNÁNDEZ.  
GUILLERMO CALLÉN.

## AGRADECIMIENTO

A:

Mi patria Guatemala.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a la Facultad de Ingeniería.

Todas las personas que colaboraron en la elaboración de este trabajo de tesis, especialmente al Ingeniero José Mauricio Velázquez González.

# ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
ÍNDICE DE GRÁFICAS	II
ÍNDICE DE PLANOS	II
GLOSARIO	III
INTRODUCCIÓN	1
<b>1. EL DUCTO BARRA</b>	<b>3</b>
1.1. ¿Qué es el ducto barra?	3
1.2. Componentes principales	3
1.2.1. Las barras	3
1.2.2. Los aislantes	6
1.2.3. La carcasa	6
1.3. Historia del ducto barra	8
1.4. Principales tipos de ducto barra	11
1.4.1. Ducto barra tipo alimentador (FEEDER)	11
1.4.1.1. Características	11
1.4.1.2. Aplicaciones	13
1.4.1.3. Capacidades disponibles	13
1.4.1.4. Configuraciones eléctricas	14
1.4.2. Ducto barra tipo enchufable estándar (PLUG IN)	15
1.4.2.1. Características	15
1.4.2.2. Aplicaciones	15
1.4.2.3. Capacidades disponibles	15
1.4.2.4. Configuraciones eléctricas	16
1.4.3. Ducto barra tipo enchufable para elevación (RISER)	18
1.4.3.1. Características	18
1.4.3.2. Aplicaciones	18
1.4.3.3. Capacidades disponibles	18
1.4.3.4. Configuraciones eléctricas	19
1.4.4. Ducto barra tipo enchufable limitado (LIMITED)	20
1.4.4.1. Características	20
1.4.4.2. Aplicaciones	20
1.4.4.3. Capacidades disponibles	20
1.4.4.4. Configuraciones eléctricas	21



3.4.	Especificaciones típicas para un sistema de ducto barra	69
3.4.1.	Características generales	69
3.4.2.	La carcasa	70
3.4.3.	Las juntas o uniones	71
3.4.4.	Las barras	72
3.4.5.	Las unidades enchufables	73
3.4.6.	Resistencia al fuego	73
<b>4.</b>	<b>COMPARACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA ENTRE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL TUBERÍA/CABLE Y UNO DE DUCTO BARRA.</b>	<b>75</b>
4.1.	Comparación técnica	75
4.1.1.	Tiempo de instalación	75
4.1.2.	Resistencia mecánica	76
4.1.3.	Eficiencia	76
4.1.4.	Pruebas de fábrica	76
4.1.5.	Consideraciones de seguridad	77
4.1.6.	Contactos eléctricos	77
4.1.7.	Tamaño compacto	78
4.1.8.	El ducto barra es reusable	78
4.1.9.	Características predecibles	79
4.1.10.	Montaje y puesta en marcha	79
4.2.	Comparación económica	79
4.3.	Comparación técnico económica por medio de software	80
4.3.1.	Impresión de las pantallas para el ingreso de los datos de los sistemas a comparar	82
4.3.2.	Impresión del reporte final con ducto barra de cobre	89
4.3.4.	Impresión del reporte final con ducto barra de aluminio	95
<b>5.</b>	<b>CASO PRÁCTICO DE CÁLCULO, SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO.</b>	<b>101</b>
5.1.	Descripción del proyecto	101
5.2.	Ubicación de los principales equipos	101
5.2.1.	Las subestaciones	101
5.2.2.	Las mediciones eléctricas	102
5.2.3.	El ducto barra	102
5.3.	Especificaciones de los equipos eléctricos de la torre 1	103
5.3.1.	La subestación	103
5.3.2.	Los paneles múltiples de contadores	103

5.3.3.	El ducto barra	104
5.3.3.1.	Tipo de ducto barra	104
5.3.3.2.	Configuración eléctrica	105
5.3.3.3.	Grado de protección	105
5.3.3.4.	Las barras	105
5.3.3.5.	Las derivaciones de los paneles de contadores	106
5.3.3.6.	Especificaciones generales del ducto barra de la torre 1	107
5.4.	Especificaciones de los equipos eléctricos de la torre 2	111
5.4.1.	La subestación	111
5.4.2.	El ducto barra	112
5.4.2.1.	Tipo de ducto barra	112
5.4.2.2.	Configuración eléctrica	112
5.4.2.3.	Grado de protección	112
5.4.2.4.	Las barras	113
5.4.2.5.	Las derivaciones para los tableros de distribución	114
5.4.2.6.	Especificaciones generales del ducto barra de la torre 2	114
5.5.	Los planos finales del ducto barra	120
5.5.1.	Los planos de fábrica	121
5.6.	El listado de piezas del sistema de ducto barra	122
5.6.1.	Los pies lineales	122
5.6.2.-	Los accesorios	122
5.6.3.	Listado de piezas del sistema de ducto barra de la torre 1	123
5.6.4.	Listado de piezas del sistema de ducto barra de la torre 2	123
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>127</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>129</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>130</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

No	NOMBRE	PÁGINA
1.1	Los componentes principales del ducto barra	4
1.2	Las barras son de cobre o de aluminio	4
1.3	Tipos de carcasas	7
1.4	Combinación de ductos barra de diferente grado de protección	7
1.5	Sistema abierto de barras	9
1.6	Ducto barra tipo feeder	10
1.7	El ducto barra tipo feeder se asemeja a un tendido de tubería/cable	12
1.8	Ducto barra tipo feeder usado como acometida	14
1.9	Ducto barra tipo plug-in	17
1.10	El ducto barra tipo plug-in se asemeja a un circuito de tomacorrientes	17
1.11	Ducto barra tipo Riser	19
2.1a	Secciones rectas para uso interior	23
2.1b	Secciones rectas para uso exterior	24
2.2	Junta o unión estandar	26
2.3	Codo horizontal a 90 grados	28
2.4	Te horizontal	29
2.5	Cruz horizontal	31
2.6	Reducidor convencional	33
2.7a	Derivador	35
2.7b	Conexión directa de un tablero de distribución por medio de un derivador	36
2.7c	Conexión directa de un panel de contadores por medio de un derivador	37
2.8	Acople final para cables	39
2.9	Conexión para tablero	42
2.10	Unidades enchufables	43
2.11a	Soporte de piso	45
2.11b	Soporte de cielo tipo trapecio	39
2.10	Unidades enchufables	39
4.1	Pantalla para el ingreso de los Parámetros del sistema	86
4.2	Pantalla para el ingreso de los Parámetros de la tubería	87
4.3	Pantalla para el ingreso de los Parámetros de los soportes de la tubería	88
4.4	Pantalla para el ingreso de los Parámetros del cable	89
4.5	Pantalla para el ingreso de los Parámetros del ducto barra	90
4.6	Pantalla para el ingreso de los Ajustes del costo de los materiales y la mano de obra en porcentajes	91
4.7	Costos totales tabulados	92
4.8	Impresión del reporte final con ducto barra de cobre	93
4.9	Impresión del reporte final con ducto barra de aluminio	100



## ÍNDICE DE TABLAS

No	NOMBRE	PÁGINA
A.	Espesor de las láminas metálicas del ducto barra	53
B.	Capacidades inerruptivas mínimas para el ducto barra	56
C1.	Efectos de la temperatura en la capacidad de conducción del ducto barra	57
C2.	Condiciones inusuales de servicio	58

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

No	NOMBRE	PÁGINA
1.1	El crecimiento del uso del ducto barra en Estados Unidos	10

## ÍNDICE DE PLANOS

No	NOMBRE	PÁGINA
5.1	Isométrico final de la torre 1	124
5.2	Isométrico final de la torre 2	125
5.3	Plano de fábrica	126

## GLOSARIO

### **Accesible**

Capaz de ser alcanzado rápidamente para su operación, reposición o inspección, sin estar confinado por puertas con llave, elevaciones u otros medios y que para aproximarse a él, no se necesite quitar obstáculos o recurrir a subirse a escaleras, sillas etc.

### **Capacidad interruptiva**

Se le llama así a la corriente máxima de corto circuito que un equipo puede soportar sin que se dañen sus componentes.

### **Compresión**

Esfuerzo que tiende a disminuir la longitud de un material.

### **Corriente nominal**

Valor máximo de corriente para el cual un equipo fue diseñado para funcionar en condiciones normales sin que se dañen sus componentes.

### **Corriente sinusoidal distorsionada**

Es una corriente con una forma de onda que difiere de la función sinusoidal pura debido a ciertos efectos producidos por las características propias de las cargas eléctricas.

### **Dieléctrico**

Es un medio o un material aislante que, cuando está colocado entre conductores a diferentes potenciales, permite que fluya por él solo una pequeña o despreciable corriente en fase con el voltaje aplicado. Entre los dieléctricos más usados en el ducto barra están: el PVC, las resina epóxicas y el papel Mylar.

### **Ducto eléctrico**

Se refiere al espacio físico en el cual se instalan los equipos eléctricos. Generalmente, en un edificio comienza en el sótano y se extiende hasta la azotea.

### **Enclavamiento mecánico**

Mecanismo que no permite la operación conjunta de los aparatos a los cuales fue conectado.

**Energía no medida**

Energía que no ha sido registrada por ningún aparato de medición que generalmente instala la compañía de electricidad.

**Flexión**

Esfuerzo que tiende a producir una curvatura a lo largo del material al cual se aplica una carga o fuerza mecánica.

**Grado de protección**

Número característico compuesto de dos cifras. La primera indica la protección que ofrece un equipo contra cuerpos extraños como el polvo y la segunda contra el agua. Por ejemplo IP54.

**Junta de dilatación**

Espacio físico dejado entre dos columnas o paredes de un edificio para aliviar los esfuerzos debidos a la dilatación de los materiales por la temperatura.

**Neutro al 100%**

Término usado para indicar que el conductor del neutro tiene la misma sección que los conductores de las fases. Un neutro al 200% tiene una sección doble.

**Norma**

Regla que define un conjunto de pasos que se deben seguir para realizar determinada operación.

**Plateado**

Material que ha sido impregnado con plata para mejorar su conductividad eléctrica y bajar la resistencia al contacto superficial.

**Rigidez dieléctrica**

Se define como el gradiente de potencial máximo que el material puede resistir sin romperse.

**Sistema de distribución**

Conjunto de materiales conductores y no conductores usados para la correcta y eficiente distribución de la energía eléctrica desde la fuente de alimentación hasta los consumidores.

**Sistema de distribución convencional**

Sistema de distribución compuesto principalmente por cables, tubos y soportes.

**Sistema de distribución rígido**

Sistema de distribución que no permite realizar modificaciones en su diseño original sin incurrir en gastos adicionales.

**Terminación muerta**

Extremo final del ducto barra apto para conectar cualquier accesorio adicional.

## INTRODUCCIÓN

En Guatemala, muchas personas se dedican al diseño y/o construcción de proyectos eléctricos para la industria y para el comercio; mayormente, se hace uso de sistemas de distribución convencionales y en pequeña escala, de sistemas de distribución por medio de ducto barra. En nuestro país esto es posible principalmente en la época actual, en la cual la construcción toma mayores proporciones cada vez; por lo que se hace necesario desarrollar proyectos de calidad, sin descuidar, por supuesto, el aspecto económico, de tal forma que los mismos ofrezcan confiabilidad, eficiencia, versatilidad y cuyo desarrollo se lleve a cabo en el menor tiempo posible.

Desafortunadamente, por el poco conocimiento o por la falta de información acerca de las virtudes y ventajas que ofrece el ducto barra, los proyectos tienden a encarecerse y se convierten en proyectos con sistemas de distribución rígidos y con muy poca vida útil. Entiéndase vida útil no sólo el tiempo que duren sino el tiempo que funcionen correcta y eficientemente.

Por otro lado, es de vital importancia conocer las regulaciones internacionales que existen para la aplicación y el uso de los sistemas de ducto barra, ya sea para la implementación de un sistema nuevo, o para el rediseño y reacondicionamiento de otro ya existente.

El presente trabajo contiene la suficiente información acerca de las características del ducto barra y las ventajas sobre los sistemas de distribución convencionales, así como de las principales normas y regulaciones para la correcta aplicación del mismo.



## **1. EL DUCTO BARRA**

### **1.1. ¿Qué es el ducto barra?**

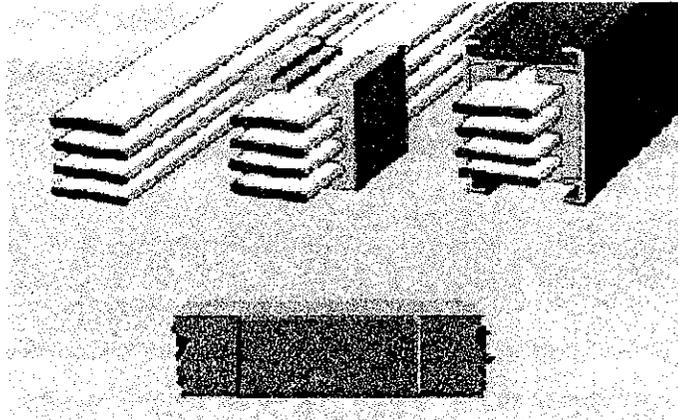
Se define el ducto barra como un sistema prefabricado de distribución de la energía eléctrica compuesto por barras conductoras, generalmente de cobre o aluminio, aisladas e inmersas dentro de una carcasa metálica protectora puesta a tierra, que incluye secciones rectas, aparatos y accesorios.

### **1.2. Componentes principales**

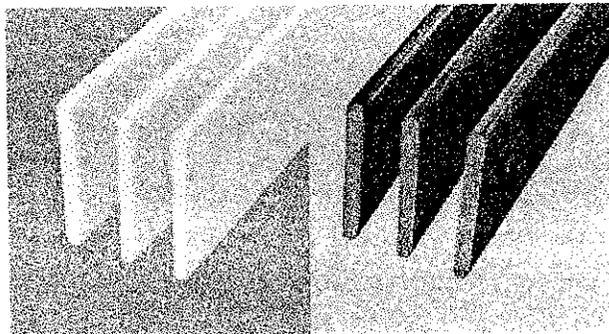
Básicamente, el ducto barra se compone de tres elementos principales: las barras conductoras, los aislantes y la carcasa protectora (Ver Fig. 1.1).

#### **1.2.1. Las barras**

Se acostumbra que las barras sean fabricadas de cobre o aluminio, y son el medio por el cual circula la corriente eléctrica. Éstas están colocadas una a la par de otra, únicamente separadas por una película aislante. El tamaño de las barras está en función de la cantidad de corriente que va a circular por ellas, y como en los sistemas convencionales de cable, pueden usarse dos barras en paralelo por fase para aumentar la capacidad de transporte de corriente eléctrica (Ver Fig. 1.2).



**Fig. 1.1 - Los componentes principales del ducto barra son:  
las barras, los aislantes y la carcasa**



**Fig. 1.2 - Las barras del ducto barra son de cobre o de aluminio**

En general, una sección de ducto barra de aluminio pesa menos, pero debido a su poca capacidad de transporte de corriente, requiere de una sección mayor que la que necesitaría una de cobre.

El ducto barra puede ser suministrado en configuraciones de tres o cuatro polos, con o sin barra de tierra interna. Debido a que la carcasa está fabricada con un material conductor, puede ser utilizada como conductor de tierra.

El neutro del sistema puede ser del mismo tamaño que las barras principales (100%) o puede tener la mitad de la sección (50%). Recientemente, ha sido fabricado un sistema de ducto barra cuya barra de neutro tiene dos veces la sección de las barras principales (200%).

¿Por qué un neutro 200%?. Cuando un voltaje sinusoidal es aplicado a una carga no lineal, se produce una corriente sinusoidal distorsionada. La cual es periódica y puede ser reproducida por un número de componentes de corrientes sinusoidales llamadas armónicas. Estas armónicas causan corrientes circulantes en los devanados primarios del transformador de distribución, que ocasionan sobrecalentamiento de la unidad; además en un sistema trifásico, es posible experimentar corrientes en el neutro del 173% de las corrientes de las fases. Es allí donde se hace necesaria una capacidad extra en el neutro del sistema para minimizar sobrecalentamientos y prolongar la vida útil del equipo para la distribución de energía.

Este sistema es especialmente útil cuando se tienen cargas que usan lámparas de alta descarga y sistemas de computación.

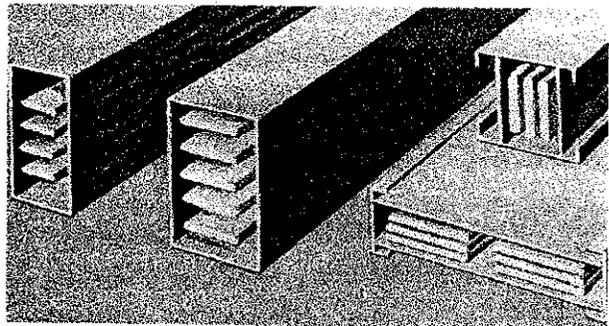
### 1.2.2. Los aislantes

Son materiales que tienen como función principal soportar y aislar eléctricamente las barras para evitar contactos entre ellas. Los materiales aislantes quedan a criterio de los fabricantes, y por lo general usan PVC, Epoxy y papel Mylar. Estos son colocados en los extremos de las secciones como soportes y alrededor de cada una de las barras para aislarlas de las otras y de la carcasa.

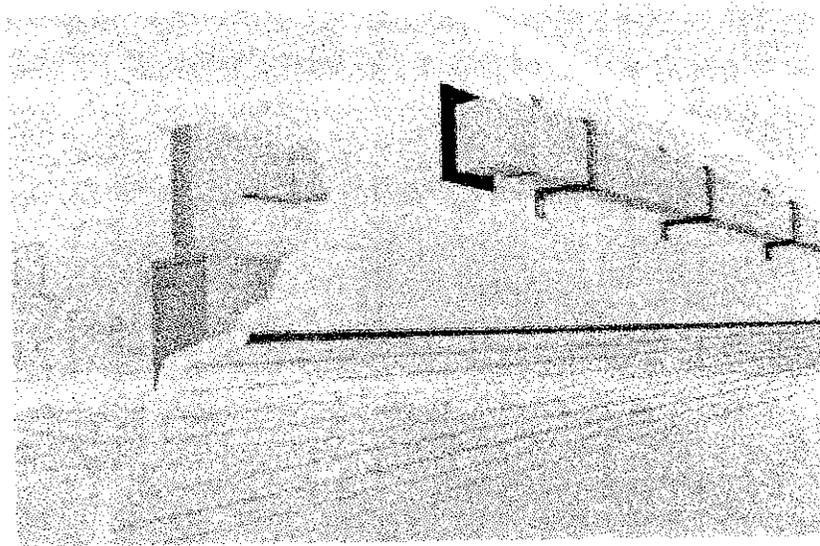
### 1.2.3. La carcasa

Es una caja metálica conductora, puesta a tierra, en la cual se encuentran las barras y los aislantes, y su función es proteger mecánicamente dichos elementos y aislarlos de contactos exteriores. En los sistemas modernos se utilizan carcasas de aluminio para aumentar la capacidad de conducción, evitar los efectos magnéticos y disminuir su peso.

Por su forma física, la carcasa puede ser del tipo ventilada con rejillas a lo largo de la misma, o no ventilada, la cual es completamente cerrada (Ver Fig. 1.3). Entre los ductos barra con carcasa del tipo no ventilada, se encuentran disponibles con carcasas a prueba de agua y a prueba de polvo, con distintos grados de protección según los estándares internacionales "IP". (Ver tabla en el apéndice). Una combinación de ductos barra de diferentes grados de protección para un mismo sistema de distribución es posible; esta combinación trae como resultado un menor costo debido a que el ducto barra para uso exterior es más caro que el ducto barra para uso interior (Ver Fig. 1.4).



**Fig. 1.3 - Tipos de carcasas**



**Fig. 1.4 - Combinación de ductos barra de diferente grado de protección**

### 1.3. Historia del ducto barra

En años anteriores todos los sistemas de distribución eran hechos con el sistema convencional tubería/cable; estos funcionaban bien cuando la cantidad de corriente que se manejaba no era muy elevada. Los problemas comenzaron a surgir cuando las cargas que se tenían que alimentar eran muy grandes. Estas cargas, producían altos valores de corriente por lo que se debían conectar varios conductores en paralelo, los cuales ocupaban una gran cantidad de espacio, aumentaban el peso de los tramos y su instalación era muy complicada. Asimismo, este tipo de conexión tenía como consecuencia, un aumento considerable de las pérdidas por transmisión.

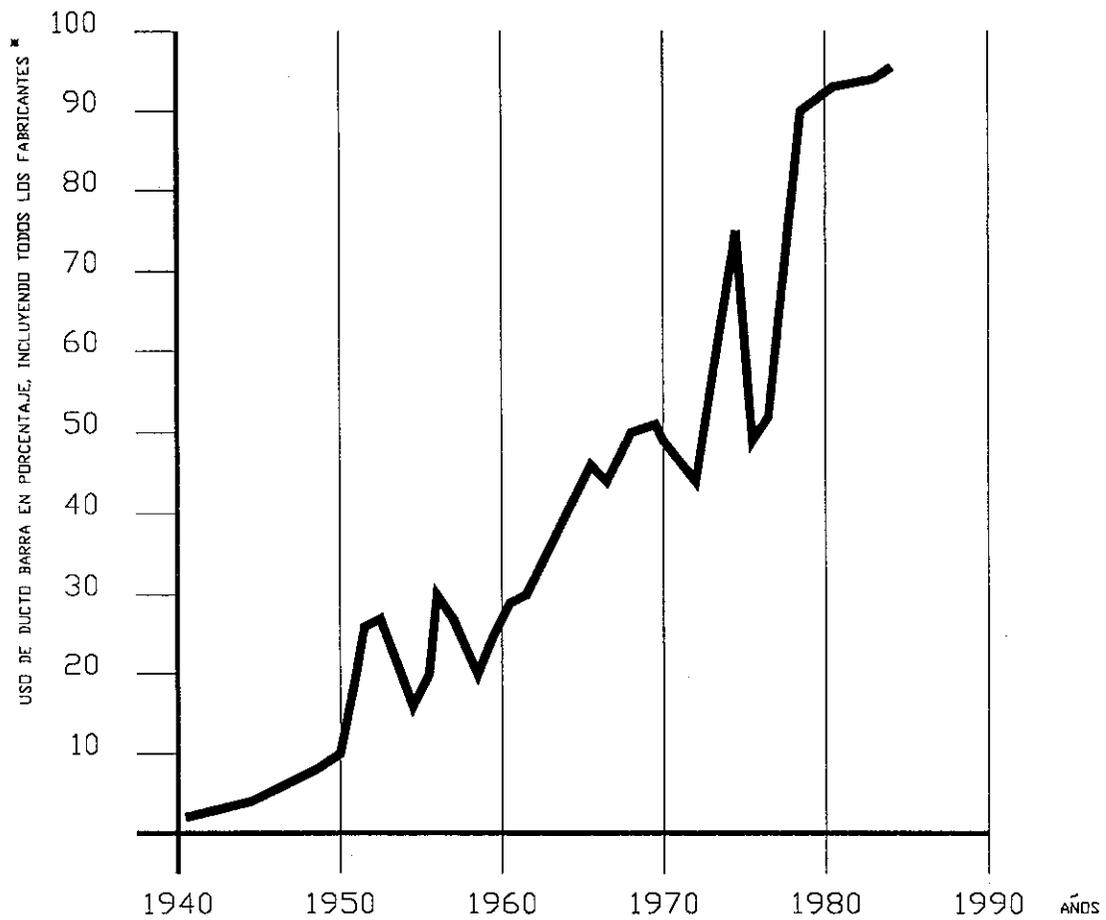
Una solución inmediata a este problema fue el uso de sistemas de distribución abiertos por medio de barras, los cuales consistían en barras de cobre soportadas en la pared. Estos tenían el inconveniente que no ofrecían ninguna protección contra contactos exteriores, por lo que sólo podían ser instalados en lugares cerrados donde no existía circulación de personas. Además, eran sistemas rígidos que no permitían ampliaciones o reubicaciones (Ver Fig. 1.5).

Fue hasta en la época de los años cuarenta cuando se diseñaron los primeros sistemas normalizados de ducto barra con lo que se lograron solucionar todos los problemas que ofrecían los sistemas anteriores. Desde esa fecha, el ducto barra ha sido usado en la mayoría de los sistemas de distribución por su gran capacidad de conducción, su área reducida, su poco peso y la seguridad que ofrece contra contactos exteriores.

La gráfica (1.1), muestra el crecimiento del uso del ducto barra en los sistemas de distribución desde 1940 hasta 1980. Esta gráfica, está basada en los reportes hechos por las compañías asociadas fabricantes de ducto barra, a la Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos (NEMA).



## EL CRECIMIENTO DEL USO DEL DUCTO BARRA



\* BASADO EN PLANOS REPORTADOS A NEMA POR LAS COMPAÑÍAS AFILIADAS.

Gráfica 1.1

## **1.4. Principales tipos de ducto barra**

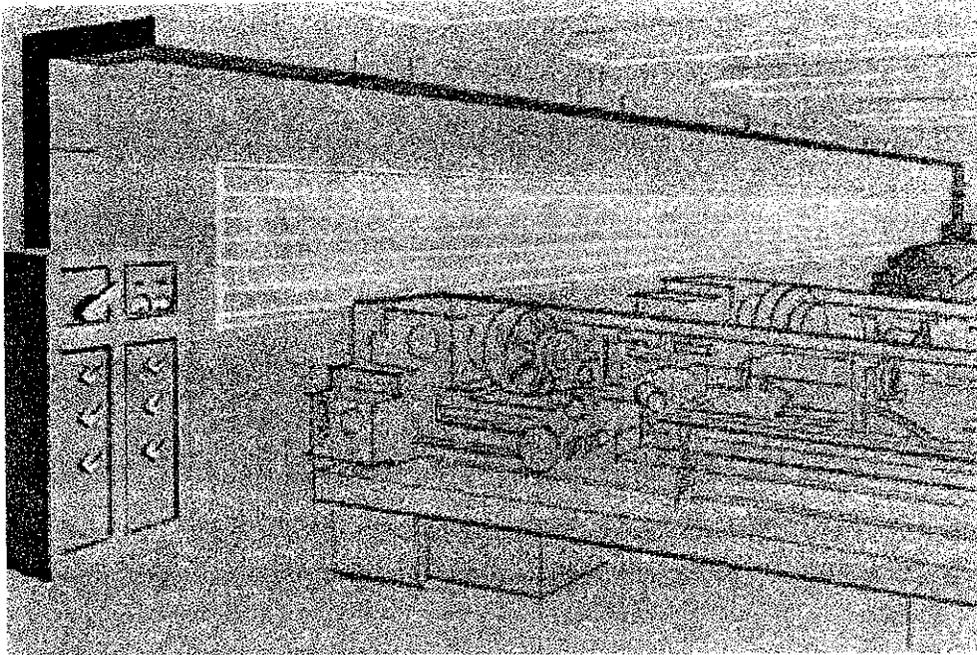
Actualmente encontramos en el mercado numerosos fabricantes de ducto barra que ofrecen una gran variedad de tipos. Es necesario conocer las diferentes opciones para el diseño de un sistema de distribución; ésto permitirá seleccionar el ducto barra adecuado ya que una elección equivocada tiene como consecuencia un sistema con un costo muy elevado, poco eficiente y nada versátil.

A continuación se describirán los principales tipos de ducto barra, sus características y aplicaciones.

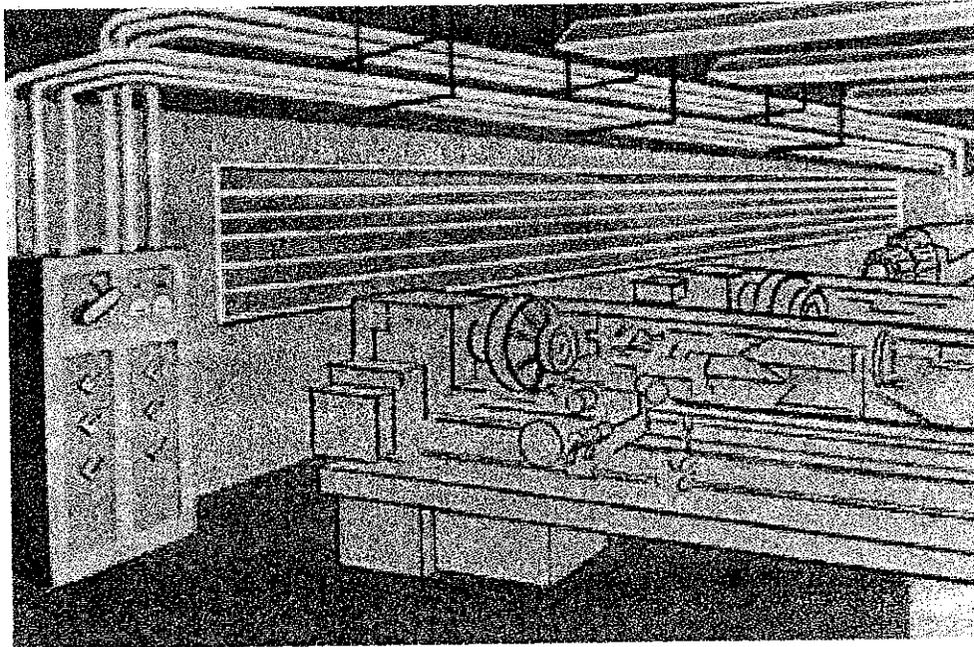
### **1.4.1. Ducto barra tipo alimentador (FEEDER)**

#### **1.4.1.1. Características**

La característica principal del ducto barra tipo alimentador es su carcasa completamente cerrada, la cual no tiene ninguna salida para derivaciones o conexiones. Este tipo de ducto barra se puede comparar con un tendido de tubería/cable y su construcción y diseño, permite la máxima eficiencia en la transmisión de energía eléctrica (Ver Figs. 1.6 y 1.7).



**Fig. 1.6 - Ducto barra tipo alimentador (FEEDER)**



**Fig. 1.7 - El ducto barra tipo alimentador se asemeja a un tendido de tubería/cable**

### 1.4.1.2. Aplicaciones

Por sus características físicas, este tipo de ducto barra es usado para alimentar segura y convenientemente cargas que están concentradas en un área determinada. Tal es el caso de un tablero de distribución, un centro de control de motores o una máquina de regular tamaño. Generalmente, este tipo de ducto barra es usado en la acometida del sistema, comenzando en la subestación y terminando en el tablero principal de distribución (Ver Fig. 1.8).

Por otro lado, se hace conveniente su uso en los sistemas de distribución en los cuales las mediciones eléctricas se encuentran a lo largo del mismo, debido a que conducirá tramos de energía no medida y su carcasa cerrada evitará cualquier robo.

### 1.4.1.3. Capacidades disponibles

Con este tipo de ducto barra es posible alimentar, sin ningún problema, cargas comprendidas entre 600 y 5000 amperios usando barras de cobre, y cargas comprendidas entre 600 y 4000 amperios usando barras de aluminio. La tensión de operación normalizada es de 600 voltios de corriente alterna o corriente directa.

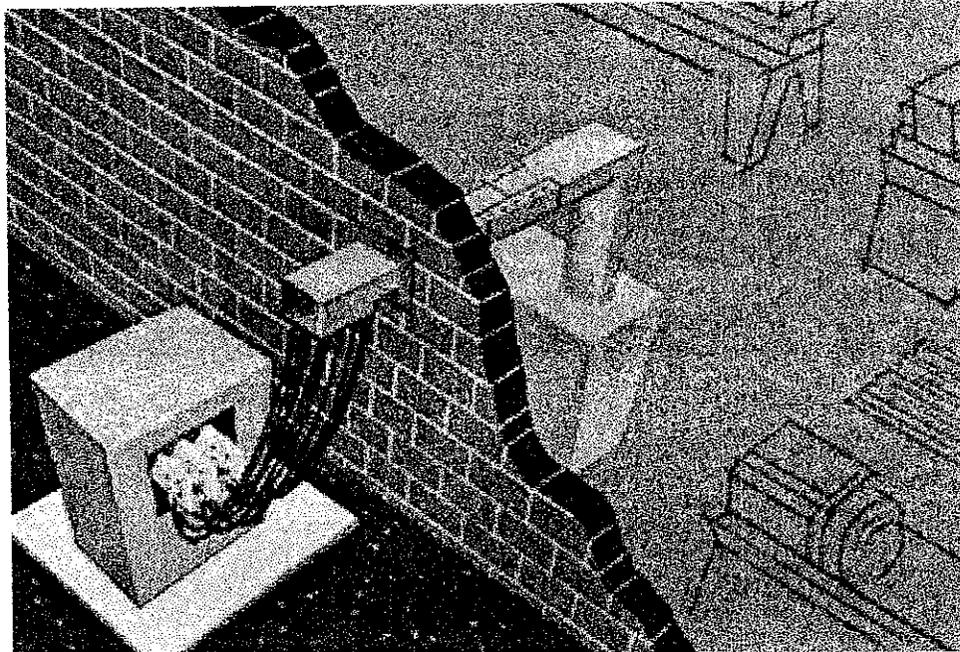
#### 1.4.1.4. Configuraciones eléctricas

Para este tipo de ducto barra, es posible encontrar las siguientes configuraciones eléctricas en ambos materiales (cobre y aluminio):

- 3 fases, 3 alambres
- 3 fases, 4 alambres (neutro 100%)
- 3 fases, 4 alambres (neutro 200%)

Sistema de tierra

- Tierra integrada (carcasa)
- Barra de tierra interna
- Barra de tierra interna aislada.



**Fig. 1.8 - Ducto barra tipo alimentador usado como acometida**

## **1.4.2. Ducto barra tipo enchufable estándar (PLUG IN)**

### **1.4.2.1. Características**

El ducto barra tipo enchufable se caracteriza, principalmente, porque provee tomas de corriente para conexiones y derivaciones a todo lo largo de su recorrido, en intervalos regulares. Regularmente el espacio entre las tomas de corriente para enchufe, que se encuentran a ambos lados del ducto es de 2 pies. Este ducto barra se puede comparar con un circuito de tomacorrientes, ya que permite la rápida y segura conexión de interruptores o cualquier otro accesorio enchufable en cualquier parte del mismo (Ver Figs. 1.9 y 1.10).

### **1.4.2.2. Aplicaciones**

Este tipo de ducto barra es usado para alimentar equipos móviles, o cuando se requiere un sistema de distribución versátil que permita la fácil y rápida reubicación de ciertos equipos fijos ya existentes en un área determinada.

### **1.4.2.3. Capacidades disponibles**

Las capacidades normalizadas para este tipo de ducto barra van desde 100 hasta 4000 amperios, 600 voltios de corriente alterna o corriente continua.

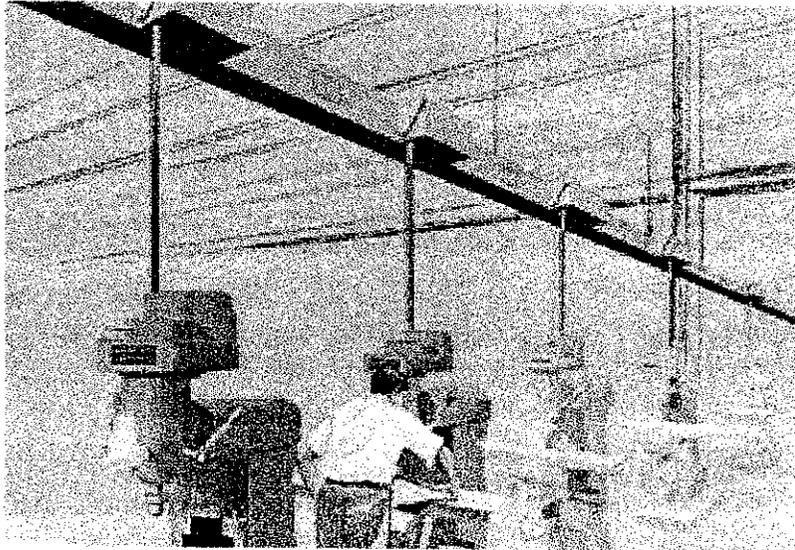
#### 1.4.2.4. Configuraciones eléctricas

Para el ducto barra tipo enchufable es posible encontrar las siguientes configuraciones eléctricas en ambos materiales (cobre y aluminio):

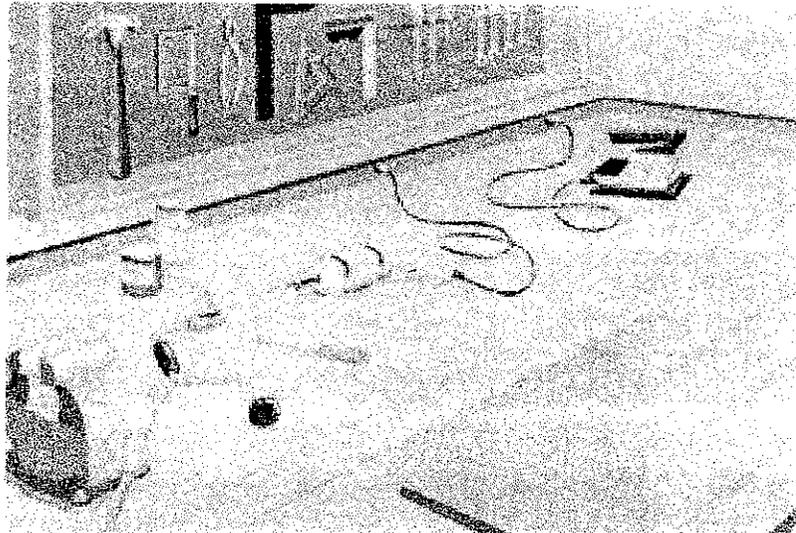
- 3 fases, 3 alambres
- 3 fases, 4 alambres (neutro 100%)
- 3 fases, 4 alambres (neutro 200%)

##### Sistema de tierra

- Tierra integrada (carcasa)
- Barra de tierra interna
- Barra de tierra interna aislada.



**Fig. 1.9 - Ducto barra tipo enchufable (PLUG IN)**



**Fig. 1.10 - El ducto barra tipo enchufable se asemeja a un circuito de tomacorrientes**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

### **1.4.3. Ducto barra tipo enchufable para elevación (RISER)**

#### **1.4.3.1. Características**

El ducto barra tipo enchufable para elevación tiene las mismas características que el tipo enchufable estándar, con la única diferencia que éste cuenta con tomas de corriente, sólo en uno de sus lados.

#### **1.4.3.2. Aplicaciones**

Este tipo de ducto barra se usa principalmente en distribuciones verticales de edificios altos. Por razones de espacio físico, en los edificios, el ducto barra tiene una disposición vertical y su recorrido está siempre cerca de una pared, la cual no permite enchufar accesorios en ambos lados del ducto. El uso del ducto barra tipo enchufable para elevación (RISER) logrará un sistema de distribución eficiente y sobre todo económico.

#### **1.4.3.3. Capacidades disponibles**

Las capacidades normalizadas para este tipo de ducto barra van desde 100 hasta 4000 amperios, 600 voltios de corriente alterna o corriente continua.

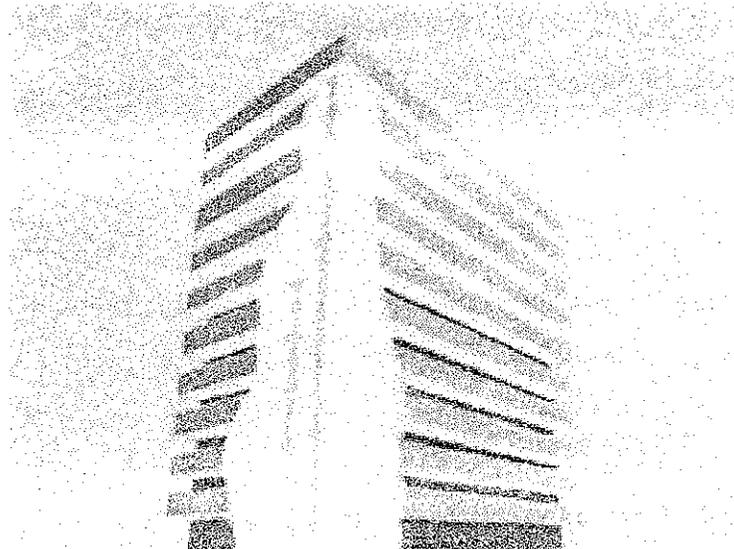
#### 1.4.3.4. Configuraciones eléctricas

Las mismas que para el ducto barra enchufable estándar.

- 3 fases, 3 alambres
- 3 fases, 4 alambres (neutro 100%)
- 3 fases, 4 alambres (neutro 200%)

Sistema de tierra

- Tierra integrada (carcasa)
- Barra de tierra interna
- Barra de tierra interna aislada.



**Fig. 1.10 - Ducto barra tipo enchufable para elevación (RISER)**

## **1.4.4. Ducto barra tipo enchufable limitado (LIMITED)**

### **1.4.4.1. Características**

Es similar al tipo enchufable estándar. La principal característica del tipo enchufable limitado, es que ofrece tomas de corriente para enchufes o derivaciones, únicamente en ciertos puntos solicitados por el diseñador, lo que lo hace más económico que el enchufable estándar y que el enchufable para elevación.

Las provisiones solicitadas deberán ser ubicadas en puntos estratégicos, con una separación de por lo menos 2 pies entre ellas, o bien con separaciones de 4, 6, 8 pies, etc.; es decir; que sean múltiplos de 2.

### **1.4.4.2. Aplicaciones**

Este ducto barra se usa en sistemas de distribución rígidos, los cuales ya tienen ubicadas físicamente sus cargas y no tienen muchas expectativas para cargas futuras.

### **1.4.4.3. Capacidades disponibles**

Las capacidades normalizadas para este tipo de ducto barra van desde 100 hasta 4000 amperios, 600 voltios de corriente alterna o corriente continua.

#### 1.4.4.4. Configuraciones eléctricas

Las mismas que para el ducto barra enchufable estándar.

- 3 fases, 3 alambres
- 3 fases, 4 alambres (neutro 100%)
- 3 fases, 4 alambres (neutro 200%)

Sistema de tierra

- Tierra integrada ( carcasa )
- Barra de tierra interna
- Barra de tierra interna aislada.

# 1. LOS PRINCIPALES ACCESORIOS DEL DUCTO

## BARRA Y SUS APLICACIONES

Todo sistema de ducto barra cuenta con determinados accesorios que lo hacen práctico, seguro, flexible y versátil. La adecuada selección de los accesorios para cada aplicación es de vital importancia cuando se diseña un sistema de distribución. A continuación se describirán los accesorios más usados en un sistema de ducto barra y sus aplicaciones.

### 2.1. Secciones rectas

Las secciones rectas son los componentes básicos de los sistemas de ducto barra. Cada tramo de ducto barra está compuesto por una o más de ellas; para el tipo alimentador, pueden ser construidas en longitudes que van desde 1 hasta 10 pies con incrementos de 1/8 de pulgada.

Las secciones rectas normalizadas para el tipo enchufable, tienen longitudes de 4, 6, 8 y 10 pies. Cada una de las secciones incluye una junta o unión removible para poder acoplarse con otra. Eso quiere decir que un tramo recto de ducto barra tipo enchufable, de 60 pies de longitud, podría estar compuesto de 6 secciones rectas de 10 pies, por 10 secciones rectas de 6 pies, o por cualquier otra combinación posible. Lo más recomendable, es usar la menor cantidad de secciones rectas en cada tramo (Ver Figs. 2.1a y 2.1b).

Las secciones rectas incluyen una junta estándar y están disponibles para diferentes grados de protección según sea el tipo de ducto barra seleccionado (Ver tabla en el apéndice).

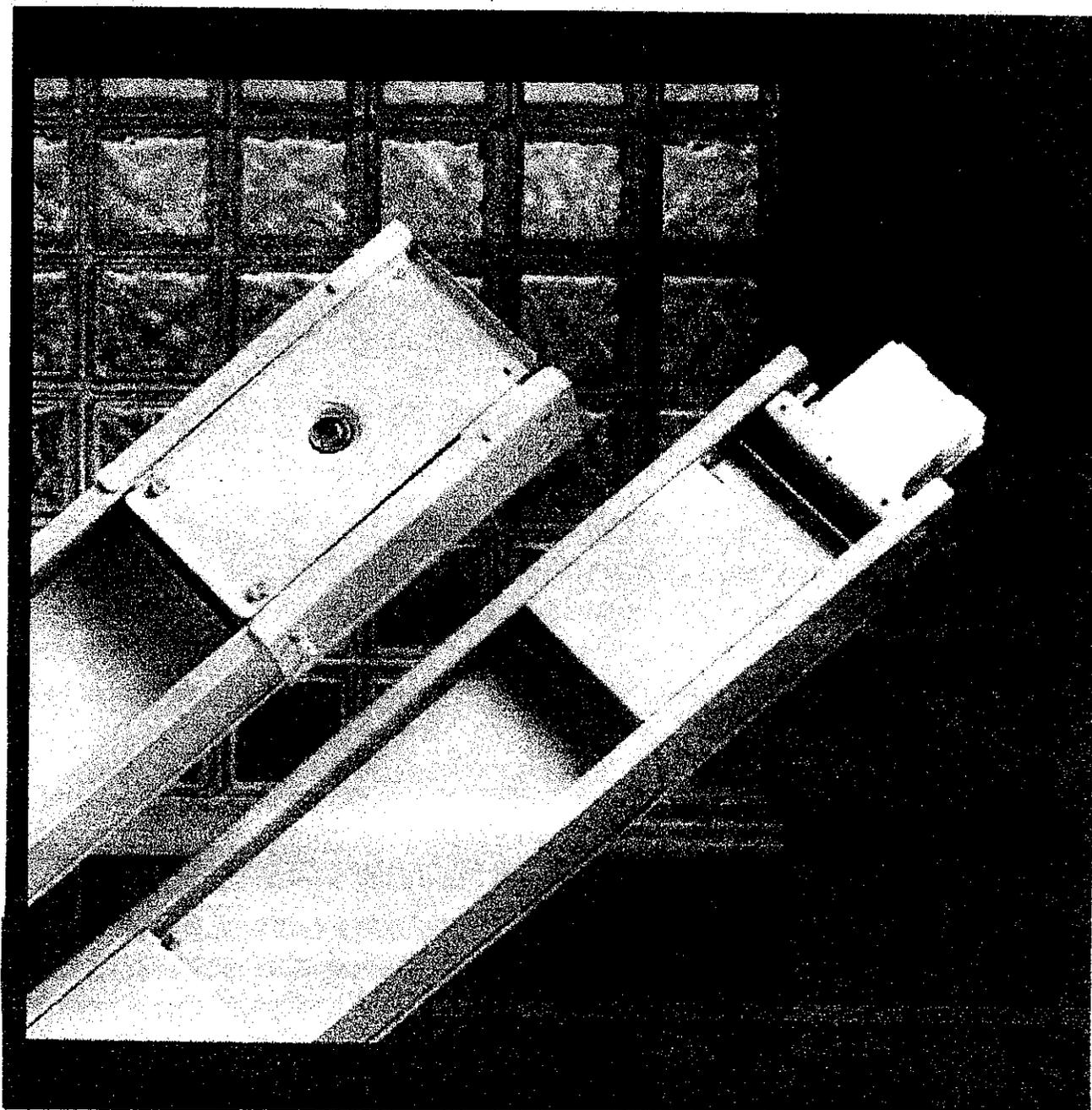


Fig. 2.1a - Secciones rectas para uso interior



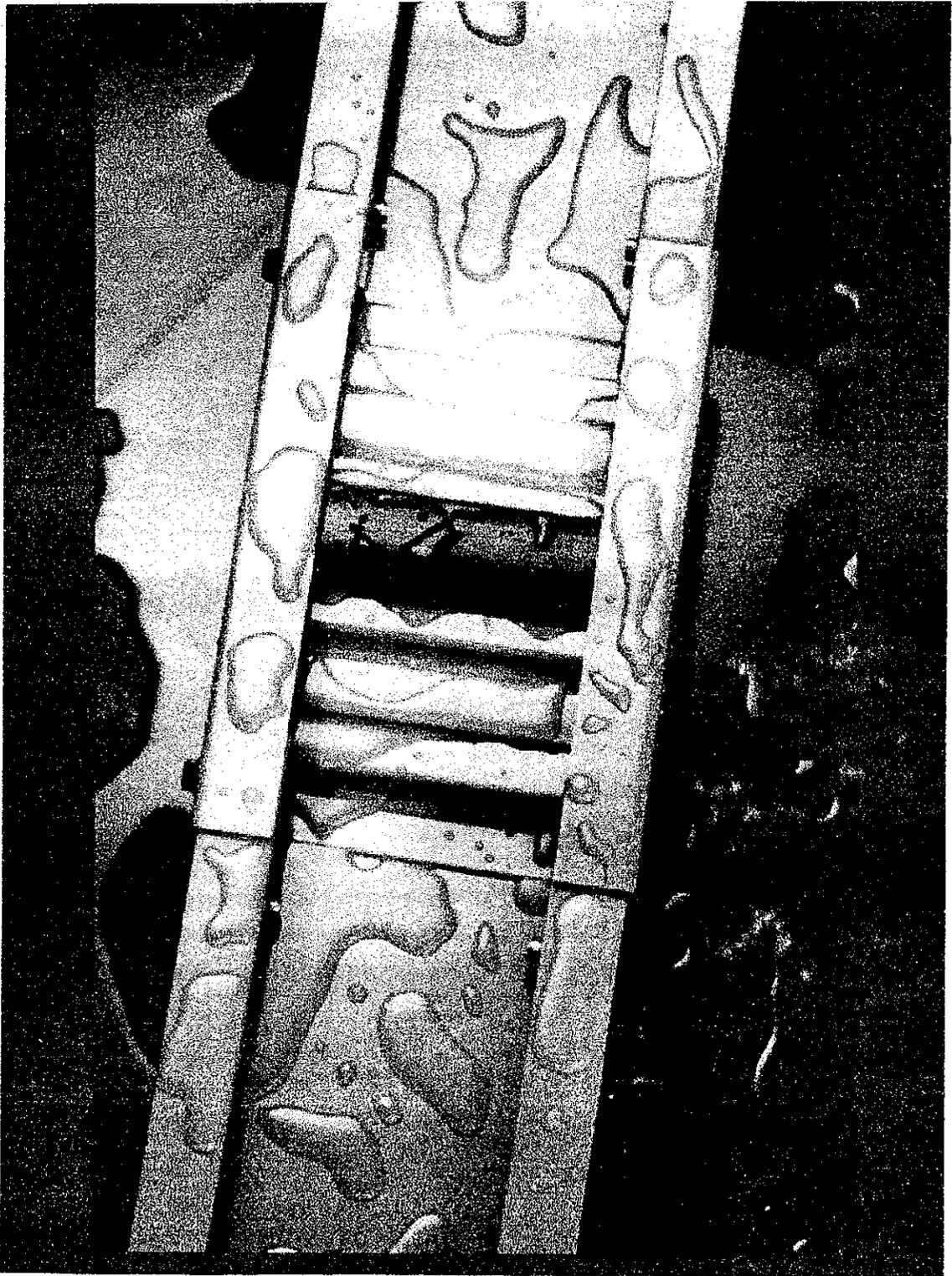
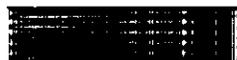


Fig. 2.1b - Sección recta para uso exterior



## 2.2. Juntas o uniones estándar

Las juntas son los accesorios que se usan para unir dos secciones rectas, o una sección recta con cualquier accesorio como un codo, una te, etc. Estas juntas están compuestas por varios discos conductores y no conductores, los cuales son ajustados por medio de un tornillo central que se encarga de mantener el contacto adecuado entre los discos conductores y las barras de las secciones que van a ser unidos. Cada junta tiene una indicación del torque mínimo necesario que se necesita para lograr un buen contacto eléctrico en las barras y la carcasa.

Ciertos fabricantes ofrecen juntas estándar ajustables las cuales permiten aumentar o disminuir la longitud de los tramos de ducto barra de tal forma que un error en la medición, o una modificación de la longitud pueda ser compensada. Cuando la longitud a ser compensada es muy grande y no es suficiente con las juntas o uniones estándar, es necesario usar otro tipo de accesorio llamado JUNTA AJUSTABLE.

Las juntas ajustables ofrecen una tolerancia mayor a la que ofrecen las juntas estándar, y generalmente se usan en los tramos largos de ducto barra.

Cuando un tramo cualquiera de ducto barra atraviesa alguna junta de dilatación de un edificio, es necesario instalar otro tipo de juntas llamadas JUNTAS DE EXPANSIÓN, las cuales tienen un sistema de contactos flexibles que permiten dilataciones y contracciones de aproximadamente 2 pulgadas.

Tanto las juntas estándar, las juntas de expansión, como las juntas de dilatación, deben tener la misma capacidad, configuración y grado de protección que tienen las secciones rectas (Ver Fig. 2.2).

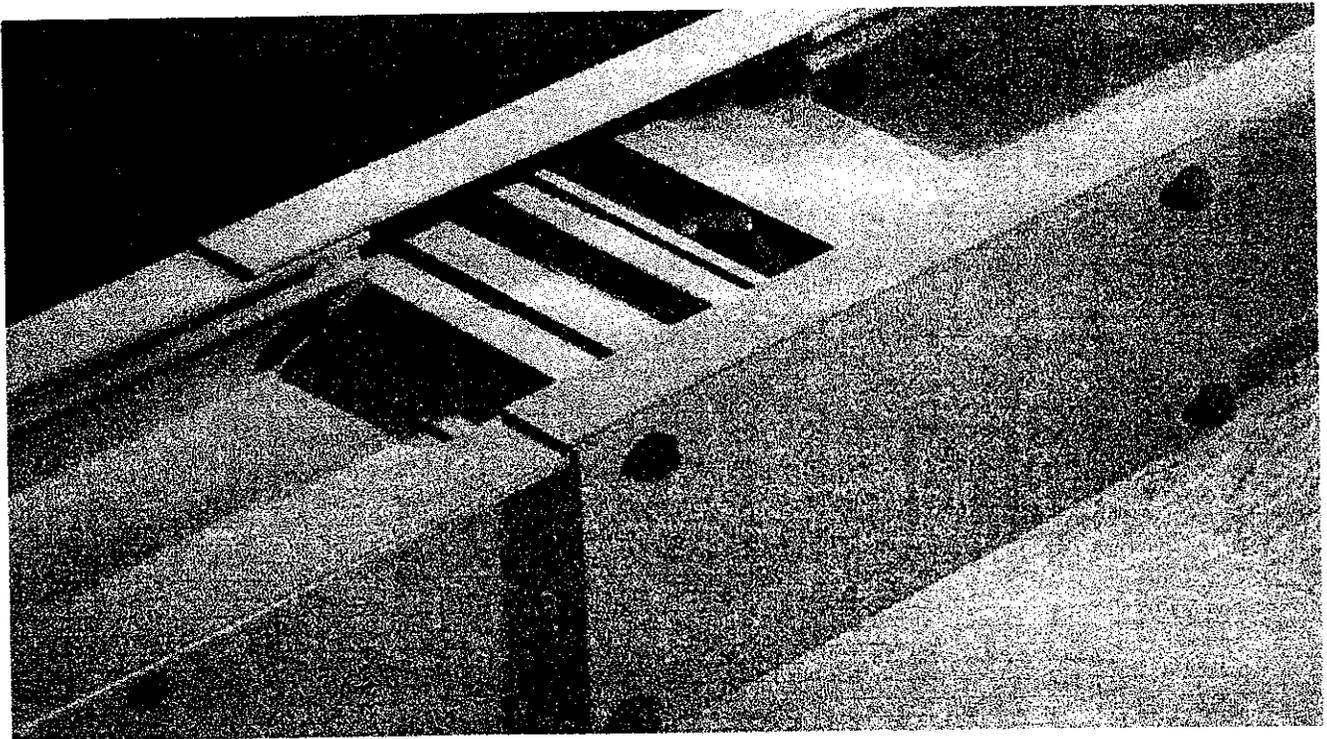
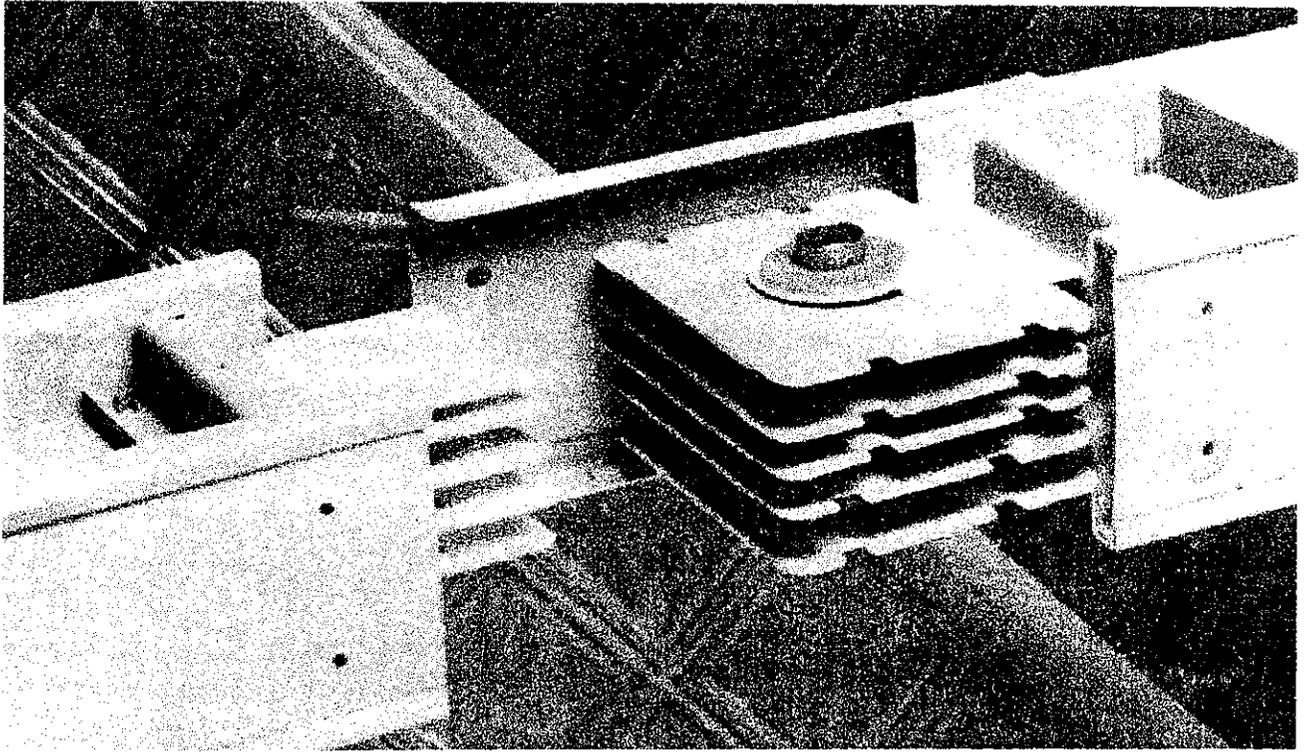


Fig. 2.2 - Junta o unión estándar

### 2.3. Codos

Son accesorios compuestos por dos secciones rectas de ducto barra con un ángulo de 90 grados entre ellas, los cuales permiten realizar vueltas en cualquier dirección, ya sea hacia la derecha, hacia la izquierda, hacia arriba o hacia abajo.

Los codos que permiten vueltas hacia la izquierda o hacia la derecha, son llamados CODOS PLANOS U HORIZONTALES (FLATWISE ELBOW), y los codos que permiten vueltas hacia arriba o hacia abajo, CODOS DE CANTO O VERTICALES (EDGEWISE ELBOW).

Regularmente, los codos incluyen una junta estándar y deben ser dimensionados para la misma capacidad, configuración y grado de protección que las secciones rectas que van en cada uno de sus extremos (Ver Fig. 2.3).

### 2.4. Tes

Las tes están compuestas por dos secciones rectas dispuestas, como su nombre lo indica, en forma de "T". Estos accesorios permiten realizar derivaciones verticales u horizontales de ducto barra en cualquiera de las juntas del tramo principal por lo que es importante seleccionar la te adecuada (FLATWISE O EDGEWISE).

Por lo general, las tes incluyen dos juntas estándar y deben ser demensionadas para la misma capacidad, configuración y grado de protección que las secciones rectas que van en cada uno de sus extremos (Ver Fig. 2.4).

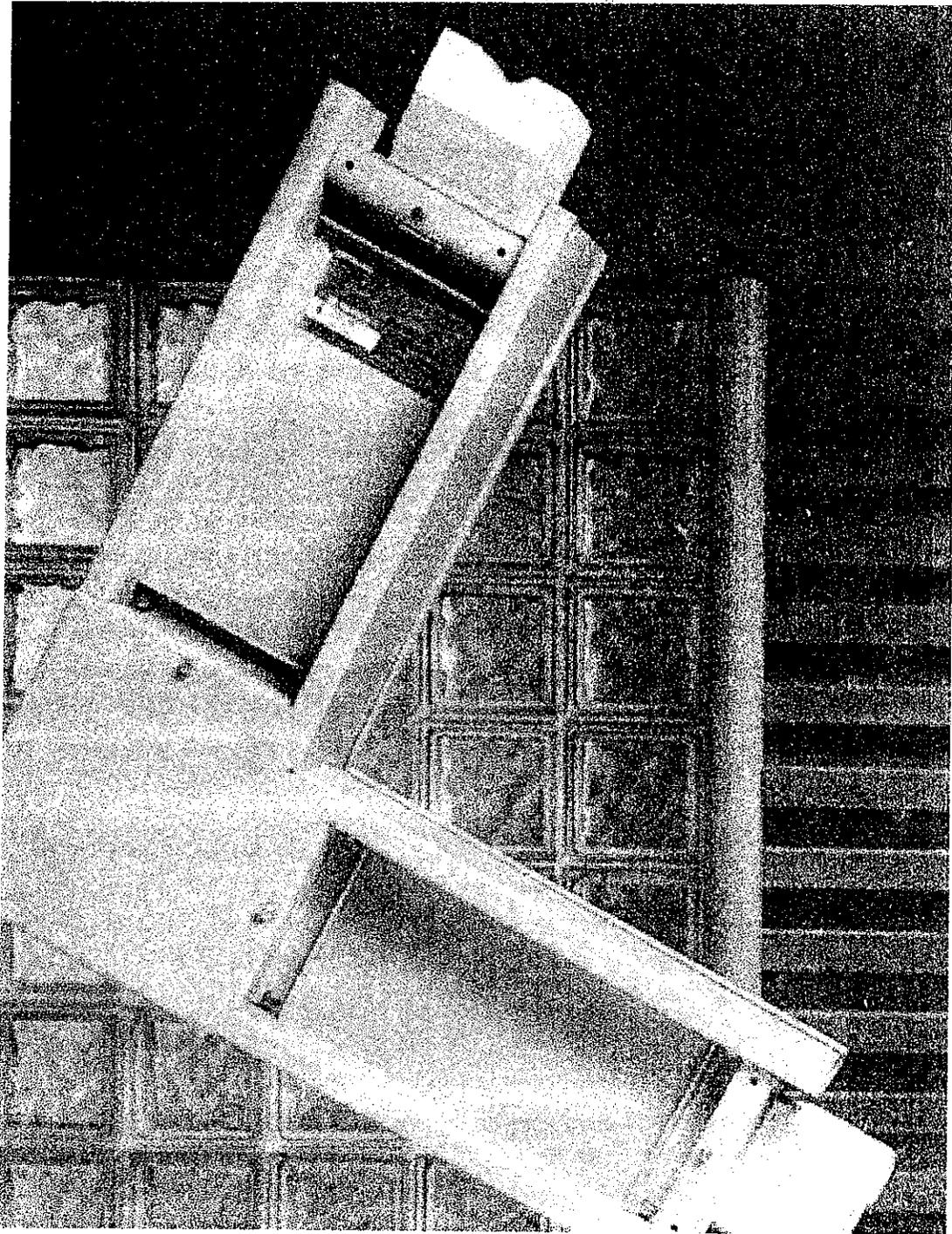


Fig. 2.3 - Codo horizontal a 90 grados



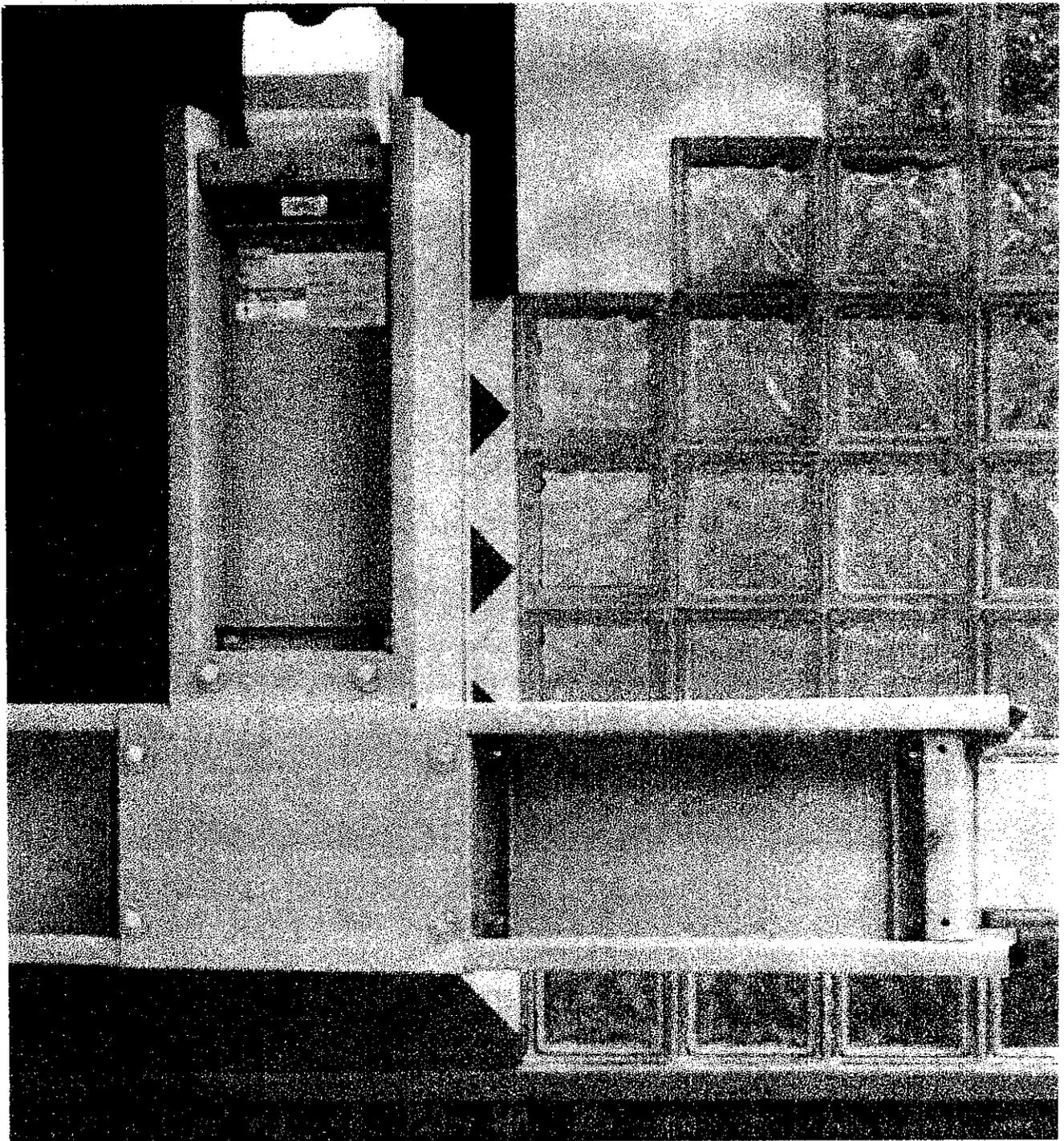


Fig. 2.4 - Te horizontal



## 2.5. Combinaciones codos tes

En ciertas aplicaciones es necesario realizar vueltas, cambiar la disposición del ducto barra, o esquivar algún obstáculo que impide el paso, por lo que son necesarias ciertas combinaciones de codos para lograr el objetivo.

Además de estas combinaciones de codos, existen combinaciones de tes para aplicaciones en las cuales es necesario hacer dos derivaciones en un mismo punto. Estas combinaciones tienen la forma de una cruz, por lo que se llaman CRUCES (Ver Fig. 2.5).

Generalmente, todas las combinaciones incluyen juntas estándar, y deben tener la misma capacidad, configuración y grado de protección que las secciones rectas que van en cada uno de sus extremos.

Para aplicaciones especiales donde se requieren derivaciones de menor capacidad, estas combinaciones deben especificarse para tal aplicación, (Ver normas para reducciones en el Capítulo 3).

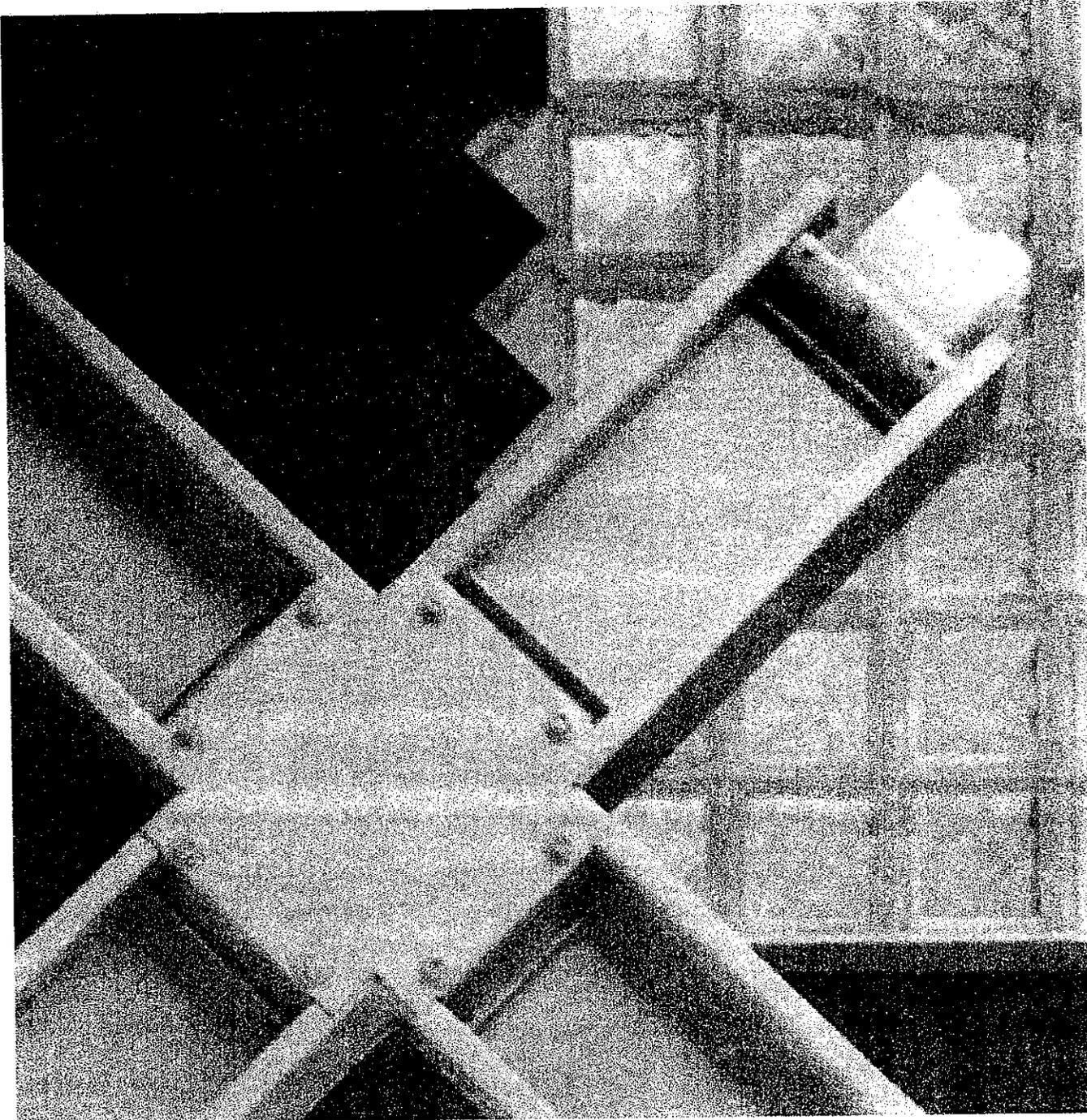


Fig. 2.5 - Cruz horizontal



## 2.6. Reducidores

Los reducidos son accesorios que sirven para unir dos tramos de ducto barra de diferente sección. En ciertas ocasiones, debido a la disposición de las cargas que se conectan al ducto barra, y con el propósito de hacer más económico el sistema, se hace necesario reducir la sección de éste, haciendo uso de un reductor.

Existen dos tipos de reducidos: los REDUCIDORES PROTEGIDOS, y los CONVENCIONALES. Los protegidos cuentan con un aparato interno de protección (como fusibles o interruptores termomagnéticos) mientras que los convencionales no cuentan con ninguno de ellos.

Para la aplicación de estos accesorios existen regulaciones que indican, según el punto donde se quiere instalar, qué tipo de reductor se debe usar, por lo que es menester evaluar económicamente qué es más conveniente, (si reducir la sección del ducto barra, o hacer uso de un reductor). (Ver regulaciones en el Capítulo 3).

Los reducidos deben tener la misma configuración y grado de protección que las secciones rectas que van en cada uno de sus extremos (Ver Fig. 2.6).

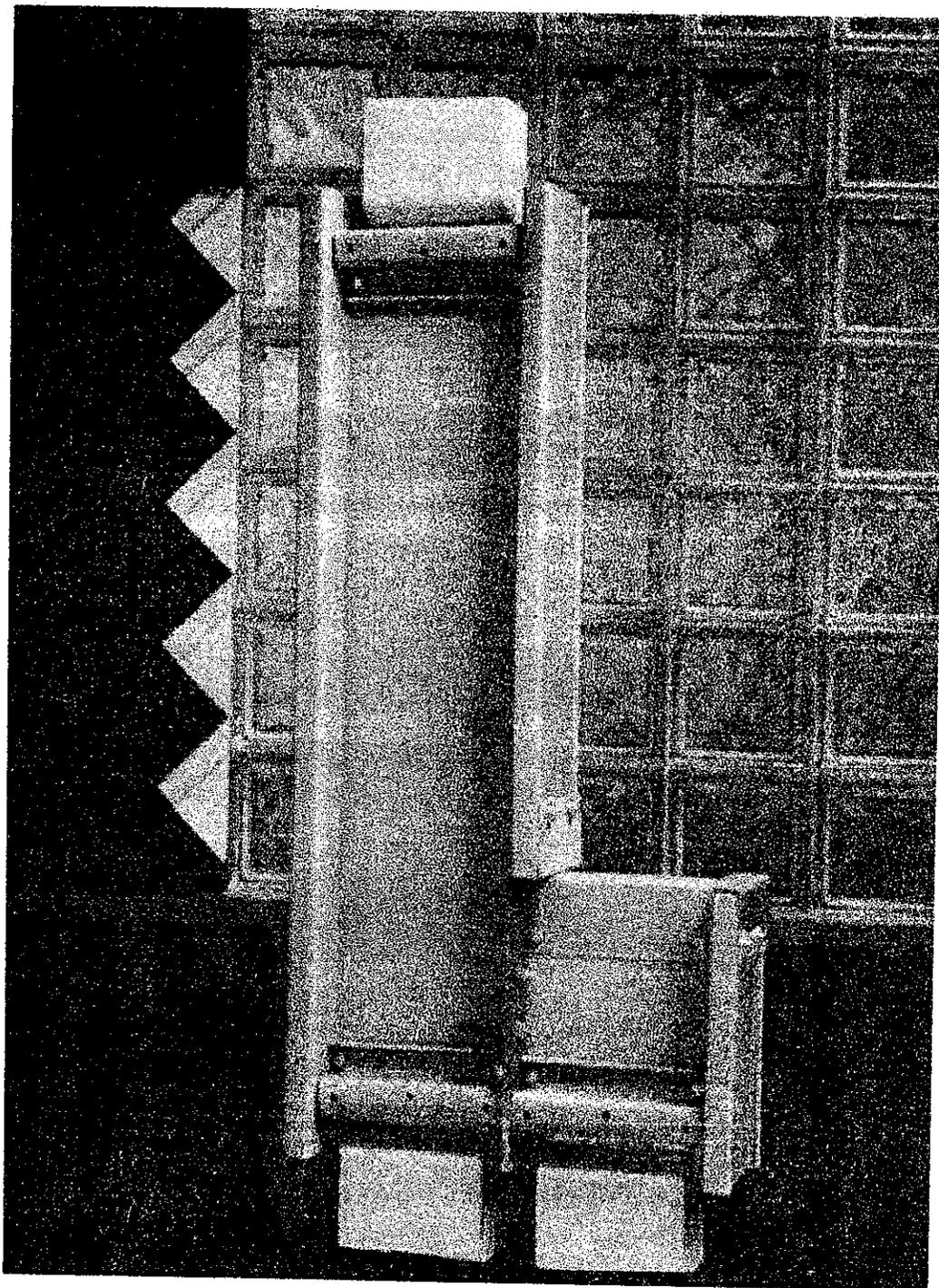


Fig. 2.7 - Reducidor convencional

## 2.7. Derivadores

Los DERIVADORES (TAPS STACKS), son accesorios que se usan para hacer derivaciones cortas del ducto barra; son usados para alimentar directamente, tableros de distribución, páneles múltiples de contadores o centros de control de motores, los cuales deben tener un diseño especial para esta aplicación, y principalmente un aparato de protección en la entrada (Ver regulaciones en Capítulo 3).

Estos accesorios son conectados en cualquiera de las uniones de las secciones rectas, por lo que pueden ser usados con todos los tipos de ducto barra.

Cuando todas las cargas van a ser conectadas al ducto barra por medio de estos derivadores, es aconsejable hacer uso del ducto barra tipo alimentador debido a que es más económico que el tipo enchufable. Existen derivadores de diferentes capacidades los cuales deben tener la misma configuración y grado de protección que tiene el tramo principal (Ver Figs. 2.7a, b y c).

## 2.8. Tapas finales

Las TAPAS FINALES (END CLOSERS), son accesorios que en un extremo tienen una junta estándar, y en el otro un sello metálico. Éstos se colocan en los puntos finales de los tramos de ducto barra o en los extremos de los accesorios que no se están usando.

Por norma general, ningún extremo final de un sistema de ducto barra puede quedar abierto, por lo que en dichos puntos, debe ser instalada una tapa final. Existe una tapa final para cada tamaño de ducto barra.

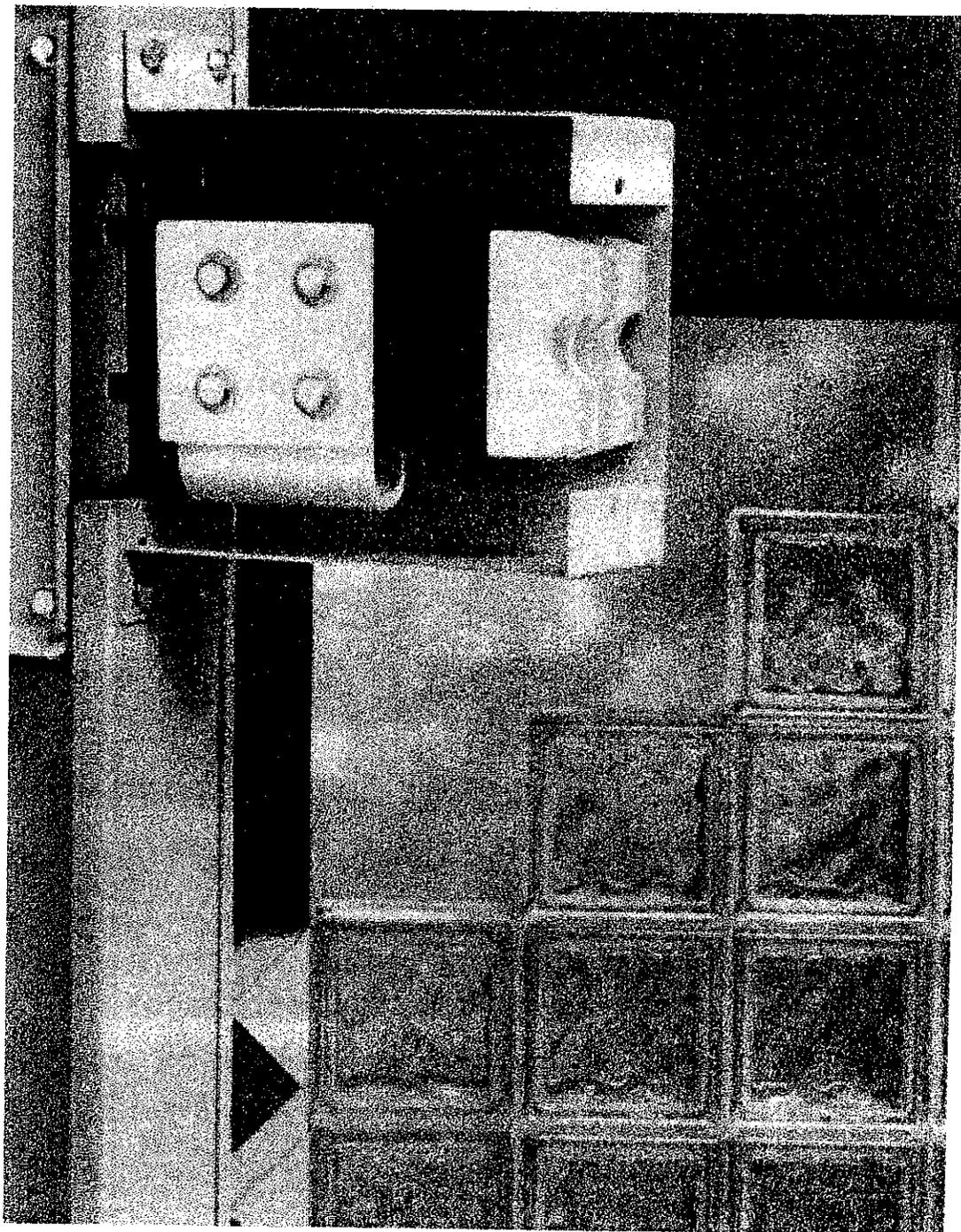
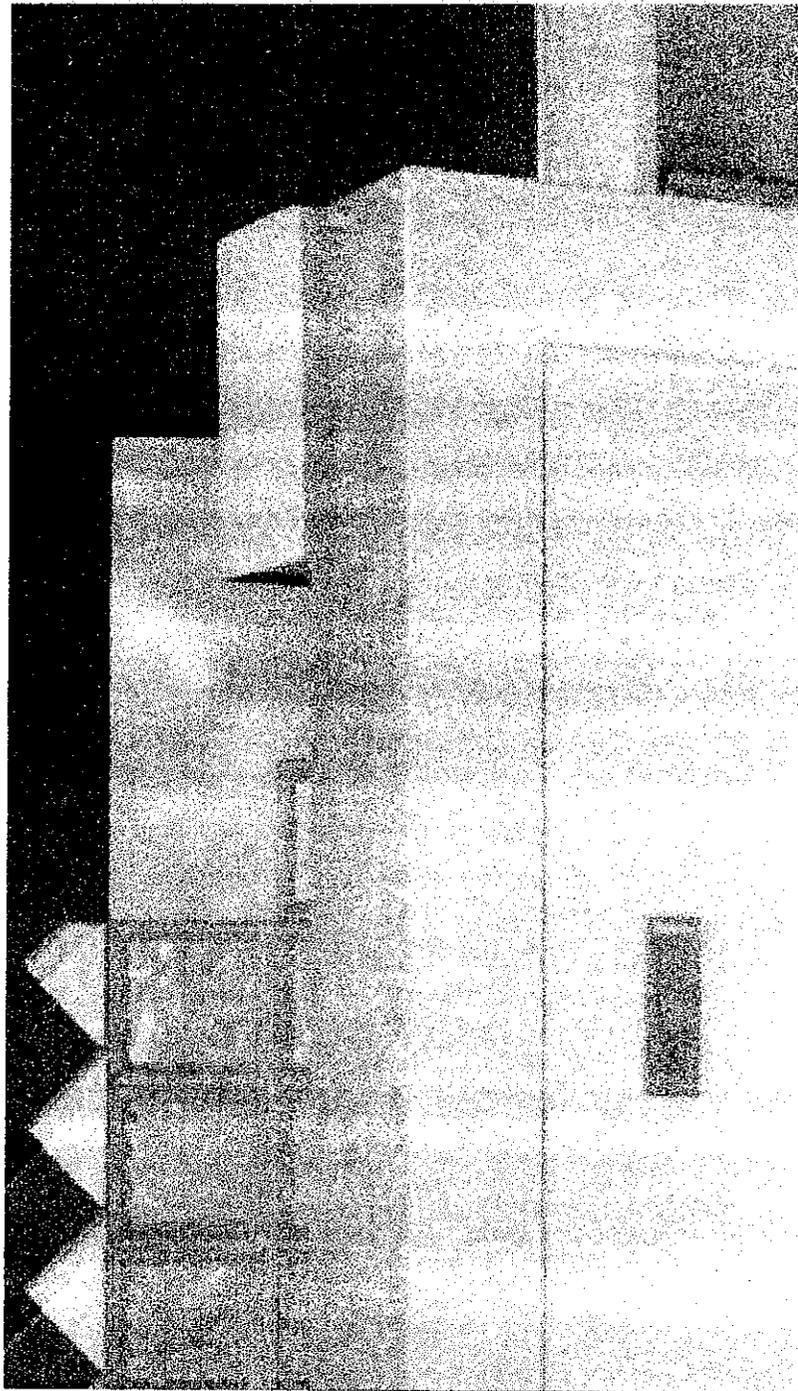
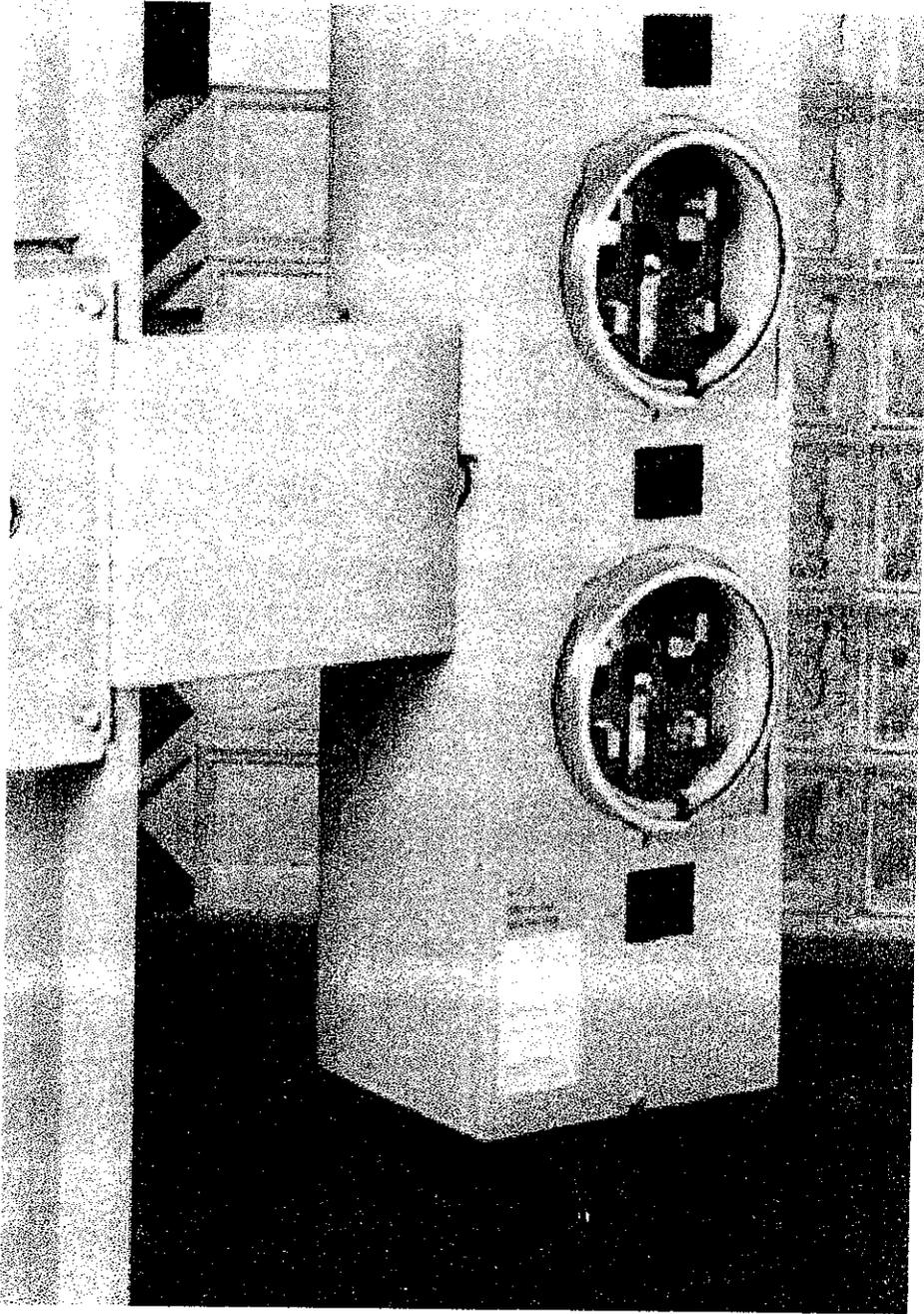


Fig. 2.7a - Derivador



**Fig 2.7b - Conexión directa de un tablero de distribución  
por medio de un derivador**



**Fig. 2.7c - Conexión directa de un panel de contadores  
por medio de un derivador**

## 2.9. Acoples para cables

Los ACOPLES PARA CABLES (CABLE TAP BOXES), son una especie de caja que en un extremo tiene una junta estándar para conectar una sección recta de ducto barra, y en el otro tienen un juego de conectores para cables. El número de conectores, y el tamaño de la caja están en función de la cantidad de corriente que van a conducir.

Existen dos tipos de acoples para cables: los FINALES, y los INTERMEDIOS. Los acoples finales, se conectan en los extremos de un tramo de ducto barra, y regularmente se usan en la cabeza del tramo principal cuando se necesita que éste sea alimentado por medio de cables.

Los acoples intermedios tienen dos juntas en sus extremos y un juego de conectores para cables en su parte media y se usan cuando se necesita hacer una derivación del ducto por medio de cables.

Se debe tomar en cuenta la disposición del ducto barra ya que hay acoples finales para disposiciones verticales y para disposiciones horizontales; la diferencia entre uno y otro es la posición de los conectores para los cables.

Los acoples para cables deben tener la misma capacidad, configuración y grado de protección que tienen las secciones rectas o accesorios adyacentes (Ver Fig. 2.8).

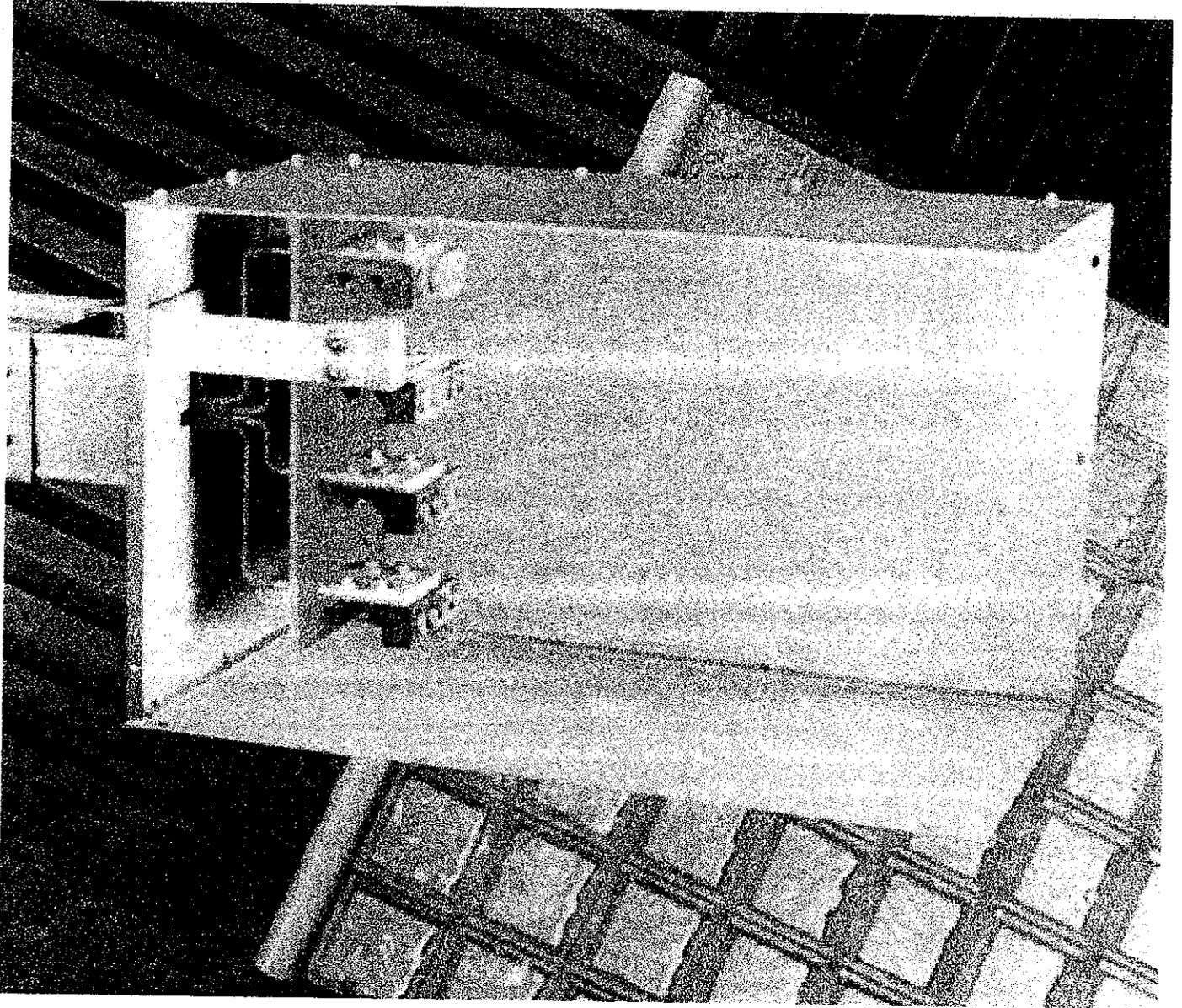


Fig. 2.8 - Acople final para cables

## 2.10. Conexiones para tableros

Las CONEXIONES PARA TABLEROS (SWITCHBOARD CONNECTIONS), tienen en un extremo una junta estándar para unirse con una sección recta de ducto barra o con un accesorio que regularmente es un codo; y en el otro, un sistema de barras para conectarse directamente con las barras del tablero de distribución o con las terminales del dispositivo de protección. A diferencia de los acoples para cables, estos accesorios se usan cuando se quiere hacer la alimentación del sistema de ducto barra directamente sin hacer uso de cables. Cuando es inevitable el uso de cables, pero la conexión se quiere hacer internamente en el tablero, puede usarse un juego de conectores para cables. Su número y el tamaño de las barras, está en función de la cantidad de corriente que se desea transportar.

Las conexiones para tableros deben tener la misma capacidad, configuración y grado de protección que tienen las secciones adyacentes (Ver Fig. 2.9).

## 2.11. Unidades enchufables

Las UNIDADES ENCHUFABLES (BUS PLUGS), son los accesorios que se usan para conectar las cargas al ducto barra tipo enchufable. Estas unidades están compuestas por una caja metálica y un sistema de ganchos, los cuales se enchufan en las provisiones o tomas de corriente que éste tiene a cada cierta distancia.

En el interior de las unidades enchufables se encuentran los dispositivos de protección de las cargas que van a ser conectadas a las secciones del ducto barra. También pueden contener aparatos como transformadores, capacitores, arrancadores magnéticos, acoples para cables y otros más.

Por lo general, lo que se encuentra adentro de estas unidades son dispositivos de protección y desconexión, como interruptores termomagnéticos o seccionadores fusibles. Sus características mínimas son:

- Un enclavamiento mecánico que impide que la unidad pueda ser insertada o removida cuando el dispositivo de protección está en la posición de conectado.
- Una palanca frontal de plástico reforzada con acero como medio de accionamiento para abrir o cerrar los dispositivos internos de protección, la cual puede ser accionada en forma vertical o circular.
- Códigos de color que indiquen el estado en que se encuentra el interruptor o los fusibles  
(conectado, desconectado o disparado).
- Un elemento de bloqueo que impida que la cubierta frontal de la unidad sea abierta cuando el aparato interno se encuentre en la posición de conectado.
- Un accesorio que permita que la unidad sea operada desde el suelo por medio de una vara o una cadena y que también deje que el accionamiento sea bloqueado en la posición de desconectado, para evitar que éste sea operado por personal no autorizado.

Desde las unidades enchufables ya conectadas al ducto barra, se conectan por medio de un sistema tubería/cables, cualquier tipo de cargas previamente protegidas por los dispositivos que se encuentran dentro de ellas.

Deben tener la misma configuración eléctrica y el mismo grado de protección que la sección recta donde se va a conectar, Su capacidad está en función de la cantidad de corriente que van a transportar (Ver Fig. 2.10).

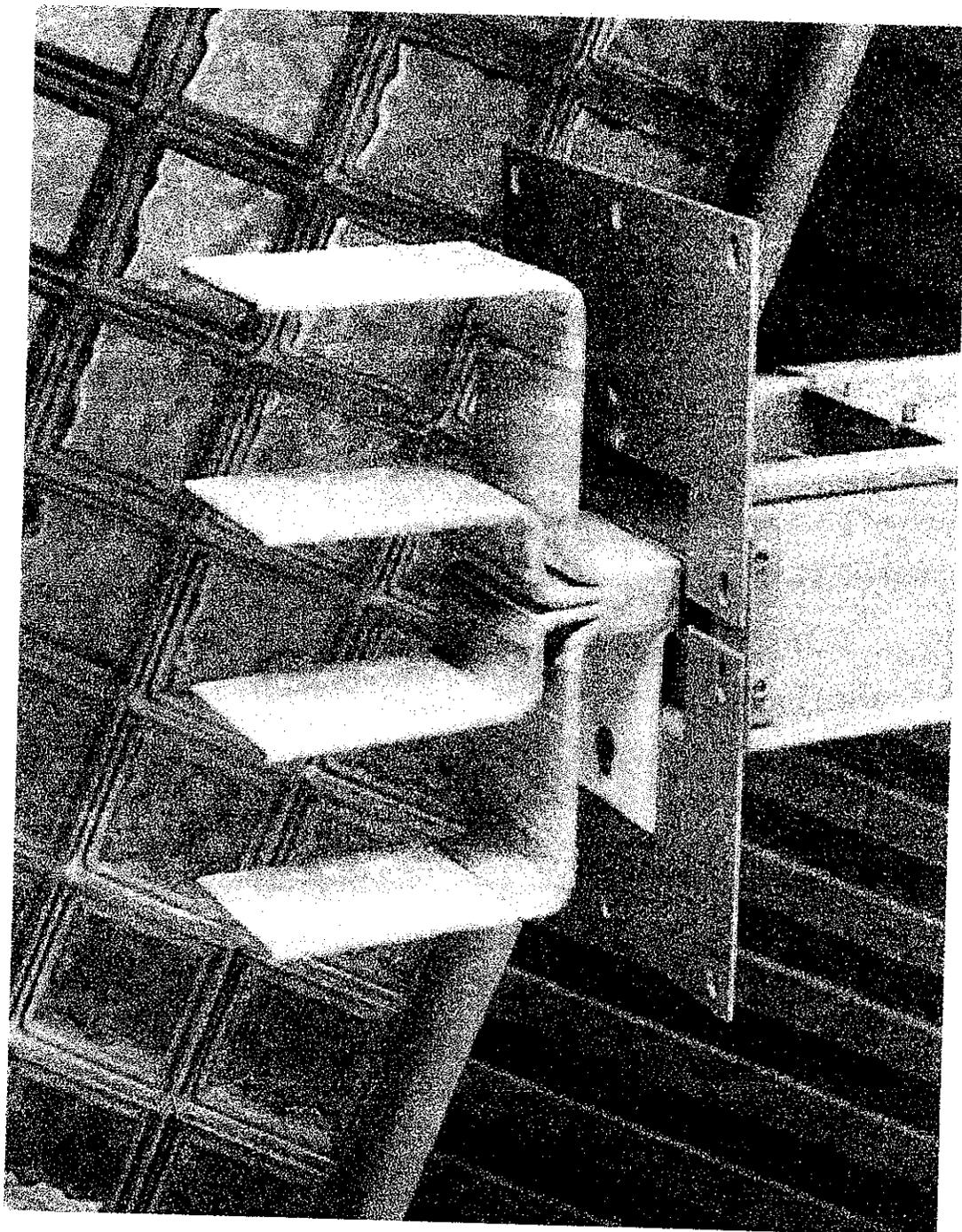


Fig. 2.9 - Conexión para tablero

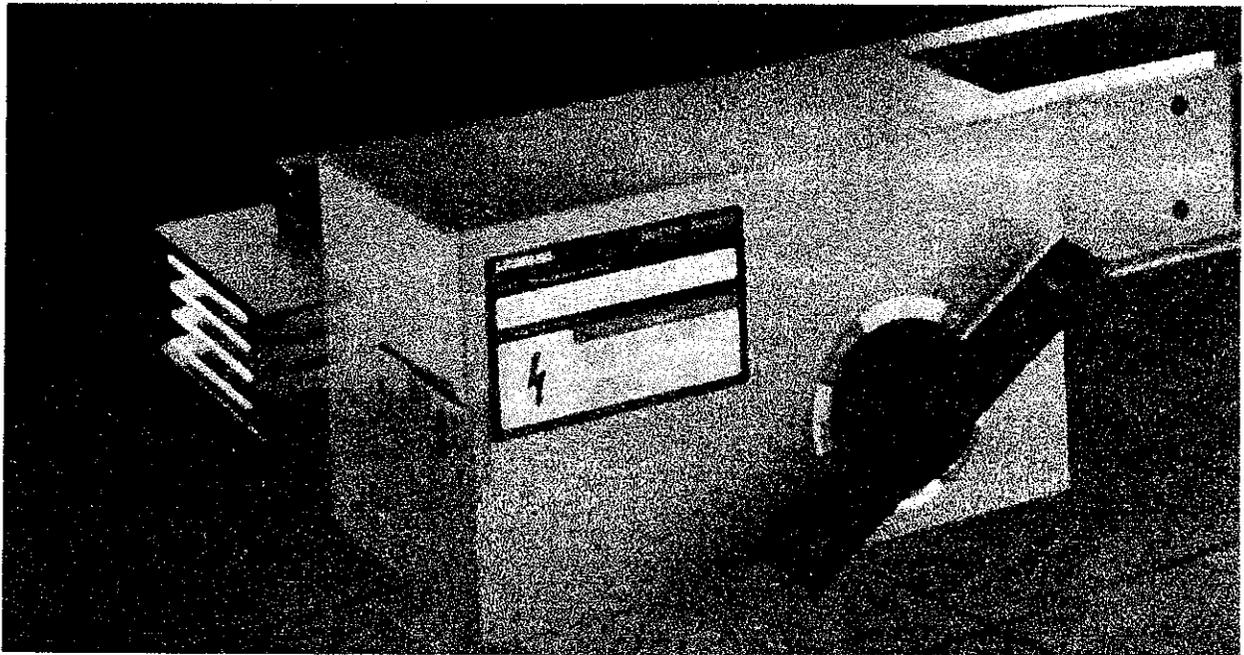
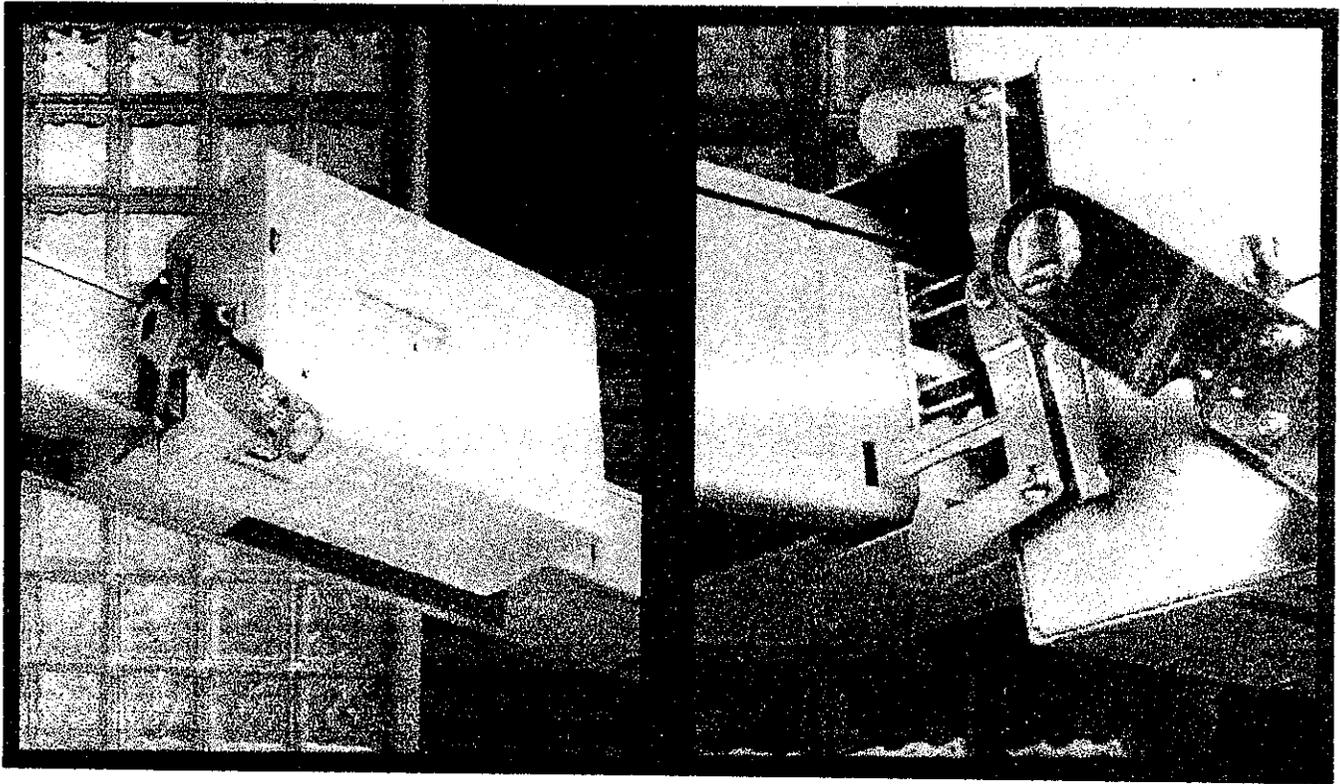


Fig. 2.10 - Unidades enchufables

## 2.12. Soportes

Son usados para fijar físicamente el ducto barra a las paredes, cielos o pisos por donde éste pasa. Existe un tipo de soporte para cada disposición del ducto barra; los más usados son los soportes de PISO, los de PARED, y los de CIELO.

Los de piso se usan para las disposiciones verticales donde el ducto barra atraviesa cada uno de éstos. Se instala uno en cada piso, y proveen un montaje seguro del ducto barra; el peso total del mismo se distribuye entre cada uno de los soportes (Ver Fig. 2.11a).

Existen SOPORTES DE PISO TIPO RESORTE, los cuales tienen un sistema de resortes que sirven para compensar pequeños movimientos del edificio y las dilataciones debidas al calor.

Los de pared se usan en disposiciones horizontales del ducto barra, cuando éste pasa cerca de una pared. Tienen la forma de una escuadra, cuya parte vertical se fija a la pared y su sección horizontal se usa para soportar el ducto barra.

Los soportes de cielo se usan en las disposiciones horizontales de ducto barra cuando no existe ninguna pared cercana donde éste pueda ser soportado. Tienen la forma de un trapecio y se fijan al cielo del edificio por medio de sus dos secciones verticales. Su sección horizontal sirve para soportar el ducto barra. (Ver Fig. 2.11b).

Todos los soportes deben ser colocados a cierta distancia entre de ellos. (Ver regulaciones en el Capítulo 3).

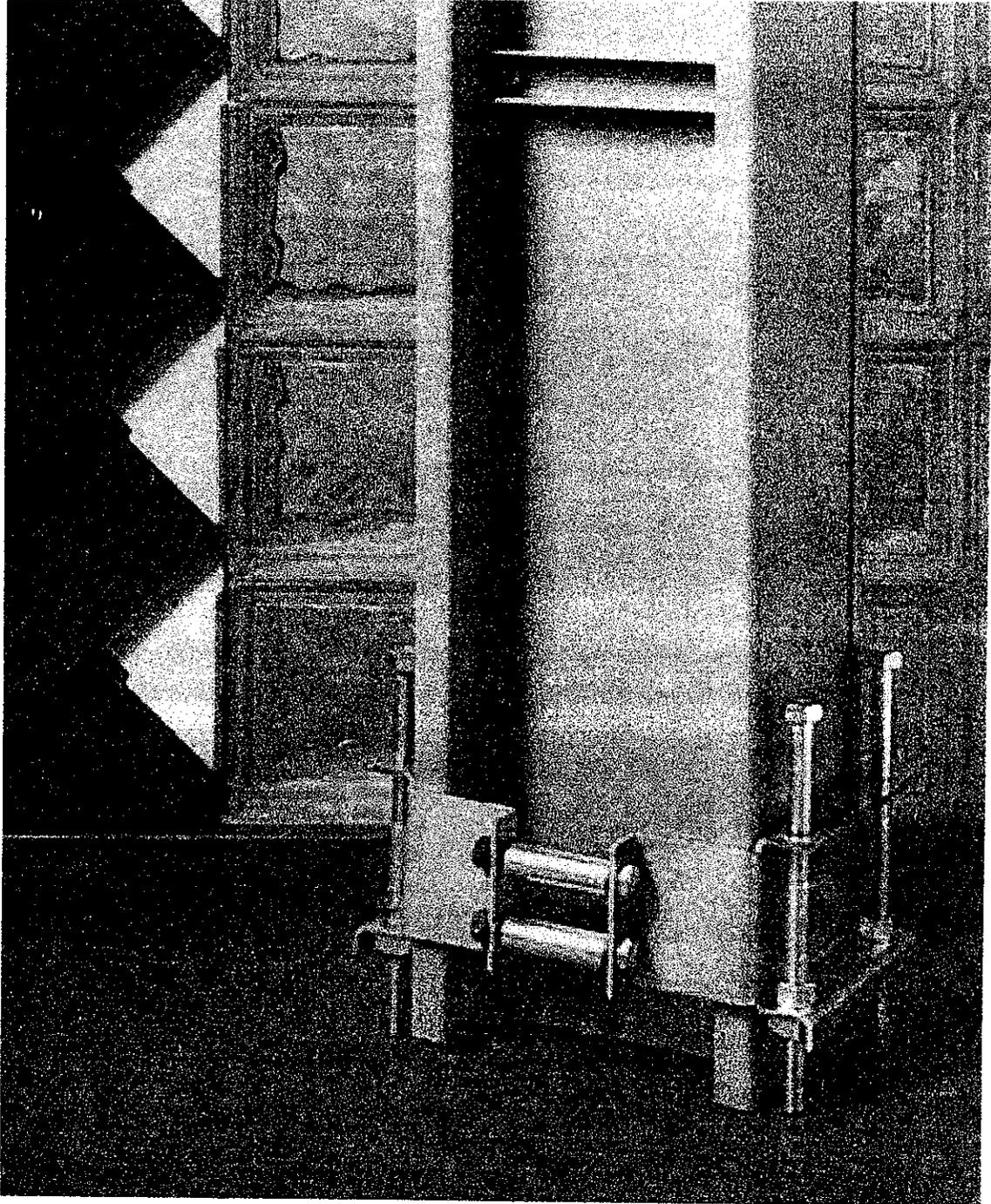


Fig. 2.11a - Soporte de piso

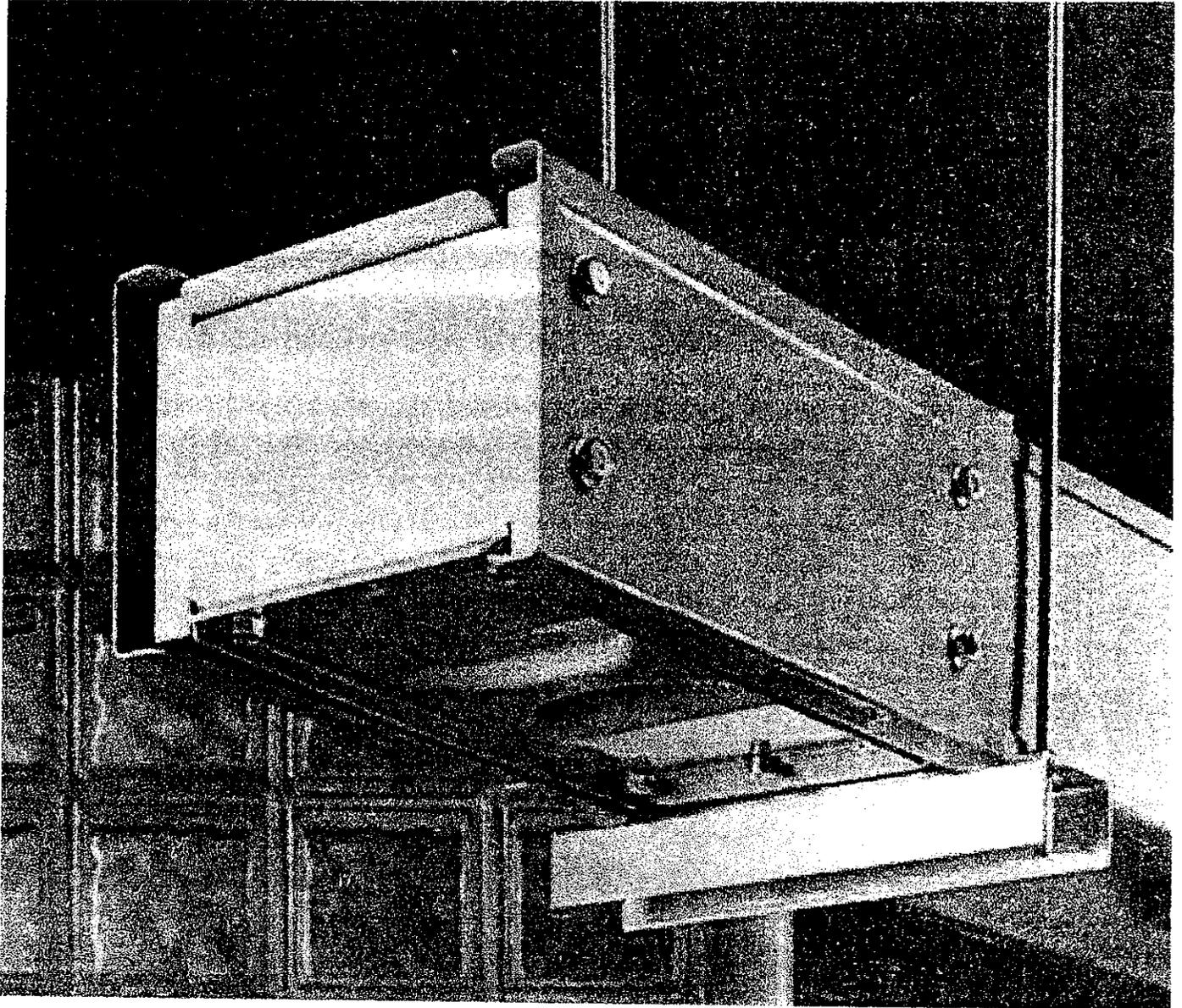


Fig. 2.11b - Soporte de cielo tipo trapecio

### 2.13. Bordes o pestañas

LOS BORDES O PESTAÑAS (FLANGES), están diseñados para cerrar el área alrededor del ducto barra cuando éste atraviesa un piso o una pared. Estos accesorios no pretenden ofrecer un sello para la circulación de aire alrededor del ducto. Para casos especiales donde se requieren dichas características, se deben instalar sellos diseñados para esas aplicaciones. También existen sellos especiales a prueba de fuego para los sistemas contra incendios.

### 2.14. Otros accesorios

Todos los fabricantes de ducto barra ofrecen los accesorios arriba mencionados, pero algunos de ellos ofrecen otros accesorios adicionales que hacen más flexible y versátil el sistema.

Por ejemplo, se pueden citar ciertos accesorios complementarios como:

- Conexiones para transformadores
- Rotadores de fases
- Juntas aisladas
- Unidades enchufables para tomacorrientes
- Cubículos de desconexión para usos varios como detectores de fallas a tierra, sistemas inteligentes de medición y monitoreo, etc.
- Bordes con ángulo para atravesar techos, y otros más.

### **3. NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA EL DUCTO BARRA**

En este capítulo se mencionarán las principales normas relacionadas con la construcción e instalación del ducto barra de baja tensión. Debido a que las normas y requerimientos son revisados cada cierto período, y varían de país en país, es aconsejable consultar a las autoridades locales y a los fabricantes para conocer los requerimientos más recientes para la correcta instalación del mismo.

Los grupos o asociaciones que regulan la construcción e instalación del ducto barra son:

- Underwriters Laboratories, Inc. (UL)
- La Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos de Estados Unidos (The National Electrical Manufacturers Association, NEMA)
- La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de Estados Unidos (The National Fire Protection Association, NFPA) por medio del Código Eléctrico Nacional (The National Electrical Code, NEC)
- Los códigos eléctricos locales
- Las compañías de electricidad



### **3.1.3. Prueba dieléctrica**

El ducto barra deberá soportar, por un minuto sin romperse, la aplicación de una tensión de 1000 voltios con una frecuencia de 60 Hz, más dos veces el máximo voltaje nominal entre sus partes vivas y la carcasa, y entre sus partes vivas de diferente polaridad.

### **3.1.4. Prueba de resistencia a la inflexión**

El ducto barra diseñado para un espaciamiento de no más de cinco pies entre los soportes de montaje, será regularmente aceptado sin la prueba de resistencia contra inflexiones. De cualquier forma, para calificar, los ductos barra para montaje horizontal con un espaciamiento de 10 pies entre sus soportes de montaje, o con un espaciamiento de 16 pies para montajes verticales, deberán soportar por 5 minutos sin que se rompan las juntas, sin apreciables distorsiones permanentes, y sin que se produzcan corto circuitos ni fallas a tierra entre las fases o el neutral, un momento de inflexión equivalente al peso de una sección recta de 10 pies, más una fuerza adicional de 100 libras aplicada en el extremo de la sección recta.

### **3.1.5. Prueba de resistencia a la compresión**

El ducto barra diseñado para emplear un espaciamiento de no más de cinco pies entre sus soportes de montaje y cuya construcción está de acuerdo con la tabla A, será regularmente aceptado sin la prueba de resistencia a la compresión. De cualquier forma, si el ducto barra no cumple esos requerimientos de espaciamiento o construcción, será probado para asegurar que será capaz de soportar una fuerza de compresión de 200 libras, más 3 veces el peso de una sección recta de 10 pies.

### **3.1.6. Prueba de resistencia a la elongación**

El ducto barra diseñado para montaje vertical deberá ser capaz de soportar una fuerza tirante hacia abajo, igual a 5 veces el peso individual de una de las barras de una sección recta de 10 pies, aplicada simultáneamente a cada una de ellas, sin que los soportes de las barras se rompan o muestren una deformación permanente.

### **3.1.7. Prueba de resistencia dieléctrica del aislamiento después de la exposición a la lluvia**

El ducto barra diseñado para operación en exteriores, deberá soportar una lluvia de ocho horas por espacio de cinco días consecutivos sin que el dieléctrico se rompa.

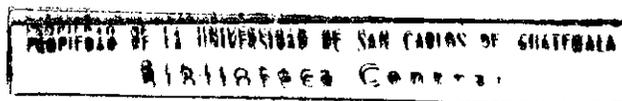
### **3.1.8. Prueba de corto circuito**

Todos los ductos barra y sus accesorios clasificados para 100 amperios o menos y teniendo una corriente de corto circuito de más de 5000 amperios, deberán ser probados y marcados con su respectiva clasificación. Aquéllos clasificados para más de 100 amperios y que tengan una corriente de corto circuito mayor de 10000 amperios, deberán ser probados y marcados con su respectiva clasificación. Para verificar esas clasificaciones, muestras representativas del ducto barra deberán ser sometidas a pruebas de corto circuito entre fase y fase, entre fases y la carcasa, y entre fases y el conductor de tierra cuando sea aplicable. Las pruebas pueden ser llevadas a cabo con o sin fusibles o interruptor termomagnético de protección en la cabeza del ducto barra que está siendo probado; así las clasificaciones y las marcas lo indicarán.

### 3.1.9. Prueba cuando la carcasa es usada como conductor de tierra

Para que la carcasa pueda ser aceptada como conductor de tierra, el ducto barra será sometido a las pruebas de corto circuito descritas anteriormente. Además, deberán cumplirse otras dos condiciones:

- La carcasa deberá tener el área mínima de sección transversal requerida
- Una resistencia máxima de 0.05 ohmios es permitida cuando pase una corriente directa de 30 amperios entre las secciones adyacentes de las secciones rectas.



**TABLA A**  
**ESPESOR DE LAS LÁMINAS METÁLICAS**

**Espesor mínimo aceptable de las láminas metálicas**

Máximo ancho interno de la superficie más ancha		Acero con revestimiento de zinc		Acero sin revestimiento de zinc		Aluminio	
pulgs	mm	pulgs	mm	pulgs	mm	pulgs	mm
12*	305	0.056	1.42	0.053	1.35	0.075	1.91
18	457	0.070	1.78	0.067	1.70	0.095	2.41
30	762	0.097	2.46	0.093	2.36	0.122	3.1
+ de 30		0.126	3.20	0.123	3.12	0.153	3.89

\* 18 pulgadas si la carcasa no soporta el peso de las barras ensambladas

### **3.2 Principales normas relacionadas con la construcción del ducto barra de baja tensión según La Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos, NEMA.**

Adicionalmente a las normas de construcción del ducto barra de UL listados anteriormente, NEMA especifica las siguientes:

#### **3.2.1. Caída de tensión**

No hay requerimientos mínimos ni máximos para la caída de tensión ya que dichos valores dependen de muchos factores tales como: el diseño, el material conductor, la corriente nominal continua, el tamaño de la carga, el factor de potencia de la carga, la temperatura de operación, la longitud del tramo y la distribución de la carga.

Los valores actuales de caídas de tensión en situaciones dadas pueden ser determinadas obteniendo los datos necesarios por medio del fabricante de ducto barra y aplicándolos a la situación específica. En general, la caída de tensión entre línea y línea a plena carga, de un sistema trifásico de ducto barra, usualmente será menor de 6 voltios por cada 100 pies.

La caída de tensión para el ducto barra tipo PLUG IN está basada en una distribución uniforme de las cargas a lo largo de los tramos, y es la mitad de la del ducto barra tipo FEEDER que alimenta cargas concentradas en un punto.

### **3.2.2. Resistencia, reactancia e impedancia**

No hay valores máximos ni mínimos de resistencia, reactancia o impedancia debido a que dichos valores varían considerablemente con las diferentes capacidades y construcciones de los ductos barra; los fabricantes de ducto barra pueden suministrar esos datos para sus productos en particular. Dichos datos son usados para calcular la caída de tensión en una aplicación específica.

### **3.2.3. Capacidades de corto circuito**

No hay requerimientos máximos ni mínimos en las clasificaciones de corto circuito especificadas por UNDERWRITERS LABORATORIES. La clasificación mínima depende de la máxima corriente de corto circuito disponible en el extremo final del tramo de ducto barra instalado.

De cualquier forma, NEMA recomienda las siguientes clasificaciones mínimas mostradas en la tabla B.

**TABLA B**  
**CAPACIDADES INTERRUPTIVAS MÍNIMAS PARA EL DUCTO**  
**BARRA**

<b>Corriente nominal continua del ducto barra (amperios)</b>	<b>Corriente simétrica de corto circuito, ducto barra enchufable (amperios)</b>	<b>Corriente simétrica de corto circuito ducto barra alimentador (amperios)</b>
100	10000	--
225	14000	--
400	22000	--
600	22000	42000
800	22000	42000
1000	42000	75000
1200	42000	75000
1350	42000	75000
1600	65000	100000
2000	65000	100000
2500	65000	150000
3000	85000	150000
4000	85000	200000
5000	---	200000

### 3.2.4. Condiciones inusuales de servicio

Para aplicaciones donde la temperatura ambiente es mayor de 40 grados centígrados, la capacidad nominal del ducto barra deberá ser disminuida en concordancia con las recomendaciones de los fabricantes (si están disponibles), sino se hará de la siguiente forma:

**TABLA C1**  
**EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CAPACIDAD DE**  
**CONDUCCIÓN**

<u>Temperatura</u> <u>ambiente en grados</u>	<u>Multiplicador</u>
40 C	1.00
45 C	0.95
50 C	0.90
55 C	0.85
60 C	0.80
65 C	0.74
70 C	0.67

Para aplicaciones donde la temperatura ambiente es menor a los límites de temperatura mostrados en la tabla C2, o para altitudes mayores que 6000 pies (1830m.), se debe consultar al fabricante. Hay otras condiciones severas, las cuales requieren una consideración más profunda. Donde tales condiciones existan, es recomendable que sean notificadas al fabricante.

**TABLA C2**  
**CONDICIONES INUSUALES DE SERVICIO**

<b>Equipos</b>	<b>Límites de temperatura ambiente, en grados</b>	<b>Publicación NEMA</b>
Tramos de ducto barra y sus accesorios	-30 C hasta +40 C	Bu 1-1983
Interruptores de potencia de baja tensión	No exceder de +40 C	SG 3-1981
Interruptores termomagnéticos de caja moldeada	0 C hasta +40 C	AB 1-1975 (R1981)
Interruptores de seguridad	-30 C hasta +40 C	KS1-1983
Fusibles tipo cartucho de baja tensión	Ver requerimientos aplicables según UL	
Controles de motores manuales y electromagnéticos a 6000 pies o menos	0 C hasta +40 C máximo	ICS1-1978, (R1983) ICS2- 1978, (R1983) y ICS3 1983

### **3.3 Principales normas relacionadas con la instalación del ducto barra de baja tensión según El Código Eléctrico Nacional, NEC.**

El NEC (NATIONAL ELECTRIC CODE) ó código eléctrico nacional es patrocinado por NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION) o Asociación Nacional para la Protección del fuego, diseña las guías generales que son necesarias para las aplicaciones seguras del equipo eléctrico. El artículo 364 del código especifica las aplicaciones del ducto barra, sin embargo otros artículos son aplicables en ciertas situaciones. Una familiarización completa con los requerimientos del “NEC” para el ducto barra, es recomendable antes de intentar implementarlo en aplicaciones específicas. Los principales requerimientos para la segura aplicación del ducto barra según el código eléctrico nacional “NEC” son:

#### **A. Requisitos generales**

**364-1. Alcance.** Este artículo cubre los ductos barra para acometidas, alimentadores, circuitos ramales y los accesorios correspondientes.

**364-2. Definición.** Para los fines de este artículo se considera ducto barra a un canal metálico puesto a tierra, ensamblado en fábrica, que contiene conductores aislados o desnudos, los cuales usualmente son barras de cobre o aluminio.

**364-3. Otras secciones aplicables.** Los sistemas de ducto barra deberán cumplir con las disposiciones aplicables del artículo 300 (Métodos de instalación y materiales).

**364-4. Usos.**

a) **Usos permitidos.** El ducto barra sólo puede ser utilizado en instalaciones a la vista.

Excepción: El ducto barra puede instalarse detrás de tabiques, si se proveen accesos y se cumplen todas las condiciones siguientes:

- No se instalarán en el ducto barra dispositivos contra sobrecorriente distintos de los que se usan para aparatos individuales.
- El espacio que está detrás de los tabiques no es usado para distribución de aire.
- El ducto barra es completamente cerrado y del tipo no ventilado.

**b) Usos no permitidos.** El ducto barra no se instalará:

- Donde esté sometido a daños materiales severos o vapores corrosivos.
- En ductos de ascensores.
- En cualquier lugar (clasificado) peligroso, a menos que esté específicamente probado para tal uso. (véase sección 501-4b del NEC).
- En exteriores o en lugares húmedos o mojados, a menos que esté específicamente marcado para tal uso.

**364-5. Soportes.** El ducto barra deberá estar seguramente soportado a distancias no mayores de 5 pies a menos que estén diseñados y marcados de otro modo.

**364-6. Extensiones a través de paredes y pisos.** El ducto barra podrá extenderse a través de paredes secas, siempre que se haga por secciones enteras. También podrán extenderse verticalmente a través de pisos secos cuando estén completamente cerrados(no ventilados), hasta una distancia no menor de 6 pies sobre el nivel del piso, de manera que tenga la protección mecánica adecuada contra daños materiales.

**300-21. Propagación de fuego o de productos de combustión.** Las instalaciones en espacios huecos, paredes verticales y ductos ventilados o con ventilación forzada, se harán de modo que la posible propagación de fuego o de productos de combustión no sea incrementada substancialmente. Las aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes resistentes al fuego, tabiques, pisos o techos, serán protegidas contra el fuego por métodos aprobados, para mantener la resistencia contra fuego.

**364-7. Terminaciones muertas.** Las terminaciones muertas de ducto barra deben estar completamente cerrados por medio de una tapa final.

**364-8. Ramales desde el ducto barra.** Los ramales desde el ducto barra se harán con: ducto barra, tubo metálico rígido, tubo metálico intermedio, tubería eléctrica no metálica, tubo rígido no metálico, tubo metálico flexible, tubo metálico eléctrico, canalización metálica de superficie, cable con cubierta metálica o con conjuntos de cordones aprobados para servicio pesado para la conexión de equipo portátil o para la conexión de equipo fijo con el fin de facilitar su intercambio. Las conexiones de conjuntos de cordones flexibles podrán hacerse directamente a los terminales de carga de un dispositivo enchufable al ducto barra cuidando que la conexión incluya un dispositivo de distribución de esfuerzos en el cordón.

Cuando se usa una canalización no-metálica rígida, la conexión de los conductores de puesta a tierra de equipos deberá cumplir con las secciones 250-113 y 250-118 del NEC.

**364-9. Protección contra sobrecorriente.** La protección contra sobrecorriente se harán de acuerdo con las secciones 364-10 a 364-14 del NEC.

**364-10. Capacidad nominal de la protección contra sobrecorriente. Alimentadores y subalimentadores.** Cuando la capacidad de corriente nominal del ducto barra no corresponda a una capacidad normalizada del dispositivo contra sobrecorriente, se utilizará el valor inmediato superior.

**364-11. Reducción del tamaño de las barras.** Se podrá omitir la protección contra sobrecorriente en los puntos donde el ducto barra se reduce a un tamaño más pequeño, siempre que el ducto barra más pequeño no se extienda más de 50 pies (15.2m.) y que su capacidad de corriente sea por lo menos igual a la tercera parte de la capacidad o ajuste del dispositivo de sobrecorriente más inmediato hacia el suministro y, además, que el ducto barra esté libre de contactos con material combustible.

**364-12. Subalimentadores o circuitos ramales.** Cuando el ducto barra se utiliza como alimentador, los aparatos o unidades enchufables para la derivación de subalimentadores o de circuitos ramales desde las barras, deberán estar provistos de los dispositivos de sobrecorriente requeridos para la protección de los subalimentadores o circuitos ramales. Las unidades enchufables deberán consistir de un interruptor termomagnético o de un seccionador con fusibles y ambos deben ser accionables exteriormente.

Cuando éstas unidades sean montadas en lugares no accesibles, deberán estar provistos de medios de accionamiento tales como cadenas o varas para poder operarlos desde el piso.

**Excepción 1.** Lo permitido en la sección 240-21 del NEC para derivaciones.

**Excepción 2.** Para aparatos fijos o semifijos de alumbrado donde el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal forma parte del enchufe del cordón del aparato.

**Excepción 3.** En los casos de aparatos sin cordón conectados directamente a las barras, donde el dispositivo de protección contra sobrecorriente está montado en el aparato.

**364-13. Capacidad de la protección contra sobrecorriente.** El ducto barra puede utilizarse como circuito ramal de cualquiera de los tipos descritos en el artículo 210 del NEC. Cuando se use así, la capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente de las barras, determinará la capacidad en amperios del circuito ramal y el circuito cumplirá en todos los aspectos con los requisitos del artículo 210 aplicables a los circuitos ramales de esta capacidad.

**364-14. Longitud del ducto barra usado como ramal.** Los ductos barra usados como circuitos ramales y que han sido diseñados para conectar cargas en cualquier punto, serán de longitud limitada de tal forma que en uso normal no serán sobrecargados.

**364-15. Marcas.** El ducto barra debe marcarse con el voltaje y la capacidad de corriente para los que fue diseñado, así como con el nombre del fabricante o marca comercial, de manera que sean visibles después de la instalación.

#### **B. Requerimientos para tensiones nominales mayores de 600 voltios**

**364-21. Identificación.** Cada longitud de ducto barra debe estar provista de una placa de características, permanente, en la cual figuren los datos siguientes:

- Voltaje nominal.
- Capacidad continua de corriente; si el ducto barra es de ventilación forzada, se indicarán ambas capacidades, la ventilación forzada y la ventilación natural, para el mismo aumento de temperatura.
- Frecuencia nominal.
- Voltaje nominal de resistencia dieléctrica de impulso.
- Voltaje nominal de resistencia dieléctrica de 60 Hz, seco.
- Corriente momentánea nominal.
- Nombre del fabricante o marca comercial.

**364-22. Puesta a tierra.** Las barras con cubierta metálica se pondrán a tierra de acuerdo con el artículo 250 del NEC.

**364-23. Estructuras de soporte y estructuras adyacentes.** El ducto barra con cubierta metálica se instalará de manera que el aumento de temperatura por circulación de corrientes inducidas en cualquiera de las partes metálicas adyacentes no constituya un peligro para el personal o un riesgo de incendio.

**364-24. Neutro.** La barra de neutro, cuando sea necesaria, tendrá una capacidad adecuada para transportar todas las corrientes de neutro de las cargas, incluyendo las corrientes armónicas y tendrá la capacidad instantánea de cortocircuito adecuada, relacionada con los requisitos del sistema.

**364-25. Barreras y sellos.** Los tramos de ducto barra que tengan secciones ubicadas tanto en el interior como en el exterior de inmuebles, tendrán un sello contra el vapor, en la pared del edificio, para impedir el intercambio de aire entre las secciones interiores y las exteriores.

Se colocarán barreras contra el fuego cuando se atraviesen paredes, pisos o cielos rasos resistentes al fuego.

**364-26. Drenajes.** Se incluirán tapones y filtros de drenaje o métodos similares para facilitar la salida de la humedad condensada en los puntos bajos del recorrido de las barras.

**364-27. Ducto barra con ventilación.** Los ductos barra con ventilación se instalarán de acuerdo con el artículo 710, parte D, a menos que estén diseñados de modo que los objetos extraños que se introduzcan por cualquier abertura sean desviados fuera de las partes energizadas.

**364-28. Terminales y conexiones.** Cuando el ducto barra termine en máquinas enfriadas por gas inflamable se proveerán conectores de salida sellados, barreras de flexión u otros medios para impedir la acumulación de gas inflamable dentro del recinto del ducto barra.

Se proveerán conexiones flexibles o de expansión en tendidos largos y rectos, para permitir la expansión o contracción producida por la temperatura, donde los ductos barra atraviesen las uniones de amortiguación de vibraciones de los edificios.

Todos los accesorios terminales de conductores deben ser accesibles para su instalación, conexión y mantenimiento.

**364-29. Interruptores.** Los dispositivos de interrupción o medios de desconexión provistos en los tendidos de ducto barra, deberán tener la misma capacidad momentánea de corriente de las barras.

Los medios de desconexión llevarán la indicación de ser removidos cuando las barras estén desenergizadas.

Los dispositivos de interrupción no aptos para interrumpir cargas deberán estar enclavados para impedir el funcionamiento bajo carga, y las tapas de los medios de desconexión estarán enclavados para impedir el acceso a las partes activas.

**364-30. Alambrado de baja tensión.** Los dispositivos de control secundario y sus alambrados, provistos como partes de tendidos de ductos barra, deberán estar aislados por barreras retardantes de las llamas de los elementos de cualquier circuito primario, con la excepción de cortas longitudes de cables, tales como los terminales de transformadores de medición.

### 3.4. Especificaciones típicas para un sistema de ducto barra

Después de haberse diseñado el sistema de distribución, el diseñador debe especificar el ducto barra, de tal forma que al final se logre obtener un sistema de distribución de calidad que sea económico, confiable, eficiente, flexible y versátil. A continuación se describirán las especificaciones típicas para un sistema de ducto barra.

#### 3.4.1. Características generales

El contratista del área de electricidad, deberá suministrar y/o instalar un sistema completo interconectado de ducto barra del tipo:

- Alimentador ( )
- Enchufable estándar ( )
- Enchufable vertical ( )
- Limitado ( ),

con una capacidad de conducción de \_\_\_\_\_ amperios continuos, según los planos.

Deberá ser construido con una configuración eléctrica de \_\_\_\_\_ fases, \_\_\_\_\_ alambres, para un voltaje de \_\_\_\_\_ voltios.

Todo el trabajo deberá ser ejecutado de acuerdo con las regulaciones locales (si existen), y con las regulaciones internacionales, según \_\_\_\_\_.

Las secciones rectas, los accesorios y los aparatos o dispositivos utilizados deberán tener la etiqueta UL (UNDERWRITER'S LABORATORIES). De preferencia el ducto barra deberá ser marca \_\_\_\_\_.



### 3.4.2. La carcasa

El ducto barra consistirá de secciones ensambladas de fábrica, las cuales son rígidas en construcción y simétricas en apariencia. Los extremos de las secciones deben ser idénticos. Deberán suministrarse discos conductores ajustables en cada junta para conectar mecánica y eléctricamente secciones adyacentes. Las secciones rectas y las juntas deberán formar una estructura lo suficientemente rígida para ser soportada a cada 10 pies. La integridad de las juntas no deberá ser afectada por las deformaciones de la carcasa. Los soportes de piso, cielo o pared deberán ser suministrados como es requerido. Las secciones de ducto barra de tipo alimentador, enchufable, enchufable de elevación o limitado, deberán ser intercambiables entre sí.

El ducto barra tipo enchufable, deberá tener provisiones para enchufes a lo largo de cada sección, en ambos lados y espaciadas uniformemente, de preferencia cada 2 pies.

Para el tipo enchufable, de elevación, las provisiones para enchufes estarán en un sólo lado de las secciones y espaciadas como en el tipo enchufable normal.

Las provisiones para enchufes en el tipo limitado, deberán estar ubicadas en puntos específicos con separaciones de múltiplos de 2 pies. Las provisiones para enchufes deberán tener una cubierta plástica con accesorios para poder ser cerradas con llave. Además, éstas provisiones con la cubierta abierta, deberán cumplir con las normas de seguridad que protege de los contactos accidentales con los dedos (Norma IP2X).

De preferencia, la carcasa deberá ser de aluminio extruido. Ésta y todos sus componentes deberán ser pintados con una pintura anticorrosiva. El ducto barra en conjunto, deberá ser certificado para garantizar un grado de protección específico:

- IP40 para interiores ( )
- IP43 a prueba de agua rociada ( )
- IP54 a prueba de salpicadura ( )
- IP65 para exteriores ( )
- IP66 para exteriores severos ( )

La temperatura máxima de operación no deberá exceder de \_\_\_\_ grados centígrados de incremento sobre una temperatura ambiente de 40 grados centígrados en cualquier posición, a su corriente nominal y grado de protección considerado.

### **3.4.3. Las juntas o uniones**

Las juntas eléctricas deberán estar provistas de una junta simple atornillable. Juntas atornillables con tornillos de doble cabeza serán utilizadas para proveer una indicación visual, fácilmente detectable, que un torque adecuado ha sido aplicado a cada una de ellas.

Cubiertas de inspección deberán ser incluidas para permitir inspecciones periódicas de las juntas, sin disturbar la presión de las mismas o reducir la habilidad del ducto barra de ser soportado a cada 10 pies.

El diseño de las juntas permitirá la adición de accesorios para derivaciones en cada una de ellas, sin tener que reemplazar ninguna de las secciones rectas. Por otro lado, éstas deberán permitir la remoción de las secciones rectas desde el lado izquierdo, el derecho, desde el frente o desde atrás sin disturbar las secciones adyacentes. Con el propósito de distribuir uniformemente la presión en las juntas, deberán usarse arandelas.

El diseño de las juntas permitirá un ajuste en cada de ellas, de por lo menos \_\_\_\_\_ pulgadas de tal forma que las variaciones de longitud puedan ser compensadas.

#### 3.4.4. Las barras

Las barras conductoras deberán ser fabricadas de:

- Aluminio ( )
- Cobre ( ),

y deberán ser capaces de soportar la fuerza de una corriente de falla de \_\_\_\_ kA., de \_\_\_\_ ciclos de duración.

Las barras deberán estar aisladas con un material aislante que soporte \_\_\_\_\_ grados centígrados, de preferencia:

- Epoxy ( )
- Papel Mylar ( )
- PVC ( )

Este aislante estará en todas partes excepto en las juntas y en los puntos de conexión de las unidades enchufables. El espacio entre cada una de las barras deberá mantenerse al mínimo para reducir la reactancia.

En cada sección deberán ser incluidas provisiones para acomodar la expansión diferencial entre las barras adyacentes, o entre las barras y la carcasa. Las unidades enchufables deberán ser diseñadas de tal forma que cada una de las provisiones para enchufes puedan compensar la expansión normal del ducto barra. La carcasa de aluminio servirá como el circuito conductor de tierra.

Opcional: un neutro con el 200% de la capacidad de las barras principales, será incluido dentro de la carcasa.

Opcional: una barra de tierra con el 50% de la capacidad de las barras principales, será provisto dentro de la carcasa y será conectada en cada una de las unidades enchufables por una pata conductora.

Opcional: una barra aislada de tierra con el 50% de la capacidad de las barras principales, será provisto dentro de la carcasa y será conectada en cada una de las unidades enchufables por una pata conductora.

### 3.4.5. Las unidades enchufables

Las unidades enchufables deberán ser del tipo:

- Interruptor Termomagnético ( )
- Fusibles ( ),

del tamaño y la capacidad mostrada en los planos.

Como norma de seguridad, las unidades enchufables serán diseñadas, de tal forma que cuando se vayan a instalar, la conexión de tierra se logre antes que las conexiones de las fases. Aparte de esto, deberán tener todos los accesorios necesarios de tal forma que éstas no puedan ser agregadas o removidas del ducto barra, cuando el mecanismo de interrupción esté en la posición de “conectado”. Tampoco la cubierta frontal podrá ser abierta en dicha posición.

La palanca de operación deberá tener un accesorio de bloqueo, de tal forma ésta pueda ser bloqueada en la posición de desconectado. Además, esta palanca podrá ser operada desde el suelo por medio de una vara o una cadena.

Las unidades enchufables deberán estar equipadas con un indicador rojo/verde, el cual pueda ser visible desde una distancia de aproximadamente 25 pies, para indicar la posición del mecanismo de interrupción (conectado/desconectado). De preferencia, estos indicadores deberán utilizar los símbolos internacionales para ambas posiciones “ON / I” = conectado, “OFF / O”=desconectado.

La capacidad interruptiva de estas unidades deberá ser lo suficientemente grande, según sea la corriente de falla del circuito que va a alimentar. El grado de protección será el mismo de las secciones rectas.

#### **3.4.6. Resistencia al fuego**

El sistema de ducto barra deberá soportar \_\_\_\_\_ horas de fuego en construcciones de tabla yeso, y \_\_\_\_\_ horas en construcciones de concreto puro o combinaciones block-concreto.



## **4. COMPARACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA ENTRE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL TUBERÍA/CABLE Y UNO DE DUCTO BARRA.**

Cuando se diseña un sistema de distribución, es importante tener las bases suficientes y conocer las ventajas de cada sistema para justificar la utilización de uno de ellos. Por tal razón el presente capítulo menciona las ventajas de un sistema de ducto barra y uno convencional tubería/cable. Se proporciona una guía para la evaluación económica de ambos para lo que se usa un programa de computadora.

### **4.1. Comparación técnica**

#### **4.1.1. Tiempo de instalación**

Un tramo cualquiera de ducto barra puede ser instalado o reubicado rápidamente, con lo cual se logra un menor tiempo para la alimentación de equipos. Con la práctica se ha podido determinar, debido a la simplicidad de instalación que ofrece el ducto barra, que la instalación de un tramo cualquiera toma aproximadamente una novena parte del tiempo que toma la instalación de un tramo con el sistema convencional tubería/cable, lo cual a la larga representa un ahorro en el costo de mano de obra.

#### **4.1.2. Resistencia mecánica**

El ducto barra se vale de modernos diseños y los mejores materiales para poder ofrecer una mayor resistencia mecánica y más capacidad para soportar altas corrientes de corto circuito que un sistema convencional tubería/cable.

#### **4.1.3. Eficiencia**

Debido a la disposición de las barras y a los materiales que componen el sistema en sí, el ducto barra es mucho más eficiente que un sistema convencional. Al decir que es más eficiente, nos referimos a que el mismo ofrece una menor caída de tensión en los tramos largos dando como resultado menores pérdidas de energía por transmisión.

#### **4.1.4. Pruebas de fábrica**

Al utilizar un sistema de ducto barra podemos estar seguros que el mismo pasó satisfactoriamente todas las pruebas de fábrica pertinentes según los requerimientos eléctricos y mecánicos de UL y NEMA relacionados con su construcción. Estos requerimientos se mencionan en el capítulo 3.

#### **4.1.5. Consideraciones de seguridad**

Todo los sistemas y equipos eléctricos además de ser eficientes deben ofrecer seguridad. Los sistemas de ducto barra ofrecen varias consideraciones de seguridad tanto para el personal como para su adecuado funcionamiento. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Conductores completamente encajados
- Identificación de las fases a todo lo largo
- Juntas debidamente aisladas
- Una carcasa conductora para la adecuada conexión a tierra
- Unidades enchufables polarizadas que garantizan la correcta conexión de las fases
- Conexión automática a tierra de los accesorios, principalmente de las unidades enchufables
- Enclavamientos para que las unidades enchufables sean removidas únicamente cuando se encuentran desenergizadas y otras más.

#### **4.1.6. Contactos eléctricos**

El ducto barra garantiza buenos contactos eléctricos en cualquier punto de su recorrido debido a que sus juntas o uniones tienen una indicación del par necesario para lograr tal objetivo. Esta característica es de vital importancia principalmente en las derivaciones ya que un inadecuado contacto eléctrico puede repercutir en el buen funcionamiento del sistema en general.

La principal ventaja sobre un sistema convencional es que los contactos eléctricos del ducto barra pueden ser revisados fácilmente sin disturbar el funcionamiento de las secciones adyacentes. Lo mismo se puede decir de las unidades enchufables, las cuales siempre se mantienen firmemente sujetas mecánica y eléctricamente a las barras principales.

En un sistema tubería/cable cada vez que se hace un empalme o derivación desde el tendido principal, se está debilitando el aislamiento de los cables y la revisión de los mismos, toma un tiempo considerable; además, requiere de la desenergización total del sistema.

#### **4.1.7. Tamaño compacto**

Debido a su tamaño compacto y a su poco peso, el ducto barra reduce los costos de transporte, y facilita su almacenamiento y manejo al momento de la instalación. Por otro lado su tamaño compacto es particularmente apreciado en las instalaciones verticales de altos edificios donde el espacio físico disponible en los ductos eléctricos es limitado y caro.

#### **4.1.8. El ducto barra es reusable**

Por la versatilidad que ofrece el ducto barra, sus secciones y accesorios son fácilmente removibles y reusablees. Se pueden reubicar o prolongar tramos en un corto tiempo sin que éstos sufran daños y sin disturbar las secciones adyacentes.

#### **4.1.9. Características predecibles**

Otra de las ventajas de un sistema de ducto barra sobre un sistema convencional son sus características predecibles. Debido a que el ducto barra es normalizado, sus características como resistencia mecánica, capacidad de corto circuito, peso, sección transversal, y caída de tensión, pueden ser conocidas anticipadamente, por lo que puede ser escogido para que satisfaga las necesidades de un trabajo en particular antes de ser instalado. Esta información es fácilmente obtenida de las publicaciones de los fabricantes de ducto barra.

#### **4.1.10. Montaje y puesta en marcha**

Una de las pocas desventajas de un sistema de ducto barra sobre uno convencional es que el personal que hace el montaje y la puesta en marcha, debe tener una mejor capacitación técnica y un previo conocimiento de las normas que regulan el uso y la instalación del ducto barra. De no ser así, el sistema será poco confiable y su rentabilidad no será la esperada.

### **4.2. Comparación económica**

La evaluación económica de las opciones para la implementación de un determinado sistema de distribución no deja de ser importante en la etapa de diseño debido a que un sistema de distribución puede ser técnicamente funcional pero su costo sobrepasa el presupuesto para dicho renglón. Un balance entre ambas consideraciones es lo más aconsejable.

La evaluación económica, como se mencionó anteriormente, es de vital importancia pero esta labor se vuelve tediosa y complicada, además no siempre se tienen en mente todos los factores que intervienen en la adquisición e instalación de ambos sistemas. También deben tomarse en cuenta las regulaciones vigentes para la implementación de una u otra opción según los códigos eléctricos locales e internacionales.

### **4.3. Comparación técnico económica por medio de software.**

Ciertas marcas comerciales, han sacado al mercado un programa de computadora para la evaluación técnica y económica, de forma rápida y acertada, la implementación de un sistema de distribución de ducto barra y de un sistema convencional tubería/cable. Este usa las regulaciones vigentes para la instalación de los mismos, y los datos ingresados por el operador.

Al final este programa presenta un reporte completo donde se incluyen los listados de materiales de ambos sistemas, los costos de materiales y mano de obra y las características de cada uno tales como: el peso total, el peso por pie, la caída de tensión, el área o sección transversal de las secciones rectas, y el área que toman las vueltas a 90 grados.

Debe tomarse en cuenta que esta comparación está hecha para tramos rectos sin derivaciones ni accesorios adicionales, por lo que en tal caso, las derivaciones y los accesorios adicionales deben ser calculados por separado.

A continuación se muestran las impresiones de pantalla para el ingreso de datos, y los reportes finales comparativos del programa. Para este caso en particular se ingresarán los datos de un sistema de distribución típico en nuestro medio enfocado específicamente a un tramo de alimentación entre el tablero de distribución y una área de cargas concentradas.

En las impresiones de pantalla para el ingreso de datos, podrán verse marcados los datos que originalmente fueron introducidos, por ejemplo podrá verse que es un sistema trifásico de 5 hilos, con una tensión de operación de 120/208V, 2500A, un factor de potencia de 0.85, y una longitud total de 225 pies.

Por razones de ejemplificación, se comparará una vez con ducto barra de cobre y otra con ducto barra de aluminio de tal forma que se pueda observar la diferencia de sección, peso y precio entre ambos, en el reporte final.

Vale la pena mencionar que en todas las pantallas aparecerán los datos en inglés y las dimensiones en pies debido a que es un programa diseñado para el mercado estadounidense. También es importante tomar en cuenta que los precios del cable, la tubería, el ducto barra, y la mano de obra (calificada), deben ser calculados según los precios locales actuales.

4.3.1. Impresión de las pantallas para el ingreso de los datos de los sistemas a comparar.

File	<b>Job</b>	Reports	Computer
System Parameters			
Ampacity:	[	2500]	
Voltage:	(•)	120/208	
	( )	120/240	
	( )	240	
	( )	480	
	( )	277/480	
	( )	377/600	
200% Neutral:	<	>	
Run Layout:	(•)	Horizontal	
	( )	Vertical	
Run Length (ft):	[	225]	
Number of Bends:	[	4]	
Power Factor (%):	[	85.00]	
<b>Cancel</b>		Update	OK

Fig. 4.1- Parámetros del sistema

File	Job	Reports	Computer	Estimatic
Conduit Parameters				
Conduit <input checked="" type="checkbox"/> Galvanized Rigid		Ground Wire Size:		
Type:	<input type="checkbox"/> EMT	<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> 1/0	
	<input type="checkbox"/> Rigid Plastic	<input type="checkbox"/> 14 AWG	<input type="checkbox"/> 2/0	
	<input type="checkbox"/> IMC	<input type="checkbox"/> 12 AWG	<input type="checkbox"/> 3/0	
Const	<input type="checkbox"/> Free Air	<input type="checkbox"/> 10 AWG	<input type="checkbox"/> 4/0	
Type:	<input checked="" type="checkbox"/> Exposed on Concrete	<input type="checkbox"/> 8 AWG	<input type="checkbox"/> 250kcmil	
	<input type="checkbox"/> Exposed on Wood	<input type="checkbox"/> 6 AWG	<input type="checkbox"/> 300kcmil	
	<input type="checkbox"/> Exposed on Steel	<input type="checkbox"/> 4 AWG	<input type="checkbox"/> 350kcmil	
		<input type="checkbox"/> 2 AWG	<input type="checkbox"/> 400kcmil	
Spacing:	[1.00] inches	<input type="checkbox"/> 1 AWG	<input checked="" type="checkbox"/> 500kcmil	
			<input type="checkbox"/> 600kcmil	
			<input type="checkbox"/> 750kcmil	
#/Pull Boxes:	[ 8]			
Pull Box Options:	< > Weatherproof			
Pull Box Size:	<input checked="" type="checkbox"/> 12x12x4 inches			
	<input type="checkbox"/> 24x24x8 inches			
	<input type="checkbox"/> 48x48x12 inches			
Cancel		Update		OK

Fig. 4.2 - Parámetros de la tubería

File	Job	Reports	Computer
Conduit Hanger Parameters			
Hanger Type:		Hanger Length:	Channel Length:
<input type="checkbox"/>	Rod	<input type="checkbox"/> 0"	<input type="checkbox"/> 12"
<input type="checkbox"/>	Surface	<input type="checkbox"/> 6"	<input checked="" type="checkbox"/> 18"
<input checked="" type="checkbox"/>	Trapeze	<input type="checkbox"/> 12"	<input type="checkbox"/> 24"
		<input type="checkbox"/> 18"	<input type="checkbox"/> 30"
		<input checked="" type="checkbox"/> 24"	<input type="checkbox"/> 36"
		<input type="checkbox"/> 30"	<input type="checkbox"/> 48"
		<input type="checkbox"/> 36"	<input type="checkbox"/> 60"
		<input type="checkbox"/> 48"	<input type="checkbox"/> 72"
Hanger <input checked="" type="checkbox"/> Exposed on concrete			
Const <input type="checkbox"/> Exposed on wood			
Type: <input type="checkbox"/> Exposed on steel			
Number of Hangers: [ 30 ]			
Cancel		Update	
OK			

4.3 - Parámetros de los soportes de la tubería

File	Job	Reports	Computer	Estimati
Cable Parameters				
Cable Material:	<input checked="" type="radio"/> Copper	#/Runs: [ 7 ]		
	<input type="radio"/> Aluminum			
Cable Size:	<input type="radio"/> 3/0	Conduit Size:	<input type="radio"/> 0.5"	
	<input type="radio"/> 4/0		<input type="radio"/> 0.75"	
	<input type="radio"/> 250kcmil		<input type="radio"/> 1.0"	
	<input type="radio"/> 300kcmil		<input type="radio"/> 1.25"	
	<input type="radio"/> 350kcmil		<input type="radio"/> 1.5"	
	<input type="radio"/> 400kcmil		<input type="radio"/> 2.0"	
	<input checked="" type="radio"/> 500kcmil		<input type="radio"/> 2.5"	
	<input type="radio"/> 600kcmil		<input type="radio"/> 3.0"	
	<input type="radio"/> 750kcmil		<input checked="" type="radio"/> 3.5"	
			<input type="radio"/> 4.0"	
			<input type="radio"/> 5.0"	
Insul Type:	<input type="radio"/> XHHW	Conduit Price:	[\$ 4.00]	
	<input type="radio"/> THWN	Cable Price:	[\$ 4.25]	
	<input checked="" type="radio"/> THHN			
Cancel		Update		OK

Fig. 4.4 - Parámetros del cable

File	<b>Job</b>	Reports	Computer
Sentron Busway Parameters			
Busway Material:		<input checked="" type="checkbox"/>	Copper
		<input type="checkbox"/>	Aluminum
Hanger Rod		<input type="checkbox"/>	6" Rod
Length:		<input type="checkbox"/>	12" Rod
		<input type="checkbox"/>	18" Rod
		<input checked="" type="checkbox"/>	24" Rod
		<input type="checkbox"/>	30" Rod
		<input type="checkbox"/>	36" Rod
		<input type="checkbox"/>	42" Rod
		<input type="checkbox"/>	48" Rod
Busway Options:		< >	Weatherproof
		< >	200% Neutral
Busway Price:		[\$ 175.00]	
<input type="button" value="Cancel"/>		<input type="button" value="Update"/>	<input type="button" value="OK"/>

Fig. 4.5 - Parámetros del ducto barra

File **Job** Reports Computer

Cost Parameters

Labor Rate (\$/hour):	[ 10.00]
Conduit Material:	[110.00]
Conduit Labor:	[110.00]
Sentron Busway Material:	[105.00]
Sentron Busway Labor:	[110.00]

**Cancel** Update OK

Fig. 4.6 - Ajuste de costos de materiales y mano de obra en porcentajes

Computer	Estimatic			Quit
Job Name: TESTSCU job				
Cable/Conduit	Material	Labor	Hours	
Conduit:	\$ 6930.00	\$ 1880.65	188.06	
Ground Wire:	\$ 7854.00	\$ 1058.71	105.87	
Wire:	\$ 31416.00	\$ 3561.11	356.11	
Elbow:	\$ 1158.87	\$ 770.00	77.00	
Conduit Terminal:	\$ 407.35	\$ 328.02	32.80	
Wire Terminal:	\$ 414.11	\$ 357.28	35.73	
Hanger:	\$ 219.27	\$ 181.50	18.15	
Pull Box:	\$ 80.96	\$ 130.24	13.02	
Totals[\$ 56747.48]:	\$ 48479.97	\$ 8267.51	826.75	
Sentron Busway	Material	Labor	Hours	
Busway:	\$ 41343.75	\$ 876.15	87.62	
Elbow:	\$ 1379.25	\$ 62.48	6.25	
Terminal:	\$ 1179.27	\$ 31.24	3.12	
Hanger:	\$ 101.35	\$ 129.23	12.92	
Totals[\$ 45102.73]:	\$ 44003.63	\$ 1099.10	109.91	

Fig. 4.7 - Costos totales tabulados



## Sentron Busway vs. Cable/Conduit Comparison

-----  
Job Information

Job EJEMPLO TESIS COBRE

Date marzo de 1997

Address

Architect

Electrical Engineer VICTOR GARCIA PENAGOS  
3607080

Owner

Electrical Contractor

Project Engineer

Estimator

Bid Date and Time

Bid To

-----  
Electrical System Parameters

Ampacity	2500 amps
Voltage	120/208
Power Factor	85.00
Run Layout	Horizontal

-----  
Principal Comparison Information

Item	Cable/Conduit	Sentron Busway
Voltage Drop	7.37	5.25
Total System Weight	25117.9	8550.0
Cross-sectional Area	171.0	55.7
Total Installed Cost	\$ 56747.48	\$ 45102.73

ob: EJEMPLO TESIS COBRE

Page 1

\*\*\*\*\*  
 \* Cable/Conduit Bill of Materials \*  
 \*\*\*\*\*

tem	Quantity	Matl Cost	Labr Hr
Conduit, Galv. Rigid, 3.5"	7 runs x 225	\$ 6930.00	188.1
Roundwire, 500kcmil, Copper, THHN	1w x 7 runs x 240	\$ 7854.00	105.9
Wire, Copper, THHN, 500kcmil	4w x 7 runs x 240	\$ 31416.00	356.1
Elbow, 3.5"	28	\$ 1158.87	77.0
Conduit Terminal, Bonding bushing	14	\$ 407.35	32.8
Wire Terminal, Lug, 500kcmil	56	\$ 414.11	35.7
Hanger, Trapeze, 24"	30	\$ 219.27	18.1
Pull Box, 12 x 12 x 4	8	\$ 80.36	13.0
<b>total</b>		<b>\$ 48479.97</b>	<b>826.8</b>

based on information provided by Estimatic Corporation.

\*\*\*\*\*  
 \* Sentron Busway Bill of Materials \*  
 \*\*\*\*\*

tem	Quantity	Matl Cost	Labr Hr
Busway, Copper - SX425C10F	225	\$ 41343.75	87.6
Busway Elbow - SX425C10EL	4	\$ 1379.25	6.2
Busway Terminal - SX425C10ET	2	\$ 1179.27	3.1
Busway Hanger, 24" Rod - SXTH2	33	\$ 101.35	12.9
<b>total</b>		<b>\$ 44003.63</b>	<b>109.9</b>

based on information provided by Siemens Corporation.



ob: EJEMPLO TESIS COBRE

Page 2

\*\*\*\*\*  
 \* Cost Comparison \*  
 \*\*\*\*\*

	Cable/Conduit -----	Sentron Busway -----
Material Cost	\$ 48479.97	\$ 44003.63
Labor Cost	\$ 8267.51	\$ 1099.10
Total	----- \$ 56747.48	----- \$ 45102.73

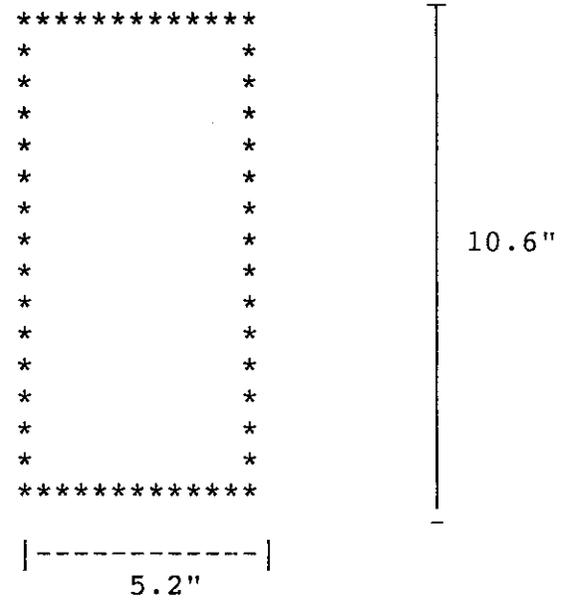
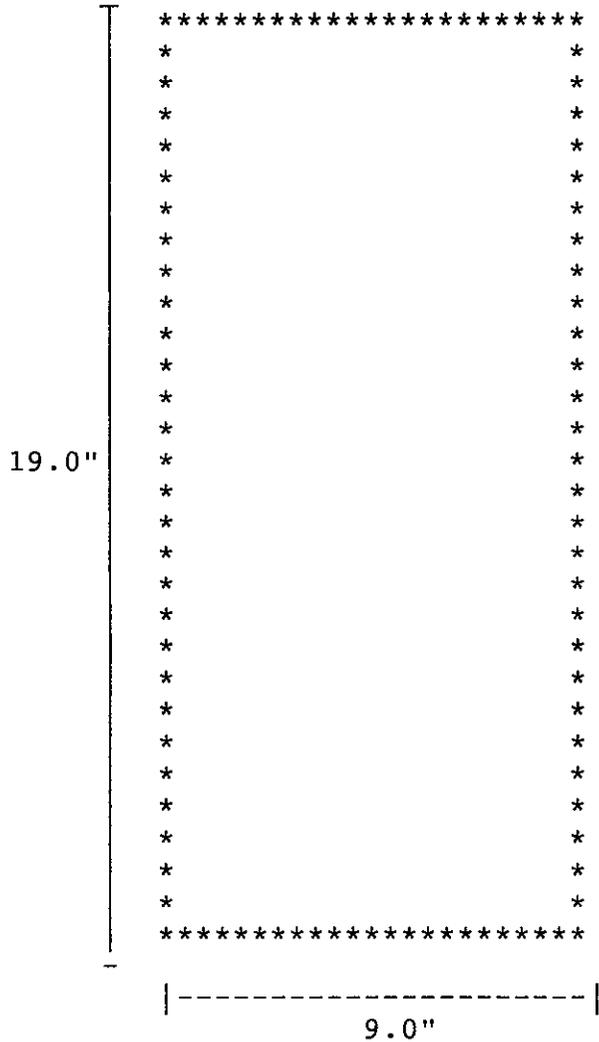
\*\*\*\*\*  
 \* Other Comparisons \*  
 \*\*\*\*\*

	Cable/Conduit -----	Sentron Busway -----
Voltage Drop (volts)	7.37	5.25
Weight (lb.)	25117.89	8550.00
Weight (lb/ft.)	111.64	38.00
Cross-sectional area (sq. in.)	171.00	55.65
Elbow area (sq. in.)	484.00	324.00

\*\*\*\*\*  
\* Cross-section Comparison \*  
\*\*\*\*\*

Cable/conduit

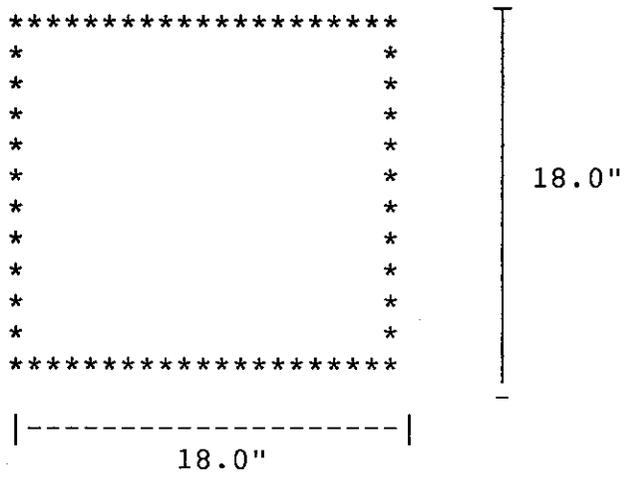
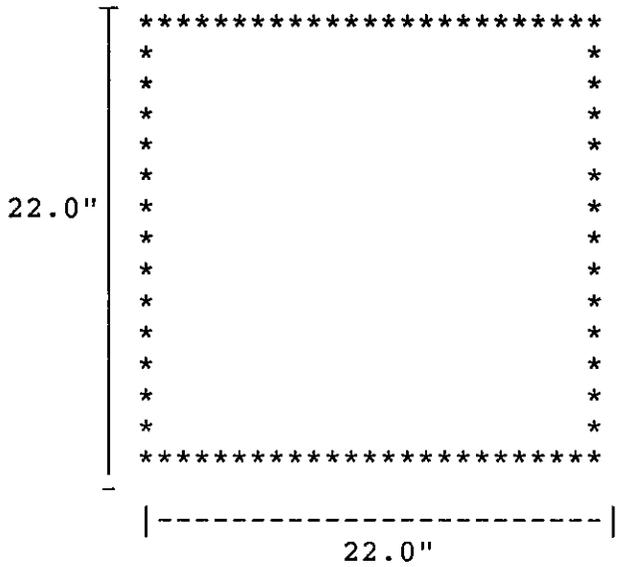
Sentron Busway



\*\*\*\*\*  
\* Elbow Space Comparison \*  
\*\*\*\*\*

Cable/conduit

Sentron Busway



**4.3.3. IMPRESIÓN DEL REPORTE FINAL CON DUCTO  
BARRA DE ALUMINIO**

## Sentron Busway vs. Cable/Conduit Comparison

### Job Information

Job EJEMPLO TESIS ALUMINIO

Date MARZO DE 1997

Address

Architect

Electrical Engineer VICTOR GARCIA PENAGOS  
3607080

Owner

Electrical Contractor

Project Engineer

Estimator

Bid Date and Time

Bid To

### Electrical System Parameters

Ampacity	2500 amps
Voltage	120/208
Power Factor	85.00
Run Layout	Horizontal

### Principal Comparison Information

Item	Cable/Conduit	Sentron Busway
Voltage Drop	7.37	6.79
Total System Weight	25117.9	4275.0
Cross-sectional Area	171.0	69.8
Total Installed Cost	\$ 56747.48	\$ 31209.28

Job: EJEMPLO TESIS ALUMINIO

Page 1

\*\*\*\*\*  
 \* Cable/Conduit Bill of Materials \*  
 \*\*\*\*\*

Item		Quantity	Matl Cost	Labr Hr
Conduit, Galv. Rigid, 3.5"		7 runs x 225	\$ 6930.00	188.1
Groundwire, 500kcmil, Copper, THHN	1w x	7 runs x 240	\$ 7854.00	105.9
Wire, Copper, THHN, 500kcmil	4w x	7 runs x 240	\$ 31416.00	356.1
Elbow, 3.5"		28	\$ 1158.87	77.0
Conduit Terminal, Bonding bushing		14	\$ 407.35	32.8
Wire Terminal, Lug, 500kcmil		56	\$ 414.11	35.7
Hanger, Trapeze, 24"		30	\$ 219.27	18.1
Pull Box, 12 x 12 x 4		8	\$ 80.36	13.0
Total			\$ 48479.97	826.8

Based on information provided by Estimatic Corporation.

\*\*\*\*\*  
 \* Sentron Busway Bill of Materials \*  
 \*\*\*\*\*

Item		Quantity	Matl Cost	Labr Hr
Busway, Aluminum - SX425A10F		225	\$ 28350.00	39.6
Busway Elbow - SX425A10EL		4	\$ 1189.75	2.5
Busway Terminal - SX425A10ET		2	\$ 1017.25	1.4
Busway Hanger, 24" Rod - SXTH3		33	\$ 87.43	12.9
Total			\$ 30644.43	56.5

Based on information provided by Siemens Corporation.



Job: EJEMPLO TESIS ALUMINIO

Page 2

\*\*\*\*\*  
 \* Cost Comparison \*  
 \*\*\*\*\*

	Cable/Conduit -----	Sentron Busway -----
Material Cost	\$ 48479.97	\$ 30644.43
Labor Cost	\$ 8267.51	\$ 564.85
Total	----- \$ 56747.48	----- \$ 31209.28

\*\*\*\*\*  
 \* Other Comparisons \*  
 \*\*\*\*\*

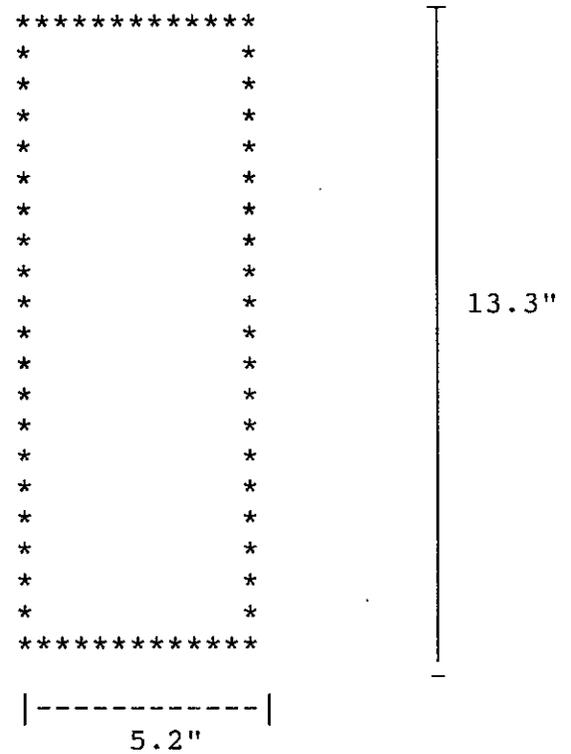
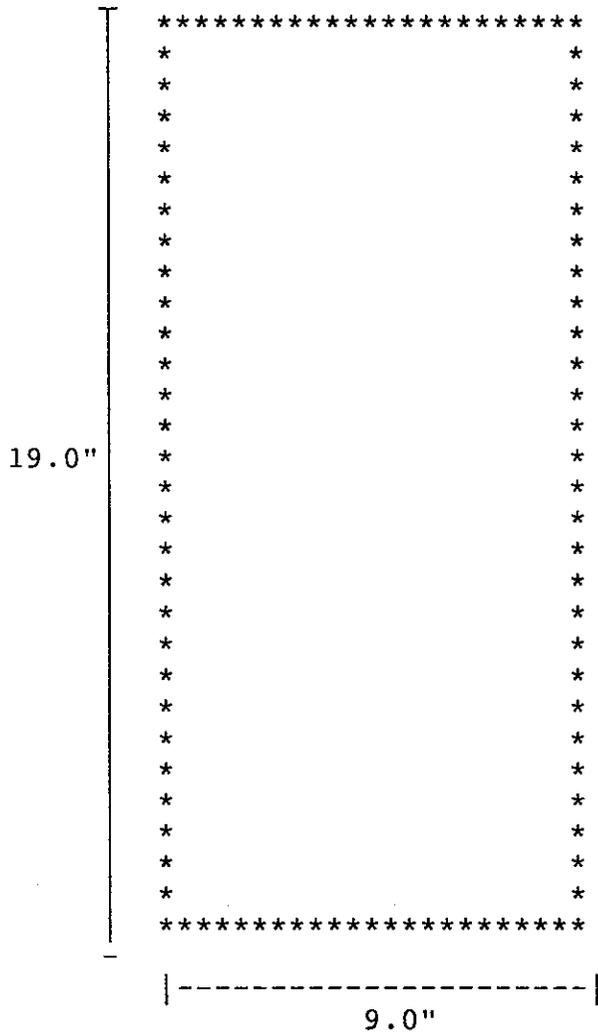
	Cable/Conduit -----	Sentron Busway -----
Voltage Drop (volts)	7.37	6.79
Weight (lb.)	25117.89	4275.00
Weight (lb/ft.)	111.64	19.00
Cross-sectional area (sq. in.)	171.00	69.83
Elbow area (sq. in.)	484.00	576.00



\*\*\*\*\*  
\* Cross-section Comparison \*  
\*\*\*\*\*

Cable/conduit

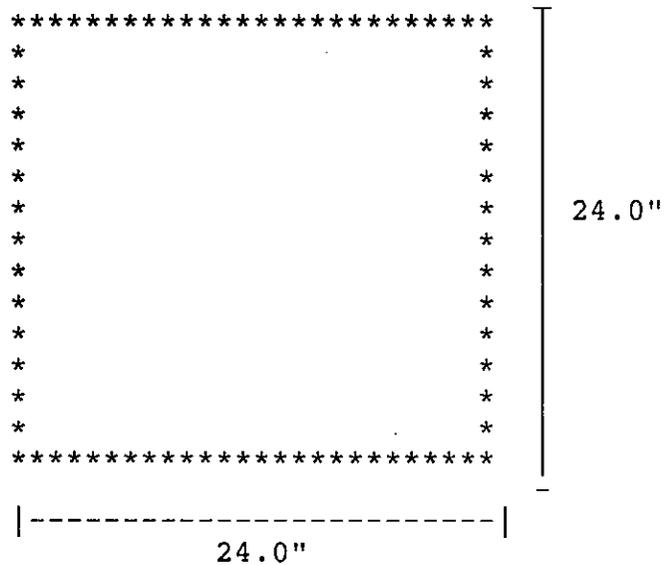
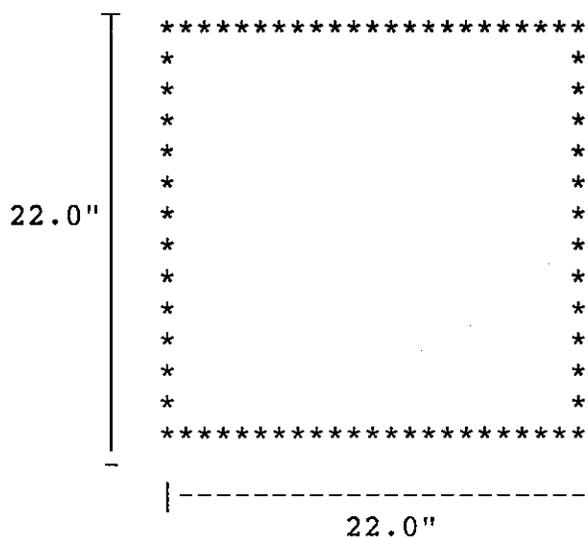
Sentron Busway



\*\*\*\*\*  
\* Elbow Space Comparison \*  
\*\*\*\*\*

Cable/conduit

Sentron Busway



## **5. CASO PRÁCTICO DE CÁLCULO, SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO**

En este capítulo será presentado un caso práctico como ejemplo de cálculo y selección del equipo, pero principalmente, se hará énfasis en el sistema de ducto barra, mencionando las ventajas y desventajas de cada opción que se presente a lo largo del mismo.

Las características del ejemplo fueron escogidas de tal forma que sea bastante útil y cuente con aplicaciones similares a la de los sistemas de distribución típicos donde se hace uso del ducto barra.

### **5.1. Descripción del proyecto**

Se aplicará en un edificio compuesto por dos torres de veinte niveles y tres sótanos cada una. Una de las torres será usada para alquiler de oficinas y comercios (Torre 1), mientras que la otra será utilizada por una sola compañía (Torre 2).

### **5.2. Ubicación de los principales equipos**

#### **5.2.1. Las subestaciones**

Cada una de las torres contará con una subestación unitaria y se ubicarán en el sótano 2 (nivel -2).

### 5.2.2. Las mediciones eléctricas

Para la torre 1, debido a que será utilizada para alquiler, deberá contar con una medición secundaria para cada usuario. En este caso serán instalados cuatro paneles múltiples de contadores, uno por cada cinco niveles y estos serán ubicados dentro del ducto eléctrico en los niveles 3, 8, 13 y 18.

Para los servicios generales de ésta torre, (iluminación de pasillos, bombeo de agua, elevadores, sonido etc.), es necesaria una medición y ésta será instalada en el tablero principal de la subestación.

La torre 2 tendrá únicamente una medición general primaria, debido a que la factura será cancelada por un solo consumidor. Ésta medición será ubicada en la subestación.

### 5.2.3. El ducto barra

En la torre 1, el ducto barra saldrá desde el tablero principal de la subestación 1, cruzará parte del sótano 2 hasta llegar al ducto eléctrico, y se elevará dentro del mismo hasta el nivel 18. Para este caso en particular, en la parte horizontal deberá instalarse una junta de expansión debido a que el ducto barra atravesará una junta de dilatación del edificio. (Ver página 25).

En la torre 2, el ducto barra saldrá desde el tablero principal de la subestación 2, recorrerá una parte del sótano 2 hasta llegar al ducto eléctrico, y se elevará dentro del mismo hasta el nivel 20.

### 5.3. Especificaciones de los equipos eléctricos de la torre 1

#### 5.3.1. La subestación

Las subestación será del tipo unitaria, y debido a que estará ubicada en un sótano, deberá ser apta para instalación en interiores, con los bobinados del transformador moldeados al vacío en resina colada, para que sea libre de mantenimiento, autoextinguible y tenga un nivel de ruido bajo. <sup>1</sup>

La subestación tendrá las siguientes características eléctricas:

Potencia:	1000 kVA.
Voltaje primario:	13,200 V.
Voltaje secundario:	120/208 V.
Conexión primaria:	delta
Conexión secundaria:	estrella aterrizada
BIL:	95 kV
Temperatura de operación:	40 grados centígrados.
Incremento de temperatura:	105 grados centígrados.
Impedancia:	5.75%

#### 5.3.2. Los paneles múltiples de contadores

Los paneles múltiples de contadores deberán ser de tipo modular y deberán tener un accesorio de entrada para poder ser acoplados directamente al ducto barra sin necesidad de usar cables. Por otro lado, deberán acomodarse al espacio físico disponible en el ducto eléctrico.

<sup>1</sup>Ver Instalaciones Eléctricas Siemens Atkiengeshealf cap 4 pag. 234

Las características eléctricas de los paneles múltiples de contadores son:

Fases:	3
Polos:	4
Voltaje:	120/208 V.
Capacidad de las barras:	1200 A.
Interruptor Principal:	800 A.
Numero de unidades:	30 monofásicas clase 125
Interruptores ramales:	2 polos 70 A.

### **5.3.3. El ducto barra**

En el capítulo 3 se mencionan las especificaciones típicas para un sistema de ducto barra. Para llegar a ellas, es necesario aplicar ciertos conceptos básicos y tener el criterio suficiente para la selección de los componentes, el tipo de material etc. A continuación se muestran las especificaciones del ducto barra y los criterios aplicados para cada caso.

#### **5.3.3.1. Tipo de ducto barra**

Debido a que ésta torre tendrá varias mediciones secundarias a lo largo de su recorrido, específicamente paneles de contadores, se debe utilizar el ducto barra tipo alimentador (Feeder) debido a que estará transportando energía no medida, y no se necesita salidas enchufables en ningún otro punto. Si es necesario, podría usarse una sección de ducto barra tipo limitado con su respectiva medición secundaria. Por otro lado, vale la pena mencionar que el ducto barra tipo alimentador es el más económico.

### 5.3.3.2. Configuración eléctrica

Como el voltaje secundario de la subestación es 120/208Y voltios, se debe utilizar una configuración de 3 fases, 4 polos, con el neutro al 100%, (debido a que la mayoría de la carga es monofásica). Por otro lado, se utilizará la carcasa como conductor de tierra, siempre y cuando ésta cumpla con los requerimientos mínimos para tal aplicación.

### 5.3.3.3. Grado de protección

Todo el tramo de ducto barra estará instalado en el interior del edificio, por lo que un grado de protección “IP 40”, es suficiente.

### 5.3.3.4. Las barras

Por razones de peso, pero principalmente, por economía, se usará un ducto con barras de aluminio. La capacidad de conducción de las mismas está en función del tamaño de la carga completa que dicho ducto va a alimentar, y fácilmente puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$I = kVA \times 1000 / 1.732 \times V.$$

Donde:

I es la corriente máxima que va a circular por las barras expresada en amperios.

kVA es el tamaño de la carga total a alimentar expresada en kilovoltamperios.

V es el voltaje entre líneas del sistema expresado en voltios.

1.732 es una constante equivalente a la raíz cuadrada de 3.

Para este caso en particular se tiene una carga trifásica de 800 kVA. en 208 voltios, por lo que la corriente será:

$$I = (800 \times 1000) / (1.732 \times 208)$$

$$I = 2220.64 \text{ Amperios.}$$

En ésta ocasión el valor de corriente no coincide con ninguna ampacidad comercial de ducto barra, por lo tanto, se debe escoger el valor inmediato superior (2500 A.) o inferior (2000 A.) según el factor de utilización de las cargas. En este caso se tomó el de 2500 A.

La capacidad interruptiva mínima del ducto barra está especificado según las normas NEMA.

#### 5.3.3.5. Las derivaciones para los páneces de medición

Las derivaciones o también conocidas como “TAP STACKS”, o “POWER TAKES OFF”, deberán tener la misma secuencia eléctrica que tienen las barras principales del ducto barra, y principalmente, la misma que tienen las barras del pánec de medición. Además, deberán tener la capacidad de conducción suficiente para alimentar la carga.

### 5.3.3.6. Especificaciones generales del ducto barra de la torre 1

El contratista del área de electricidad, deberá suministrar e instalar un sistema completo interconectado de ducto barra del tipo:

- Alimentador (  )
- Enchufable estándar (  )
- Enchufable vertical (  )
- Limitado (  ),

con una capacidad de conducción de 2500 amperios continuos, según los planos.

Deberá ser construido con una configuración eléctrica de 3 fases, 4 alambres, para un voltaje de 208Y/120 voltios.

Todo el trabajo deberá ser ejecutado de acuerdo con las regulaciones locales (si existen), y con las regulaciones internacionales, según NEC.

Las secciones rectas, los accesorios y los aparatos o dispositivos utilizados deberán tener la etiqueta UL (UNDERWRITER'S LABORATORIES). El ducto barra deberá ser marca SIEMENS.

El ducto barra consistirá de secciones ensambladas de fábrica, las cuales son rígidas en construcción y simétricas en apariencia. Los extremos de las secciones deben ser idénticos. Deberán suministrarse discos conductores ajustables en cada junta para conectar mecánica y eléctricamente secciones adyacentes. Las secciones rectas y las juntas deberán formar una estructura lo suficientemente rígida para ser soportada a cada 10 pies. La integridad de las juntas no deberá ser afectada por las deformaciones de la carcasa.

Los soportes de piso, cielo o pared deberán ser suministrados como es requerido. Las secciones de ducto barra de tipo alimentador, enchufable, enchufable de elevación o limitado, deberán ser intercambiables entre sí.

La carcasa deberá ser de aluminio extruido. Para ésta y todos sus componentes deberá usarse pintura anticorrosiva.

El ducto barra en conjunto, deberá ser certificado para un grado de protección específico:

- IP40 para interiores ( x )
- IP43 a prueba de agua rociada ( )
- IP54 a prueba de salpicadura ( )
- IP65 para exteriores ( )
- IP66 para exteriores severos ( )

La temperatura máxima de operación no deberá incrementarse más de 55 grados centígrados , sobre una temperatura ambiente de 40 grados centígrados en cualquier posición, a su corriente nominal y grado de protección considerado.

Las juntas eléctricas deberán estar provistas de una junta simple atornillable con tornillos de doble cabeza para proveer una indicación visual, fácilmente detectable, de que un par adecuado ha sido aplicado a cada una de ellas.

Las juntas deberán ser provistas de cubiertas de inspección para permitir inspecciones periódicas, sin disturbar la presión de las mismas o reducir la habilidad del ducto barra de ser soportado a cada 10 pies.

El diseño de las juntas permitirá la adición de accesorios para derivaciones de los paneles múltiples de contadores en cada una de ellas, sin tener que reemplazar ninguna de las secciones rectas. Por otro lado, éstas deberán permitir la remoción de las secciones rectas desde cualquier lado sin disturbar las secciones adyacentes.

Con el propósito de distribuir uniformemente la presión en las juntas, deberán usarse arandelas.

El diseño de las juntas permitirá un ajuste en cada una de por lo menos 0.625 pulgadas de tal forma que las variaciones de longitud puedan ser compensadas.

Las barras conductoras deberán ser fabricadas de:

- Aluminio (  )
- Cobre (  ),

y deberán ser capaces de soportar la fuerza de una corriente de falla de 200 kA. de 3 ciclos de duración.

Las barras deberán estar aisladas con un material que soporte 130 grados C:

- Epoxy (  )
- Papel Mylar (  )
- PVC (  ),

excepto en las juntas y en los puntos de conexión de las unidades enchufables.

El espacio entre cada una de las barras deberá mantenerse al mínimo para reducir la reactancia y en cada sección deberán ser incluidas provisiones para acomodar la expansión diferencial entre las barras adyacentes, o entre las barras y la carcasa. **Como circuito conductor de tierra se usará la carcasa de aluminio.**

El sistema de ducto barra deberá soportar 2 horas de fuego en construcciones de tabla yeso y, 3 horas en construcciones de concreto puro o combinaciones block-concreto.

El ducto barra deberá tener un peso máximo de 20 lb/pie, y una sección no mayor que 70 pulgadas cuadradas.

El ducto barra deberá ser alimentado directamente de las barras de baja tensión de la subestación, por lo que se hace necesario el uso del accesorio llamado conector para tablero. (Ver páag. 40).

## 5.4. Especificaciones de los equipos eléctricos de la torre 2

### 5.4.1. La subestación

La subestación será del tipo unitaria, y debido a que estará ubicada en el sótano, deberá ser apta para instalación en interiores, con sus bobinados moldeados al vacío en resina colada, para que sea libre de mantenimiento, autoextinguible y tenga un nivel de ruido bajo.<sup>2</sup>

La subestación tendrá las siguientes características eléctricas:

Potencia:	1200 kVA.
Voltaje primario:	13,200 V.
Voltaje secundario:	120/208Y V.
Conexión primaria:	Delta.
Conexión secundaria:	Estrella aterrizada.
BIL:	95 kV.
Temperatura de operación:	40 grados centígrados.
Incremento de temperatura:	105 grados centígrados.

---

<sup>2</sup>Ver Instalaciones Eléctricas Siemens Atkiengeshealf cap 4 pag. 234



## **5.4.2. El ducto barra**

### **5.4.2.1. Tipo de ducto barra**

Debido a que esta torre tendrá únicamente una medición principal ubicada en la subestación 2, específicamente una medición secundaria, se debe utilizar el ducto barra tipo enchufable (Plug in) debido a que estará transportando energía ya medida, y se necesitan salidas enchufables a lo largo de su recorrido para alimentar cada uno de los niveles. Si el ducto barra va a ser instalado cerca de una de las paredes laterales, podría eliminarse las salidas de uno de los lados, por lo que en este caso es conveniente utilizar el ducto barra tipo Riser y así reducir el costo del tramo vertical.

### **5.4.2.2. Configuración eléctrica**

Como el voltaje secundario de la subestación es 120/208Y voltios, se debe utilizar una configuración de 3 fases, 4 polos, con el neutro al 100%, (debido a que la mayoría de la carga es monofásica). Por otro lado, se utilizará la carcasa como conductor de tierra, siempre y cuando cumpla con los requerimientos mínimos para tal aplicación.

### **5.4.2.3. Grado de protección**

Todo el tramo de ducto barra estará instalado en el interior del edificio, por lo que un grado de protección "IP 40", es suficiente.

#### 5.4.2.4. Las barras

Por razones de peso, pero principalmente, por economía, se utilizará un ducto con barras de aluminio. La capacidad de conducción de las mismas está en función del tamaño de la carga completa que dicho ducto va a alimentar, y fácilmente puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$I = kVA \times 1000 / 1.732 \times V.$$

Donde:

I es la corriente máxima que va a circular por las barras expresada en amperios.

kVA es el tamaño de la carga total a alimentar expresada en kilovoltamperios.

V es el voltaje entre líneas del sistema expresado en voltios.

1.732 es una constante equivalente a la raíz cuadrada de 3.

Para este caso en particular se tiene que la carga trifásica de 1200 kVA. en 208 voltios, por lo que la corriente será:

$$I = 1200 \times 1000 / 1.732 \times 208$$

$$I = 3330.96 \text{ amperios.}$$

En ésta ocasión el valor de corriente no coincide con ninguna ampacidad comercial de ducto barra, pero por el factor de utilización de la carga se usará el inmediato inferior (3000 A).

La capacidad interruptiva mínima del ducto barra está especificado según las normas NEMA.

#### 5.4.2.5 Las derivaciones para los tableros de distribución

Debido a que no habrán mediciones en los niveles, las derivaciones para alimentar los tableros de distribución, serán hechas por medio de unidades enchufables o también conocidas como “PLUG IN UNITS”; Estas unidades enchufables serán del tipo interruptor termomagnético.

En este caso se tienen que utilizar cables para alimentar los tableros de distribución, pero se pudo haber utilizado derivaciones directas. Las unidades enchufables deberán tener la capacidad suficiente para alimentar y proteger la carga.

#### 5.4.2.6. Especificaciones generales del ducto barra de la torre 2

El contratista del área de electricidad, deberá suministrar e instalar un sistema completo interconectado de ducto barra del tipo:

- Alimentador ( )
- Enchufable estándar ( )
- Enchufable vertical ( **x** )
- Limitado ( ),

con una capacidad de conducción de 3000 amperios continuos, según los planos.

Deberá ser construido con una configuración eléctrica de 3 fases, 4 alambres, para un voltaje de 120/208 voltios.

Todo el trabajo deberá ser ejecutado de acuerdo con las regulaciones locales y con las regulaciones internacionales, según NEC.

Las secciones rectas, los accesorios y los aparatos o dispositivos utilizados deberán tener la etiqueta UL (UNDERWRITER'S LABORATORIES). El ducto barra deberá ser marca SIEMENS.

El ducto barra consistirá de secciones ensambladas de fábrica, las cuales son rígidas en construcción y simétricas en apariencia. Los extremos de las secciones deben ser idénticos. Deberán suministrarse discos conductores ajustables en cada junta para conectar mecánica y eléctricamente secciones adyacentes. Las secciones rectas y las juntas deberán formar una estructura lo suficientemente rígida para ser soportada a cada 10 pies. La integridad de las juntas no deberá ser afectada por las deformaciones de la carcasa. Los soportes de piso, cielo o pared deberán ser suministrados como es requerido.

El ducto barra tipo Riser o enchufable de elevación, deberá tener provisiones para enchufes a lo largo de cada sección, sobre el lado derecho y espaciadas uniformemente, de preferencia cada 2 pies. Las provisiones para enchufes deberán tener una cubierta plástica con accesorios para poder ser cerradas con llave. Además, éstas provisiones con la cubierta abierta, deberán cumplir con las normas de seguridad que protege los contactos accidentales con los dedos (Norma IP2X).

La carcasa deberá ser de aluminio extruido. Para ésta y todos sus componentes deberá usarse pintura anticorrosiva. El ducto barra en conjunto, deberá ser certificado para un grado de protección específico:

- IP40 para interiores ( x )
- IP43 a prueba de agua rociada ( )
- IP54 a prueba de salpicadura ( )
- IP65 para exteriores ( )
- IP66 para exteriores severos ( )

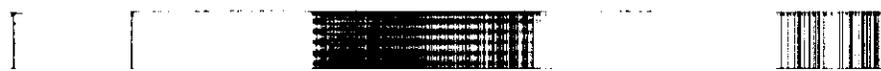
La temperatura máxima de operación no deberá incrementarse más de 55 grados centígrados sobre una temperatura ambiente de 40 grados centígrados en cualquier posición, a su corriente nominal y grado de protección considerado.

Las juntas eléctricas deberán estar provistas de una junta simple atornillable con tornillos de doble cabeza para proveer una indicación visual, fácilmente detectable, de que un par adecuado ha sido aplicado a cada una de ellas.

Las juntas deberán ser provistas de cubiertas de inspección para permitir inspecciones periódicas, sin disturbar la presión de las mismas o reducir la habilidad del ducto barra de ser soportado a cada 10 pies.

El diseño de las juntas permitirá la adición de accesorios para derivaciones en cada una de ellas, sin tener que reemplazar ninguna de las secciones rectas. Por otro lado, éstas deberán permitir la remoción de las secciones rectas desde cualquier lado sin disturbar las secciones adyacentes.

Con el propósito de distribuir uniformemente la presión en las juntas, deberán usarse arandelas.



El diseño de las juntas permitirá un ajuste en cada una de por lo menos 0.625 pulgadas de tal forma que las variaciones de longitud puedan ser compensadas.

Las barras conductoras deberán ser fabricadas de:

- Aluminio (  )
- Cobre (  ),

y deberán ser capaces de soportar la fuerza de una corriente de falla de 200 kA. de 3 ciclos de duración.

Las barras deberán estar aisladas con un material que soporte 130 grados centígrados.

- Epoxy (  )
- Papel Mylar (  )
- PVC (  ),

excepto en las juntas y en los puntos de conexión de las unidades enchufables. El espacio entre cada una de las barras deberá mantenerse al mínimo para reducir la reactancia y en cada sección deberán ser incluidas provisiones para acomodar la expansión diferencial entre las barras adyacentes, o entre las barras y la carcasa.

Las unidades enchufables deberán ser diseñadas de tal forma que cada una de las provisiones para enchufes puedan compensar la expansión normal del ducto barra.  
**La carcasa de aluminio servirá como el circuito conductor de tierra.**

Las unidades enchufables deberán ser del tipo:

- Interruptor Termomagnético ( x )
- Fusibles (    ),

del tamaño y la capacidad mostrada en los planos.

Como norma de seguridad, las unidades enchufables serán diseñadas, de tal forma que cuando se vayan a instalar, la conexión de tierra se logre antes que las conexiones de las fases. Aparte de esto, deberán tener todos los accesorios necesarios de tal forma que éstas no puedan ser agregadas o removidas del ducto barra, cuando el mecanismo de interrupción esté en la posición de “conectado”. La cubierta frontal tampoco podrá ser abierta en dicha posición.

La palanca de operación deberá tener un accesorio de bloqueo, de tal forma que ésta pueda ser bloqueada en la posición de desconectado. Además, ésta palanca podrá ser operada desde el suelo por medio de una vara o una cadena.

Las unidades enchufables deberán estar equipadas con un indicador rojo/verde, el cual pueda ser visible desde una distancia de aproximadamente 25 pies, para indicar la posición del mecanismo de interrupción (conectado/desconectado). Estos indicadores deberán utilizar los símbolos internacionales para ambas posiciones “ON / I” = conectado, “OFF / O”=desconectado.

La capacidad interruptiva de éstas unidades deberá ser lo suficientemente grande, según sea la corriente de falla del circuito que va a alimentar. El grado de protección será el mismo que el de las secciones rectas (IP40).

El ducto barra deberá tener un peso máximo de 25 lb/pie, y una sección no mayor que 80 pulgadas cuadradas.

El ducto barra deberá ser alimentado directamente de las barras de baja tensión de la subestación, por lo que se hace necesario el uso del accesorio llamado conector para tablero. (Ver pág. 40).

### 5.5. Los planos finales del ducto barra

Cuando se termina la etapa de diseño y especificación del sistema de ducto barra, se deben realizar los planos correspondientes, en los cuales, es necesario mostrar de una forma clara, el recorrido total que va a tener el ducto barra, desde el punto de alimentación (en este caso la subestación), hasta el punto final del mismo. Un dibujo isométrico acotado es suficiente para que el fabricante proceda a la fabricación.

Para realizar los planos finales del ducto barra es necesario contar con una planta, una elevación y un detalle del cuarto eléctrico. Estos planos se entienden acotados o a escala.

La planta es necesaria para determinar el recorrido horizontal del ducto barra (cuando tiene), desde que sale del punto de alimentación (generalmente un tablero de distribución), hasta que llega al ducto eléctrico del edificio para elevarse. Además, por medio de la planta se puede indicar el espesor de las paredes que el ducto barra atravesará (cuando lo hace).

Por medio de la elevación se determina el recorrido vertical del ducto barra, así como los principales accesorios y equipos que estarán dentro del cuarto eléctrico. Además, la elevación muestra las alturas de los pisos y el ancho de las lozas.

Cuando el ducto barra atraviesa lozas o paredes, es muy importante indicar en el plano final, el espesor de las mismas de tal forma que no quede ninguna junta dentro de ellas.

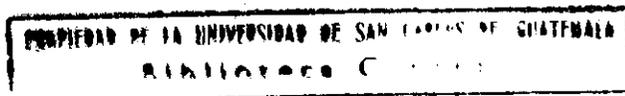
Un detalle del ducto eléctrico es importante para ubicar todos los componentes que estarán dentro de él.

El isométrico sirve para mostrar los detalles de los accesorios, el tipo de ducto barra y principalmente la dimensiones de cada una de las piezas del sistema. Las dimensiones del isométrico del ducto barra se indican de centro a centro y se expresan en pies. Cuando se tienen accesorios referidos desde el suelo, ésta dimensión se indica del suelo al centro de los mismos.

Otro detalle que se debe mostrar en el isométrico es la secuencia de las fases, la cual se indica por medio de una flecha negra. La punta indica la posición de la fase "A", mientras que la cola indica la posición del neutro. Los planos finales se muestran en las páginas 124 y 125.

#### **5.5.1. Los planos de fábrica**

Estos planos son elaborados por el fabricante y son los que sirven de referencia para construir el sistema de ducto barra. Además de la información original, muestran el número de clasificación de cada una de las piezas que componen el sistema, de manera que sea fácil su identificación cuando se vayan a ensamblar en la obra. Es aconsejable guardarlos en un lugar seguro para futuras consultas. En la página 126 se muestra un plano de fábrica.



## **5.6. El listado de piezas del sistema de ducto barra**

Después de terminar los planos finales del ducto barra, se hace el listado de componentes del sistema. Este listado sirve para cotizar el sistema debido a que el ducto barra se vende por pie lineal y además cada accesorio tiene un costo de mano de obra para su fabricación. El listado de piezas del ducto barra incluye los pies lineales y los accesorios.

### **5.6.1. Los pies lineales**

Para calcular los pies lineales de ducto barra a utilizar se deben tomar los planos y sumar tramo por tramo, incluyendo los tramos donde hay accesorios como codos, tes, juntas de expansión o cualquier otro que esté en el recorrido principal. Las dimensiones de los tramos deben considerarse de centro a centro siempre y cuando no sea una pieza final.

### **5.6.2. Los accesorios**

Después de calcular los pies lineales de ducto barra a utilizar, se procede a ubicar en los planos finales todos los accesorios que serán utilizados para el correcto funcionamiento del sistema. Cada accesorio tiene un precio asignado dependiendo del fabricante, pero regularmente se refiere al costo de mano de obra para su fabricación.

**5.6.3. Listado de piezas del sistema de ducto barra de la torre 1.**

- 372 Pies de ducto barra tipo Feeder con la tierra integrada a la carcasa.
- 01 Conexión para tablero
- 03 Codos verticales
- 03 Codos horizontales
- 01 Junta de Expansión
- 04 Derivadores para PMC, 400A.
- 01 Tapa final
- 19 Soportes de piso tipo resorte
- 30 Soportes de cielo tipo trapecio.

**5.6.4. Listado de piezas del sistema de ducto barra de la torre 2.**

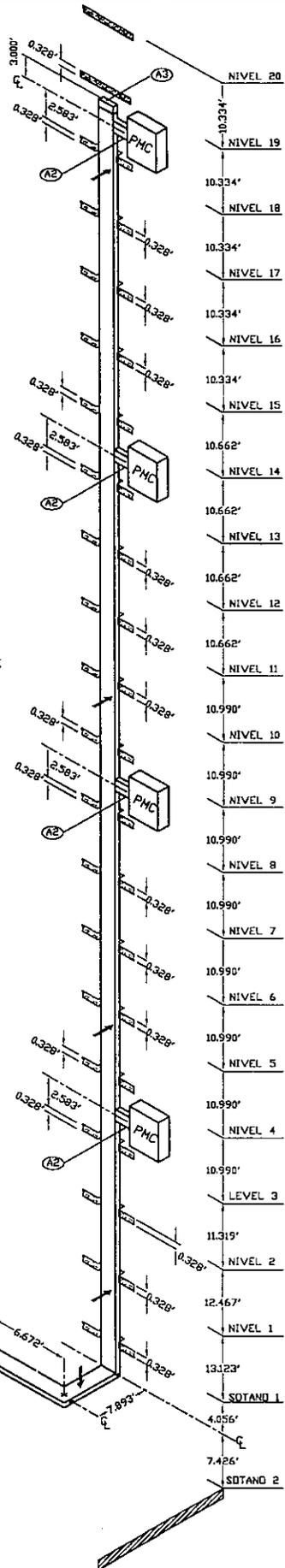
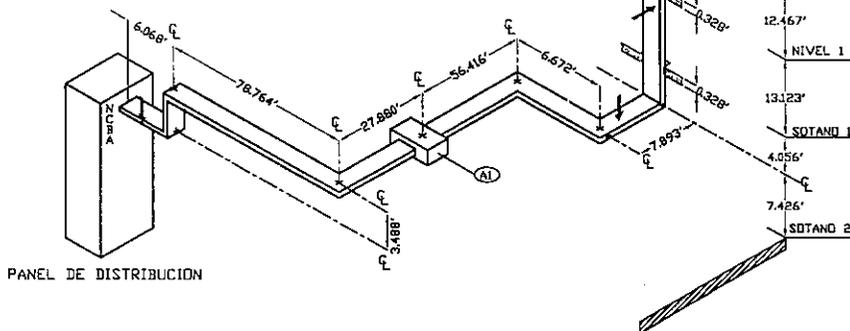
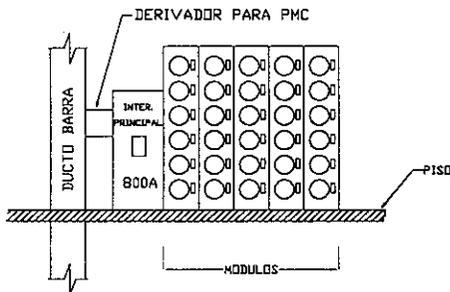
- 300 Pies de ducto barra tipo Riser con la tierra integrada a la carcasa.
- 01 Conexión para tablero
- 02 Codos verticales
- 02 Codos horizontales
- 18 Unidades enchufables para 400A.
- 02 Unidades enchufables para 600A.
- 01 Tapa final
- 23 Soportes de piso tipo resorte
- 08 Soportes de cielo tipo trapecio.

**SISTEMA DE DUCTO BARRA TORRE 1**  
 3F, 4 POLOS, 2500A, ALUMINIO,  
 TIPO FEEDER, NEUTRO AL 100%  
 TIERRA INTEGRADA A LA CARCASA

- A1 JUNTA DE EXPANSION
- A2 DERIVADOR PARA PMC, 3-, 4H, 400A
- A3 TAPA FINAL
- PMC PANEL MULTIPLE DE CONTADORES
- INDICA LA SECUENCIA DE FASES

NOTA:  
 -LAS DIMENSIONES SON DE PISO A PISO  
 -EL ANCHO DEL PISO ES 0.328'

**DETALLE TIPICO DE PANELES MULTIPLES DE CONTADORES**



ISOMETRICO FINAL  
 SIN ESCALA  
 DIMENSIONES EN PIES

SISTEMA DE DUCTO BARRA  
 TORRE 1

EJEMPLO TESIS

Datum	ENERO-97
Besrb.	Vidal Ramos
Gepr.	Victor Garcia
Datum Norm	Uspr. Ers.1. Ers.d.

Zustand / Änderung	
--------------------	--

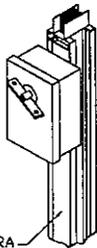
Reproducciones de este documento impreso a fines personales  
 si uno o mas de los datos de este documento se han modificado  
 la responsabilidad de los errores es de quien los ha modificado  
 todos los derechos de patentes, diseños y modelos.  
 se reservan todos los derechos reservados. Copyright Reservado

**SISTEMA DE DUCTO BARRA TORRE 2**  
 3F, 4 POLOS, 3000A, ALUMINIO,  
 TIPO RISER, NEUTRO AL 100%  
 TIERRA INTEGRADA A LA CARCASA

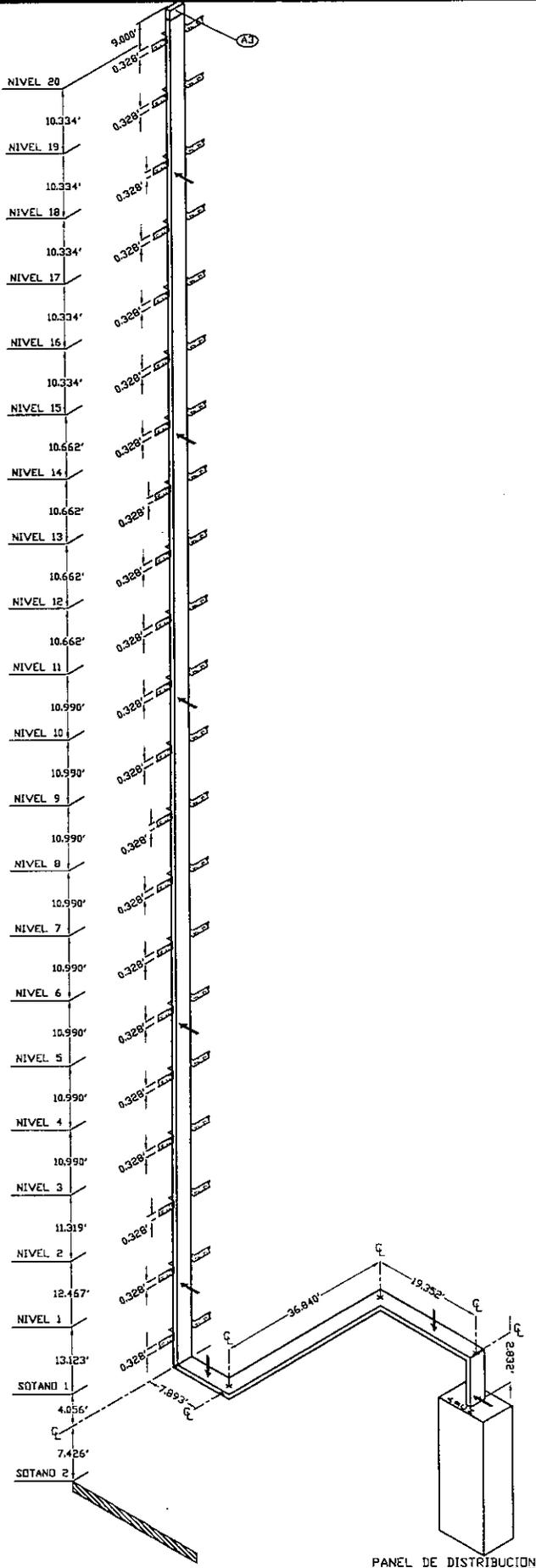
A1 JUNTA DE EXPANSION  
 A3 TAPA FINAL  
 PMC PANEL MULTIPLE DE CONTADORES  
 N  
C  
B  
A  
 INDICA LA SECUENCIA DE FASES

DETALLE TIPICO PARA LAS UNIDADES ENCHUFABLES DE CADA NIVEL

UNIDAD ENCHUFABLE PARA MONTAJE VERTICAL



NOTA:  
 -LAS PROVISIONES PARA LAS UNIDADES ENCHUFABLES ESTAN SITUADAS SOBRE EL LADO DERECHO DEL DUCTO BARRA.  
 -LAS DIMENSIONES SON DE PISO A PISO  
 -EL ANCHO DEL PISO ES 0.328'



ISOMETRICO FINAL		DIMENSIONES EN PIES	
SIN ESCALA			
SISTEMA DE DUCTO BARRA TORRE 2			
EJEMPLO TESIS			
Dotum	ENERO-97	Dotum	Norm
Bearb.	Vidal Ramos	Bearb.	Victor Garcia
Urspr.	Ers.f.7	Ers.d.	
Zustand	Änderung		

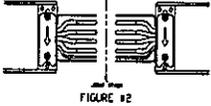
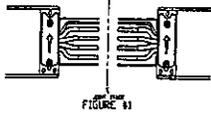
Reproducciones de este documento, incluso en forma de copias, sin el consentimiento escrito de la empresa que ha autorizado la reproducción de este documento, quedan expresamente prohibidas. Todos los derechos de patentes, marcas y modelos de esta obra quedan reservados.

NO.	REVISION	BY	CHK.	DATE	APP.
1	ADDED ITEM HG'S	JVA	JVA	1/23/97	

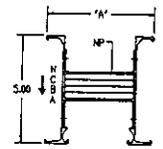
NOT FOR APPROVAL. THIS DRAWING IS FOR RECORD AND SHOWS THE EQUIPMENT AS IT WILL BE BUILT. ANY CHANGES AFTER THIS DATE MAY RESULT IN INCREASED COST AND DELAY IN SHIPMENT.

NOTE:  
 N.P. = NAMEPLATE SIDE OF DUCT.  
 ↑ DENOTES DIRECTION OF END SUPPORT ARROWS.  
 ○ INDICATES JOINT STACK LOCATION.  
 ■ DENOTES PLUS-IN SECTION.  
 ⊕ DENOTES RISER SECTION.  
 SWITCHBOARD MANUFACTURER TO SUPPLY MOUNTING HARDWARE TO SWITCHBOARD STUB.

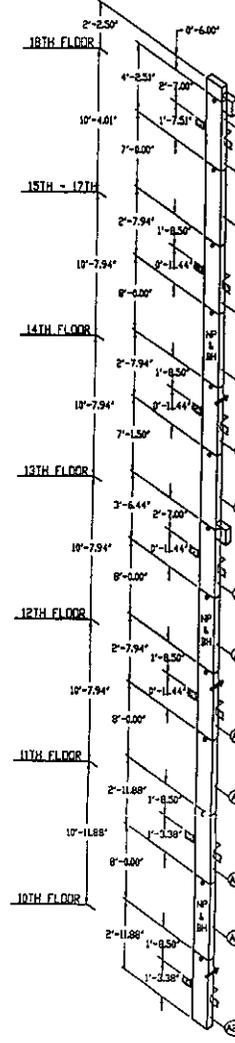
RECOMMENDED MAINTENANCE: INSPECT JOINTS PERIODICALLY, KEEP FREE OF FOREIGN MATTER. INITIAL JOINT TIGHTENING TORQUE IS 45 FT. LBS. CHECK TORQUE AFTER 6 MONTHS. TIGHTEN AS REQUIRED. RE-CHECK TORQUE AT LEAST ONCE PER YEAR THEREAFTER.



NOTE: SENTRON BUSWAY IS POLARIZED BY MEANS OF A SPECIAL END SUPPORT AND JOINT INSPECTION COVER. THE HOLES IN THE END SUPPORT AND INSPECTION COVER ARE OFFSET TO PREVENT INDIRECT ASSEMBLY. ARROWS ON ADJOINING END SUPPORTS SHOULD POINT IN THE SAME DIRECTION (SEE FIG. #1 AND #2).

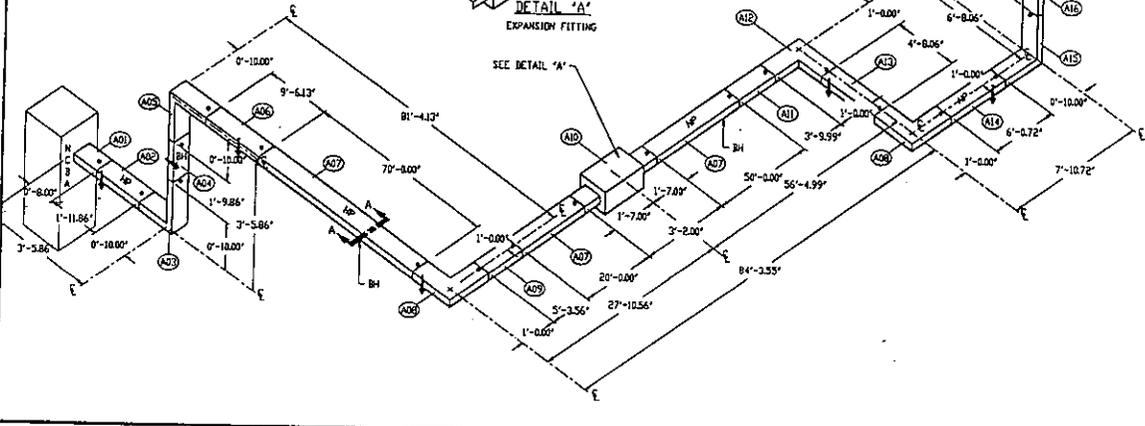
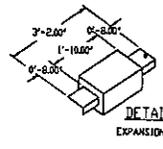


SETRON FEEDER BUSWAY	
SECTION VIEW	A - A
DESIGN	SK412A010F
SERVICE	3PH 4W VV HIG. GRD.
VOLTAGE	600V DR. LSS.
AMPERE RATING	3200 AMPS
PHASE BARS	(3) 0.25 x 4.38 AL. BAR
NEUTRAL BAR	(1) 0.25 x 4.38 AL. BAR
CIRCUIT	MDCE
1" DIVISION	6.583
FINISH	ASA #81
BUS BAR INSULATION	EG GRADE VULC. FLM (1307)
HOUSING	AL3000-2
CONDUCTOR FINISH	BN
IP RATING	IP49 (MOTOR)



- A01 1 SK412A010FEND - STD SV'RD STUB
- A02 1 SK412A010F024 - SPEC 1'-11.86" STR SECT
- A03 1 SK412A010ELED - STD EDGE DOWN ELBOW
- A04 1 SK412A010F022 - SPEC 1'-9.86" STR SECT
- A05 1 SK412A010EULU - STD EDGE UP ELBOW
- A06 1 SK412A010F114 - SPEC 9'-6.13" STR SECT
- A07 14 SK412A010F120 - STD 10'-00" STR SECT
- A08 2 SK412A010EFL - STD FLAT LEFT ELBOW
- A09 3 SK412A010F064 - SPEC 5'-3.56" STR SECT
- A10 1 SK412A010FPT - STD EXPANSION FITTING
- A11 1 SK412A010F046 - SPEC 3'-9.99" STR SECT
- A12 1 SK412A010ELJR - STD FLAT RIGHT ELBOW
- A13 1 SK412A010F056 - SPEC 4'-0.06" STR SECT
- A14 1 SK412A010F073 - SPEC 6'-0.72" STR SECT
- A15 1 SK412A010ELED - STD EDGE DOWN ELBOW NP & BH ON THE SAME SIDE
- A16 1 SK412A010F059 - SPEC 4'-11.17" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A17 1 SK412A010F120 - STD 10'-00" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A18 1 SK412A010F037 - SPEC 3'-1.48" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A19 1 SK412A010F08 - SPEC 9'-00" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A20 1 SK412A010F042 - SPEC 3'-5.60" STR SECT W/ TAP STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A21 10 SK412A010F096 - SPEC 8'-00" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A22 1 SK412A010F040 - SPEC 3'-3.83" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A23 7 SK412A010F036 - SPEC 2'-11.88" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A24 1 SK412A010F036 - SPEC 2'-11.88" STR SECT W/ TAP - 7TH STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A25 3 SK412A010F032 - SPEC 2'-7.94" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A26 1 SK412A010F032 - SPEC 2'-7.94" STR SECT W/ TAP STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A27 3 SK412A010F084 - SPEC 7'-00" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A28 2 SK412A010F040 - SPEC 3'-4.10" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A29 1 SK412A010F040 - SPEC 3'-4.10" STR SECT W/ TAP STACK & END CLOSURE & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A30 3 SK412A010F086 - SPEC 7'-1.50" STR SECT NP & BH ON THE SAME SIDE
- A31 1 SK412A010F053 - SPEC 4'-4.10" STR SECT W/ TAP STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A32 1 SK412A010F047 - SPEC 3'-10.38" STR SECT W/ TAP STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A33 1 SK412A010F043 - SPEC 3'-6.44" STR SECT W/ TAP STACK & NP & BH ON THE SAME SIDE
- A34 1 SK412A010F051 - SPEC 4'-2.60" STR SECT W/ TAP STACK & END CLOSURE & NP & BH ON THE SAME SIDE

SIEMENS GT/ PACIFICA PLAZA  
 31-02791  
 SENTRON BUSWAY  
 79-44309  
 Siemens Energy & Automation, Inc.  
 Electrical Apparatus Division  
 79-60-44309-1



## CONCLUSIONES

1. **La falta de información acerca del ducto barra es la causa principal para que muchas personas no lo utilicen en los sistemas de distribución.**
2. **En Guatemala, existen muchos proyectos para el comercio y la industria en los cuales es factible la utilización del ducto barra.**
3. **Para lograr proyectos de calidad y aprovechar todo el potencial del ducto barra, es necesario contar con un código de normas locales para el uso e instalación del mismo.**
4. **Un sistema de ducto barra es más económico y ofrece mejores ventajas técnicas que un sistema convencional tubería-cable.**
5. **El uso de un programa de computadora para la evaluación técnico-económica entre un sistema de ducto barra y uno convencional, hacen que ésta sea más práctica y confiable.**
6. **Un sistema de ducto barra debe ser diseñado, montado y puesto en marcha por personal calificado.**

## RECOMENDACIONES

1. **Darle más importancia al ducto barra cuando se diseñe un sistema de distribución nuevo o cuando se readece uno ya existente.**
2. **Considerar también el ducto barra en aplicaciones industriales.**
3. **Crear un código eléctrico para normalizar la instalación y uso del ducto barra en Guatemala.**
4. **Antes de inclinarse por un sistema u otro es conveniente realizar una evaluación técnico-económica entre los propuestos.**
5. **Es recomendable la familiarización completa con los requerimientos del Código Eléctrico Nacional para el uso e instalación del ducto barra, antes de intentar implementarlo en aplicaciones específicas.**

## BIBLIOGRAFÍA

1. COLEGIO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS, MECÁNICOS E INDUSTRIALES DE COSTA RICA. **Código Eléctrico de Costa Rica 1992.** Costa Rica 1991.
2. DONALD G. FINK/H.WAYNE BEATY. **Manual de ingeniería eléctrica.** Decimotercera edición, México. 1996.
3. NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION (NEMA). **Busway the modern way to power distribution.** USA. 1986.
4. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). **National Electrical Code 1987.** USA. 1986.
5. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). **National Electrical Code 1990.** USA. 1989.
6. PRINCIPALES FABRICANTES DE DUCTO BARRA, **Catálogos de Ducto Barra.**
7. SAY, M.G. **Electrical Engineer's Reference Book.** 13th edition, Newnes Butterworths, 1977.
8. SEIP, GUNTER G. **Instalaciones Eléctricas.** Segunda edición, Alemania. Siemens Aktiengesellschaft, Berlin y Munich . 1989.
9. SCHMELCHER, THEODOR. **Indicaciones para la selección de aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones de baja tensión.** Siemens Aktiengesellschaft, Berlin y Munich. 1989.
10. SIEMENS ENERGY AND AUTOMATION. **Busway Systems.** USA. 1995.

## APÉNDICE

No	NOMBRE	PÁGINA
A1.	Comparación de ductos barra de las principales marcas	131
A2.	Capacidades de conducción de conductores aislados	133
A3.	Máximo número de conductores concéntricos en tuberías con diámetros normalizados	134
A4.	Fórmulas varias	135
A5.	Tabla de conversión de pulgadas a milímetros	136
A6.	Tabla de conversión de milímetros a pulgadas	137
A7.	Descripción abreviada de los grados de protección	138

## A1. Comparación de ductos barra de las principales marcas

### Sentron™ Busway Competitive Comparisons

#### Weight (lbs. per foot)

##### Aluminum Plug-in Busway 3 wire with internal ground

Ampere Rating	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
400	5	5	8	9
600	5	5	9	9
800	6	6	11	10
1000	7	7	12	12
1200	9	8	13	13
1350	10	9	14	15
1600	11	10	16	17
2000	14	12	21	23
2500	18	17	24	29
3000	20	19	27	33
4000	26	25	36	45

##### Copper Plug-in Busway 3 wire with internal ground

400	10	8	12	11
600	10	8	12	12
800	10	8	14	14
1000	11	10	16	15
1200	14	12	19	17
1350	16	14	20	23
1600	19	16	23	25
2000	25	21	26	35
2500	34	29	41	44
3000	38	32	44	59
4000	49	42	61	67
5000	65	58	75	85

##### Aluminum Plug-in Busway 4 wire 100% neutral with ground

400	6	6	8	9
600	6	6	11	9
800	7	7	12	11
1000	8	8	13	13
1200	10	9	15	15
1350	11	10	16	16
1600	13	12	18	19
2000	16	15	25	26
2500	21	20	27	33
3000	24	23	33	37
4000	31	30	43	51

##### Copper Plug-in Busway 4 wire 100% neutral with ground

400	11	9	14	13
600	11	9	14	14
800	11	9	17	17
1000	14	12	19	18
1200	16	15	23	20
1350	19	17	25	27
1600	24	20	30	29
2000	30	26	33	42
2500	42	37	50	52
3000	48	40	54	58
4000	61	52	75	81
5000	81	74	93	103

#### Short Circuit Ratings (RMS Symm kA)

##### Siemens Sentron Busway Ratings – 6 cycle duration Major Competitive Busway Ratings – 3 cycle duration

The Sentron Busway short circuit test duration is for 6 cycles, as compared to major competitor's busway test duration of 3 cycles, proving Sentron's ability to out perform other busway. Sentron Busway experienced 3 additional cycles of short circuit current to demonstrate it's ability to out perform other busway products.

##### Aluminum Busway

Ampere Rating	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
400	85	85	22	25
600	85	85	50	50
800	100	100	50	100
1000	100	100	50	100
1200	125	125	50	100
1350	150	150	50	100
1600	150	150	50	100
2000	150	150	125	100
2500	200	200	125	150
3000	200	200	125	150
4000	200	200	150	200

##### Copper Busway

400	85	50	22	50
600	85	85	22	50
800	85	85	50	50
1000	100	100	50	100
1200	100	100	50	100
1350	100	100	50	100
1600	125	125	50	100
2000	150	150	50	100
2500	150	150	125	150
3000	200	200	125	150
4000	200	200	150	200
5000	200	200	150	200

## Bus Bar Insulation Material

	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
<b>Material</b>	Mylar (3) Layers	Epoxy	Mylar (2) Layers	PVC
<b>Temperature Rating</b>	130 °C	130 °C	105 °C	105 °C
<b>Impact Strength</b>	High	High	High	Low
<b>Chemical Resistance</b>	Excellent	Poor	Excellent	Fair
<b>Toxicity</b>	Low	Low	Low	High
<b>Expected Life</b>	50+ Years	50 Years	50 Years	50 Years

## Busway Housing Size (cross-section in inches)

Siemens Sentron Busway offers the smallest busway cross-section in the industry. Smaller busway means you can turn corners faster, fittings are smaller to handle during installation, smaller floor/wall cutouts are required, and less fire rated material is required to fill in around Sentron Busway. Even 5000A Sentron Busway can fit in between wall studs without having to modify the stud spacing. And remember it is the only busway to be fire rated to penetrate gypsum wallboard!

## Aluminum Bus Bars Housing

Ampere Rating	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
400	5 x 3.9	4.5 x 4.38	5.9 x 3.4	6 x 4.38
600	5 x 3.9	4.5 x 4.38	5.9 x 4.4	6 x 4.5
800	5 x 4.5	4.5 x 5.63	5.9 x 4.4	6 x 5
1000	5 x 5.4	4.5 x 6.13	5.9 x 5.34	6 x 6
1200	5 x 6.5	4.5 x 7	5.9 x 6.34	6 x 7
1350	5 x 7.5	4.5 x 8.5	5.9 x 7.34	6 x 8
1600	5 x 8.6	4.5 x 9.25	5.9 x 8.84	6 x 9.5
2000	5 x 10.9	4.5 x 11	5.9 x 12.72	6 x 12.75
2500	5 x 13.3	4.5 x 15.5	5.9 x 16.22	6 x 15.75
3000	5 x 15.3	4.5 x 18	5.9 x 18.72	6 x 18.75
4000	5 x 19.8	4.5 x 23	5.9 x 25.6	6 x 25

## Copper Bus Bars Housing

Ampere Rating	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
400	5 x 3.9	4.5 x 4.38	5.9 x 3.38	6 x 4
600	5 x 3.9	4.5 x 4.38	5.9 x 3.38	6 x 4
800	5 x 3.9	4.5 x 4.38	5.9 x 3.84	6 x 4.5
1000	5 x 4.4	4.5 x 5	5.9 x 4.34	6 x 5
1200	5 x 5	4.5 x 5.63	5.9 x 5.34	6 x 6
1350	5 x 5.6	4.5 x 6.13	5.9 x 5.84	6 x 6.5
1600	5 x 6.6	4.5 x 7	5.9 x 6.74	6 x 7
2000	5 x 8.1	4.5 x 8.5	5.9 x 7.84	6 x 10.25
2500	5 x 10.6	4.5 x 11	5.9 x 12.72	6 x 12.75
3000	5 x 11.8	4.5 x 15	5.9 x 15.22	6 x 13.75
4000	5 x 14.8	4.5 x 18	5.9 x 23.6	6 x 19
5000	5 x 19.3	4.5 x 23	5.9 x 25.1	6 x 23.5

## Ease of Installation Comparison

Sentron Busway is the only busway to offer contractors the features that make installation time the best in the industry!

Feature	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
<b>Profit and Performance Program</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Adjustable Joint</b>	½ inch	¼ inch	Fixed	Fixed
<b>Telescopic Straight Length</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Break-Off Joint Bolt</b>	Standard	Not Available	Standard	Not Available
<b>Extended Wire Bend Space at no extra cost</b>	Standard	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Water Proof Joints that assemble in same time as indoor joints</b>	Standard	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Busway Stubs Pre-connected</b>	Standard	Not Available	Not Available	Not Available

## Consultant/User Features Comparison

Sentron Busway offers performance features that are unmatched and result in faster return of investment!

Feature	Siemens Sentron	GE Spectra	Square D I-Line II	Westinghouse Pow-R-Way
<b>200% Neutral</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>200% Neutral with Isolated Ground</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Limited Access Plug-in Busway</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Utility Company Rebate Program</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Incidental Contact Plug-in Openings IP-2X rated</b>	Standard	Not Available	Not Available	Not Available
<b>Third Party Certification on all ratings</b>	Available	Not Available	Not Available	Not Available
<b>2 Hour Fire Rating on gypsum wallboard</b>	Standard	Not Available	Not Available	Not Available

## A2. Capacidades de conducción de conductores aislados

**Table 1 — Ampacities of Insulated Conductors (From NEC Table 310-16)  
Not More Than Three Conductors in Raceway or Cable or Earth (Directly Buried).  
(Based on Ambient Temperature of 30°C, 86°F)**

Size	Copper Conductors			Aluminum Conductors Copper-Clad Aluminum Conductors			Size
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
AWG Kcmil	Types <sup>Ⓞ</sup>	Types <sup>Ⓞ</sup>	Types TA, TBS SA SIS FEP, <sup>Ⓞ</sup> FEPB, <sup>Ⓞ</sup> RHH, <sup>Ⓞ</sup> THHN, <sup>Ⓞ</sup> THHW, <sup>Ⓞ</sup>	Types <sup>Ⓞ</sup>	Types <sup>Ⓞ</sup>	Types TA, TBS, SA, SIS, THHN†, THHW†, THW-2, THWN-2, RHH†, RHW-2, USE-2 XHH, XHHW XHHW-2, ZW-2	AWG Kcmil
	TW UF	FEPW RH RHW THW THWN XHHW USE ZW	XHHW, <sup>Ⓞ</sup>	TW UF	RH RHW THHW THW THWN XHHW USE		
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14	20 <sup>Ⓞ</sup>	20 <sup>Ⓞ</sup>	25 <sup>Ⓞ</sup>	20 <sup>Ⓞ</sup>	20 <sup>Ⓞ</sup>	25 <sup>Ⓞ</sup>	12
12	25 <sup>Ⓞ</sup>	25 <sup>Ⓞ</sup>	30 <sup>Ⓞ</sup>	25	30 <sup>Ⓞ</sup>	35 <sup>Ⓞ</sup>	10
10	30	35 <sup>Ⓞ</sup>	40 <sup>Ⓞ</sup>	30	40	45	8
8	40	50	55	—	—	—	—
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
½	125	150	170	100	120	135	¾
⅜	145	175	195	115	135	150	⅝
¼	165	200	225	130	155	175	⅜
⅛	195	230	260	150	180	205	¼
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	390	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	630	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	655	750	470	560	630	2000

**Table 2 — Correction Factors for Ambient Temperature Over 30°C, 86°F**

Ambient Temperature °C	For ambient temperature over 30°C, (86°F) multiply the ampacities shown above by the appropriate factor								Ambient Temperature °F
	shown below.								
21-25	1.08	1.05	1.04	1.04	1.08	1.05	1.04	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	79-85
31-35	.91	.94	.95	.96	.91	.94	.95	.96	88-95
36-40	.82	.88	.90	.91	.82	.88	.90	.91	97-104
41-45	.71	.82	.85	.87	.71	.82	.85	.87	106-113
46-50	.58	.75	.80	.82	.58	.75	.80	.82	115-122
51-55	.41	.67	.74	.76	.41	.67	.74	.76	124-131
56-60	—	.58	.67	.71	—	.58	.67	.71	133-140
61-70	—	.33	.52	.58	—	.33	.52	.58	142-158
71-80	—	—	.30	.41	—	—	.30	.41	160-176

### A3. Máximo número de conductores concéntricos en tuberías con diámetros normalizados.

Table 3 — Maximum Number of Concentric Stranded Conductors in Trade Sizes of Conduit or Tubing (From NEC Tables 3A, 3B, 3C)

Conduit Trade Size (inches)		1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	
Type Letters	Conductor Size AWG, kcmil													
	TW, XHHW (14 thru 8) RH (14 & 12)	14 12 10 8	9 7 5 2	15 12 9 4	25 19 15 7	44 35 26 12	60 47 36 17	89 79 60 28	142 111 85 40	171 131 62	176 84	108		
	RHW and RHH (without outer covering), THW, THHW RH (10 & 8)	14 12 10 8	6 4 4 1	10 8 6 3	16 13 11 5	29 24 19 10	40 32 25 13	55 43 32	93 76 61 32	143 117 95 49	192 157 127 66	163 85	133	
	TW, THW, FEPB (6 thru 2), RHW and RHH (without outer covering) RH, THHW	6 4 3 2 1 1/0 2/0 3/0 4/0 250 300 350 400 500 600 700 750	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	4 3 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	10 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	16 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1 1 1	23 17 15 13 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1 1	36 27 23 20 19 14 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1	48 36 31 27 19 14 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1	62 47 40 34 25 13 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1	97 73 63 54 39 20 18 12 9 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 1	141 106 91 78 57 49 41 29 25 20 16 14 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
THHN, THWN FEP (14 thru 2), FEPB (14 thru 8), PFA (14-4/0), PFAH (14 thru 4/0), Z (14-4/0), XHHW (4 thru 500 Kcmil)	14 12 10 8	13 10 6 3	24 18 11 5	39 29 18 9	69 51 32 16	94 70 44 22	154 114 73 36	164 104 51	160 79	106	136			
	6 4 3 2 1	1 1 1 1 1	4 2 1 1 1	6 4 3 1	11 7 6 5 3	15 9 8 7 5	26 16 13 11 8	37 22 19 16 12	57 35 29 25 18	76 47 39 33 25	98 60 51 43 32	154 94 80 67 50	137 116 97 72	
	1/0 2/0 3/0 4/0		1 1 1 1	1 1 1 1	2 1 1 1	3 2 1 1	4 3 3 2	7 6 5 4	10 8 7 6	15 13 11 9	21 17 14 12	27 22 18 15	42 35 29 24	61 51 42 35
	250 300 350 400			1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	3 3 2 1	4 4 3 2	7 6 5 4	10 8 7 6	12 9 8 6	12 11 9 8	20 17 15 13	28 24 21 19
	500 600 700 750				1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	2 1 1 1	4 3 3 2	5 4 4 3	7 5 4 3	7 5 4 3	11 9 8 7	16 13 11 11
	XHHW	6 600 700 750	1	3	5	9	13	21	30	47	63	81	128	185
		14 12 10 8	3 3 2 1	6 4 4 2	10 9 7 4	18 15 13 7	25 21 18 9	41 35 29 16	58 50 41 22	90 77 64 35	121 103 86 47	155 132 110 60	94	137
		6 4 3 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	2 1 1 1 1	5 3 3 1	6 4 4 3	11 8 7 5	15 12 10 7	24 18 16 14	32 24 22 19	41 31 28 24	64 50 44 38	93 72 63 56
		1/0 2/0 3/0 4/0		1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
	RHH, RHW (with outer covering)	250 300 350 400				1	1	1	3	5	6	8	13	19
500 600 700 750					1	1	1	1	2	3	4	5	8	
14 12 10 8		3 3 2 1	6 4 4 2	10 9 7 4	18 15 13 7	25 21 18 9	41 35 29 16	58 50 41 22	90 77 64 35	121 103 86 47	155 132 110 60	94	137	
6 4 3 2 1		1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	2 1 1 1 1	5 3 3 1	6 4 4 3	11 8 7 5	15 12 10 7	24 18 16 14	32 24 22 19	41 31 28 24	64 50 44 38	93 72 63 56	
1/0 2/0 3/0 4/0			1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37	

Notes:  
 1. This table is for concentric stranded conductors only.  
 2. Conduit fill for conductors with a -2 suffix is the same as for types without the suffix.

## A4. Fórmulas varias

Table 6 — Electrical Formulas for Finding Amperes, Horsepower, Kilowatts and kVA

To Find	Single-Phase	Alternating Current Two-Phase <sup>ⓐ</sup> , Four-Wire	Three-Phase	Direct Current
Kilowatts	$\frac{I \times E \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2 \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E}{1000}$
kVA	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$	—
Horsepower (Output)	$\frac{I \times E \times \% \text{ EFF} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times 2 \times \% \text{ EFF} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times \% \text{ EFF} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times \% \text{ EFF}}{746}$
Amperes when Horsepower is Known	$\frac{HP \times 746}{E \times \% \text{ EFF} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{2 \times E \times \% \text{ EFF} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times \% \text{ EFF} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{E \times \% \text{ EFF}}$
Amperes when Kilowatts is Known	$\frac{KW \times 1000}{E \times pf}$	$\frac{KW \times 1000}{2 \times E \times pf}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times pf}$	$\frac{KW \times 1000}{E}$
Amperes when kVA is Known	$\frac{kVA \times 1000}{E}$	$\frac{kVA \times 1000}{2 \times E}$	$\frac{kVA \times 1000}{1.73 \times E}$	—

### Average Efficiency and Power Factor Values of Motors

When the actual efficiencies and power factors of the motors to be controlled are not known, the following approximations may be used.

#### Efficiencies:

- DC motors, 35 horsepower and less 80% to 85%
- DC motors, above 35 horsepower 85% to 90%
- Synchronous motors (at 100% power factor) 92% to 95%

#### "Apparent" Efficiencies

- = Efficiency × Power Factor);
- Three-phase induction motors, 25 horsepower and less 70%
- Three-phase induction motors above 25 horsepower 80%

These figures may be decreased slightly for single-phase and two-phase induction motors.

### Fault-Current Calculation on Low-Voltage AC Systems

In order to determine the maximum interrupting rating of the circuit breakers in a distribution system it is necessary to calculate the current which could flow under a three-phase bolted short circuit condition. For a three-phase system the maximum available fault current at the secondary side of the transformer can be obtained by use of the formula:

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{KV \times \sqrt{3} \times \% Z}$$

where:

$I_{sc}$  = Symmetrical RMS amperes of fault current.

kVA = Kilovolt-ampere rating of transformers.

KV = Secondary voltage in kilovolts.

% Z = Percent impedance of primary line and transformer.

Table 5 on page 575 has been prepared to list the symmetrical RMS fault current which is available at the secondary terminals of the transformer.

Table 8<sup>ⓐ</sup> Minimum Size Grounding Conductors for Grounding Raceways and Equipment (From NEC Table 250-95)

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit etc., Not Exceeding (Amperes)	Size	
	Copper Wire Number	Aluminum or Copper Clad Aluminum Wire Number
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 kcmil
1600	4/0	350 kcmil
2000	250 kcmil	400 kcmil
2500	350 kcmil	600 kcmil
3000	400 kcmil	600 kcmil
4000	500 kcmil	800 kcmil
5000	700 kcmil	1200 kcmil
6000	800 kcmil	1200 kcmil

Table 7<sup>ⓐ</sup> — Grounding Electrode Conductor for AC Systems (From NEC Table 250-94)

Size of Largest Service Entrance Conductor or Equivalent Area for Parallel Conductors		Size of Grounding Electrode Conductor	
Copper	Aluminum or Copper Clad Aluminum	Copper	Aluminum or Copper Clad Aluminum
2 or smaller	1/0 or smaller	8	6
1 or 1/0	2/0 or 3/0	6	4
2/0 or 3/0	4/0 or 250 kcmil	4	2
Over 3/0 to 350 kcmil	Over 250 kcmil to 500 kcmil	2	1/0
Over 350 kcmil to 600 kcmil	Over 500 kcmil to 900 kcmil	1/0	3/0
Over 600 kcmil to 1100 kcmil	Over 900 kcmil to 1750 kcmil	2/0	4/0
Over 1100 kcmil	Over 1750 kcmil	3/0	250 kcmil

<sup>ⓐ</sup> In three-wire, two-phase circuits the current in the common conductor is 1.41 times that in either other conductor.

E = Volts I = Amperes  
% EFF = Per Cent Efficiency pf = Power Factor

<sup>ⓐ</sup> Additional information and exceptions are stated in Article 250 — Grounding, National Electric Code.

## A5. Tabla de conversión de pulgadas a milímetros

Fractions to Decimals to Millimeters

Fractions	Decimals	Millimeters
1/64	0.015625	0.397
1/32	0.03125	0.794
3/64	0.046875	1.191
1/16	0.0625	1.588
5/64	0.078125	1.984
3/32	0.09375	2.381
7/64	0.109375	2.778
1/8	0.1250	3.175
9/64	0.140625	3.572
5/32	0.15625	3.969
11/64	0.171875	4.366
3/16	0.1875	4.763
13/64	0.203125	5.159
7/32	0.21875	5.556
15/64	0.234375	5.953
1/4	0.2500	6.350
17/64	0.265625	6.747
9/32	0.28125	7.144
19/64	0.296875	7.541
5/16	0.3125	7.938
21/64	0.328125	8.334
11/32	0.34375	8.731
23/64	0.359375	9.128
3/8	0.3750	9.525
25/64	0.390625	9.922
13/32	0.40625	10.319
27/64	0.421875	10.716
7/16	0.4375	11.113
29/64	0.453125	11.509
15/32	0.46875	11.906
31/64	0.484375	12.303
1/2	0.5000	12.700
33/64	0.515625	13.097
17/32	0.53125	13.494
35/64	0.546875	13.891
9/16	0.5625	14.288
37/64	0.578125	14.684
19/32	0.59375	15.081
39/64	0.609375	15.478
5/8	0.6250	15.875
41/64	0.640625	16.272
21/32	0.65625	16.669
43/64	0.671875	17.066
11/16	0.6875	17.463
45/64	0.703125	17.859
23/32	0.71875	18.256
47/64	0.734375	18.653
3/4	0.7500	19.050
49/64	0.765625	19.447
25/32	0.78125	19.844
51/64	0.796875	20.241
13/16	0.8125	20.638
53/64	0.828125	21.034
27/32	0.84375	21.431
55/64	0.859375	21.828
7/8	0.8750	22.225
57/64	0.890625	22.622
29/32	0.90625	23.019
59/64	0.921875	23.416
15/16	0.9375	23.813
61/64	0.953125	24.209
31/32	0.96875	24.606
63/64	0.984375	25.003
1	1.0000	25.400

## A6. Tabla de conversión de milímetros a pulgadas

Millimeters to Inches ①

Millimeters	Inches	Millimeters	Inches
0.1	0.0039	46	1.8110
0.2	0.0079	47	1.8504
0.3	0.0118	48	1.8898
0.4	0.0157	49	1.9291
0.5	0.0197	50	1.9685
0.6	0.0236	51	2.0079
0.7	0.0276	52	2.0472
0.8	0.315	53	2.0866
0.9	0.354	54	2.1260
		55	2.1654
1	0.0394	56	2.2047
2	0.0787	57	2.2441
3	0.1181	58	2.2835
4	0.1575	59	2.3228
5	0.1969	60	2.3622
6	0.2362	61	2.4016
7	0.2756	62	2.4409
8	0.3150	63	2.4803
9	0.3543	64	2.5197
10	0.3937	65	2.5591
11	0.4331	66	2.5984
12	0.4724	67	2.6378
13	0.5118	68	2.6772
14	0.5512	69	2.7165
15	0.5906	70	2.7559
16	0.6299	71	2.7953
17	0.6693	72	2.8346
18	0.7087	73	2.8740
19	0.7480	74	2.9134
20	0.7874	75	2.9528
21	0.8268	76	2.9921
22	0.8661	77	3.0315
23	0.9055	78	3.0709
24	0.9449	79	3.1102
25	0.9843	80	3.1496
26	1.0236	81	3.1890
27	1.0630	82	3.2283
28	1.1024	83	3.2677
29	1.1417	84	3.3071
30	1.1811	85	3.3465
31	1.2205	86	3.3858
32	1.2598	87	3.4252
33	1.2992	88	3.4646
34	1.3386	89	3.5039
35	1.3780	90	3.5433
36	1.4173	91	3.5827
37	1.4567	92	3.6220
38	1.4961	93	3.6614
39	1.5354	94	3.7008
40	1.5748	95	3.7402
41	1.6142	96	3.7795
42	1.6535	97	3.8189
43	1.6929	98	3.8583
44	1.7323	99	3.8976
45	1.7717	100	3.9370

## A7. Descripción abreviada de los grados de protección

Descripción abreviada de los grados de protección según DIN 40050/1980 e IEC (CEI) 529

Cifra característica	1ª cifra característica: Grado de protección contra contacto y cuerpos extraños	2ª cifra característica: Grado de protección contra agua
0	Ninguna protección especial	Ninguna protección especial
1	Ninguna protección contra contacto intencional, pero sí contra cuerpos de superficie grande. Mantiene alejados a cuerpos extraños de diámetro superior a 50 mm	Protección contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protección contra contacto con los dedos u objetos semejantes. Protege contra cuerpos extraños de diámetro superior a 12 mm	Protección contra gotas de agua cayendo en un ángulo de hasta 15° con respecto a la vertical
3	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 2,5 mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 2,5 mm	Protección contra rociado de agua cayendo en un ángulo de hasta 60° con respecto a la vertical
4	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 1 mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 1 mm	Protección contra proyección de agua desde cualquier dirección
5	Protección completa contra contacto. Protección contra depósitos perjudiciales de polvo	Protección contra chorros de agua desde todas las direcciones
6	Protección completa contra contacto. Protección contra la penetración de polvo	Protección contra mar gruesa o marejada. Protección contra chorros fuertes de agua
7		Protección contra entrada dañina de agua en caso de inmersión
8		Protección contra entrada de agua en caso de sumersión

En comparación a las estipulaciones actuales, la nueva DIN-IEC (CEI) 17B (Co) 116 traera una serie de importantes cambios para las clases de protección. Finalmente hacemos mención a los siguientes puntos:

- ▷ La información dada por la 1ª cifra característica de un grado de protección IP, no comprende la descripción completa de la protección contra contacto. Ella da solamente datos referentes a la protección de personas contra contacto de las piezas que en servicio se encuentran bajo tensión o en movimiento, los cuales han sido obtenidos mediante los instrumentos de prueba correspondientes. Exigencias más amplias para la protección contra contacto directo se encuentran en las determinaciones fundamentales y en las determinaciones correspondientes para construir y edificar (véase cap. 1.4.1).
- ▷ En diversas licitaciones se hace mención a una 3ª cifra característica, la cual describe la protección contra daños mecánicos. En esos casos se trata del suplemento de la versión francesa de la norma para las clases de protección IP (NF/UTE C20-010).
- ▷ El dato aislado de la clase de protección IP no es suficiente para determinar la aptitud de aparatos e instalaciones en caso de condiciones de servicio y medio ambiente severas (véase cap. 1.6.2).