

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA**

**“Especificaciones Técnicas para la Construcción
de Tableros y Gabinetes Eléctricos”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION POTENCIA**

Presentada por:

FERNANDO REALPE CHANG

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.983

AGRADECIMIENTO

Al ING. LEO SALOMON F.
Director de Tesis, por
su ayuda y colabora -
ción para la realiza -
ción de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma. a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

.....*Realpe Chang*.....

FERNANDO G. REALPE CHANG

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Leo Salomon F.", is positioned above a horizontal dotted line.

ING. LEO SALOMON F.

Director de Tesis

RESUMEN

Inv. No. 907-035

Un tablero o gabinete eléctrico es un conjunto de dispositivos encerrados en una caja de estructura metálica los cuales realizan una labor específica dentro de un sistema eléctrico determinado.

Aún cuando su diseño sea simple y sencillo, es necesario previamente hacer algunas consideraciones las cuales estarán relacionados ya sea el aspecto técnico o ya sea el aspecto referente a los requerimientos de seguridad necesarios para trabajar en un medio ambiente normal o en un medio ambiente en el cual habrá que hacer consideraciones especiales.

Cuando hablamos de partes constitutivas nos referimos a todas las piezas metálicas que conforman un tablero: las láminas metálicas que conforman sus paredes, las puertas y sus accesorios, piezas de unión, etc., las cuales tienen también sus requerimientos específicos.

En lo referente a pruebas de calidad, se estudian todos los procedimientos para que el tablero pueda ser usado sin peligro de ninguna especie, con la garantía del fabricante.

Los distintos tipos de esfuerzos a que estarán sujetos los tableros, también se analizan con detalle en los capítulos correspondientes.

I N D I C E G E N E R A L

PAG.

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCION	XV
I. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION.....	16
1.1. Generalidades	16
1.2. Metales.....	17
1.2.1. Hierro y acero...:.....	17
1.2.2. Aluminio.....	17
1.2.3. Cobre -.....	18
1.3. Fibra.....	18
1.4. Pintura.....	19
1.5. Plástico.....	20
1.6. Porcelana.....	21
II. PARTES CONSTITUTIVAS DE UN TABLERO.....	22
2.1. Junturas y piezas de unión.....	22
2.2. Cortes - Entalles	24

2.3. Puertas y Cubiertas.....	27
2.4. Bisagras.....	28
2.5. Cerraduras y Manubrios	32
2.6. Rebordes entallados	33
2.7. Solapas	33
III. ELEMENTOS ELECTRICOS QUE LO CONSTITUYEN.....	37
3.1. Equipo de Interrupción.....	37
3.2. Equipo de medición.....	40
3.2.1. Voltímetros y Amperímetros.....	40
3.2.2. Vatímetros - Frecuencímetros - Relés.	43
3.3. Señalización.....	45
3.3.1. Luces indicadoras.....	45
3.3.2. Alarma - Bocina.....	48
3.3.3. Barras simuladoras.....	48
3.4. Conductores.....	48
3.4.1. Materiales constituyentes	48
3.4.2. Tipos.....	50
3.4.3. Código de colores	52
3.5. Barras Colectoras	53
3.5.1. Material de fabricación	53
3.5.2. Espaciamiento	55
3.5.3. Barra de tierra	59
3.6. Ampacidades	59
3.7. Conexiones	60

3.7.1. Diagramas.....	60
3.7.2. Amarre y sujeción.....	61
3.7.3. Regletas - Bloques de conexión.....	64
3.7.4. Terminales.....	65
3.7.5. Canaletas - Tipos	62
IV. CARACTERISTICAS DE DISEÑO.....	72
IV.1. Tamaño y configuración.....	72
4.1.1. Profundidad.....	73
4.1.2. Espacio para el alambrado	74
4.1.3. Aberturas para ventilación.....	74
4.2. Espesor de láminas metálicas	76
4.3. Requerimiento para puertas -.....	78
4.3.1. Ajuste	79
4.3.2. Camino de llama	79
4.3.3. Localizaciones peligrosas	79
4.4. Temperatura	82
4.5. Calefacción y ventilación	84
4.6. Condiciones de Servicio	86
4.7. Aterrizamiento de tableros	87
V. TIPOS DE TABLEROS	89
5.1. Por su ubicación	89
5.2. Por su conformación	90
5.3. Por su Nivel de tensión	90
5.4. Por su Utilización.....	91

	X
VI. ESFUERZOS ELECTRO - MECANICOS.....	96
6.1. Uniones remachadas.....	96
6.1.1. Selección del remache adecuado.....	96
6.2. Uniones soldadas.....	98
6.3. Tipos de esfuerzos - Generalidades.....	100
6.3.1. Esfuerzos laterales.....	103
6.3.2. Esfuerzos longitudinales	105
6.4. Selección de barras (I de cortocircuito)...	106
6.4.1. Disposición de barras	113
6.4.2. Efecto Piel	113
6.4.3. Efecto de Proximidad	115
6.5. Aplicación de selección de barras	116
6.5.1. Diseño de una estructura de soporte de barras	121
6.5.2. Selección de pernos de sujeción.....	125
VII. PRUEBAS DE CALIDAD DE TABLEROS	127
7.1. Corrosión	127
7.2. Compresión y Torsión.....	128
7.3. Explosión	131
7.4. Presión Hidrostática.....	134
7.5. Prueba de Cortocircuito	134
7.6. Prueba de filtración de agua (goteo)	139
7.7. Prueba de resistencia a la lluvia	141
7.8 Prueba de resistencia al polvo.....	143
7.9 Prueba de espesor del recubrimiento.....	145

VIII.	ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE UN TABLERO TIPO - EJEMPLO.	
VIII.1.	Generalidades.....	149
VIII.1.1.	Características generales.....	149
VIII.1.2.	Distancias de seguridad	154
VIII.1.3.	Elementos de sujeción	154
VIII.2.	Vistas de ubicación de elementos.....	159
VIII.2.1.	Dimensiones de piezas metálicas	162
VIII.3.	Diagrama de conexiones - Cableado.....	165
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
	BIBLIOGRAFIA	168

INTRODUCCION

La presente tesis trata acerca de las normas que se requiere seguir para la construcción de tableros y gabinetes eléctricos. Se ha tratado de recopilar normas existentes y aspectos tomados de la práctica y que han dado resultados positivos y se los analiza y explica de manera ilustrativa.

La obra consta de ocho capítulos en los cuales se indican los distintos materiales de fabricación, los elementos que constituyen un tablero eléctrico y las normas sobre todo en lo que respecta a distancias de seguridad y resistencia al cortocircuito tanto mecánica como dieléctrica.

Los capítulos finales corresponden a los distintos tipos de pruebas de calidad que los tableros eléctricos deberán cumplir luego de ser fabricados y antes de salir al mercado. Se concluye en el capítulo VIII con un ejemplo de construcción de tablero eléctrico, cumpliendo con todas las especificaciones establecidos en los capítulos precedentes.

El objetivo principal de esta tesis es el agrupar en un solo conjunto, todas las normas referentes a tableros, de manera tal que ésta sirva como punto de partida para la elaboración de un manual para la elaboración de tableros eléctricos.

CAPITULO I

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION

I.1 GENERALIDADES.

El material básico para la construcción de tableros y gabinetes eléctricos es el hierro. Las cajas serán fabricadas en láminas de hierro de longitud y espesor adecuado con el tipo de tablero previamente diseñado, existiendo valores mínimos y máximos que deberán respetarse.

Al diseñarse y construirse una caja, lo que se persigue es que ésta posea una gran resistencia mecánica de tal manera que sea capaz de resistir los esfuerzos a los que estará sujeta ya sean esfuerzos normales debido al peso de los elementos a los que tendrá que alojar o en el peor de los casos a los esfuerzos originados en el caso de cortocircuitos. De acuerdo a la mayor o menor proporción de estos esfuerzos, se reforzarán los tableros en su interior con estructuras de ángulos a los cuales se adherirán las láminas metálicas por medio de pernos o cordones de soldadura, generalmente este último, el método más usado, porque ofrece una mejor fijación.

En la construcción de un tablero eléctrico también intervienen otros materiales tales como la fibra de caucho, que es utilizada como material aislante, al igual que la porcelana, utilizada para la fabricación de elementos aisladores; el plástico, el vidrio usados como elementos auxiliares en la fabricación de elementos de control y señalización.

I.2 METALES.

I.2.1. HIERRO Y ACERO.

Como se dijo en párrafos anteriores, el hierro es un elemento fundamental en la construcción de tableros: Es utilizado en diferentes formas según su utilidad. El hierro viene en forma de ángulos (L), T, U (canales), las cuales nos sirven para armar la estructura de un tablero eléctrico. Estas formas vienen en diferentes espesores.

El hierro en láminas de diferente espesor es usado según la función a la que estará destinado el tablero. Las tablas de espesor adecuado se indicarán en el capítulo correspondiente.

I.2.2. ALUMINIO.

Este metal es usado generalmente en la construcción de barras colectoras; elementos de conexión tales como terminales, regletas, así como también, constituye el material conductor de algunos tipos de cables.

I.2.3. COBRE.

Generalmente, los elementos conductores son fabricados de cobre y/o sus aleaciones. Al igual que el aluminio, está presente en barras colectoras, terminales, bloques de conexión, grilletes, etc., así como en los conductores cableados.

Las propiedades físicas, mecánicas y eléctricas correspondientes al cobre y al aluminio tales como conductividad eléctrica, peso por unidad de longitud, expansión térmica, etc., son analizadas en un capítulo posterior (cap. 3).

I.3 FIBRA.

Este material se lo usa muy frecuentemente debido a sus características aislantes. Es de utilidad especialmente cuando se coloca bajo la base de regletas y bloques de conexión con el objeto de proporcionar un mejor aislamiento de los terminales de conexión con respecto a la estructura metálica del tablero. Comercialmente se la encuentra en el mercado en forma de planchas de diferentes dimensiones. Se selecciona su espesor de acuerdo al trabajo a realizar.

La fibra que se usa en los aisladores de barras es en realidad caucho vulcanizado, es decir caucho combinado con azufre o sulfuros y compuestos orgánicos. Al producirse esta conjunción de elementos, el caucho adquiere una mayor resistencia a las

tensiones mecánicas así como también se hace insoluble a ciertos solventes. Su resistencia a los cambios bruscos de temperatura también es notable.

El producto de la combinación del caucho con otros elementos es finalmente acabado con la adición de ciertos pigmentos tales como óxido de titanio, óxido de cromo y óxido de hierro, especialmente los de coloración roja. Estos últimos son los utilizados en la fabricación de aisladores para soporte de barras, que tenemos en el mercado.

1.4. PINTURA.

Las láminas metálicas previamente tratadas deberán ser pintadas con una capa de pintura resistente a la corrosión. Esta capa deberá ser muy fina. Se aconseja que tenga un espesor de 1 a 2 mils.

Para cajas que van a ser ubicadas en exteriores se usará el tipo de pintura de esmalte ANSI # 24. En este caso lo que se busca es que sea resistente a las condiciones ambientales externas (lluvias, variaciones de temperatura, contaminación ambiental, entre otras). Estos requerimientos los cumple el tipo de pintura indicado.

Otro tipo de pintura a usarse para el recubrimiento de tableros es la del tipo acrílico preferentemente de un color gris

ligero, ANSI # 61.

Una vez aplicada la capa de pintura es necesario comprobar la efectividad del recubrimiento. En el capítulo final correspondiente a pruebas de calidad, se tratará la prueba de espesor del recubrimiento.

I.5. PLASTICO.

Este material es utilizado como material auxiliar en la construcción de los elementos interiores de un tablero de control eléctrico. Siendo el plástico un material de fácil combustión, es necesario seleccionar el tipo que posea una mejor resistencia a la combustión.

Las pantallas de las luces de señalización, las barras simuladoras, las amarras para cables y canaletas para guardar los cables en su interior, son generalmente de material plástico.

La gama de materiales plásticos es muy extensa y un estudio de ello está fuera del alcance de esta Tesis. Los materiales plásticos usados comunmente en visores o luces de señalización y barras simuladoras son: La melamina y los plásticos fenólicos, éstos pertenecen al grupo de los termofraguados y se prefieren por su alta resistencia a los esfuerzos mecánicos, resistencia térmica (no se ablandan con la temperatura), resistencia die -

léctrica, así como también resistencia a los ácidos y otros solventes.

El uso de material plástico deberá reducirse al mínimo indispensable. Las planchas de acrílico y poliestireno (termoplásticos) que se usan, generalmente no son los más aconsejables por sus desventajas en cuanto a las propiedades enunciadas en el párrafo anterior.

I.6. La porcelana es otro de los materiales que se utilizan sobre todo en la construcción de aisladores, debido a su alta resistencia dieléctrica. Químicamente, la porcelana es un material compuesto de arcilla blanca pura, feldespato, los cuales se funden a altas temperaturas. Para darles un mejor acabado, así como para efectos de protección es necesario aplicar una capa de barniz al producto terminado.

A continuación se enuncian las especificaciones que deben ser seguidas para la elaboración de la porcelana a usarse como material aislante (The Locke Insulator Mfg. Co.):

Gravedad específica:	2427
Resistencia a la tensión:	1.800 psi.
Resistencia a la compresión:	15.000 psi.
Resistencia dieléctrica:	16.300 Volts/mm.

CAPITULO II

PARTES CONSTITUTIVAS DE UN TABLERO

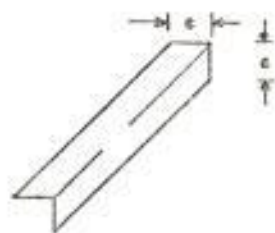
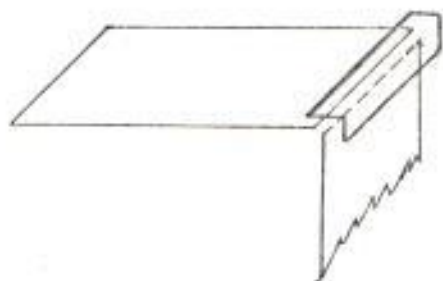
II.1 JUNTURAS Y PIEZAS DE UNION.

Toda ranura en una unión o tope deberá ser cerrada, de manera tal que no haya peligro alguno en lo referente a contacto con partes energizadas en el interior de un tablero, así como también se evite que los filos de estas ranuras causen daños en los conductores a alojarse en su interior.

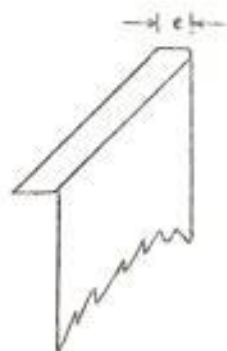
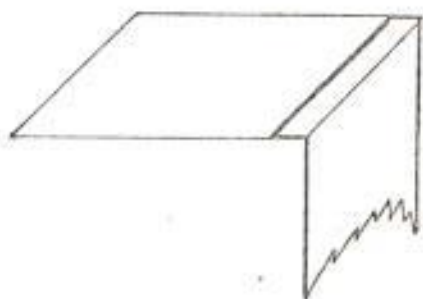
Existen varias formas de unir las superficies metálicas. La selección de las mismas queda a criterio del fabricante. Así tenemos:

- 1.- Rebordes formados por hojas metálicas del mismo material de las superficies a unir (figura 1-a).
- 2.- Rebordes en una sola superficie (figura 1-b).
- 3.- Rebordes en ambas superficies (figura 1-c).

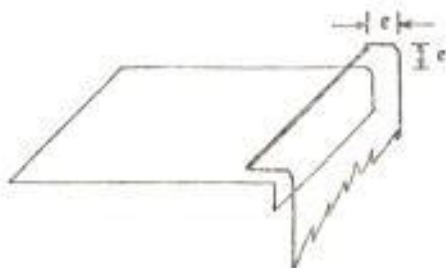
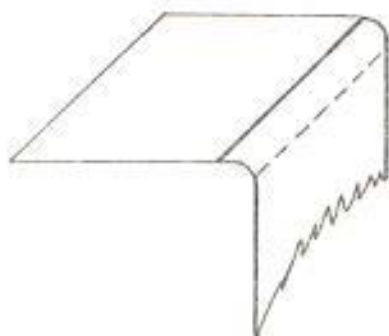
La distancia e que se indica en las gráficas de la figura # 1 no deberá ser en ningún caso menor a 1/2 pulgada para efectos de una fijación aceptable.



ALTERNATIVA A



ALTERNATIVA B



ALTERNATIVA C

FIG 1.

La fijación de estas uniones podrá hacerse con pernos, remaches o soldadura, pudiendo esta última ser del tipo continuo a lo largo de las uniones o del tipo de soldadura de puntos. Lo que en la práctica se realiza es la fijación de las láminas con puntos de soldadura.

De acuerdo a cálculos realizados, puntos de soldadura convenientemente espaciados, ofrecen suficiente resistencia en caso de esfuerzos que se originen por cualquier causa.

LOCALIZACIONES PERMISIBLES PARA AJUSTES.-

En la figura # 2 tenemos un conjunto de diagramas que representan las diferentes formas que pudiera tener un tablero y las diferentes posiciones en que se pueden colocar los puntos de fijación para paredes desmontables. La fijación en este caso es por medio de tornillos.

Estas distancias han sido seleccionadas considerando que una vez fijada la lámina, ésta proporcione un ajuste adecuado y no se observen deflexiones de las mismas. En las gráficas en mención se indican las distancias máximas permisibles.

II.2 CORTES - ENTALLES.

Cuando sobre una de las paredes de un tablero van a ser colocados knockouts, los mismos que según su ubicación coincidirán

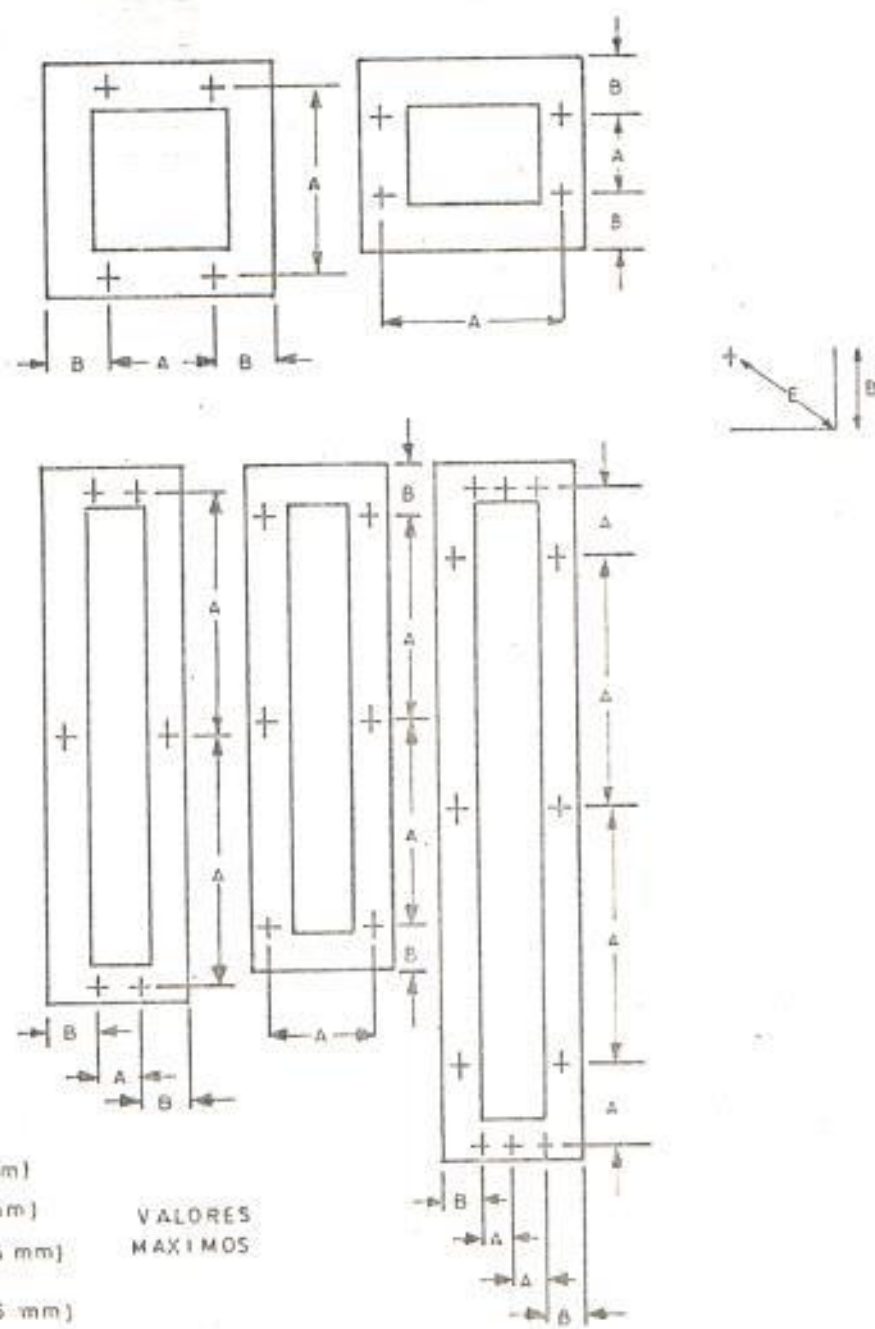
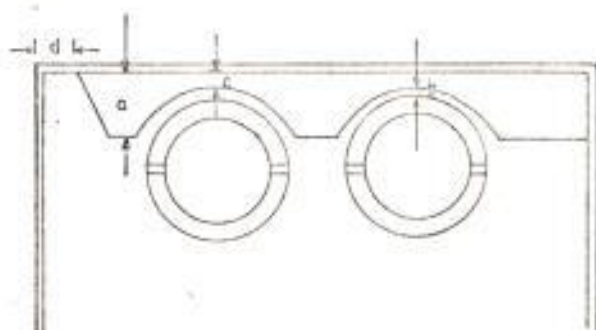


FIG.2 PUNTOS DE LOCALIZACION DE AJUSTES



- a: Distancia minima $\frac{1}{2}''$
b: Distancia minima $\frac{1}{8}''$
c: Distancia minima $\frac{1}{8}''$
d: Distancia maxima $\frac{1}{4}''$

FIG.3 DETALLE DE CONSTRUCCION DE REBORDES ENTALLADOS

con las piezas de unión o solapas (dobleces), será necesario que estos dobleces sean cortados previamente siguiendo la forma del knockout. Esta operación se llama entalle. Estos entalles deberán tener un diámetro un poco mayor que el diámetro del knockout.

Esto se especifica así, con el objeto de que la unión entre láminas no se debilite en el caso de que la perforación se hiciera tanto en la lámina que hace de pared, como en la pieza de unión.

II.3 CUBIERTAS Y PUERTAS.

En lo referente a las cubiertas, éstas pueden ser láminas metálicas removibles, las cuales deberán sujetarse a la estructura o a las otras paredes por medio de tornillos o pernos, siguiendo las especificaciones de espaciamiento indicadas en la figura # 2. En el caso de puertas, éstas irán sujetas a la estructura por medio de bisagras.

Un tablero eléctrico cuyo ancho sea superior a 24 pulgadas (610 mm.) no podrá poseer una sola puerta, deberá tener dos puertas de dimensiones iguales.

Los filos de las puertas (dobleces) que se van a encontrar cuando éstas se cierran, deberán tener por lo menos 1/4 de pulgada (6,35 mm.) de ancho. Sobre éstos se podrá colocar empa -

ques o sellos de caucho si el caso lo requiere. Esta especificación tiene importancia en lo que se denomina camino de control de llama y que es considerado más adelante (Capítulo 4).

La puerta estará unida a la estructura por medio de algún tipo de bisagra, la cual podrá ser desmontable o podrá estar formando un solo cuerpo con la misma. Cuando una puerta se diseña de tal manera que monte sobre la otra (figura # 4), este espacio de superposición (solapa), no deberá ser menor a $1/4$ de pulgada.

II.4 BISAGRAS.

La bisagra es el elemento al cual deberá estar fijada la puerta de un tablero eléctrico, por tanto deberá ser lo suficientemente resistente, de tal manera que se tenga siempre la confiabilidad requerida sin que llegue a deformarse debido al peso que deberá soportar cuando se instalen los elementos de señalización y control sobre las puertas.

La bisagra deberá tener dos puntos de fijación (por lo menos). Si el material de fabricación es el latón, el pasador de la misma deberá tener $5/32$ de pulgada (3.97 mm.) de diámetro mínimo. Si es de acero deberá tener $1/8$ de pulgada (3,17 mm.) de diámetro mínimo.

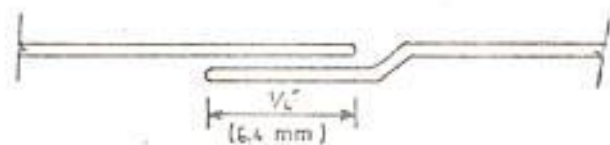
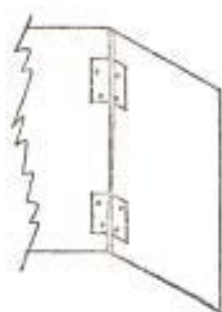
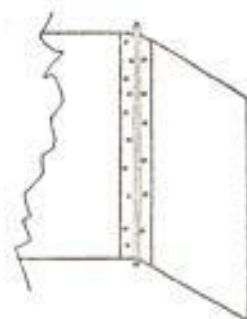


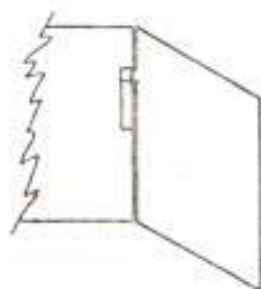
FIG. 4. DETALLE DE PUERTA (TRASLAPE)



a.



b.



c.

FIG. 5. TIPOS DE BISAGRAS

Deberá existir por lo general dos bisagras por puerta. Se podrá usar una sola bisagra en puertas cuyas dimensiones no excedan de 5 x 9 pulgadas (127 mm, x 229 mm.). Para el caso de puertas de dimensiones mayores, si se prefiere el uso de una sola bisagra, ésta deberá cubrir el 80% (por lo menos) de la longitud total de la puerta.

Tipos de bisagras.- A continuación se da a manera de guía para su uso, tres tipos de bisagras de uso generalizado. Se recomienda usar el tipo de bisagra de suspensión (ver figura # 5) debido a que ésta permite que las puertas sean fácilmente desmontables.

La tabla I nos muestra los máximos espaciamientos tanto entre centros de bisagras como entre éstas y los límites de las puertas.

Se observa que para una distancia bisagra - filo de puerta igual a 4 pulgadas (101,6 mm.) - distancia máxima- existe un rango de permisividad en el espaciamiento entre 24 y 36 pulgadas (609,6 y 914,4 mm.). Lo indicado anteriormente, para puertas cuya longitud está entre 32 y 44 pulgadas (812,8 mm. y 1117,6 mm.), usando unicamente dos bisagras. Para puertas de longitudes mayores se usarán 3 bisagras y la distancia desde éstas al filo de la puerta, podrá aumentarse hasta 12 pulgadas (305 mm.).

ESPACIAMIENTO MAXIMO		CONSTRUCCION DE PUERTA	
DESDE FILO DE PUERTA pulg.(mm)	ENTRE CENTROS pulg.(mm)	ANCHO DEL REBORDE (mm)	MÉTAL Y ESPESOR MÍNIMO
4 (102)	24 (610)	-	-
4	32 (813)	-	ACERO NO RECUBIERTO 0,093"
4	36 (914)	½ (12,7)	ACERO RECUBIERTO CON ZINC 0,097"
6" (152)	36	½	ALUMINIO, COBRE BRONCE 0,122"
10" (254)	36	½	
9 (229)	36	½	
12 (305)	40 (1016)	1 (25,4)	

TABLA I UBICACION DE BISA GRAS

II.5 CERRADURAS Y MANUBRIOS.

Las cerraduras son elementos necesarios cuando se quiere restringir el acceso a los tableros unicamente a personas autorizadas.

Para tableros de una sola puerta y de dimensiones pequeñas (18 pulgadas - 457,2 mm. de distancia máxima) podrá existir un solo punto de cierre, generalmente en la parte central y al filo de la puerta. Cuando la puerta tiene más de 48 pulgadas (1219 mm.) de largo, ésta deberá tener cierre en 3 puntos distintos, operados por un solo manubrio.

En este punto, cualquier dispositivo que realice un cierre efectivo, esto es, no haya peligro de contacto con partes vivas del interior, puede ser aceptado.

Lo propio se puede decir en lo referente a manubrios. Perillas resistentes o medios equivalentes pueden ser usados como medios de asir una puerta para propósitos de apertura o cierre.

Es de mencionar que existen también las llamadas cerraduras con enclavamiento mecánico, las cuales actúan como elementos de desconexión de todas las partes vivas que quedan despues de las barras colectoras de un tablero, asegurando así que cuando la puerta de un tablero se encuentre abierta, cada elemento dentro del tablero estará desenergizado.

II.6 REBORDES ENTALLADOS.

El filo de una cubierta con reborde, que va a ser asegurado a la caja por cuatro o más ajustes puede ser entallado de manera tal que proporcione espacio alrededor de un knockout en la caja, sí:

- 1.- El entalle es un segmento circular concéntrico con el orificio cuando la cubierta está en su lugar.
- 2.- El ancho del reborde de cubierta no será menor a $1/8$ de pulgada (3,2 mm.) en cualquier punto.

Este reborde de cubierta podrá ser parte integral de la misma o podrá ser una hoja separada, la cual deberá fijarse con por lo menos dos puntos de ajuste que podrán ser puntos de soldadura o remaches. Estos puntos de fijación tendrán una separación mínima de 3 pulgadas (76,2 mm.) a lo largo de la longitud del reborde.

La figura # 6 ilustra las distancias mínimas a seguir para el tipo de rebordes entallados.

II.7 SOLAPAS.

Cuando una cubierta o un frente debe ser adherido a una caja metálica (tablero), deben observarse dos casos:

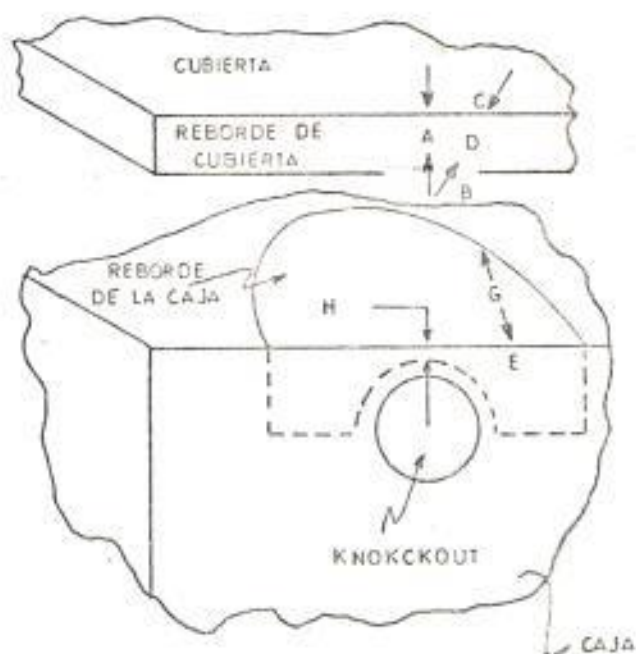


FIG. 6 ENTALLES

- A: profundidad de reborde de cubierta. Mínimo 1/8"
- B: Punto sobre el filo del corte en el reborde de cubierta.
- C: Punto sobre el filo de la cubierta.
- D: Distancia de B a C.
- E: Punto sobre el filo de la caja, coincidente con C.
- F: Punto cualquiera sobre el filo del reborde.
- G: Distancia de E a F.
- H: Distancia mínima entre el filo del reborde y el filo de la pared de la caja.

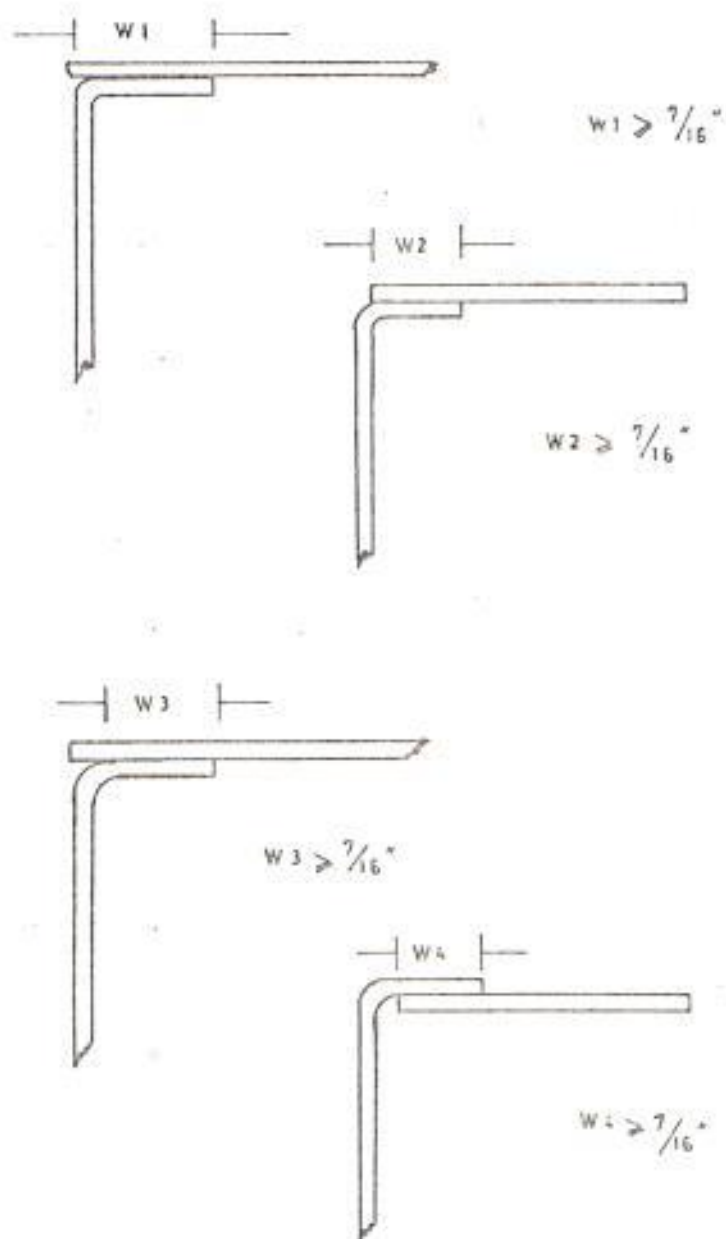


FIG. 7. TRASLAPE ENTRE UNA CUBIERTA PLANA Y UN REBORDE DE UNA CAJA (ESQUINAS)

- 1.- Si el radio del reborde de la caja es pequeño, el ancho de la solapa deberá ser W_1 y W_2 (ver fig. # 7).
- 2.- Si el radio de curvatura del reborde de la caja es largo o si la lámina va adherida al interior del mismo, W_3 y W_4 se miden solo en la parte en la que las dos piezas (lámina y reborde) están en contacto. (fig. #7).

CAPITULO III

ELEMENTOS ELECTRICOS.

III.1 EQUIPO DE INTERRUPCION.

En este punto es necesario hablar de los llamados cortacircuitos ya sean estos de fusibles o del tipo magnético (breakers).

En lo referente a breakers, lo interesante en nuestro estudio es en lo que respecta al montaje de los mismos en el interior de un tablero eléctrico. Para ello es necesario considerar las dimensiones de los mismos así como las distancias de seguridad que se deban guardar entre partes vivas entre sí y partes vivas a tierra. Estas distancias se tabularán en un capítulo posterior referente a barras colectoras (Cap. 3). Cada fabricante nos presenta catálogos que nos muestran las dimensiones de cada elemento según su tipo. En la tabla 2 muestra un ejemplo de lo dicho, para el caso de breakers General Electric.

En la especificación de breakers es necesario conocer cierta terminología. Así:

Cortacircuito: Elemento que abre o cierra un circuito eléctrico de manera manual para corrientes hasta la nominal de opera-

TIPO DE BREAKER	Polos	W	H	D	D/H	A	B	C	E
Q 125	1	1							
THGL THMQL	2	2	$3 \frac{9}{32}$	$2 \frac{3}{8}$	$2 \frac{15}{16}$				
THCAL THHQA									
THQB THMQB	3	3							
TXQB TXQL									
TRI BREAK									
TB 1	2-3	$4 \frac{1}{8}$	$10 \frac{5}{16}$	$3 \frac{5}{8}$	$4 \frac{5}{32}$	$2 \frac{21}{32}$	$6 \frac{9}{32}$	$1 \frac{1}{16}$	$2 \frac{3}{32}$
TB 4	2-3	$8 \frac{1}{4}$	$16 \frac{1}{8}$	$4 \frac{1}{2}$	$5 \frac{3}{8}$	$3 \frac{15}{16}$	$3 \frac{13}{16}$	$1 \frac{3}{8}$	$1 \frac{3}{16}$
TB 6-8	2-3	$8 \frac{1}{2}$	$21 \frac{7}{8}$	$5 \frac{7}{8}$	$7 \frac{1}{16}$	$8 \frac{5}{16}$	$12 \frac{1}{16}$	$1 \frac{3}{8}$	$5 \frac{1}{8}$

TABLA II DIMENSIONES DE DISYUNTORES SEGUN TIPOS (Pulg.)

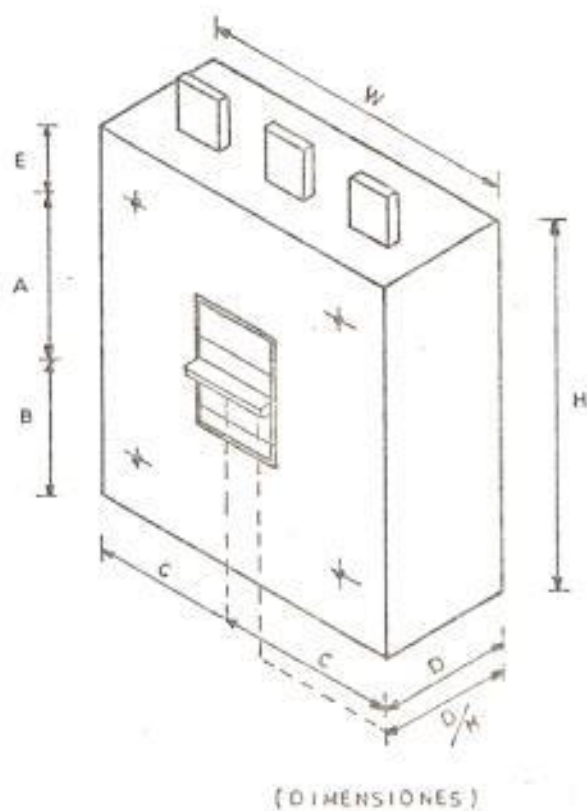


FIG. B DISYUNTOR (DIMENSIONES)

ración y lo abre automáticamente cuando por él circula una corriente alta predeterminada (sobrecorriente) o una corriente de cortocircuito. Si estas corrientes no sobrepasan las corrientes límites de diseño del dispositivo, éste no se destruirá.

Termomagnético: Este término nos indica un cortacircuito que tiene simultáneamente disparo con características de tiempo inverso (térmico) e instantáneo (magnético).

Disparo Instantáneo: Indica que no se ha introducido retardo de tiempo en la acción de disparo.

Tiempo Inverso: Indica que se ha introducido un retardo de tiempo en la acción de disparo. Este retardo decrece a medida que la corriente aumenta.

Disparo Instantáneo Ajustable (solo magnético): Describe la acción sobre el disparo instantáneo de un cortocircuito, pero no sobre el disparo con característica de tiempo inverso (térmico).

Cortacircuito en caja moldeada: Es un interruptor que abre solo en respuesta a la acción de un operador. No posee protección de sobrecorriente.

Botón de disparo: Es un botón que dispara mecánicamente el interruptor simulando el disparo por sobrecorriente.

En cuanto a su capacidad, un breaker deberá ser seleccionado para que interrumpa cuando por él circule una sobrecorriente de 150% de la corriente de carga normal, como se indica en el código eléctrico nacional.

Aún cuando los breakers son probados en fábricas, es posible realizar pruebas adicionales si el caso lo requiere, previo al montaje en un tablero. Existen equipos que pueden simular cortocircuitos haciendo atravesar por los breakers corrientes nominales de cortocircuito para observar su eficiencia. Para realizar esta prueba puede usarse el probador de breakers de Multi - Amp. Co. que viene en distintos modelos tales como el MS - 1A; CB-8130; CB-8160.

III.2 EQUIPO DE MEDICION.

III.2.1 VOLTIMETROS Y AMPERIMETROS.-

Los voltímetros y amperímetros son elementos de uso frecuente en los tableros eléctricos, toda vez que el registro de voltajes y corrientes para efectos de control de un sistema eléctrico es algo indispensable.

Cada aparato a instalarse deberá contener una placa de identificación en la cual se especifique:

- Número de serie.
- Voltaje nominal.
- Corriente nominal.
- Frecuencia de trabajo.
- Valor de escala completa.
- Terminales de resistencias (especificar si es interna o externa, para el caso de voltímetros).
- Razón de transformación en caso sea necesario usar transformadores.

Para circuitos con amperaje mayor a 20 Amperios, se aconseja el uso de transformadores de corriente.

Para circuitos de voltajes nominales superiores a los 650 V. se deberá usar transformadores de corriente para propósitos de aislamientos (Catalog. GEH-1539B. General Electric).

En el diagrama de construcción del tablero eléctrico se señalará el sitio donde estará ubicado el dispositivo de medición indicando las dimensiones exactas del espacio en el cual se ha hecho el corte, para su rápida localización.

En lo referente a las conexiones, éstas deberán ser indicadas en los diagramas eléctricos, señalando claramente sus vínculos con todos los elementos del tablero. Todos los elementos deberán tener aterrizada su carcasa a travez del tablero.

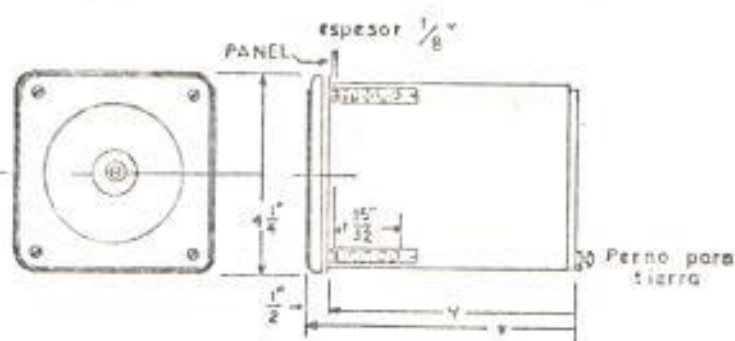


FIG. a

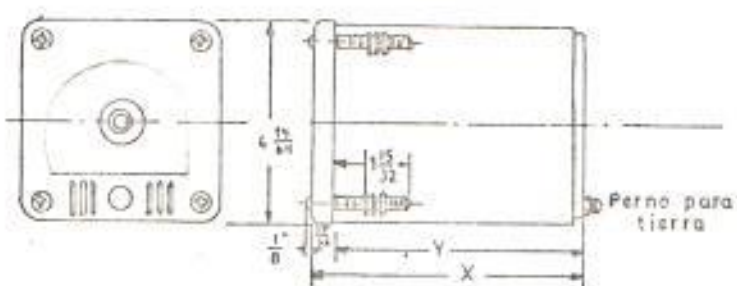
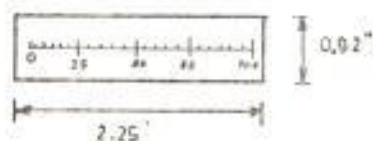


FIG. b

LOS VALORES DE X VARIAN ENTRE $3 \frac{15}{32}$ Y $5 \frac{11}{16}$

SEGUN EL TIPO DE APARATO

LOS VALORES DE Y VARIAN ENTRE $2 \frac{27}{32}$ Y $5 \frac{5}{16}$



Escala Rotacion 53°
Longitud 1785°

FIG. 9 FORMA Y DIMENSIONES DE APARATOS DE MEDICION

En el caso de que hubieren muchos instrumentos de medición, se recomienda el uso de regletas, con las cuales se organiza cableado y permite una revisión más fácil y sin riesgo de cortocircuito en sus terminales de entrada y salida.

Elementos con que se dispone en nuestro medio:

Marca General Electric tipos AB y DB, tanto para corriente alterna como para corriente continua. Son de fabricación norteamericana.

Existe también en el mercado, elementos de fabricación nacional los cuales son los que se usan con mayor frecuencia.

Voltímetro doble EQD	2x (0 - 300 v) 60 Hz. Marca Celsa.
	2x (0 - 600 v) 60 Hz.

Amperímetros EQS	Varias Escalas.
------------------	-----------------

0 - 100 A

100 - 200 A

250 - 500 A

400 - 800 A

III.2.2 VATIMETROS - FRECUENCIMETROS - RELES.

De manera general, las especificaciones son similares a las in-

dicadas para voltímetros y amperímetros. Cada uno de los aparatos deberá tener una placa en la cual se especifique sus valores nominales de voltaje y corriente de manera clara. En el caso de que el voltaje y/o la corriente excedan los valores indicados de placa, se deberá instalar transformadores de razón indicada en la misma.

Las dimensiones exactas así como la ubicación precisa en el tablero deberán ser señaladas en los diagramas de diseño de tableros.

RELES.

Generalmente los relés de protección son operados a partir de transformadores de instrumentos con un amperaje nominal de 5 amperios y 120 voltios en el secundario y desde una estación de batería normalizada (EBASCO) de 60 celdas. Es de anotar que en EMELEC se emplean para el efecto baterías de 60 y 24 celdas. Además deberán ser equipados con reset externos, de acción positiva y con indicadores de operación. El retardo de tiempo y el elemento de disparo instantáneo deberán ser eléctricamente independientes.

Tipos de relés auxiliares disponibles:

General Electric tipo HGA y HFA.

Westinghouse tipos SG y MG.

Allen Bradley Boletín 700N, 700NT, 700NP.

Square D clase 8.501 tipos GO 40, GO 80, GO 40 GD.

Los tipos citados podrán instalarse ya sea semi - empotrados o sobrepuestos. En este último caso se necesitará cierta provisión contra el polvo.

III.3 SEÑALIZACION.

Elementos muy importantes de un tablero eléctrico son los que tienen que ver con la señalización. Los más importantes son - las luces indicadoras y las señales de alarma dados por bocinas o timbres, las cuales dan a conocer la presencia de algo anormal en el sistema.

III.3.1 LUCES INDICADORAS.

Se usan por lo general acompañadas de pantallas de colores rojo, verde, blanco, ámbar. Cada color representa algún estado de energía del sistema o de una parte del mismo. Así tenemos:

COLOR	REPRESENTA.
Rojo	Flujo de energía
Verde	No hay flujo de energía.

COLOR

REPRESENTA

Blanco

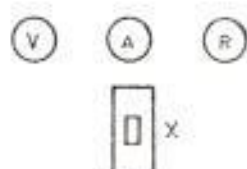
Potencia disponible
en el circuito de -
control.

Ubicación: Se los coloca de preferencia en la parte frontal. Las luces roja y verde asociadas con un interruptor deberán estar como se indica en (a) si se especifica también una luz ámbar, ésta irá entre la roja y la verde. Igual distribución se tiene con luces asociadas a botoneras de arranque y paro. (figura # 10).

En cuanto a nivel de voltaje, estos podrían ser de voltaje igual o menor al de los circuitos de fuerza. Por lo general se usa a 110 v. aún cuando existen controles que usan directamente 220 v. o voltajes menores como 24 v.

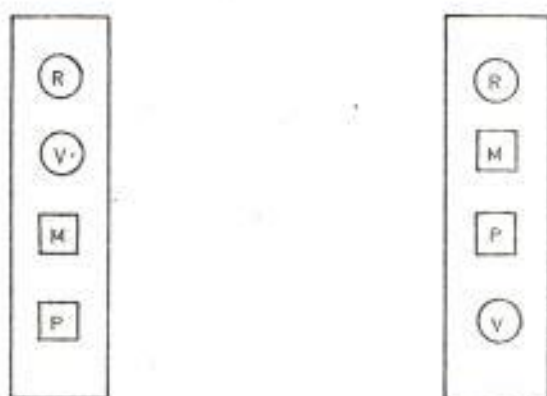
Las dimensiones de los elementos de señalización deberán también tomarse en consideración para su correcta ubicación. Se deberán guardar las distancias de seguridad entre partes vivas y partes energizadas y tierra, sobre todo las distancias entre los elementos a ubicarse en paredes frontales o puertas y los elementos que van en el interior.

Los catálogos de las empresas fabricantes proveen la informa -



V: LUZ VERDE
 R: LUZ ROJA
 A: LUZ AMBAR
 X: INTERRUPTOR

CONFIGURACION HORIZONTAL



CONFIGURACION VERTICAL

FIG.10. DISPOSICION DE BOTONERAS Y LUCES DE SEÑALIZACION

ción necesaria para el efecto.

III.3.2 BOCINA - ALARMA.

Por lo general va conectada fuera del tablero, pero pudiera instalarse sobre su exterior. Irá conectada a la regleta de control del tablero, recibiendo la señal del elemento sensor de alguna irregularidad en el sistema.

III.3.3 BARRAS SIMULADORAS.

Estos elementos no son obligatorios en la construcción de tableros, son adicionales. Son en realidad láminas delgadas de material plástico adheridas a la parte frontal y con las cuales se presenta el diagrama de conecciones que indique el flujo de energía a partir del tablero hasta cada uno de elementos controlados por los dispositivos instalados en su interior. Esto puede ir acompañado también de gráficas que indiquen el proceso de producción.

III.4 CONDUCTORES.

III.4.1 MATERIALES CONSTITUYENTES.

Básicamente un elemento conductor está formado por pletinas, un hilo o hilos metálicos conductores, recubiertos por una o varias capas de material aislante.

La parte conductora puede ser de cobre o aluminio. Los primeros son los más usados por su mejor resistencia mecánica y mayor conductividad eléctrica. Las propiedades de ambos metales se presentan en cuadros comparativos en el punto correspondiente a barras colectoras.

En lo referente al recubrimiento, éste puede ser de materiales plásticos o elastómeros.

Un material plástico es una mezcla de algunos materiales:

El material básico es una resina sintética la cual tiene propiedades dieléctricas. A esta sustancia se le agregan diversos aditivos que mejoran sus propiedades mecánicas y químicas tales como plastificantes que proporcionan flexibilidad y elasticidad; los estabilizadores que se encargan de contrarrestar los efectos químicos exteriores, los endurecedores que sirven para darle mayor consistencia al material. Los plásticos usados en la fabricación de recubrimientos para conductores son : el cloruro de polivinilo y el polietileno.

El otro tipo de aislante es el de los elastómeros. Estos son materiales elásticos, de origen natural o sintético. Tienen la

particularidad de extenderse cuando se somete a una tensión mecánica que no pase su límite de elasticidad y recuperar su forma original cuando se deja de ejercer la fuerza de tensión. Entre los materiales de este tipo tenemos: el caucho natural, - el policloropeno y el polisobutileno - isopremo (caucho Butílico).

El caucho natural es sometido a temperatura de 130 a 150°C. para obtener el caucho vulcanizado que es el usado como cubierta aislante.

III.4.2 TIPOS DE CONDUCTORES.

Según sus materiales constituyentes, se ha indicado, que pueden ser de cobre, de aluminio o de aleación de ambos. Pueden ser de un solo hilo (alambre) o de varios hilos finos (cable).

Además es de indicar que el conductor puede estar constituido a su vez por algunos conductores aislados, conociéndose este tipo como cable concéntrico (2 en 1, 3 en 1, etc. según el número de conductores que contenga). Presenta la ventaja de tener doble protección, la propia y la que recubre el conjunto.

El recubrimiento puede ser de material plástico o derivado del caucho (cloruro de polivinil o caucho butílico respectivamente).

te). Esta especificación es válida sobre todo en el cable para los circuitos de fuerza.

Para cables de control tenemos que considerar lo siguiente:

Los conductores individuales de un cable de control de conductores múltiples deberán tener una cubierta fibrosa aplicada sobre el aislamiento. Cuando una capa de material es usado sobre conductores individuales éste deberá ser tejido de yute de algodón y el espesor deberá estar de acuerdo a la tabla que se indica a continuación. En ella se prevee el uso de capas de material de algodón clase A.

Diámetro bajo la capa de algodón. (pulg.)	Espesor Mín. de la capa. (pul.)	Tamaño Mín. y capas de yute.
0 - 0,200	0,015	30/2 o 14/1
0,201 - 0,350	0,017	26/2 o 12/1
0,351 - 0,800	0,020	20/2 o 10/1
0,801 - 1,500	0,026	12/2

TABLA # 3

La razón por la cual se recomienda este recubrimiento adicional es debido a que con este recubrimiento, los cables se hacen más

resistentes a la combustión.

III.4.3 CODIGO DE COLORES.

En cuanto a identificación se refiere, para cables de fuerza se tiene un código de colores que deberá seguir según la tabla siguiente:

No. de conductores.	Código de colores.
2	Negro - blanco
3	Negro - blanco - rojo
4	Negro - blanco - rojo - azul

Para cables de control existen una variedad más amplia de colores, los cuales incluyen además de los enunciados en el cuadro anterior, el café, el naranja, el verde. Al repetirse los colores, éstos se diferencian con una banda de otro color la cual se extiende a lo largo de toda la longitud del cable.

Conductor de tierra: El calibre de este conductor estará de acuerdo a los requerimientos del código eléctrico en vigencia, el cual indica que este conductor deberá ser capaz de soportar el 75% de la corriente total en condiciones de carga nominal.

En cuanto a su color, se ha normalizado que éste deberá ser de

color verde o verde con una banda amarilla longitudinal al cable. Se deberá observar esta norma y tratar de no usar este conductor como conductor de fase.

- Cuando los conductores deban ser expuestos a temperaturas elevadas como es el caso de equipos con resistencias calefactoras, el tipo que se usa es el de revestimiento de asbesto, el cual no permite que debido a la acción del calor, el recubrimiento se ablande y funda con el consiguiente peligro de cortocircuito.

III.5 BARRAS COLECTORAS.

III.5.1 MATERIALES DE FABRICACION - PROPIEDADES -

Una barra colectora es un elemento destinado a recibir la energía eléctrica proveniente de una fuente determinada y a su vez sirve como punto de transmisión de la misma a los diferentes circuitos de un sistema de fuerza y/o de control.

El material con el que se fabrican las barras es generalmente el cobre aunque también las hay de aleación de cobre así como de aluminio y aleaciones de este metal con magnesio y silicio.

Esta combinación da origen a un material con una mejor resis^{ten}

cia mecánica.

A continuación tenemos una tabla en la cual se muestran las propiedades tanto del cobre como del aluminio, de manera comparativa. Las propiedades del cobre han sido tomadas como referencia.

PROPIEDADES.	COBRE.	ALUMINIO.
Peso por unidad de longitud para igual conductividad.	1.0	0.50
Conductividad para áreas iguales.	1.0	0.56
Esfuerzos de tensión.	1.0	0.40
Dureza.	1.0	0.44
Módulo de elasticidad.	1.0	0.55
Coefficiente de expansión térmica.	1.0	1.39
Punto de fusión.	1.0	0.61

TABLA # 4 : Propiedades generales del cobre y el aluminio.

La tabla 4 nos presenta las características de los indicados metales. Observemos que en casi todas las características el cobre supera al aluminio. La excepción es el coeficiente de ex -

pansión térmica. Esto hace que el uso de cobre o sus aleaciones sean más usados, sobre todos en barras colectoras ya que combinando esta propiedad con la de , que el aluminio es menos duro - tenemos que es más fácil que los pernos que sujetan las barras - a sus estructuras de soporte, se aflojen.

III.5.2 ESPACIAMIENTO ENTRE BARRAS.

La tabla a continuación (Tabla 5) nos proporciona las distancias mínimas entre fases o entre fase y tierra, para barras instaladas en interiores.

Los valores en la tabla 5 están tomados para lugares cuya altura sobre el nivel del mar no exceda los 1.000 metros. Las distancias dadas deberán ser incrementada en un 3% por cada 300 mts de altura sobre los 1.000 metros de referencia.

La contaminación atmosférica debido a humos, productos químicos ambientes salinos requieren que las distancias de seguridad dadas en la tabla # 5 sean incrementadas en un 25%.

Tenemos entonces por ejemplo, al construir un tablero para ser instalado en la ciudad de Quito, la distancia entre barras deberá incrementarse en un 18% de manera tal que se disminuya la probabilidad de que se produzcan arcos entre barras.

DIMENSIONES (mm)	AREA TRANSV. (mm ²)	CORRIENTE NOMINAL (AMP.)
25 x 12.5	31.25	159
16.0	40.0	195
20.0	50.0	235
25.0	62.5	285
31.5	78.75	347
40.0	100.0	426
50.0	125.0	516
63.0	157.5	630
4 x 16.0	64	254
20.0	80	305
25.0	100	367
31.5	125	445
40.0	160	542
50.0	200	660
63.0	252	802
80.0	320	900
10.0	400	1185
6.3 x 25.0	157.50	473
31.5	199.45	589
40.0	252.0	693
50.0	315.0	832
63.0	396.9	1010
80.0	504.0	1220
100.0	630.0	1465
125.0	787.5	1755
160.0	1008.0	2145
10 x 50.0	500	1060
63.0	630	1260
80.0	800	1525
100.0	1000	1800
125.0	1250	2150
160.0	1600	2620
200.0	2000	3140
250.0	2500	3710
16 x 100.0	1600	2220
125.0	2000	2640
160.0	2560	3180
200.0	3200	3760
250.0	4000	4500
315.0	5140	5370

TABLA VI. BARRAS-DIMENSIONES

TABLA VI b. BARRAS - DIMENSIONES

DIMENSIONES <small>(MM x MM)</small>	AREA <small>TRANV. mm²</small>	CORRIENTE NOMINAL (A)					
		1 Barra	2 Barras	3 Barras	4 Barras	5 Barras	6 Barras
25 x 12	30	118	210	285	360	425	480
16	40	151	275	395	490	580	655
20	50	183	320	450	575	675	770
25	62,5	223	390	540	685	800	910
30	75	263	480	660	840	990	1115
40	100	342	610	860	1080	1260	1425
4 x 12	48	156	290	420	536	620	700
16	64	198	340	470	600	710	815
20	80	238	410	570	720	850	955
25	100	290	530	755	950	1110	1250
30	120	339	600	845	1060	1245	1400
40	160	434	750	1050	1320	1550	1750
50	200	532	905	1260	1575	1825	2035
6 x 12	72	200	350	480	610	720	825
16	96	252	450	640	805	960	1075
20	120	301	550	750	1000	1170	1320
25	150	364	640	900	1120	1320	1485
30	180	424	730	1025	1290	1520	1720
40	240	545	935	1310	1620	1900	2130
50	300	660	1130	1580	1950	2255	2505
60	360	782	1350	1870	2200	2630	2885
80	480	995	1700	2310	2745	3070	3370
100	600	1215	2050	2770	3150	3490	3745
120	720	1415	2415	3180	3640	3985	4270
160	960	1830	3100	4050	4600	5025	5340
10 x 40	400	720	1230	1710	2110	2425	2670
50	500	870	1500	2060	2505	2850	3100
60	600	1015	1750	2350	2795	3120	3380
80	800	1250	2215	2940	3355	3675	3950
100	1000	1565	2650	3465	3940	4315	4635
120	1200	1810	3050	4010	4560	4980	5290
160	1600	2310	3940	5170	5870	6300	6620
200	2000	2795	4750	6160	—	—	—
250	2500	3365	5720	—	—	—	—
16 x 100	1600	1350	3260	4250	4890	5340	5660
120	1920	2255	3850	5030	5700	6130	6450
160	2560	2840	4830	6260	—	—	—
200	3200	3395	5780	—	—	—	—
250	4000	4095	6500	—	—	—	—

III.5.3 BARRAS DE TIERRA.

La barra de tierra deberá tener las mismas características físicas de las barras utilizadas para las fases. Es generalmente más delgada que ellas, dada la corriente que pudiera conducir. La ampacidad mínima para las barras de tierra es del 70% de la ampacidad de las barras de fase.

La ubicación de ésta (barra de tierra), es por lo general separada de las barras de fase y deberá estar conectada directamente a la estructura metálica del tablero.

III.6 AMPACIDADES.

En lo referente a la ampacidad de los conductores cableados, el código eléctrico nacional en vigencia, seguirá siendo la guía a seguir para la adecuada selección del calibre del conductor.

En cuanto a la ampacidad de los conductores en forma de barras de cobre y de aluminio, la tabla 6 nos sirve de referencia para seleccionar las dimensiones de la barra a utilizar.

Es de anotar, que en la selección de la barra adecuada es necesario considerar las perforaciones que se realizarán en éstas,

toda vez que un hueco representa una disminución de la sección transversal, por lo tanto una disminución de la capacidad de conducción.

III.7 CONEXIONES.

III.7.1 DIAGRAMAS.

Complementando la construcción de un tablero eléctrico es necesario elaborar los diagramas de conexiones de los elementos que lo componen.

Se elaborará un diagrama en el cual constará la ubicación física de los elementos con las respectivas dimensiones. Cada elemento será numerado para su posterior identificación. En este diagrama se dibujará el cableado indicando su trayectoria a través del tablero. Se distinguirá entre cables de control y cables de fuerza ya sea mediante un trazado de espesor diferente para cada circuito o haciendo uso de colores diferentes para su fácil identificación.

Los terminales de los elementos serán también enumerados. Podrá este número ir acompañado de una letra para su correcta identificación. Los bloques de conexión de las regletas debe-

rán también llevar una numeración de acuerdo a los diagramas.

III.7.2 AMARRE Y SUJECION DE CONDUCTORES.

En su trayectoria, los cables son generalmente amarrados de tal manera que vayan agrupados según a los elementos a los cuales se dirijan o al sector del tablero donde llevarán la energía eléctrica.

Los amarres se hacen con bandas de material plástico de diferente magnitud según sea la cantidad de cables a atar. La distancia a la cual se amarrarán los cables no se especifica de manera determinada, pero sí deberá observarse que la sujeción de los conductores sea efectiva y guarde un cierto orden. Existe también otro tipo de amarres para cables. Estos se hacen mediante un tipo de piola muy resistente. Esto último no es muy usado en los tableros que se construyen actualmente.

Cuando el número de cables es tal que sea impráctico llevarlos atados, se hará uso de bandejas a lo largo de toda su trayectoria. (canaletas).

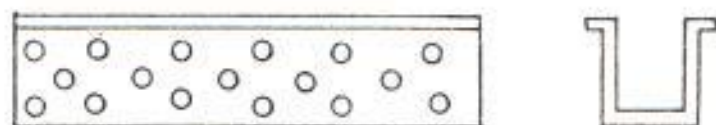
III.7.3 CANALETAS.

Las canaletas son elementos auxiliares de un tablero eléctrico. Se utilizan para alojar y conducir grupos de conductores que van de uno a otro lugar del tablero, interconectando sus elementos.

Las canaletas pueden ser fabricadas de material plástico o metálico, siendo éstas últimas las más recomendables pues el material plástico es fácilmente combustible.

En cuanto a la forma y dimensiones tenemos, que se prefiere que sean de forma rectangular, más altas que anchas para evitar ocupar más espacio interior de manera innecesaria. En el mercado existen canaletas de diferentes dimensiones según la cantidad de cables a alojar. Se estima que su espacio interior deba ser ocupado solamente en un 60% , dando lugar a ampliaciones futuras.

En cuanto a los tipos de canaletas tenemos del tipo cerrado con perforaciones laterales y del tipo abierto con particiones laterales. Estas canaletas pueden ser provistas de tapas según el ambiente contenga o no polvo u otras partículas. La figura 11 ilustra lo dicho anteriormente.



CANALETA CON PERFORACIONES LATERALES



CANALETA CON PARTICIONES LATERALES

FIG 11. CANALETAS - TIPOS

III.7.4 REGLETAS - BLOQUES DE CONEXION -

Las regletas son elementos auxiliares de mucha importancia ya que ellas son utilizadas como punto de conexión de los elementos de un tablero. Se utilizan sobre todo cuando a un terminal de un elemento deberán llegar más de dos conductores. De esta manera se facilita la conexión.

Dada la cantidad de puntos de conexión que posee una regleta y la proximidad entre uno y otro punto, se hace necesario especificar las distancias de seguridad que deberán guardar. Las distancias desde partes vivas no aislantes y partes similares de polaridad opuesta o de diferente potencial a partes metálicas (que no sean las paredes de las cajas) las cuales podrán ser aterrizadas cuando se instale el bloque de terminales no deberán ser menores a las indicadas en la tabla a continuación.

V ac rms	DISTANCIAS MINIMAS	
	En el aire (pulg.)	A lo largo de una superficie limpia (pulg.)
51 - 150	0,125	0,250
151 - 300	0,250	0,375
301 - 600	0,375	0,500

Tabla 7: Distancias de seguridad en bloques de terminales.

Capacidad de conducción de los bloques de terminales: Los bloques de terminales deberán ser capaces de conducir la corriente del máximo conductor que puedan aceptar.

La elevación de temperatura máxima aceptable será de 30°C. Para mayores detalles se deberá recurrir a las tablas 310-16 y 310-18 del código eléctrico nacional.

Importancia del uso de regletas: Cuando en un determinado tablero existen varios elementos de medición como por ejemplo, voltímetros, que poseen varios terminales, el conjunto de bloques de conexión (regletas) adquiere su importancia sobre todo cuando con un elemento externo se quiere hacer determinadas mediciones (voltajes), la regleta ofrece una forma cómoda de efectuar éste trabajo, sin el riesgo de provocar algún cortocircuito con las puntas de un voltímetro por ejemplo.

A continuación, enunciaremos los distintos tipos de bloques de terminales que se pueden obtener en el mercado. Un bloque de terminales es un dispositivo montado de manera rígida, el cual está compuesto de uno o más miembros conductores. Cada miembro conductor deberá servir como unión de dos o más conductores. También deberá proporcionar medios de conexión o desconexión individual.

- 1.- Tipo pasante: Se extiende a través de la superficie de montaje. Se lo utiliza cuando se quiere tener una conexión directa entre secciones de un panel separado por paredes - sin tener que realizar recorridos largos para lograrlo.
- 2.- Espaldar abierto: En este tipo de bloque de conexión, la parte viva del mismo, no se asienta sobre la base aislante sino que existe un espacio entre ambas. (figura # 12).
- 3.- Espaldar cerrado: A diferencia del anterior, en este caso, el conector se asienta sobre la base aislante.
- 4.- Cerrado: Este tipo de terminal, posee una capa de material aislante sobre él, a excepción de los pernos de ajuste.
- 5.- Seccional: Es un bloque de terminales constituido de unidades individuales, las cuales se pueden ensamblar unas junto a otras construyendo así el número de circuitos necesarios.
- 6.- Modular: Este tipo de bloque está constituido de unidades individuales, pudiendo cada una de éstas contener, uno o dos elementos conductivos. Entre una y otra unidad no se requieren barras separadoras.
- 7.- Cortocircuitable: Son bloques de terminales que poseen una barra conductora delgada capaz de unir dos o más puntos de

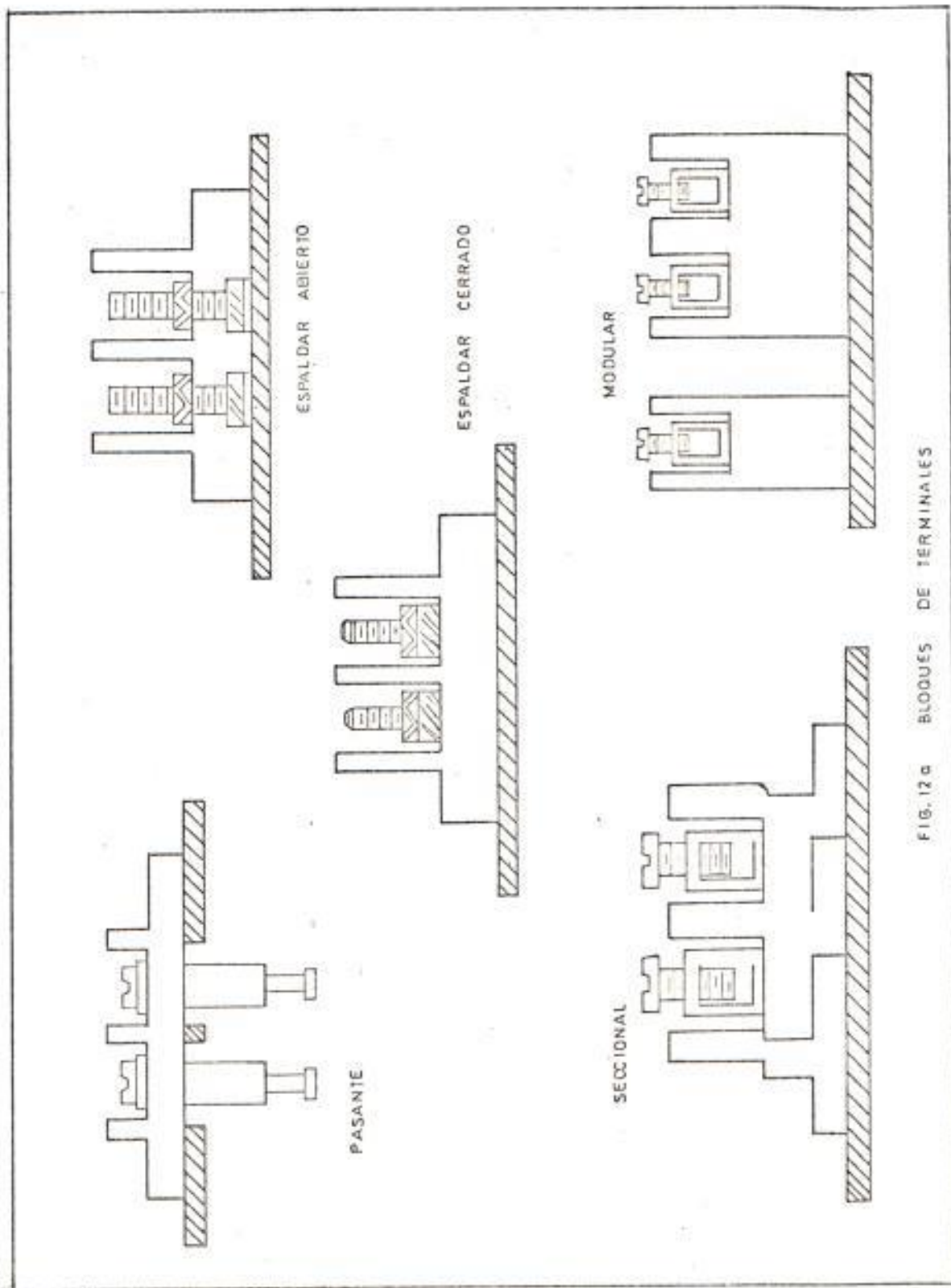
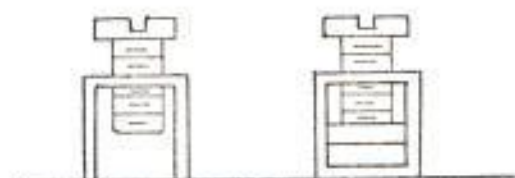
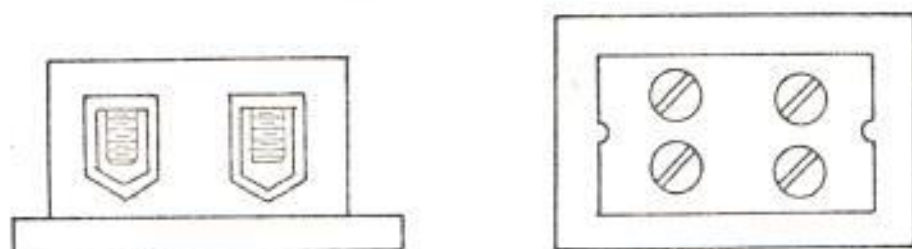
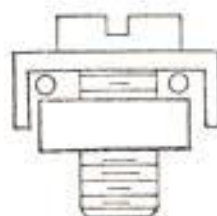


FIG. 12 a BLOQUES DE TERMINALES

TIPO CERRADO



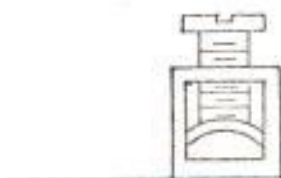
Conector tipo tubular de presión. (cara plana)



Tipo tornillo de presión



Tipo tornillo de presión. (cabeza de anillo).



Tornillo de presión (placa curva).

FIG. 12b TIPO DE CONECTORES

sus terminales. Es de mucha utilidad ya que evita el uso de cables (puentes) entre puntos de las regletas lo cual permite despejar los orificios de los conectores terminales, que de otro modo estarían más recargados dificultando la segura sujeción que debería existir.

En la figura 12 tenemos la variedad de bloques de terminales enunciada. Tenemos también los tipos de conectores que se utilizan en cada uno de dichos bloques. Cada conector tiene la finalidad de prensar los cables de manera tal que asegure una buena continuidad de la corriente eléctrica.

III.7.5 AISLADORES.

Una vez seleccionada la barra adecuada (sea ésta de cobre, aluminio o aleación) , es decir determinadas sus dimensiones, es necesario que al ser montada en una de las paredes interiores de un tablero se tomen todas las previsiones que el caso requiere o sea se deberá considerar las distancias mínimas de seguridad tanto de las barras a tierra como la distancia entre barras (fases). Esto implica una correcta selección de los elementos aisladores.

El tipo de aislador generalmente usado en este caso es el de soporte de barras y pueden ser de fibra o de porcelana. Este tí-

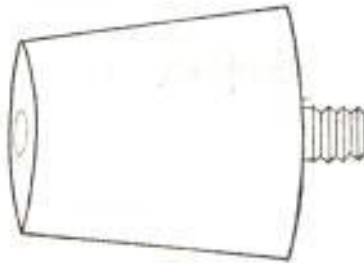
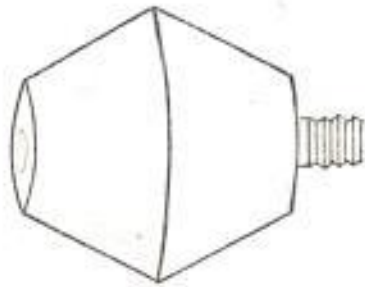


FIG. 13 AISLADORES: TIPOS

po de aislador tiene la forma que se indica la figura # 13.

Posee en ambos extremos provisión para pernos los cuales se fijan, el uno a su respectivo soporte sobre la pared del tablero y el otra la barra.

Tomando en consideración que el espaciamiento mínimo barra-tierra hasta los 415 voltios (para el interior de tableros) no deberá ser menor que $5/8$ de pulgadas (Tabla 5) y dejando una distancia de $1/2$ pulgada por cada lado para que los pernos de sujeción puedan ser roscados, se considera una longitud total de aislador (altura h) de $1\ 1/2$ pulgada la cual cae dentro de los límites de seguridad previstos.

En lo referente a la distancia entre barras de fase, para el caso que se está analizando (hasta 415 volts.), el espaciamiento mínimo deberá ser de $3/4$ de pulgada (19 mm.). Esta distancia no es de principal interés para la selección del aislador.

En cuanto a las características del material de fabricación, éstas se enunciaron en el capítulo I de este trabajo (Materiales para la construcción).

En lo referente a la selección de pernos, éstos se hacen en base a los máximos esfuerzos que deberán soportar (esfuerzo de cortocircuito). Esto se indicará en un capítulo posterior.

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS DE DISEÑO

IV.1 TAMAÑO Y CONFIGURACION.-

Al diseñar un tablero eléctrico se busca siempre un compromiso entre el aspecto económico y el aspecto técnico, aún cuando este último deberá prevalecer sobre el primero.

Las cajas deberán ser lo más pequeñas posibles, guardando las distancias de seguridad reglamentarias entre partes vivas y paredes de las cajas y aberturas, así como también las distancias necesarias para realizar trabajos de mantenimiento y futuras ampliaciones dependiendo de la carga a la cual estará destinado a soportar su interruptor principal.

Cuando una caja va a ser colocada sobre una pared, es preferible que sea larga y angosta. Para el caso de una caja larga y angosta que desee colocarse sobre el piso, es necesario proveerla de algún dispositivo de soporte que la fije sobre el piso, pues dada su escasa superficie de base, estará propensa a voltearse.

Para determinar las proporciones de una caja montada sobre el

piso es necesario establecer cuán alto deberán estar colocados los mecanismos externos de operación. Esta longitud se la establece de la práctica, considerando la altura promedio de cualquier operario y su alcance sin ninguna dificultad al elemento de desconexión principal. Así mismo se establece una altura máxima para un tablero eléctrico en base a las facilidades que se deberán proveer para las posteriores labores de mantenimiento. Así tenemos:

Altura máxima de un tablero: 96 Pulgadas.

Altura máxima del dispositivo principal de desconexión: 78 Pulgadas.

IV.1.1 PROFUNDIDAD.-

Al aplicar este término, estamos hablando del fondo que deberán poseer los tableros. En lo referente a este punto, debemos indicar que no existen distancias normalizadas. Se establece como referencia la profundidad del elemento de mayor fondo que va a ser encerrado por el tablero (con todos sus accesorios). También se puede tomar como referencia la tubería de mayor diámetro que va a llegar al tablero, de acuerdo con los cables de acometida al mismo.

Se considera que un tablero no es autosoportable si tiene una

base menor a 15 x 20 pulgadas, en cuyo caso habrá que proveer al tablero de los elementos de fijación en pared y en el piso.

IV.1.2 ESPACIO PARA ALAMBRADO.-

El llamado espacio para el alambrado es la distancia que debe existir entre el terminal para el cable o conector de cable a ser usado y la pared a la cual el conductor será dirigido. Además dará el espacio necesario para que pueda caber cualquier herramienta manual para doblar y apretar el cable en los terminales correspondientes. Este espacio no deberá estar ocupado por ningún otro elemento del tablero.

En la tabla 8 se indican estos espacios, según el calibre de los conductores y del número de conductores que se ha usado por fase. La tabla nos da hasta 8 conductores por fase para calibres desde 400 MCM hasta 900 MCM.

IV.1.3 ABERTURAS PARA VENTILACION.-

A cada tablero es necesario suministrarle alguna forma de ventilación en vista de la disipación de calor que se produce en condiciones normales de trabajo de todos sus elementos, sobre todo cuando alguno de éstos es un elemento calefactor.

La ventilación que se suministrará puede ser natural o forzada. En el primer caso se provee a los tableros de varias ra -

CALIBRE DEL CONDUCTOR	MINIMO ESPACIO PARA DOBLAR CABLES [pulg] CONDUCTORES x FASE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
14-8	NO SE ESPECIFICA							
6	1 1/2							
4-3	2							
2	2 1/2							
1	3							
000	3 1/2	5	7					
000-0000	4	6	8					
250 MCM	4 1/2	6	8	10				
300-350 MCM	5	8 (7)	10 (8)	12 (9)				
450-500 MCM	6	8 (7)	10 (8)	12 (9)	14	16	18	20
600-700 MCM	8	10 (8)	12 (9)	14 (10)	16	18	20	22
750-800 MCM	8	12 (10)	14 (11)	16 (12)	18	20	22	24
1000-1250 MCM	10							
1500-2000 MCM	12							

TABLA VIII. ESPACIO PARA EL CABLEADO

Los valores entre paréntesis pueden ser usados cuando la profundidad del espacio para cableado es 12" o más y al mismo tiempo solo se requiera una sola curva a 90° dentro de esa distancia.

nuras en las paredes laterales o de aberturas en la parte inferior, cuando el ambiente en el cual van a ser instalados no es contaminante. Estos espacios huecos son cubiertos por pantallas perforadas no deberán tener un espesor menor a 0,042 pulg. (1.1 mm.) si son de acero y no menor a 0,058 pulgad. (1,47 mm.) si son de material no ferroso.

La ventilación forzada se hace necesaria cuando se requiere un flujo de aire más continuo en virtud de eliminar el calor liberado por resistencias calefactoras.

IV.2 ESPESOR DE LAMINAS METALICAS.-

Las hojas metálicas a usarse en las cubiertas, frente y puertas de un tablero eléctrico deberán tener el espesor adecuado para evitar deformaciones posteriores tanto debido al peso de los elementos que tendrán que soportar, cuanto por los esfuerzos de cortocircuito.

Se ha establecido el espesor mínimo que deberá tener una lámina metálica, ésto basado en las dimensiones máximas: el lado de mayor longitud y la máxima área.

La tabla 9 muestra el mínimo espesor requerido tanto para cajas empotradas en paredes como para cajas sobrepuestas y auto-soportadas de distintos metales tales como acero, alu -

DIMENSIONES MAXIMAS		E S P E S O R M I N I M O									
		C A J A S E M P O T R A D A S					C A J A S S O B R E P U E S T A S				
		A C E R O		A l , C u			A C E R O		A l , C u		
LINEAL (pulg)	AREA (cm ²)	RECUBIERTO	NO RECUB.	Ø	Ø	Ø	CUBIERTO	NO CUBIERTO	Ø	Ø	
7 (178 mm)	32 (206)	0.056 (1.42)	0.053 (1.35)	0.075 (1.91)	0.075 (1.91)	0.056	0.053	0.075	0.075	0.075	
18 (457)	135 (870)	0.070 (1.78)	0.067 (1.70)	0.095 (2.41)	0.095 (2.41)	0.056	0.053	0.075	0.075	0.075	
24 (610)	360 (2300)	0.070 (1.78)	0.067 (1.70)	0.095 (2.41)	0.095 (2.41)	0.056	0.053	0.075	0.075	0.075	
40 (1020)	1000 (2540)	0.097 (2.46)	0.093 (2.36)	0.122 (3.10)	0.122 (3.10)	0.070	0.067	0.095	0.095	0.095	
60 (1520)	1500 (5700)	0.097 (2.46)	0.093 (2.36)	0.122 (3.10)	0.122 (3.10)	0.097	0.093	0.122	0.122	0.122	
> 60 (1520)	> 1500 (> 9700)	0.126 (2.46)	0.123 (3.12)	0.153 (3.89)	0.153 (3.89)	0.127	0.123	0.153	0.153	0.153	

TABLA IX ESPEJOR DE LAMINAS METALICAS PARA TABLEROS ELECTRICOS. (pulg (mm))

minio, cobre, bronce. Para el caso de acero, se establece el espesor cuando no ha sido tratado, así como el mínimo espesor cuando ha sido tratado con una capa de zinc.

De la tabla anterior se observa que dada la mayor resistencia mecánica del hierro, el espesor de las paredes de los tableros fabricados con este material es menor que las de aquellos formados con paredes de aluminio, cobre y bronce. Es de indicar que estos materiales (Al, Cu, Br) son muy poco utilizados en la fabricación de tableros y en lo que respecta a las constructoras nacionales, no los utilizan.

El mínimo espesor que se indica en la tabla es el de una lámina de 0,056 pulgadas (1,42 mm.), pero existen ciertas excepciones para partes de tableros como aberturas para cerraduras, candados. En este caso podrán ser hasta de unas 0,040 pulgadas.

IV.3 REQUERIMIENTO PARA PUERTAS Y CUBIERTAS.-

Las puertas serán necesarias en cajas que contengan elementos a los cuales hay que tener acceso con frecuencia, tales como fusibles o relés. En otros casos, una cubierta fijada a la estructura mediante tornillos, es suficiente.

IV.3.1 AJUSTE.-

Las puertas deberán estar siempre cerradas de manera fija y previniendo siempre cualquier posible explosión de los fusibles y una eventual producción de fuego en el interior.

En caso de que se produzca una falla por cortocircuito en el interior del tablero, la experiencia señala que ninguna empaquetadura de puerta ha sido capaz de contener los gases calientes que se originan, sin desplazar la puerta. Las puertas de cajas metálicas sin empaquetaduras deberán proporcionar un camino controlado de llama adecuado.

IV.3.2 CAMINO CONTROLADO DE LLAMA.-

Es la mínima longitud de trayectoria entre dos superficies metálicas colocadas a la máxima distancia permitida.

Para cajas montadas en pared: Camino de llama mínimo 1/2" .

Para tableros grandes, aumenta tanto la trayectoria de fuego como el espaciamiento puerta - caja.

Como un ejemplo podemos citar un tablero fabricado con plancha de 0,093 pulgadas de espesor, tendrá una longitud de trayectoria de fuego de 1 1/4" y un espaciamiento de 1/4"

IV.3.3 LOCALIZACIONES PELIGROSAS.-

x: LONGITUD DE LA TRAYECTORIA DE FUEGO

y: ANCHO DE LA TRAYECTORIA DE LA LLAMA

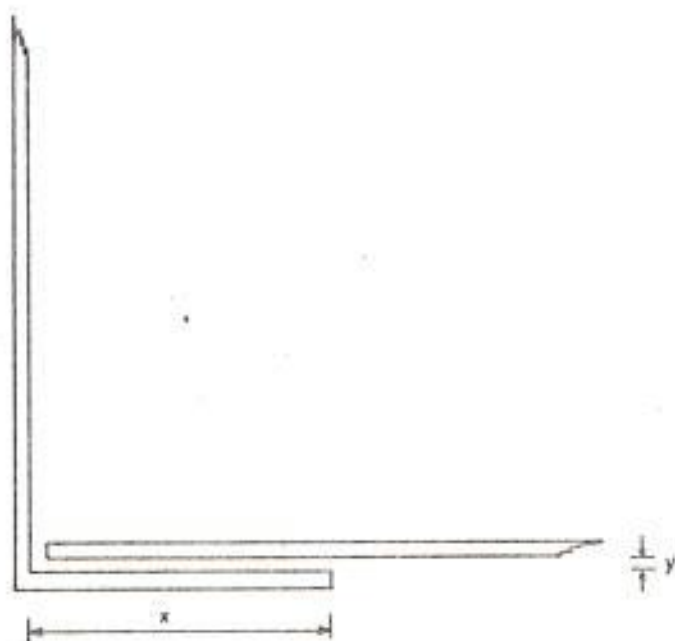


FIG. 14. CAMINO DE CONTROL DE LLAMA

El diseño de cajas para ser usadas en lugares peligrosos debe hacerse previniendo la producción de gases explosivos los cuales al combustionarse debilitarán su estructura.

Un lugar peligroso según se define en el Código Eléctrico Nacional, es el sitio que contiene una atmósfera altamente contaminante o con riesgo de combustionarse con la presencia de la más leve chispa.

Los tableros eléctricos destinados a funcionar en estos sitios deberán resistir las explosiones sin romperse y deberán tener el adecuado camino de llama con el fin de enfriar los gases calientes que se originen en el interior.

Las uniones entre caja y cubierta poseerán el adecuado camino de llama el cual deberá ser largo y angosto y de tal manera que la temperatura de los gases sea bastante baja en el caso que lleguen al exterior.

Las empaquetaduras en las tapas o cubiertas no son aceptadas. Esto es debido a que por lo general, el material del que están hechas es desgastable con el tiempo y además es combustible lo cual incrementaría el problema en caso de contaminación interna.

IV.4. TEMPERATURA

Un aspecto importante a considerar es el límite máximo de temperatura a la cual deberán llegar los elementos elementos en el interior del tablero para condiciones normales de trabajo.

Cada elemento en el interior del tablero tiene su límite máximo particular. El límite máximo involucra a lo siguiente:

- a.- Elementos componentes: Aisladores, barras, transformadores, instrumentos de medición.
- b.- Aire en el interior del tablero.
- c.- Estructura interior.

Para los elementos componentes trabajando a una temperatura normal promedio de 40°C existen valores tabulados de elevación de temperatura y temperaturas máximas.

Para transformadores, la temperatura ambiente promedio para un período de trabajo continuo de 24 horas, no deberá exceder de 30°C y la máxima temperatura ambiente no excederá en 40°C. En caso de que esto no ocurra, se proveerá de ventilación forzada.

A continuación se tiene una tabla en la cual se muestran los límites de temperatura para el material aislante (aisladores) en el interior de tableros. Así:

Clase de Material aislante	Límite Elevac. Temperatura	Temperatura Total
Clase 90	50°C	90°C
Clase 105	60	105
Clase 130	90	130
Clase 155	115	155
Clase 180	140	180
Clase 220	180	220

Los límites de temperatura para barras colectoras encerradas en tableros también han sido tabuladas. Así tenemos los siguientes valores:

Barra y Conexión	Elevac. Max.	Temperatura Total
Cobre a Cobre		
Barra - Barra, Barra		
Cable	30	70
Superficie Plana.	45	85

Como se observa en la tabla anterior, existe un incremento de temperatura máxima permisible de 40°C.

Este incremento de temperatura de 40°C se lo ha tomado considerando que a partir de las temperaturas máximas indicadas, - los materiales aislantes pudieran comenzar a fundirse.

La diferenciación en forma de clases se la realiza considerando la estructura del material aislante. Cada número de clase indica la temperatura total a la cual se permitirá elevar sin que el material sufra daños.

IV.5 CALEFACCION Y VENTILACION.

Cuando exista disipación de calor en el interior de un tablero debido a la presencia de resistencias u otros elementos y ésta afecta al normal funcionamiento de los dispositivos en -

el interior, será necesario colocar un ventilador para producir una circulación forzada de aire al exterior.

Este ventilador deberá ser controlado por un termostato y su puesta en marcha podrá ser manual o automática. Su alimentación será de 120 voltios a.c. y su circuito será independiente del circuito de control. Esto se recomienda para que los continuos prendidos y apagados de éste, no afecten a los elementos que estarían conectados en paralelo con él.

En ocasiones es aconsejable tener disponible otro ventilador trabajando en stand by previniendo cualquier salida de servicio del principal. Esto en caso en que la ventilación forzada no pueda suprimirse.

Si el medio ambiente en el cual van a trabajar los elementos encerrados en un tablero eléctrico es de elevada humedad, es necesario el uso de calentadores con los cuales se consigue un ambiente seco que impida la oxidación frecuente de los tableros.

Cuando el medio en el cual van a trabajar los tableros está expuestos a temperaturas bajo 0°C , es necesario también de proveer su interior de algún elemento calefactor que permita a los dispositivos trabajar sin interrupciones que pudieran producirse debido a la formación de hielo sobre los mismos o a la humedad del ambiente.

Al igual que los ventiladores, estos elementos deberán ser controlados por termostato. Su alimentación sera 120 voltios monofásicos para potencias inferiores a 1.500 Watts. Para resistencias calefactoras hasta 3.000 Watts se deberá tener alimentación trifásica de 208/220 Volts. Esto se hace para evitar desbalanceamientos en el sistema en el caso de altas potencias monofásicas.

Si la potencia a consumirse debido al uso de ventiladores y/o calefactores excede los 5 KVA se hace necesario el uso de transformadores de tipo seco.

IV.5 CONDICIONES DE SERVICIO.

Cuando los tableros utilizan aire como refrigerante, deben ser adecuados para operar en el interior a 1.000 mts. sobre el nivel del mar y a una temperatura ambiente no mayor a 40°C.

Si el lugar en el cual se va a instalar el tablero está a una altura superior a los 1.000 mts, se deberá considerar un factor de corrección para los valores de tensión y corriente, el cual varía con la altitud.

ALTITUD.	FACTORES DE CORRECCION	
	TENSION	CORRIENTE
1.000	1.0	1.0
1.200	0.98	0.996
1.500	0.95	0.99
2.400	0.86	0.97
3.000	0.80	0.96

IV.7 ATERRIZAMIENTO.

Se lo hace a través de tuberías, cable o varillas metálicas. Por lo general, una combinación de estos dos últimos es de uso generalizado.

El objetivo de esto, es de tener un circuito continuo de baja impedancia a tierra para cada una de las placas que hacen de base de los dispositivos encerrados en el tablero. En caso de que exista alguna fuga de corriente a partir de estos, la corriente eléctrica encontrará un camino más fácil a tierra.

En lo referente al código de colores como se dijo en el párrafo correspondiente a conductores, el cable de tierra y en general todo elemento de conexión a tierra se diseñará de -

color verde o verde con rayas amarillas.

Prueba de Aterrizamiento:- Una prueba simple y muy sencilla se tendrá que hacer para certificar la calidad del tablero - en este aspecto: Se instala el tablero conectando su terminal de tierra a la varilla de tierra. A este terminal se conecta un foco (se aconseja de 60 Watts) y al otro terminal se lo conecta a una tensión de 120 volts. Si luego de esto el bulbo se enciende con una luz muy brillante, su circuito de aterrizamiento es el adecuado.

CAPITULO V

TIPOS DE TABLEROS.

V.1 POR SU UBICACION.

Según el lugar donde serán localizados, los tableros pueden ser interiores o exteriores.

Tablero Interior:- Son los más usados. Aún cuando estará diseñados para estar bajo techo, deberá proveerse de protecciones adicionales cuando el medio es considerado como peligroso. Esto es en el caso de ambientes con gases, plantas químicas, refinarias, etc, o atmósferas con presencia de polvo de materia orgánica o inorgánica.

Su uso generalizado se debe a :

- Fácil Mantenimiento.
- Poco Efecto de las Influencias Externas (sol, lluvia, temperatura, etc.).

Tablero Exterior:- Deberán tener provisión para protegerse contra el medio ambiente, de tal manera que no este expuesto a peligros por este motivo.

V.2 POR SU CONFORMACION.

Según como esten estructurados, los tableros se clasifican:

- Tableros Abiertos.
- Tableros con Envolvente Metálica.

Tableros Abiertos:- Como lo indica su nombre, estos presentan sus elementos a simple vista, no poseen cubiertas.

Tableros con Envolvente Metálica:- Poseen paredes, cubierta y base de metal y en su interior se encuentran los distintos elementos de control.

V.3 POR SU NIVEL DE TENSION.

Según el nivel de tensión, se clasifican como a continuación - se indica:

- De Distribución: Pueden ser de Alta Tensión y Baja Tensión.
- De Control : Trabajan con Niveles de Tensión Baja.

A su vez ambas subdivisiones, se clasifican en :

- Compartimentados.
- No Compartimentados.

Compartimentados:- En estos, los elementos estan clasificados por secciones, por ejemplo: si el caso de un centro de control de motores, cada sistema de arranque de un motor ocupará un sitio especifico en el tablero, incluyendo las botoneras de arranque y paro y las luces de señalización. Así mismo, el sistema de barras e interrupción principal ocupará un sitio específico.

Tableros no Compartimentados:- Se caracterizan por no llevar barras entre sus elementos tales como interruptores magnéticos y barras colectoras. La conexión se hace con cable o alambre.

Además sus elementos estan distribuidos en todo el espacio interior sin estar separados por paredes.

Mixtos:- Son tableros que combinan los dos tipos explicados anteriormente.

V.4 SEGUN SU UTILIZACION.

Dependiendo del medio en el cual un tablero eléctrico va a cumplir sus funciones se tiene una clasificación más práctica y es aquella que aparece en las especificaciones para adquisición de los mismos. Según NEMA STANDARDS, se clasifican así:

- TIPO 1 : Tableros para propósito general. Cuando el medio en el cual va a instalarse es de condiciones normales - Deberán ser resistentes a la corrosión.
- TIPO 2 : Son tableros resistentes a la corrosión y protegidos contra la filtración de líquidos a manera de goteo.
- TIPO 3 : Resistentes a la lluvia, el polvo y el hielo. Son usados como tableros en exteriores.
- TIPO 3R : Similar al tipo anterior. No son a prueba de polvo, nieve o hielo. Son herméticos. Se usan en exteriores.
- TIPO 3S: Combinan las propiedades de los tipos 3 y 3R. Están provistos de cerradura.
- TIPO 4 : Son herméticos al agua, polvo y resistentes al hielo. Su uso puede ser para interiores o exteriores. Protegen al equipo encerrado contra la lluvia, salpicaduras de agua, filtraciones, chorros de agua que caigan directamente sobre ellos y protege también contra condiciones externas severas.
- TIPO 4X : Herméticos al agua, polvo y resistentes al hielo y a la corrosión. Esta última característica los diferencia de los del tipo 4.

- TIPO 5 : Son herméticos al polvo. Protege el equipo contra fi
bras y demás partículas flotantes en el aire. Se uti
zan solo en interiores.
- TIPO 6 : Son del tipo sumergible. Herméticos al polvo y al a-
gua. Resistentes al hielo. Protege al equipo encerrado
contra las presión de una columna de agua 6 pies de
altura por un tiempo de 30 minutos. Además proporción
na protección contra el polvo, salpicaduras, condensaci
ón externa de líquidos no corrosivos; chorros de a-
gua cayendo directamente sobre ellos, filtraciones, -
etc. Se utilizan en interiores o exteriores.
- TIPO 7 : Este tipo de tableros son construídos para usarse en
localizaciones peligrosas de clase 1, grupos A, B, C,
D, (Código Eléctrico Nacional). Son tableros a -
prueba de explosión para uso en interiores.
- TIPO 8 : Son similares a los del tipo 7, para utilización en -
lugares peligrosos. Son del tipo inmerso en aceite.
Usados solo en interiores.
- TIPO 9 : Destinados a trabajar en atmósferas de lugares peli -
grosos de la clase 11, grupo E, F, G, que posee polvos
combustibles.

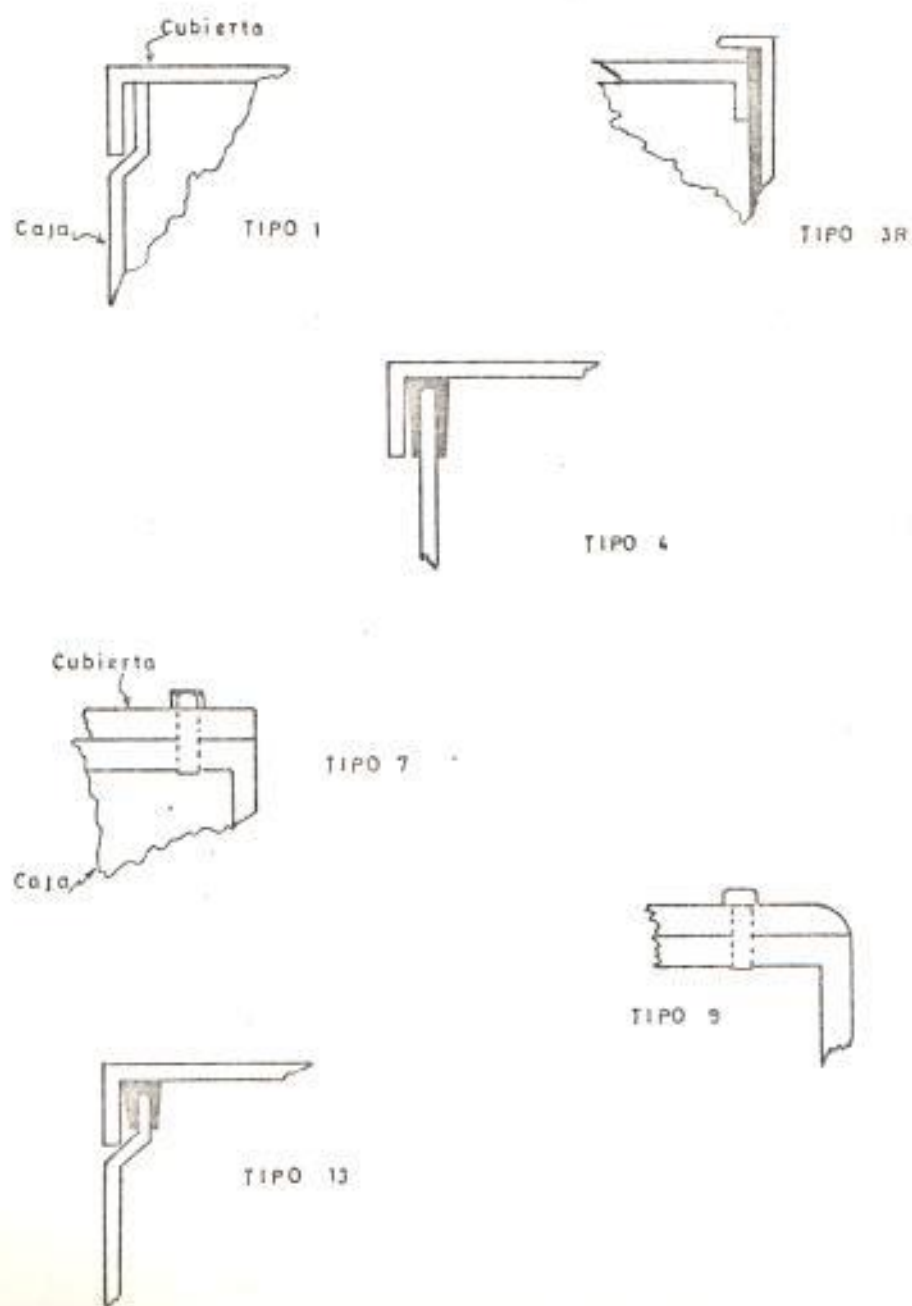


FIG. 13. UNIONES CUBIERTA CAJA SEGUN EL TIPO DE TABLERO.

- TIPO 10 : Son usados en atmósfera que contienen metano en el -
aire, con o sin polvo de carbón.
- TIPO 11 : Protegen al equipo encerrado contra el goteo, salpi-
caduras y condensación externa de líquidos corrosivos
Además de protección contra efectos corrosivos de hu-
mos y gases debido a que el equipo está inmerso en -
aceite.
- TIPO 12 : Este tipo está diseñado para proteger al equipo con-
tra fibras, partículas flotantes, polvo y suciedad ,
salpicaduras, ligeras filtraciones, goteo y condensa-
ción externa de líquidos no corrosivos.
- TIPO 13 : Este tipo de tablero es diseñado para contener dispo-
sitivos de control de circuitos tales como interrup-
tores limitadores, botoneras, interruptores selecto-
res y luces pilotos. Protege a todos estos elementos
contra el polvo, filtraciones, condensación externa
y agua pulverizada. Son herméticos al agua y al pol-
vo.

CAPITULO VI

ESFUERZOS ELECTRICOS Y MECANICOS.

VI.1 UNIONES REMACHADAS.

Una de las formas de unir las piezas de láminas metálicas entre sí es utilizando remaches. Estos tipos de sujeción se hacen cuando una superficie monta sobre la otra a manera de solapa.

El diámetro del agujero para introducir el remache deberá ser de $1/16$ " más ancho que el diámetro del remache. Esto garantiza una correcta inserción del mismo y un ajuste adecuado.

VI.1.1 SELECCION DEL REMACHE ADECUADO.

Primeramente, ésta depende del espesor de las láminas a unir - así como también a los esfuerzos a los que estarán sujetos como es el caso de fallas por cortocircuitos que son los más críticos.

Partiendo del esfuerzo de corte (esfuerzo último) para el acero que es el material generalizado en la fabricación de remaches,

esto es $\sigma = 3.080 \text{ Kg/cm}^2$, se calcula el área de cada remache - así:

Area de Corte de un Remache.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Teniendo el esfuerzo originado por el cortocircuito: R

$$R = A\sigma$$

$$R = \frac{\pi D^2}{4} \sigma$$

$$D = \frac{\sqrt{4R}}{\sqrt{\pi\sigma}}$$

El cálculo del valor de R se lo deducirá en el párrafo relacionado al cálculo de esfuerzos debido al cortocircuito.

Es de indicar que el uso exagerado de remaches no se aconseja, pues esto podría debilitar la lámina haciéndola menos resistente a esfuerzos.

VL.2 UNIONES SOLDADAS.

Esa es una forma más efectiva de unir piezas metálicas de tableros debido a su mejor resistencia a los esfuerzos mecánicos-eléctricos.

Por lo general se utiliza el método de soldadura eléctrica de fusión que consiste en derretir entre dos piezas metálicas materiales de soldadura el que al enfriarse formará un solo cuerpo con las piezas a unirse. La disposición del cordón de soldadura deberá ser como lo indica la gráfica.

La resistencia en los cordones de soldaduras, se la calcula en base a la superficie de corte (sombreada en la figura).

Se usa el esfuerzo de corte de trabajo del acero: 955 Kg/cm^2 para soldadura de arco.

$$x = 0.707 t$$

t : Espesor de la Platina de Acero

Así; la resistencia de trabajo de corte será:

$$R / \text{longitud} = 955 (0.707 t)$$

Conociendo los esfuerzos electromecánicos, es posible determinar la longitud de un cordón de soldadura. Esto es aplicable

1 y 2: PLETINAS DE ACERO
t: ESPESOR DE LA PLETINA
S: CORDON DE SOLDADURA
X: DISTANCIA DE A HASTA
B.

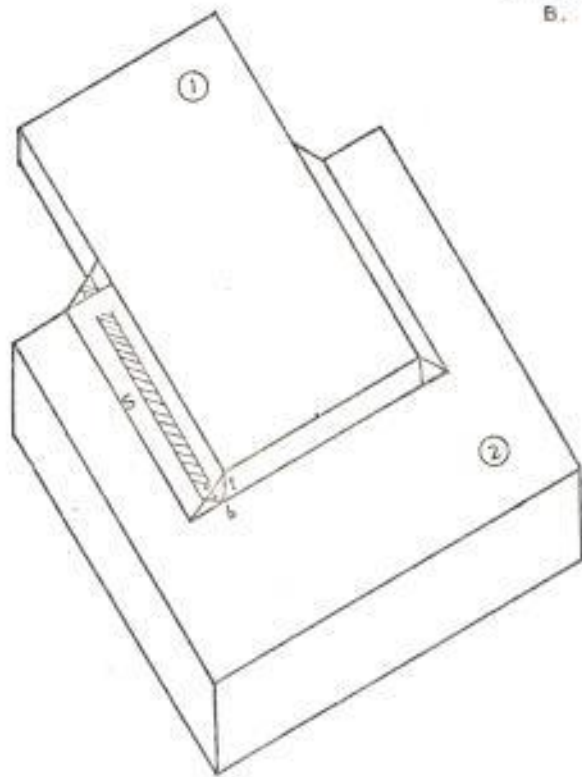


FIG. 15 UNIONES SOLDADAS

sobre todo al diseñar la estructura de soporte de barras colectoras en el interior de un tablero eléctrico. Este análisis - se lo hará posteriormente en el punto en el que se diseña una estructura para el soporte de barras.

VI.3 TIPOS DE ESFUERZO.

GENERALIDADES: Como se ha indicado en párrafos previos, el análisis de esfuerzos es de mucha importancia en el diseño de tableros y especialmente en el caso de barras colectoras.

Es de anotar que en el instante en que se produce un cortocircuito circularán corrientes de elevada magnitud, incrementando así las fuerzas magnéticas que se originan al paso de una corriente normal de trabajo.

Considerando el sentido de las corrientes entrando a las barras, las fuerza que se generarán serán fuerzas de atracción. Será necesario conocer la magnitud de estas fuerzas para de esta forma hacer las provisiones en el momento de diseñar la estructura metálica del tablero.

La expresión $F = KI^2/r$ nos representa la relación que existe entre la corriente y la fuerza entre los conductores.

La expresión anterior tiene su origen en la ley de BIOT-SAVART que dice " La inducción magnética B en un punto situado a una -

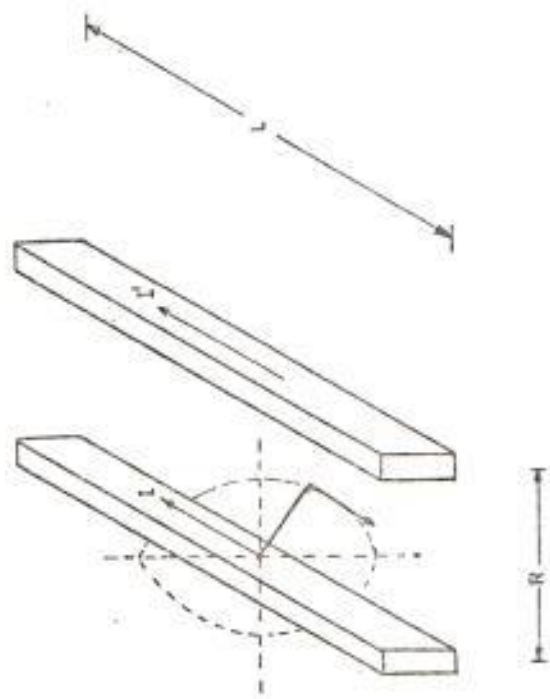


FIG. 16 FUERZAS ELECTROMAGNETICAS - GENERALIDADES

distancia r del centro de un conductor que lleva una corriente I , es directamente proporcional a esa corriente.

La expresión que resume esta ley es la siguiente:

$$B = 2k \frac{I}{r}$$

Si F es la fuerza sobre un tramo de conductor e l ; la corriente que circula por un conductor en su vecindad, se tiene:

$$F = I' B \times l$$

$$F/l = I' B$$

Reemplazando B por su valor tenemos:

$$F/l = 2k I \frac{I'}{r}$$

Sí $I = I'$, se tiene:

$$F = k' \frac{I^2}{r}$$

La figura # 16 ilustra la simbología usada en las expresiones matemáticas indicadas en los párrafos anteriores.

VI.3.1 ESFUERZOS LATERALES.

Los esfuerzos laterales obran en los conductores (barras) y soportes (aisladores y estructura), en la dirección de la fuerza que se origina al paso de la corriente en cada instante.

El esfuerzo P, puede ser calculado por medio de la expresión:

$$p = \frac{2.04 K I^2}{d} L p \times 10^{-8} \quad \text{Kg/apoyo.}$$

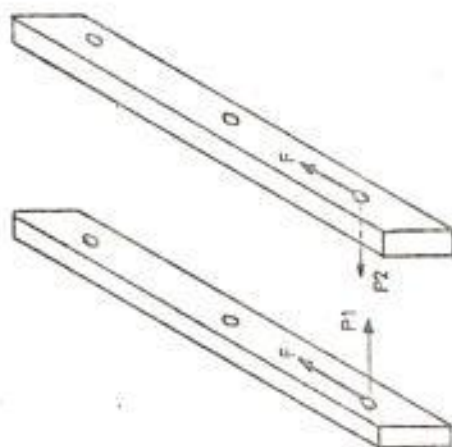
L : Longitud del tramo del conductor entre centro de soporte. (cms).

d : Distancia entre el centro de los conductores (cms).

I : Valor inicial eficaz de la corriente de cortocircuito.

p : Factor de esfuerzos que depende de la amortiguación mecánica y la frecuencia natural de la estructura. Son valores tabulados.

BARRAS DE MATERIAL
CONDUCTOR (Cu-Al)



P: ESFUERZO LATERAL

F: ESFUERZO LONGITUDINAL

$P \gg F$

FIG. 17 TIPOS DE ESFUERZOS

K : Factor de corrección de forma. Si la barra es cilíndrica $K = 1$. Para otros casos K varía entre 0.9 y 1.1.

VI.3.2 ESFUERZOS LONGITUDINALES.

Son esfuerzos que resultan de la flexión de la barra colectora por la acción del esfuerzo lateral. El sentido de estas fuerzas es hacia el centro del tramo en dirección paralela a la barra.

La expresión matemática que nos permite encontrar esta fuerza es la siguiente:

$$F \left(F + 17.350 \frac{A}{L^2} \right)^2 = 0,309 LsP^2$$

F : Esfuerzo Longitudinal.

L : Longitud del tramo de Conductor. (cm)

A : Sección de la Barra en mm^2 .

s : Factor de rigidez Mecánica (Kg) para una deflexión de 1 mm.

VI.4 SELECCION DE BARRAS.

El estudio de la carga (KVA) a la cual se dará servicio se hace necesario cuando se quiere determinar qué barra colectora se necesita en determinados tableros (dimensiones) a construirse. Sin embargo, se debe también considerar el caso de la corriente que se originan cuando se produce un cortocircuito.

Lo dicho al final del párrafo anterior, tiene su importancia en la selección del espesor de barra adecuado (sección transversal). Dos aspecto deben ser tomados en consideración:

- 1.- Aspecto Térmico.
- 2.- El Relativo a los Esfuerzos que se producen.

Temperatura:- Si el área transversal de la barra no es la adecuada se originarán sobrecalentamientos y en caso de falla la temperatura se elevará a límites peligrosos que pudieran dañar la estructura de los aisladores, haciendo que la falla se agrande mucho más.

Si se toma como punto de partida una temperatura de trabajo normal de 40°C , un incremento de 100°C es permitido para casos extremos. Esto se hace considerando que el punto de fusión del material de soldadura usados en los terminales para cables es

de 180°C .

La cantidad de calor generado en un conductor es proporcional a su resistencia y al cuadrado de la corriente que el conduce mientras que la elevación de la temperatura depende de la razón a la cual el calor es disipado.

La disipación de calor puede realizarse por convección, radiación y conducción.

Cuando las barras están rodeadas por aislamiento, el calor se disipará en mayor proporción por conducción mientras que en conductores desnudos la disipación de calor se produce en mayor proporción por radiación y convección.

Se tendrá una mayor disipación de calor cuando la barra es delgada, esto se debe a que se tendrá un mayor perímetro para una área de sección transversal dada.

En ocasiones cuando en lugar de diseñar una barra de cierta capacidad, se diseña al uso de múltiples barras por fase, cada barra impedirá que su barra adyacente tenga una buena disipación de calor.

Esto impedirá una igual circulación de corriente por cada una de las barras, disminuyendo así el valor nominal que el conjunto conducirá de manera ideal.

Existen formas y disposiciones de barras según las cuales se pueden conseguir una mejor conducción de corriente.

La figura # 18 nos muestra por ejemplo, cómo el uso de un conductor tubular incrementa la ampacidad en un 25%, lo cual hace ventajoso su uso. Notamos también que el uso de conductores en forma de ángulos presenta un incremento del 85% en su ampacidad.

Esfuerzos.- En lo relativo a esfuerzos, en el capítulo correspondiente se analizó su influencia particular.

En base a experimentaciones se ha observado la relación que existe entre la temperatura inicial y final en el momento de falla, con la corriente de falla, sección del conductor y tiempo de despeje de falla. Así:

$$\frac{I}{A} \sqrt{t} \propto T_f - T_i \quad (^\circ\text{C})$$

Se tiene:

$$T = K \frac{I}{A}^2 (1 + \alpha \theta)$$

Partiendo de: $P = I^2 R$ (Potencia)

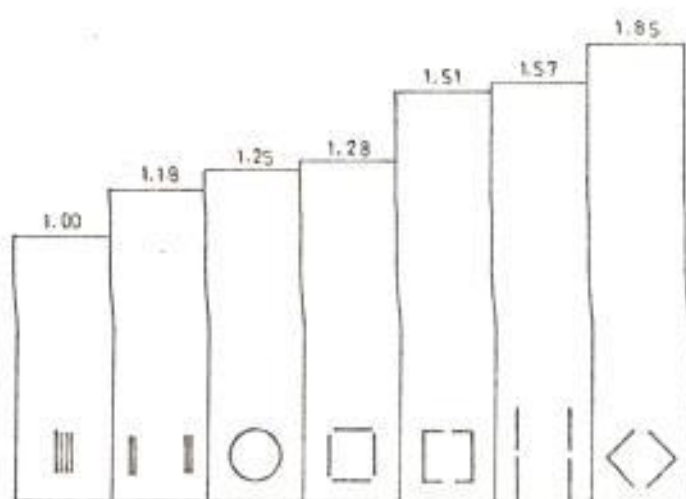


FIG. 18 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE IGUAL SECCION TRANSVERSAL 4 FULG² CUADRO COMPARATIVO.

$$E = I^2 R t \quad (\text{Energía})$$

Además, sabemos que el incremento de temperatura es proporcional al tiempo y la resistencia eléctrica viene dada por la expresión:

$$R = \rho \frac{l}{A} (1 + \alpha \theta)$$

Siendo:

E : Energía disipada.

I : Corriente de falla.

R : Resistencia del conductor

l : Longitud del conductor.

A : Área transversal del conductor.

ρ : Coeficiente de expansión (a 20 °C/ °C).

$\rho = 0,00393$ para el Cobre.

$\rho = 0,00386$ para el aluminio.

$\rho = 0,0036$ para aleaciones de aluminio.

t : Tiempo (segundos).

T : Temperatura

θ : Temperatura del conductor en el instante en el que la elevación de temperatura es obtenida.

k : 0,52 para el cobre; 1,66 para el aluminio.

Luego, tenemos la expresión para la energía:

$$E = I t \frac{\rho l}{A} (1 + \alpha \theta)$$

Y, conociendo que la energía disipada es proporcional al incremento de temperatura, tenemos la relación:

$$\frac{\Delta T}{A} \propto \frac{E}{A} = \frac{I t \rho}{A} (1 + \alpha \theta) \quad **$$

$$\Delta T \propto \frac{I}{A} t \rho (1 + \alpha \theta)$$

$$T = \left(\frac{I}{A} \right)^2 \frac{1}{k} t (1 + \alpha \theta)$$

** T: Expresado en por unidad de longitud y en unidad de área.

A continuación tenemos las gráficas de las curvas $(I/A) t$, vs temperatura inicial y temperatura final en °C. (figura 19).

En estas gráficas observamos un grupo de curvas para barras de aluminio. Notamos, que para iguales temperaturas inicial y final en el cobre y el aluminio, la relación $(I/A) t$, para es-

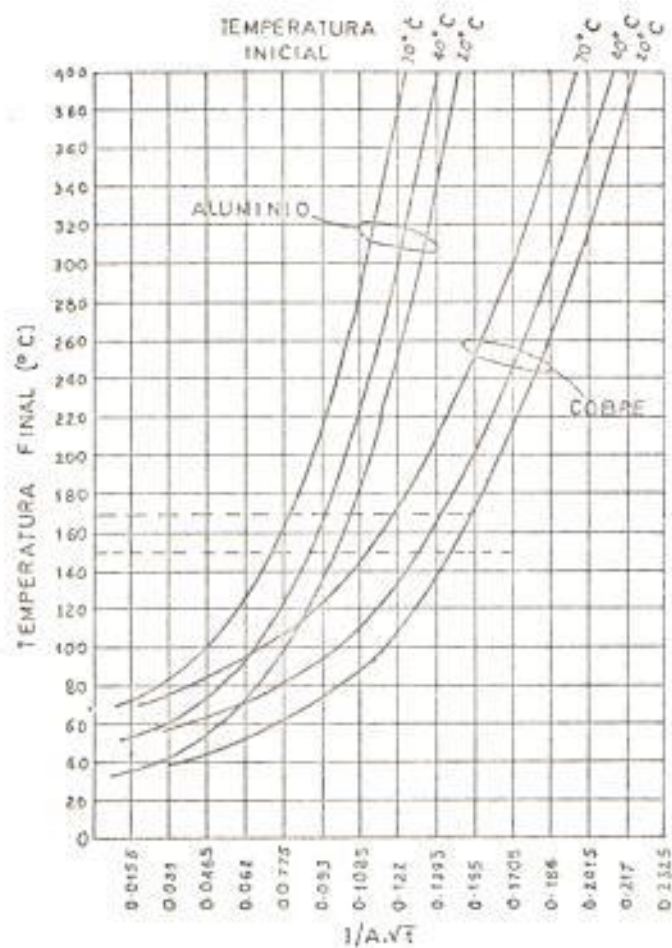


FIG. 19 - GRAFICOS $(1/A)\sqrt{t}$, Vs, t_f , T_i

te último es menor, lo que resultará en una barra de mayor diámetro en el caso del aluminio.

VI.4.1 DISPOSICION DE BARRAS.-

En este punto se hablará de la posición que ocuparán las barras conductoras dentro de un tablero. Se considerarán barras de sección rectangular debido a que su uso es el más generalizado en el interior de tableros.

Las barras de sección rectangular tienen algunas ventajas sobre otro tipo de barras (de sección circular - conductores tubulares, etc.). Entre éstas: La facilidad de ser instaladas, su buena ventilación y mayor superficie de radiación en proporción con su sección, que cualquier otro tipo de conductor.

Al hacer la disposición de barras dentro de un tablero es necesario considerar que ésta no dificulte la disipación del calor de pérdidas. En lo referente al calentamiento de barras, es necesario hablar del llamado Efecto Piel y del Efecto de proximidad.

VI.4.2 EFECTO PIEL.-

Llamado también efecto superficial, el efecto piel es la tendencia de la corriente eléctrica a acumularse en las capas exteriores de un conductor eléctrico. Esto es debido a la auto-

a.

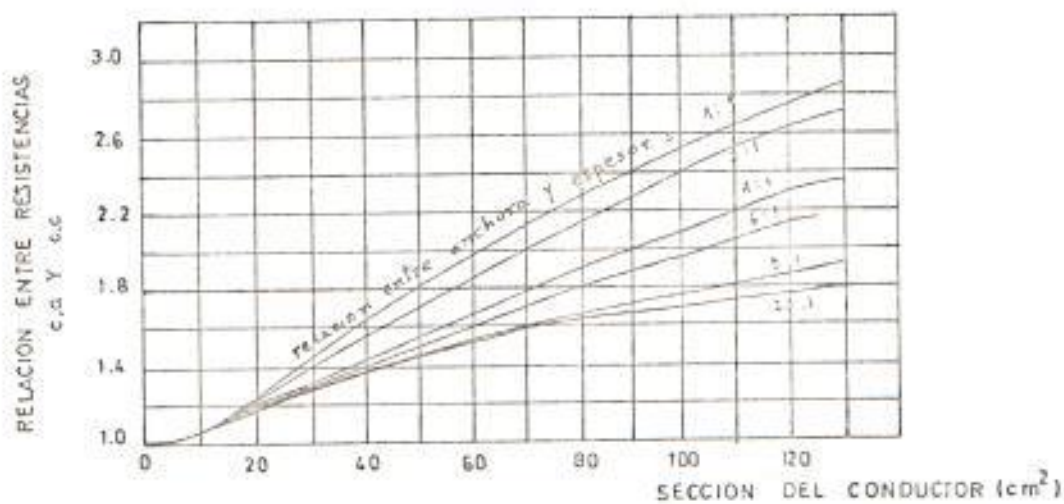
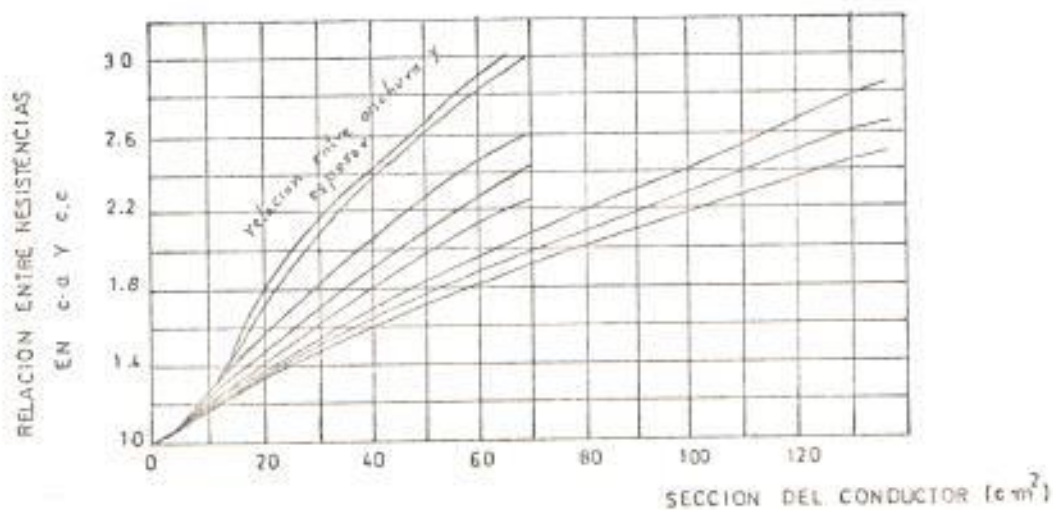


FIG. 20 a.-EFECTO PIEL EN PLETINAS DE Cu A 26 HZ

b.-EFECTO PIEL EN PLETINAS DE Cu A 60 HZ

b.



inducción del conductor que hace que se produzca un aumento en la resistencia efectiva del conductor y una disminución de la intensidad admisible para una determinada temperatura.

La forma más adecuada de reducir el Efecto Piel, es seleccionando de manera apropiada la sección del conductor.

El efecto piel se define como la relación de la resistencia con corriente alterna y la resistencia con corriente continua.

Las curvas de la figura # 20 nos dan la sección del conductor (cm ²), dada la relación entre resistencias (corriente alterna y corriente continua), así como también la relación entre anchura y espesor de la barra conductora para dos frecuencias distintas (25 y 60 Hz.).

VI.4.3 EFECTO DE PROXIMIDAD.-

El efecto de proximidad consiste en la irregular distribución de la corriente producida por la inducción entre las corrientes de los conductores de ida y retorno. Este fenómeno origina que haya una mayor concentración de corriente en las secciones de barras que están más cerca una de otra, lo que aumenta su resistencia efectiva.

El efecto de proximidad es directamente proporcional a la corriente e inversamente proporcional a la distancia entre con -

ductores.

La relación entre resistencia con corriente alterna de conductores cuando están juntos uno del otro y la resistencia normal con corriente alterna cuando están separados o aislados, es lo que se conoce como efecto de proximidad.

VI.5 APLICACION DE LA SELECCION DE BARRAS.-

El siguiente, es un ejemplo de selección de barras, pero en base a la corriente de cortocircuito que un tablero (su interruptor principal) es capaz de soportar en determinado momento. Así:

Se tiene un cierto tablero que hace las veces de tablero principal en determinada planta industrial. El sistema toma energía de una línea de alta tensión de 13.800 Voltios y utiliza 3 transformadores (167 KVA c/u) conectados formando un banco en Y - Y. Relación de transformación 13.8 KV/240 Volts.

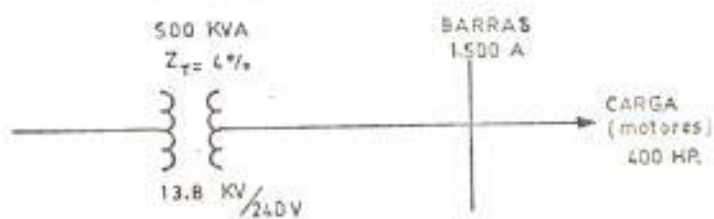
La carga total aproximada es de 400 HP. Casi todo el porcentaje es absorbido por motores (ver figura # 21). La impedancia en por ciento de los transformadores es de 4%.

Luego tenemos:

I_{Nom} : Corriente nominal (Amperios).

KVA : Potencia del transformador (Kilovoltios-Amperios).

a.



b.

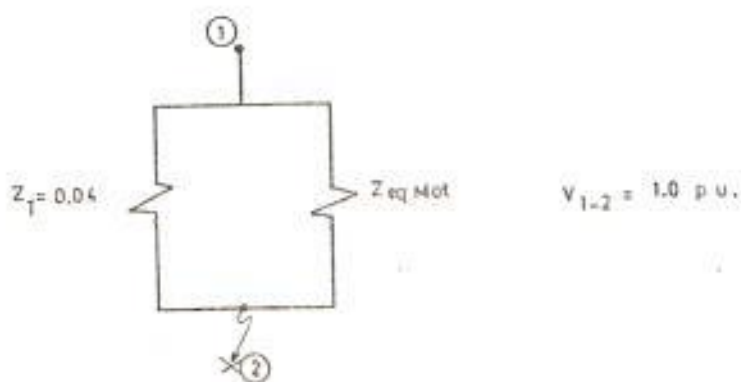


FIG. 21. SISTEMA TRANSFORMADOR - BARRAS

- a) DIAGRAMA UNIFILAR.
 b) DIAGRAMA EQUIVALENTE

KV_L : Voltaje de línea (kilovoltios).

$$I_{Nom} = \frac{KVA}{\sqrt{3} KVL}$$

$$= \frac{500}{\sqrt{3} (0,24)} \quad (\text{lado de baja tensión}).$$

Para el caso de un cortocircuito trifásico (ver diagrama equivalente en la figura # 21) tenemos:

KV_{base} : Voltaje base (kilovoltios).

$KVA_{Mot.}$: Potencia de motores (kilovoltios- Amperios.)

$Z_{Mot.}$: Impedancia equivalente de motores.

N : Factor de Simultaneidad.

KVA_{Base} : 500 KVA.

KVA_{Mot} : 400 KVA.

$$Z_{Mot} = \frac{KVA_{Mot}}{KVA_{Base}} \times N$$

$$Z_{\text{Mot}} = \frac{400}{500} \times (0,25)$$

$$Z_{\text{Mot}} = 0,20$$

Consideramos un factor de simultaneidad de 25% considerando que todos los motores de la planta no funcionan al mismo tiempo.

$$Z_{\text{eq}} = Z_{\text{T}} \quad Z_{\text{Mot}}$$

Z_{T} : Impedancia del Transformador. (p.u.)

$$Z_{\text{eq}} = 0,04 \quad 0,02$$

$$Z_{\text{eq}} = 0,0333$$

I_{cc} : Corriente de Cortocircuito. (Amperios)

$$I_{\text{cc}} = \frac{1}{Z_{\text{eq}}} \times I_{\text{NOM}}$$

$$I_{\text{cc}} = \frac{1}{0,0333} \times 1,202$$

$$I_{\text{cc}} = 36,096 \text{ Amperios.}$$

Tomando una temperatura normal de trabajo de 45°C en el interior del tablero y considerando una elevación de temperatura de 100°C en el momento del cortocircuito, tenemos:

Tiempo de aclaramiento de la falla $t = 1$ seg.

Temperatura Final. $t_f = 140^\circ\text{C}.$

De las curva de la figura # 17 tenemos:

$$\frac{I}{A} \sqrt{t} = 0,125$$

Despejando el valor de A se tiene:

$$A = \frac{I \sqrt{t}}{0,125} \times C$$

I : Kilo - Amperios.

C : Factor de Seguridad.

$$C = 1,6$$

En este caso se aplica un factor de seguridad del 60% dando un margen lo suficientemente amplio para preveer esfuerzos de cortes mayores que en determinados momentos se pudieran producir, así como también para preveer cualquier fallo en el cálculo de la sección de los pernos.

Para una barra de sección rectangular: área de la sección transversal:

$$A = a \times b$$

b Si escogemos $a = 6,4 \text{ mm. (} 1/4" \text{)}$

a Tenemos que $b = 73,34 \text{ mm. (} 3" \text{)}$

Una barra de cobre de $1/4" \times 3"$ de sección transversal es lo adecuado para el caso propuesto.

Este valor hallada difiere del valor que se da en la tabla 6A. ($6,3 \text{ mm.} \times 63 \text{ mm.}$) para igual ampacidad. Pudiera hacerse coincidir ambos valores, disminuyendo el factor de seguridad seleccionado.

Esta forma de seleccionar las barras colectoras, nos garantiza que las mismas resistirán los esfuerzos que se producirán en caso de que se originen fallas.

VI.5.1 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE BARRAS.

Cuando se produce una falla por cortocircuito en el interior de un tablero eléctrico (en las barras colectoras), la corriente en ese instante adquiere magnitudes excesivamente grandes.

Se desea saber cual deberá ser la resistencia mecánica que deberá poseer la estructura de soporte de barras para evitar que -

esta estructura se destroce, así como también los pernos que -
deberán ser usados para soportar los aisladores.

Es necesario conocer primeramente el valor de los esfuerzos la-
terales y longitudinales.

$$\text{Esfuerzo Lateral.} - \quad p = \frac{5,4 \ I \ L \ P}{d} \times 10^{-7} \quad \text{lb/Soporte}$$

I : Valor rms de la Corriente.

L : Longitud del Tramo de Conductor.

d : Distancia entre Centro de Conductores.

K : Factor de Corrección para Forma y Dis-
posición Geométrica de Barras. (k va-
ria entre 0.9 y 1.4). Para barras tu-
bulares $k = 1$

p : Factor de esfuerzo. Depende la amorti-
guación mecánica, la frecuencia, la ra-
zón de decremento de la intensidad.

Sí:

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,2 \text{ m}$$

$$p = 1,4$$

$$k = 1,1$$

$$I = 100 \text{ KAMPS.}$$

S = Factor de rigidez mecánica de aisladores para barras. (kg) para una deflexión de 1 mm.

$$P = \frac{2,04 K I^2 L p \times 10^{-8}}{d} \quad \text{Kg/apoyo}$$

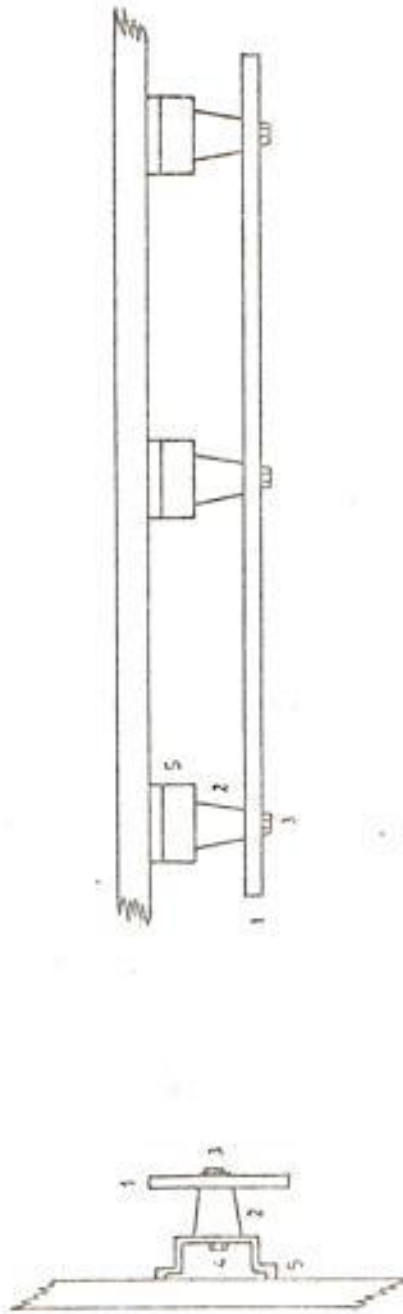
$$P = 785 \text{ Kg/apoyo.}$$

Esfuerzo Longitudinal.- A partir de la expresión.

$$F \left(P + \frac{17.350 A}{L^2} \right)^2 = 0,309 L s P^2$$

Resolviendo esta ecuación obtenemos un esfuerzo longitudinal -
 $F = 1,22 \text{ Kg/apoyo}$. Este valor en relación al valor obtenido -
 de P es mucho menor, por lo tanto puede ser despreciado y po -
 drá aproximarse la fuerza resultante a la fuerza obtenida P.

$$R \approx P = 785 \text{ Kg.}$$



- 1. BARRA COLECTORA (Cu e Al)
- 2. AISLADOR.
- 3. PERNO DE SUJECION BARRA-AISLADOR
- 4. PERNO DE SUJECION AISLADOR-ESTRUCTURA
- 5. BASE DE ESTRUCTURA DE SOPORTE

FIG. 22 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE BARRA

VII.2 SELECCION DE PERNOS.

Analizando un solo soporte, tenemos:

τ : Esfuerzo de Corte.

$$\tau = 955 \text{ Kg/cm}^2$$

A : Area de sección transversal
del perno.

$$\tau = \frac{R}{A}$$

$$A = \frac{R}{\tau} n$$

$$A = \frac{785}{955} \times 2 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg/cm}^2}$$

n: Factor de seguridad. = 2

$$A = 1,64 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 0,72 \text{ cm.}$$

Diámetro del perno: 1,44 cm (1/2").

CAPITULO VII

PRUEBAS DE CALIDAD DE TABLEROS

VII.1 CORROSION.

Este es un aspecto importante a considerar sobre todo cuando los tableros son construídos para uso en exteriores.

Las láminas de acero son recubiertas por una capa de zinc. El espesor de la capa de zinc deberá ser la indicada en el ASTM Standards. Una vez galvanizada la lámina metálica se le puede dar un acabado con una capa de resina alquídica o epóxica. El espesor promedio de la capa de zinc será de 0,015 mm.

Una forma de proteger las láminas contra la corrosión, es el cadmiado. Consiste en recubrirlas con una capa de cadmio. El espesor de la capa de cadmio deberá ser de 0,019 mm.

Cualquier lámina galvanizada que haya sido cortada, tensada, o rolada, deberá ser adicionalmente pintada con una capa de acabado orgánico de epoxi o resina alquídica u otra pintura en las áreas afectadas por tales procesos.

Las bisagras, uniones y piezas adheridas a los tableros, deberán ser protegidas contra la corrosión.

VII.2 COMPRESION Y TORSION.

Una vez terminada la estructura metálica de la caja es necesario someterla a esfuerzos exteriores para comprobar su resistencia.

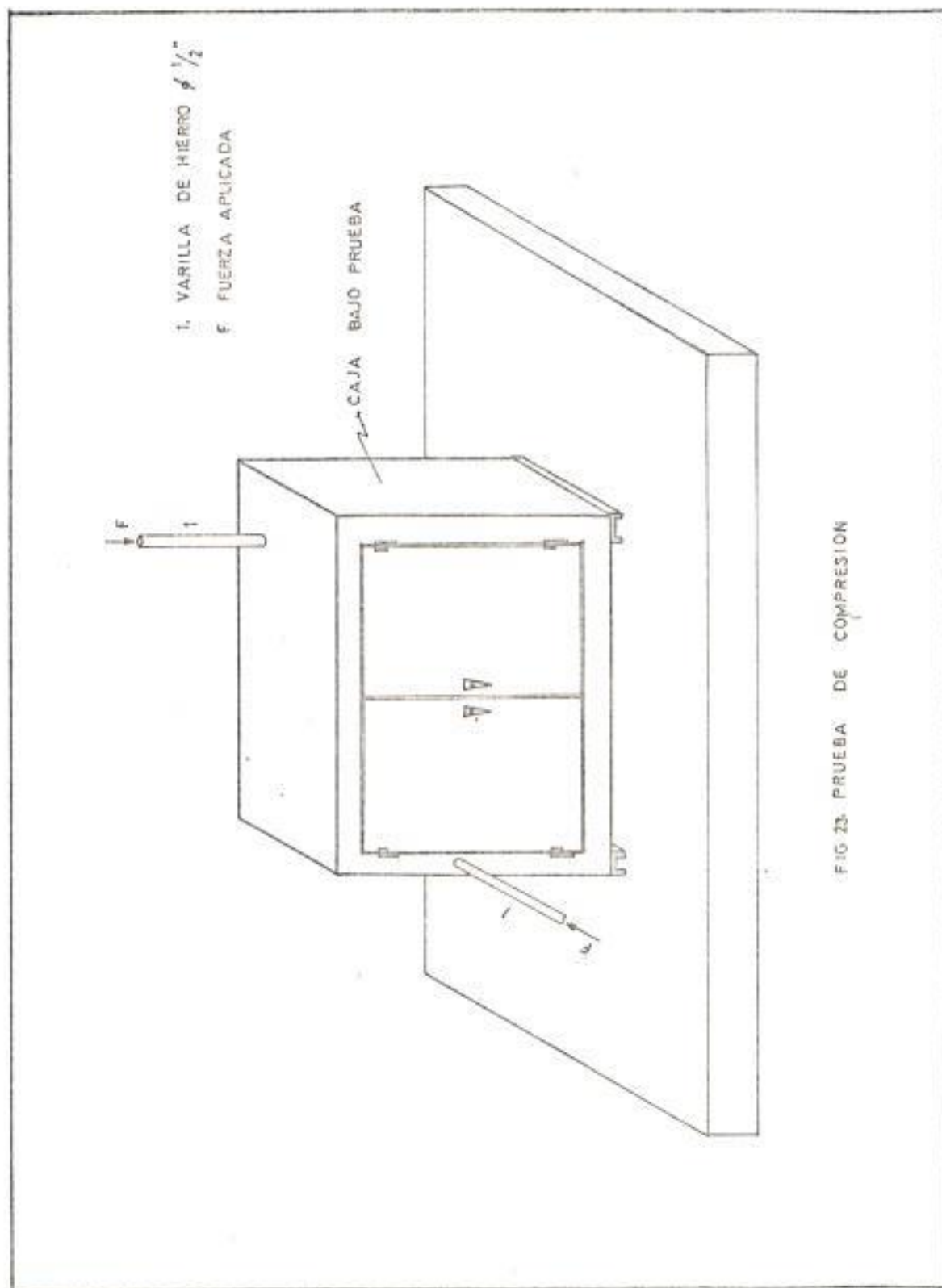
COMPRESION .- Para efectuar esta prueba se deberá aplicar una fuerza (con la caja metálica sujeta firmemente al piso) sobre las paredes laterales, el frente y la parte posterior, tanto sobre la parte central como en sus aristas. Esto se hace con el fin de observar la deflexión que experimentan las paredes o la estructura propiamente dicha.

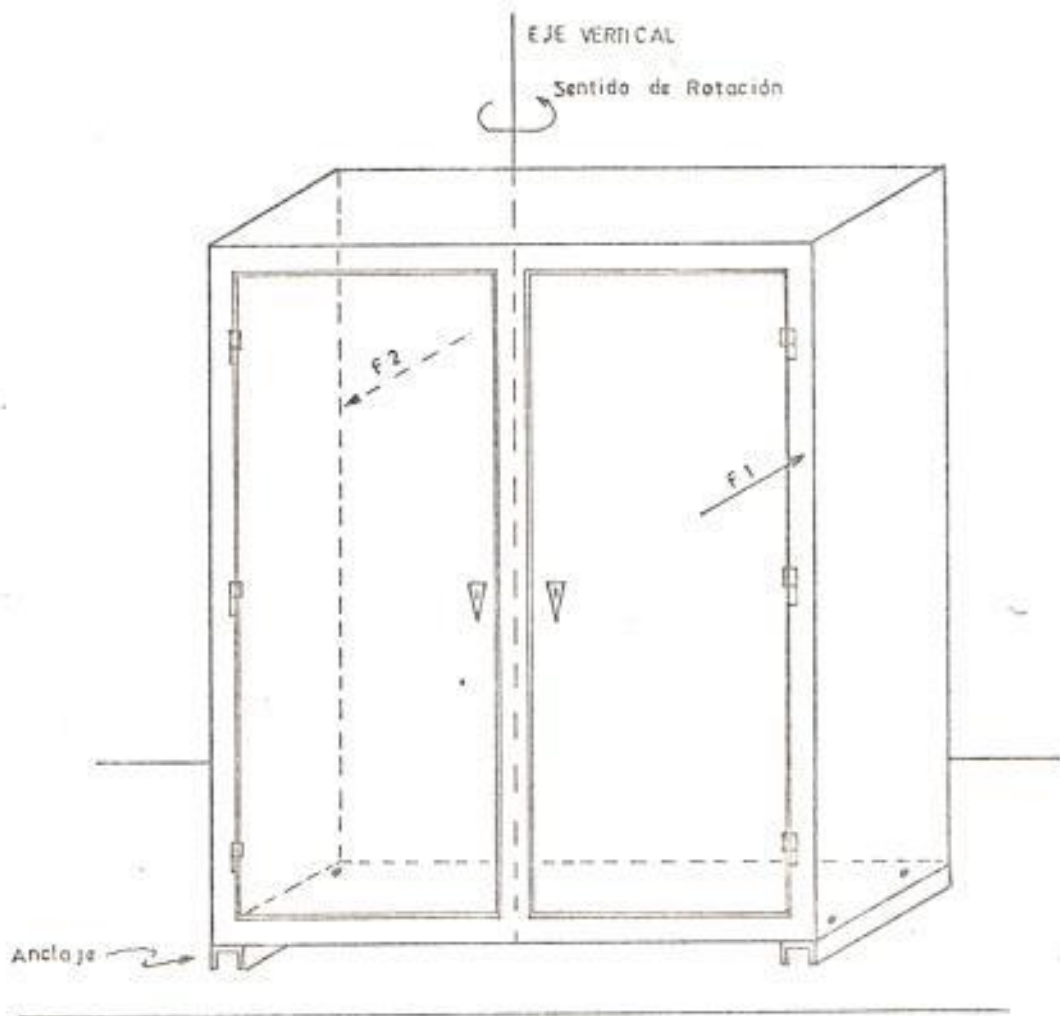
La gráfica anterior ilustra la ejecución de la prueba (figura # 23): La fuerza a ejercerse deberá tener dirección normal a la superficie de aplicación. Esta se aplica a través de una varilla que tenga una cara plana (sección), hecha de acero , de 1/2 pulgada cuadrada de sección transversal ($3,22 \text{ cm}^2$).

En cuanto a la magnitud de la fuerza, ésta no se especifica, pero se debe hacer una estimación en cuanto a la deflexión que pudiera producirse, en cuyo caso, ésta debería ser muy pequeña.

Se considera que la deflexión permanente que se tenga después de realizada la prueba, no deberá ser observada a simple vista.

TORSION.- Con la caja metálica en posición vertical, aseguran





F_1 y F_2 : FUERZAS APLICADAS
(IGUALES)

FIG. 24. PRUEBA DE TORSION

do su base a una superficie rígida, se tratará de hacer rotar el tablero aplicando fuerzas en dos esquinas opuestas del mismo. El valor de la fuerza a ser aplicada a la caja no se especifica, pero será suficiente como para producir un ángulo de rotación muy pequeño en la caja bajo prueba antes que sus uniones se desuelden o se rompan.

Esta operación se puede repetir para los otros dos lados del tablero.

VII.3 EXPLOSION.

Cuando se fabriquen tableros eléctricos que van a ser instalados en sitios conocidos como " lugares peligrosos " según el Código Eléctrico Nacional (NEC), éstos deberán pasar por la prueba llamada de explosión.

Mediante este proceso es posible determinar los máximos de presión de mezclas explosivas así como también los máximos efectos de propagación de las mezclas de gas o vapor y aire.

Para realizar esta prueba, la caja en cuestión será instalada en una cámara de prueba que tiene conexiones de entrada y salida para las líneas que llevan la mezcla explosiva.

La caja a prueba deberá estar provista de perforaciones roscadas para:

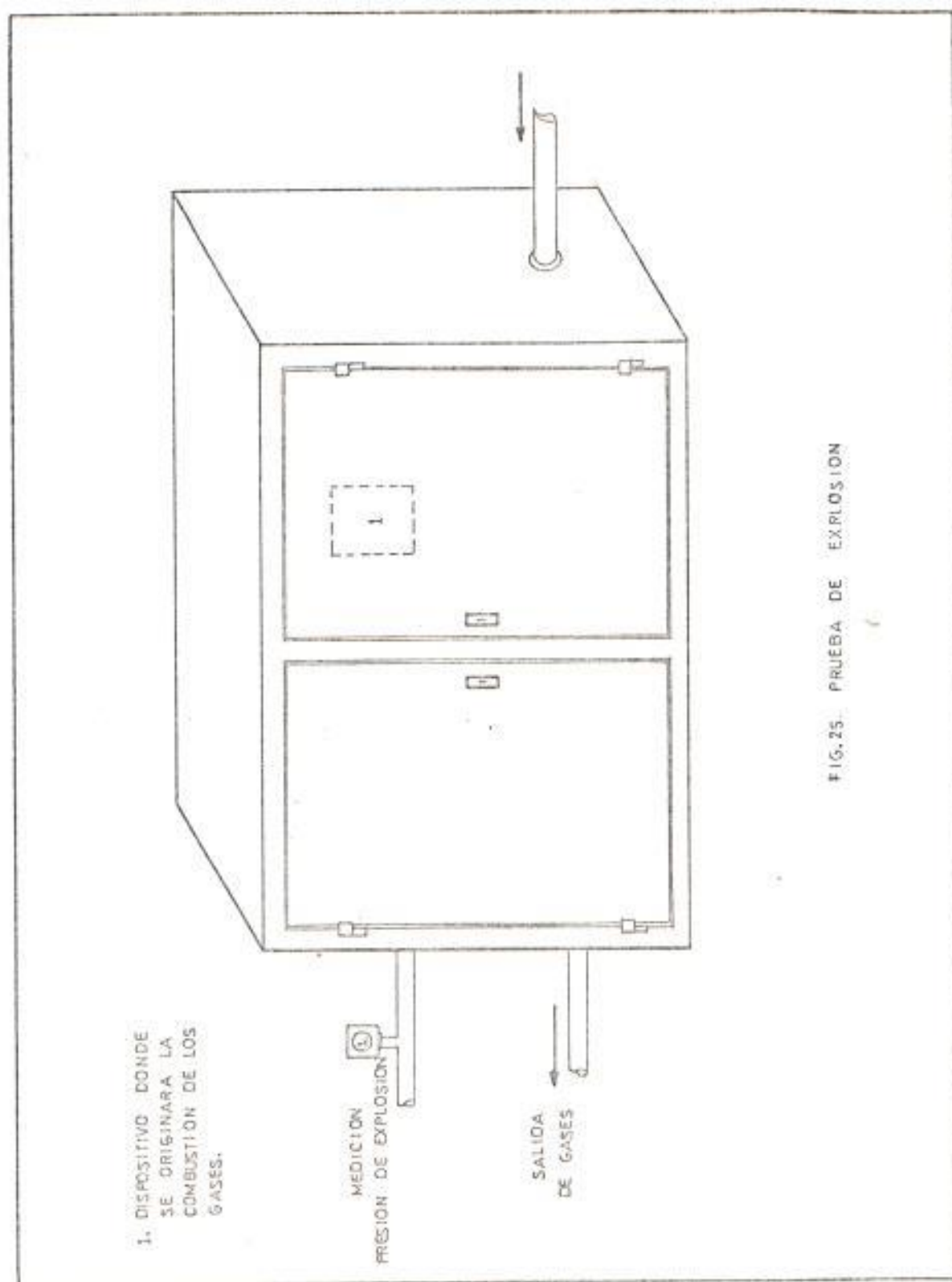


FIG. 25. PRUEBA DE EXPLOSION

- 1.- Las líneas de entrada y salida de la mezcla explosiva.
- 2.- Conexión de dispositivos de registro de la presión de explosión.
- 3.- Bujías de ignición.

En cuanto a la mezcla explosiva, ésta será preparada por un equipo auxiliar capaz de mantener concentraciones predeterminadas de la misma y se la hará fluir al interior de la caja hasta que todo el aire original haya sido desplazado.

Se tomarán muestras de la mezcla en:

- 1.- La cámara de prueba.
- 2.- Interior del dispositivo de la caja.
- 3.- La línea que conduce la mezcla explosiva.

La mezcla en el interior de la caja de prueba, es quemada por los arcos eléctricos producidos en el interior debido ya sea a una chispa de bujía o a operaciones de un mecanismo de conexión y desconexión eléctrica.

Lo que se pretende al producir esta prueba, es originar una explosión en el interior y observar que ésta no se propague al exterior, además luego de la prueba, observar que la estructura no haya sufrido deformaciones considerables.

Los tableros de este tipo son de uso obligado en refinerías,

complejos petroquímicos y en general, en las plantas industriales que posean sitios de almacenamiento de combustible y gas.

VII.4 PRESION HIDROSTATICA.

Para realizar esta prueba se aplica una presión aproximada de 100 lbs/pulg² por minuto hasta que la presión interna requerida sea alcanzada.

PRUEBA DE ESPUERZOS.- Esta prueba es realizada con un test de presión hidrostática sobre una caja patrón. Esta caja modelo deberá resistir sin deformación permanente una presión estática del doble de la máxima presión de explosión medida. Para cajas de metal fundido el factor de seguridad se deberá incrementar hasta tres o cuatro veces el valor normal de la presión de explosión medida. Esto último se justifica debido a que la resistencia mecánica del metal fundido (cajas moldeadas) es baja.

VII.5 PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO.

Generalidades.- Los terminales de los tableros serán alimentados por cables de cobre con aislamiento resistente hasta 75 °C., con una capacidad de corriente cercana pero nunca inferior a la corriente nominal.

Mediante la presente prueba, se comprobará la eficiencia del equipo de interrupción usado. Se presentará un circuito eléc -

trico que constituye el circuito de prueba, el cual puede ser construído siguiendo las indicaciones del diagrama de la figura # 26 o en su lugar se podrá adquirir equipos de prueba de breakers, que sí los hay.

Aunque la prueba de breakers pudiera ser tomada como algo que ya viene hecho de fábrica y que estaría por demás en nuestro caso, que es la construcción y ensamblaje de tableros eléctricos, se recomienda utilizarla sobre todo con los elementos bajo prueba, montados en su ubicación definitiva en el interior del tablero de tal manera que la simulación de la falla sirva además como prueba no solo del breaker sino también de los soportes, base y estructura en general.

METODO.- Para realizar las pruebas, se deberá construir el circuito de la figura # 26.

Los dispositivos de protección de los circuitos derivados deberán ubicarse de tal manera que, juntos unos a otros, ocupen por lo menos el 50% del espacio disponible, comenzando desde los terminales de alimentación de manera tal que todo el sistema de barras sea probado.

RESISTENCIA (Withstand).- Esta prueba se la deberá efectuar a voltaje nominal correspondiente a la máxima corriente de corto circuito aceptada por el tablero. Con los breakers de los cir-

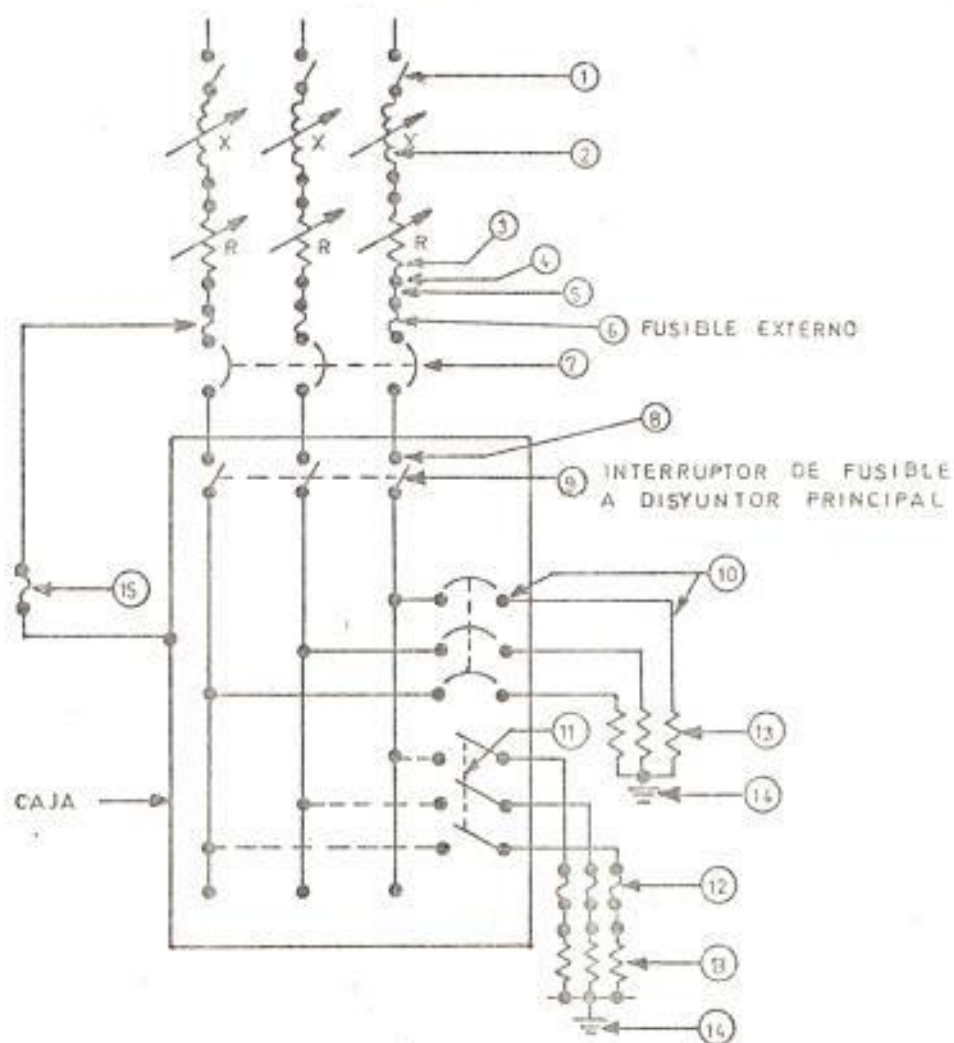


FIG. 26 DIAGRAMA DE CONEXION PARA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

cuitos derivados en posición cerrada, se cierra el interruptor del circuito de prueba. Si la caja está provista de una puerta; ésta deberá permanecer cerrada durante la prueba.

VOLTAJE MAXIMO.- Esta prueba será realizada a corriente de cortocircuito nominal correspondiente al máximo voltaje nominal del panel.

Inicialmente con todos los breakers en posición cerrada, excepto el breaker del circuito derivado conectado al circuito de prueba y el dispositivo de protección de sobrecorriente, luego de esto se cerrará el breaker bajo prueba y se observará su comportamiento. En este caso también la puerta del tablero, deberá permanecer cerrada durante la ejecución de la prueba.

En la figura # 26 se indican los siguientes dispositivos necesarios para realizar las pruebas de cortocircuito:

- 1.- Interruptor principal.
- 2.- Reactores con núcleos de aire. Poseen tapa variable.
- 3.- Resistencias variables.
- 4.- Terminales del circuito de prueba.
- 5.- Conductores de línea.
- 6.- Portafusible externo: Se utiliza en caso de usar fusibles principales separados.
- 7.- Breaker principal separado: Es la alternativa para el caso

en que no se quiera usar fusibles.

- 8.- Terminales de línea del panel.
- 9.- Interruptor principal del panel.
- 10.- Breakers de los circuitos derivados y conexiones de cargas.
- 11.- Fusibles de los circuitos derivados y conexiones con fusibles falsos.
- 12.- Fusibles.
- 13.- Instrumentos.
- 14.- Conexión a tierra.
- 15.- La caja será conectada a través de un fusible de 30 Amp. de tipo no renovable, de cartucho, sin retardo, clase K1, K5, R, J, o G, al conductor de línea del polo que pudiera provocar arco a la caja. El fusible deberá tener un voltaje nominal no inferior al voltaje de prueba.

Evaluación de los resultados de las pruebas.-

- 1.- Las barras no deberán estar desplazadas de tal manera que su separación no sea menor al 85% de la distancia de montaje original. Esto se justifica debido a las distancias de seguridad que se deberán guardar según se han tabulado en un capítulo precedente.

Si debido a un cortocircuito, las barras se han acercado, existirá el peligro que la falla persista y no solamente

involucre a los dispositivos de protección local sino también a las protecciones principales de una planta industrial por ejemplo, agravándose la situación.

- 2.- El aislador o soporte de las barras no deberá estar roto o rajado de manera tal que comprometa la integridad del montaje.
- 3.- Una puerta, la cual deberá estar cerrada al efectuar las pruebas, no deberá abrirse más de 60° debido a la fuerza que se origina en el momento del cortocircuito.
- 4.- Los fusibles, breakers, terminales, etc. no deberán sufrir daño alguno.

VII.6 PRUEBA DE FILTRACION DE AGUA (GOTEO).

El tablero bajo prueba se ubica debajo de un recipiente en forma de bandeja, el cual tiene un conjunto de orificios (uno por cada 20 pulgadas cuadradas). Sobre este recipiente se riega agua de tal manera que ésta caiga sobre el tablero a razón de 20 gotas por minuto.

La figura a continuación (figura # 27) nos muestra la realización de la prueba, así como la ubicación de los orificios sobre la bandeja. Esta prueba es llamada también prueba de goteo, ya que lo que se persigue no es que el tablero reciba un flujo

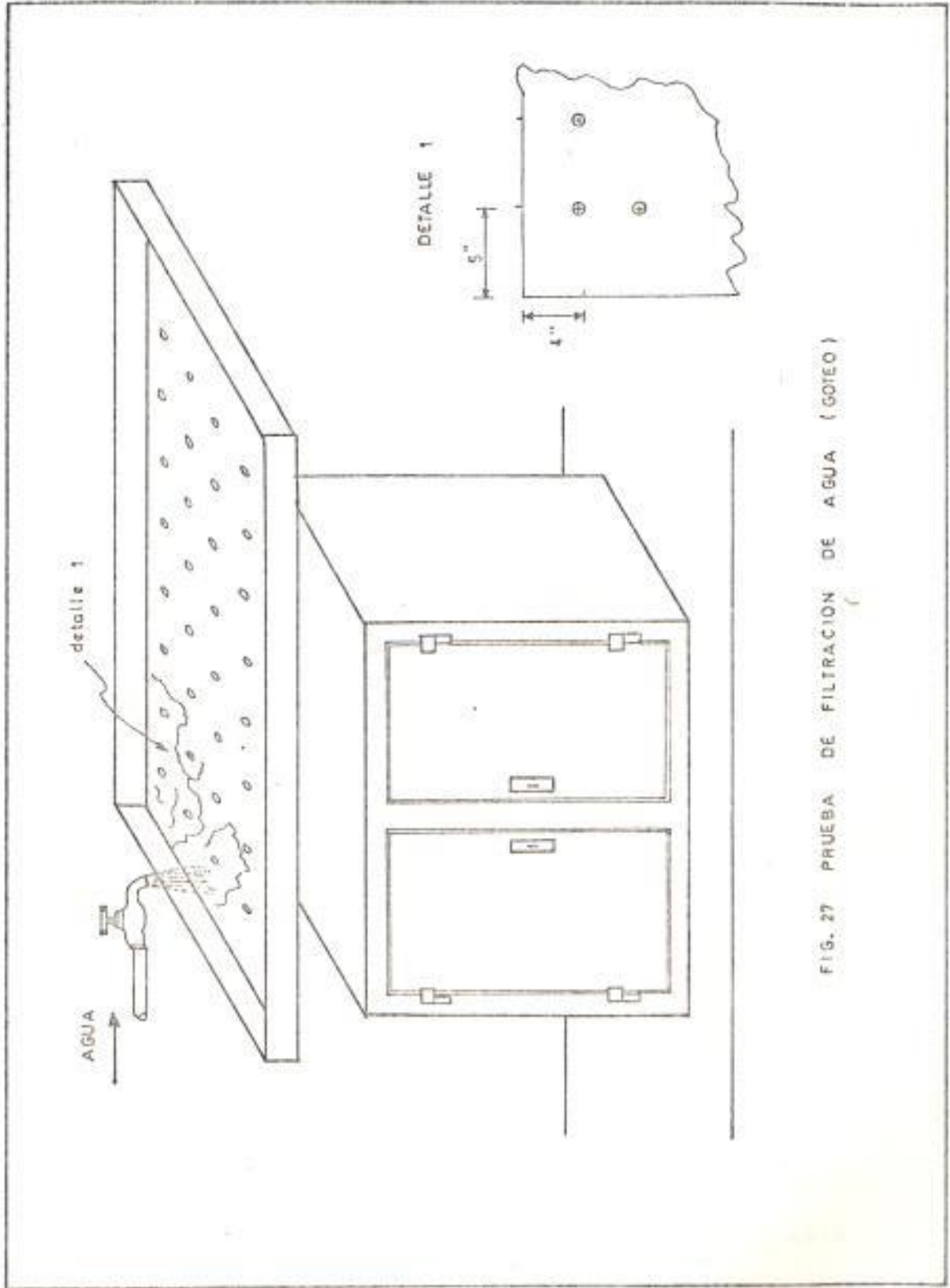


FIG. 27 PRUEBA DE FILTRACION DE AGUA (GOTEO)

mayor de agua sino que resista un goteo persistente de algún elemento líquido. Este caso se puede dar cuando se tienen goteras en techos o perforaciones en tuberías en la cercanía de un tablero. Estas situaciones no deberían afectar el normal funcionamiento de los mismos.

Un aparato se dice que es a prueba de goteo, cuando habiendo acumulado cierta cantidad de líquido en su interior, el nivel de éste no ha alcanzado a hacer contacto con las partes vivas (energizadas) más bajas del tablero.

Un tablero se dice que es hermético cuando no ha recibido nada de líquido en su interior (hermético al agua) después de haber pasado por esta prueba.

VII.7 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA LLUVIA.

Esta prueba es muy importante cuando se ha construido determinado tablero con la finalidad de que sea instalado en exteriores.

Para realizar esta prueba se simula una caída de agua en forma de lluvia, con la ayuda de mangueras las cuales esparcirán el agua sobre todas las paredes de la caja sometida a la prueba, por un tiempo de una hora a razón de 18 pulgadas cúbicas por hora y a una presión de 5 libras por pulgadas cuadradas.

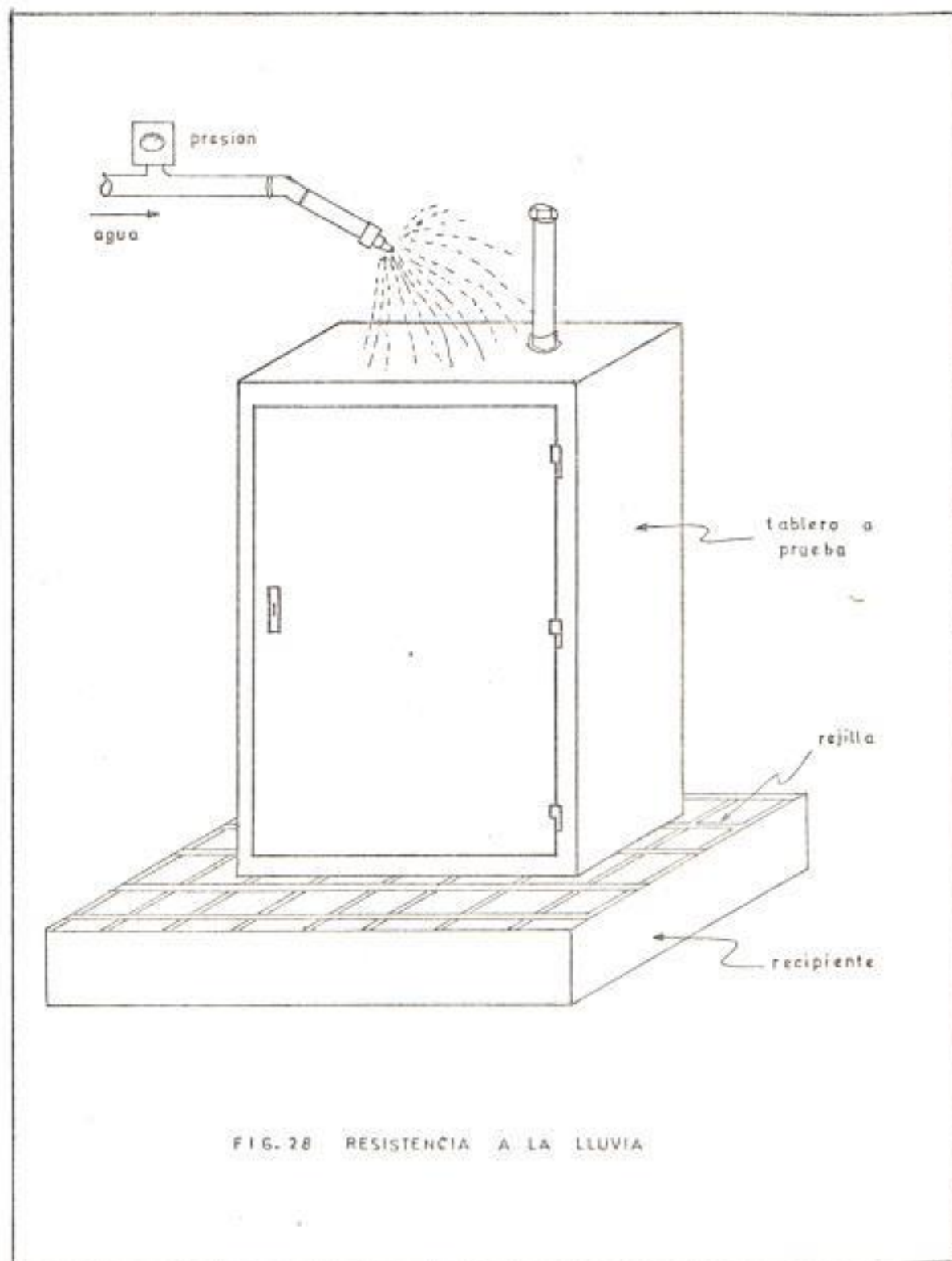


FIG. 28 RESISTENCIA A LA LLUVIA

En el recipiente que se muestra en la figura # 28, se medirá el volúmen de agua según se indica en el párrafo anterior.

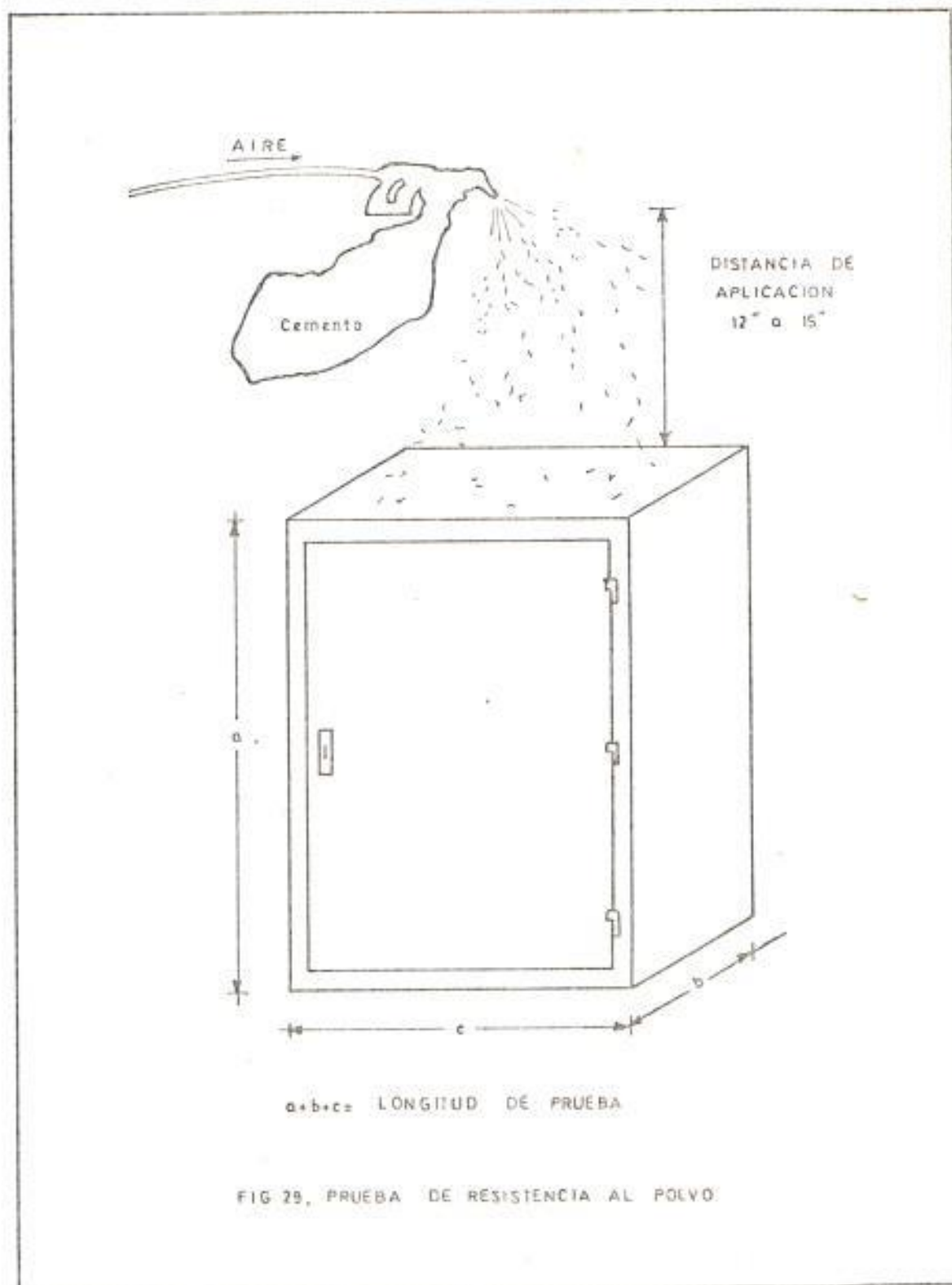
El tablero es sometido a prueba, con un tubo conduit conectado en su parte superior. Esto se hace para simular una condición más real, ésto es, observar si cuando el tablero sea instalado para trabajo normal, no existirá filtración de agua a través del conector correspondiente a dicho tubo.

El tablero será hermético si después de la prueba, no tiene agua en su interior.

VII.8 PRUEBA DE RESISTENCIA AL POLVO.

Existen lugares en los cuales la acumulación de polvo de diferente tipo es considerable, por tanto se ha previsto la construcción de tableros que resistan las entradas de polvo de manera tal que éste no impida el normal funcionamiento de los dispositivos ubicados en su interior. Luego de construído un tablero de este tipo es necesario realizar la prueba que certifique su utilidad.

Para ésto, la caja estará sujeta a una ráfaga de aire comprimido mezclado con cemento portland, usando una pistola de ráfaga de arena tipo succión la cual estará equipada de una boquilla de 3/8 de pulgada de diámetro, con un chorro de aire de 3/16 de pulgada de diámetro. La presión del aire estará entre 90 y



y 100 lbf/pulg².

La cantidad de cemento requerida será de 4 lb/pie lineal de longitud de prueba y a razón de 5 libras por minuto.

La gráfica de la figura # 29 ilustra la ejecución de la prueba. Concluida la prueba, el polvo en el interior deberá ser tal que no estorbe el funcionamiento mecánico de los dispositivos eléctricos así como el buen contacto en bornes y regletas de conexión.

VII.9 PRUEBA DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO METALICO.

La correcta aplicación de la capa metálica de protección contra la corrosión deberá tener una consideración especial. Para probar que la placa de protección aplicada es la adecuada, utilizamos una solución llamada de prueba, la misma que contiene lo siguiente: Agua destilada; 200 gramos por litro de ácido crómico (CrO_3); 50 gramos por litro de ácido sulfúrico de grado reagente el cual equivale a 27 ml. por litro de ácido sulfúrico concentrado, de gravedad específica 1,84, conteniendo 96% de H_2SO_4 .

La solución para prueba será colocada en una vasija de vidrio con un embudo de separación. Su salida estará equipada con una espita y un tubo capilar que tiene un orificio de 0,025 de pulgada (0,64 mm.) y una longitud de 5,5 pulg. (139,7 mm.).

La parte más baja del tubo capilar es roscada de modo que forme una boquilla, de la cual saldrán gotas de 0,025 mm. de diámetro. Para conservar un nivel efectivamente constante, un pequeño tubo de vidrio se insertará en la parte más alta del embudo a través de un tapón de caucho y su posición será ajustada de modo que cuando la espita se abra, la razón de goteo sea de 100 ± 5 gotas por minuto. Si se desea, se podrá usar una espita adicional en lugar del tubo de vidrio para controlar la razón de goteo.

El modelo (caja bajo prueba) y la solución de prueba serán guardadas en un cuarto, el tiempo suficiente para adquirir la temperatura de su ambiente, la cual será anotada y registrada. La prueba será realizada a temperaturas entre 70 y 90 °F (21 y 32 °C).

Cada modelo deberá ser limpiado antes de la prueba de manera que toda clase de grasa, lacas y pinturas, sean removidas de las superficies. La limpieza terminará con un enjuague y finalmente se la secará con un paño de algodón. Se deberá evitar el contacto de las superficies con las manos.

La caja a prueba será colocada a una distancia entre 0,7 y 1 pulgada por debajo del orificio, de modo que las gotas de solución golpeen el punto a ser probado y rueden rápidamente. La superficie bajo prueba será probada a una inclinación de 45 °

TEMPERATURA	FACTOR DE ESPESOR 0,00001 pulg 0,0003 mm por sg.	
	°F	CADMIO
70	1,331	0,980
71	1,340	0,990
72	1,352	1,000
73	1,362	1,010
74	1,372	1,015
75	1,383	1,025
76	1,395	1,033
77	1,405	1,042
78	1,416	1,050
79	1,427	1,060
80	1,438	1,070
82	1,460	1,085
84	1,480	1,100
86	1,501	1,120
88	1,524	1,141
90	1,546	1,160

TABLA X FACTOR DE ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

con la horizontal.

La espita será abierta y el tiempo en segundos, hasta que la solución disuelva la capa protectora del metal(quedando expuesta la base metálica), deberá ser medido.

El punto final de la prueba es el instante en que la base metálica queda expuesta. La prueba se repetirá para tres puntos diferentes tanto interiores como exteriores.

Para calcular el espesor del recubrimiento a ser probado, se seleccionamos de la tabla X, el factor de espesor apropiado para la temperatura en la cual la prueba se realizó y multiplicamos por el tiempo en segundos requerido para exponer la base metálica como se indicó en el párrafo anterior.

CAPITULO VIII

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE UN TABLERO TIPO - EJEMPLO.

VII.1 GENERALIDADES.

En este capítulo se hará el diseño de un tablero de fuerza y control, dadas las características de carga a las que se tiene que servir. Se hará el diseño de acuerdo a las especificaciones establecidas en los capítulos precedentes.

Primeramente como se indicó, se darán las características generales en base a la carga. Luego se seleccionará las dimensiones adecuadas de acuerdo a los elementos a alojar en su interior.

Se elaborará los planos de frente, perfil y planta del tablero de control, así como también la trayectoria de los cables en el interior del mismo.

VII.1.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

El tablero en mención centralizará el control de los siguientes motores de una determinada área de una planta industrial. Los motores a los que se dará servicio tienen las siguientes características de potencia:

- 3 motores trifásicos de 10 KVA cada uno.
- 7 motores trifásicos de 5 KVA cada uno.
- 4 motores trifásicos de 7,5 KVA cada uno.
- 4 motores trifásicos de 2 KVA.cada uno.

Estos serán energizados y desenergizados desde el mencionado tablero y una luz indicadora señalará la situación de prendido y apagado.

El tablero de control será dividido en secciones:

Sección A: Disyuntor principal y barras colectoras.

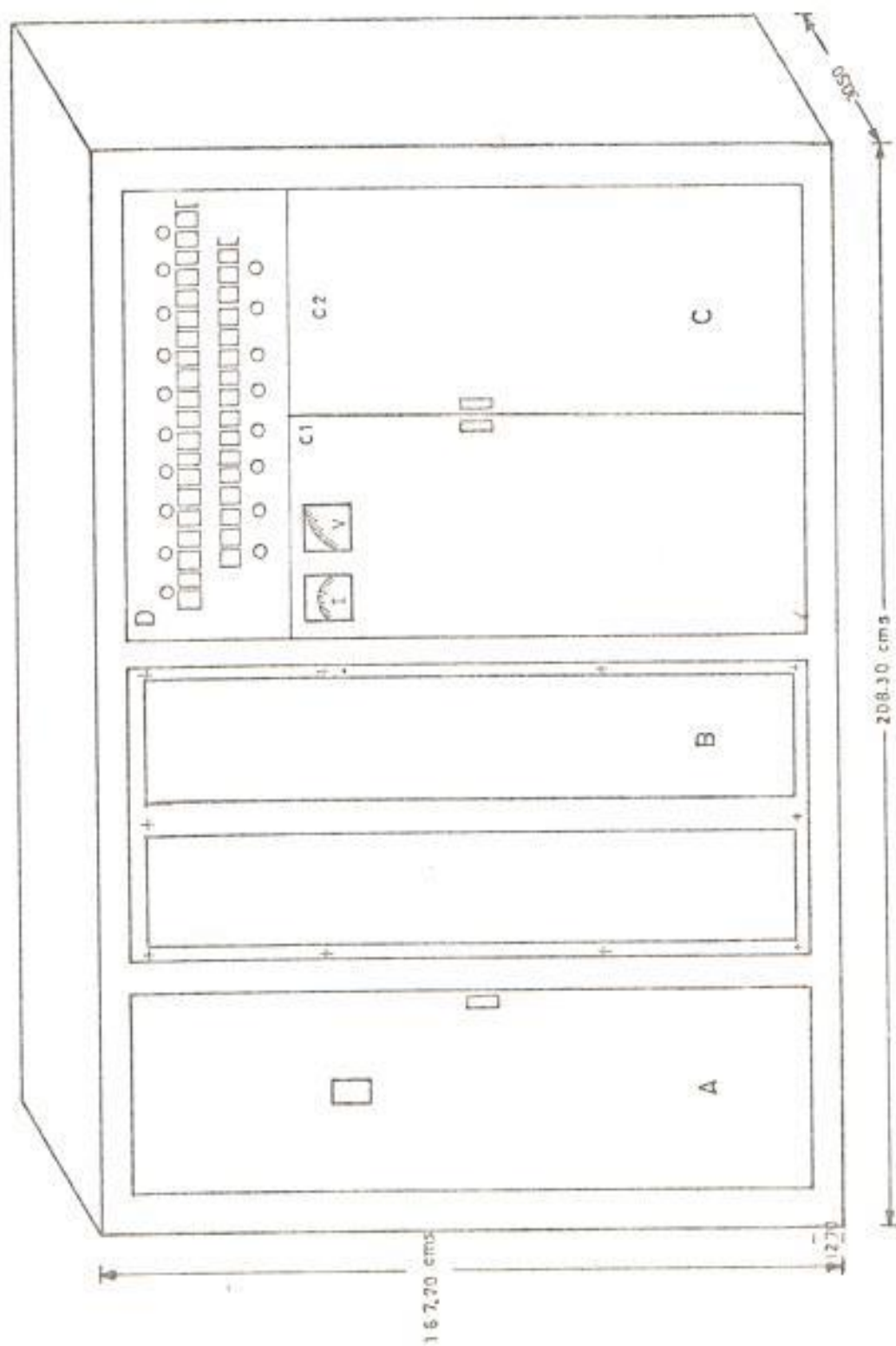
Sección B: Disyuntores para los circuitos derivados (motores).

Sección C: Arrancadores (contactores - térmicos - relés auxiliares - luces de señalización)
Se denomina sección de control.

La figura 30 ilustra la división por secciones y sus correspondientes dimensiones.

Considerando la potencia total de la planta: Carga de motores y cargas menores (alumbrado y servicios varios) tenemos aproximadamente 120 KVA; consideramos una reserva de un 20% (ampliación futura). Tenemos así 144 KVA. Esto representa aproximadamente 400 Amperios, para nuestro sistema trifásico, 220 Volts.

Fig 30 ASPECTO EXTERIOR



INTERRUPTOR PRINCIPAL.

Seleccionamos un disyuntor termomagnético de capacidad de 500 Amps., 600 Volts, 3 polos. Corriente de cortocircuito permisible máxima de 42.000 Amperios.

Hacemos uso de los catálogos de los fabricantes los cuales me señalan las dimensiones del disyuntor a usar. En nuestro caso seleccionamos un General Electric (Catálogo GEA-10665- Industrial Circuit Breakers). Para un interruptor del tipo J600 tenemos las dimensiones siguientes:

largo:	10 1/8"	(25,7 cm.)
ancho:	8 1/4"	(21.0 cm.)
profundidad:	3 3/16"	(9,7 cm.)

Este interruptor principal estará ubicado en la sección A del tablero. Si se selecciona otra marca se buscará así mismo su catálogo correspondiente para su montaje.

BARRAS COLECTORAS.

En lo referente a barras colectoras, las dimensiones de éstas son seleccionadas de la tabla VI A para barras de cobre, de generalizado uso. Así tenemos:

Dimensiones: 1/4" x 1 1/2" (6,3 mm. x 38,10 mm.)

La longitud de las barras viene dada por la altura total del tablero , restada de la longitud del disyuntor (su base) y el espacio superior que se deberá dejar para el acceso de los cables de acometida. Del espacio restante ocupamos un 80% para alojar a las barras colectoras.

La altura total del tablero dependerá de la cantidad y la disposición de los elementos en el interior, sobre todo los ubicados en las secciones B y C.

Es de indicar que cualquier perforación que se realice en una barra y que se deje como reserva constituye una disminución que se hace en la capacidad de conducción, lo cual es necesario considerar para no hacer mal uso de ésto. Se aconseja en lo posible, no dejar perforaciones sin ocupar y si esto se hace, procurar que los huecos de reserva esten en el extremo de la barra, opuesto al terminal de alimentación.

La barra de tierra será colocada de manera horizontal en la parte inferior del tablero, cubriendo las secciones B y C del mismo. Todos los elementos estarán conectados a tierra a través de esta barra.

En cuanto a la capacidad de la barra de tierra, ésta se diseñará para un 75% de la capacidad de la barra de fase, en nuestro caso, 375 Amps.

VIII.1.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

En lo referente a distancias de seguridad, primero trataremos la sujeción de barras por medio de los elementos aisladores.

Las barras colectoras se fijarán a la estructura a través de dos juegos de aisladores (cada juego son 3 aisladores). La altura de cada aislador será de 1 1/4" lo cual está de acuerdo con la tabla 5 en la cual se indican las respectivas distancias de seguridad.

Para barras encerradas en tableros y un voltaje de fase hasta 600 voltios, deberá guardarse una distancia fase tierra igual a 3/4 de pulgada. Esta distancia es la que nos interesa para la selección del aislador.

En nuestro caso usaremos el tipo de aislador de soporte de barras de la forma que se indica en la figura # 13.

La tabla #5 también nos da las distancias entre barras de fase, distancias mínimas que hay que cumplir para evitar el peligro de producción de arcos entre partes vivas.

VIII.1.3. ELEMENTOS DE SUJECION.

Un punto importante a considerar es la fijación de las barras a la estructura, así como la fijación de los distintos elementos en el interior del tablero.

Selección de pernos: De acuerdo con lo indicado en el párrafo VI.5.2., tenemos:

I = 42 Kamps.	Corriente de cortocircuito.
L = 26" (66 cm.)	Longitud de la barra
d = 0,1 m (4")	Distancia entre centro de conductores.
k = 1,1	Factor de corrección
p = 1,4	Factor de esfuerzos.

Haciendo uso de la expresión matemática que nos permite hallar el esfuerzo lateral al que estará sujeto la barra y por tanto sus elementos de fijación (pernos) tenemos:

$$P = \frac{2,04 k I^2 L p}{d} \times 10^{-8} \quad \text{Kg/apoyo}$$

P = esfuerzo lateral.

$$P = \frac{(2,04) (1,1) (42)^2 (0,66) (1,4 \times 10^{-8}) \times 10^{-6}}{0,1} \quad \text{Kg/apoyo}$$

$$P = 367,75 \quad \text{Kg/apoyo.}$$

Cualquiera sea el sentido de la fuerza entre conductores debida al cortocircuito (atracción o repulsión), este esfuerzo tratará de cortar al perno que sujeta a la barra, luego al perno que sujeta al aislador a la estructura y por último tratará de arrancar la estructura que sirve de base.

Para que lo dicho anteriormente tenga lugar es necesario que el factor de seguridad empleado en el cálculo sea mayor para la base, le siga en su orden el del perno aislador - base y por último el del perno aislador - barra. Esto implicará que ocurrido un cierto cortocircuito, lo que primero se desprenda sea la base, agravándose la situación cuando la barra que sirve de base no tiene sujeción.

$$\text{acero} = 955 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \times n$$

$$A = \left(\frac{P}{\sigma} \right) \times n$$

n: factor de seguridad.

Para el perno de sujeción del aislador a su base:

$$n = 2$$

$$A = \frac{367,75 \text{ Kg}}{955,00 \text{ Kg/cm}^2} \times 2$$

$$A = 0,76 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \frac{4 \times 0,76}{3,14} \text{ cm.}$$

$$D = 0,98 \text{ cm. (diámetro del perno).}$$

Longitud del perno : 3/4"

Dimensiones del perno: 3/8" x 3/4"

Para el perno que sujeta la barra. $n = 1,2$

$$A = 0,459 \text{ cm.}^2$$

$$D = 0,76 \text{ cm. (5/16")}$$

Dimensiones del perno: 5/16" x 3/4"

SECCION B.

En está sección se ubicarán los breakers de protección de cada uno de los 18 motores que deberán ser instalados. Los breakers a usarse en este caso son de la marca Genral Electric tipo THQ. Las dimensiones son:

Largo	:	4" (10 cm)
Ancho	:	3" (7,5 cm.)
Profundidad	:	2,5" (6,25 cm.)

Considerando que los disyuntores van a ser colocados de manera horizontal (su largo paralelo a la base del tablero) en dos columnas de 9 disyuntores cada una, tenemos:

Altura total ocupada por los disyuntores	:	27 pulg.
Espacio reserva para ampliaciones futuras:	:	6 pulg.

Con el espacio que se deja de reserva, se prevee la instalación de 4 disyuntores trifásicos del mismo tipo de los señalados. Es necesario además de proveer espacio para el cableado por la parte superior e inferior según se especifica en la tabla VIII.

Por la parte superior	:	10" (25,4 cm.)
Por la parte inferior	:	15" (38,1 cm.)

El espacio dejado en la parte inferior será mayor debido a que por ahí pasará también la barra de tierra.

En cuanto al ancho de la base de los disyuntores, ésta será de 6,5 pulgadas, para cada columna de disyuntores. Estas bases estarán simétricamente ubicadas en esta sección, dejando un espacio central entre ellas (ver figura # 32) que será utilizado para alojar los cables que entran y salen de los disyuntores.

SECCION C.

Esta sección será destinada a alojar los elementos de control y señalización. En la parte interior se colocarán los contactores y sistemas de arranque de motores.

Empotrados en la pared frontal se colocarán las botoneras de arranque y paro, las luces de señalización y los elementos de medición.

Los cables serán conducidos con amarras plásticas, formando grupos. Se pudiera llevar también en canaletas si el caso lo requiere sobre todo para cables de control. Si esto ocurre se usarán canaletas con particiones laterales y con tapa.

VIII.2 VISTAS DE UBICACION DE ELEMENTOS.

La figura # 31 nos muestra la ubicación donde se colocarán

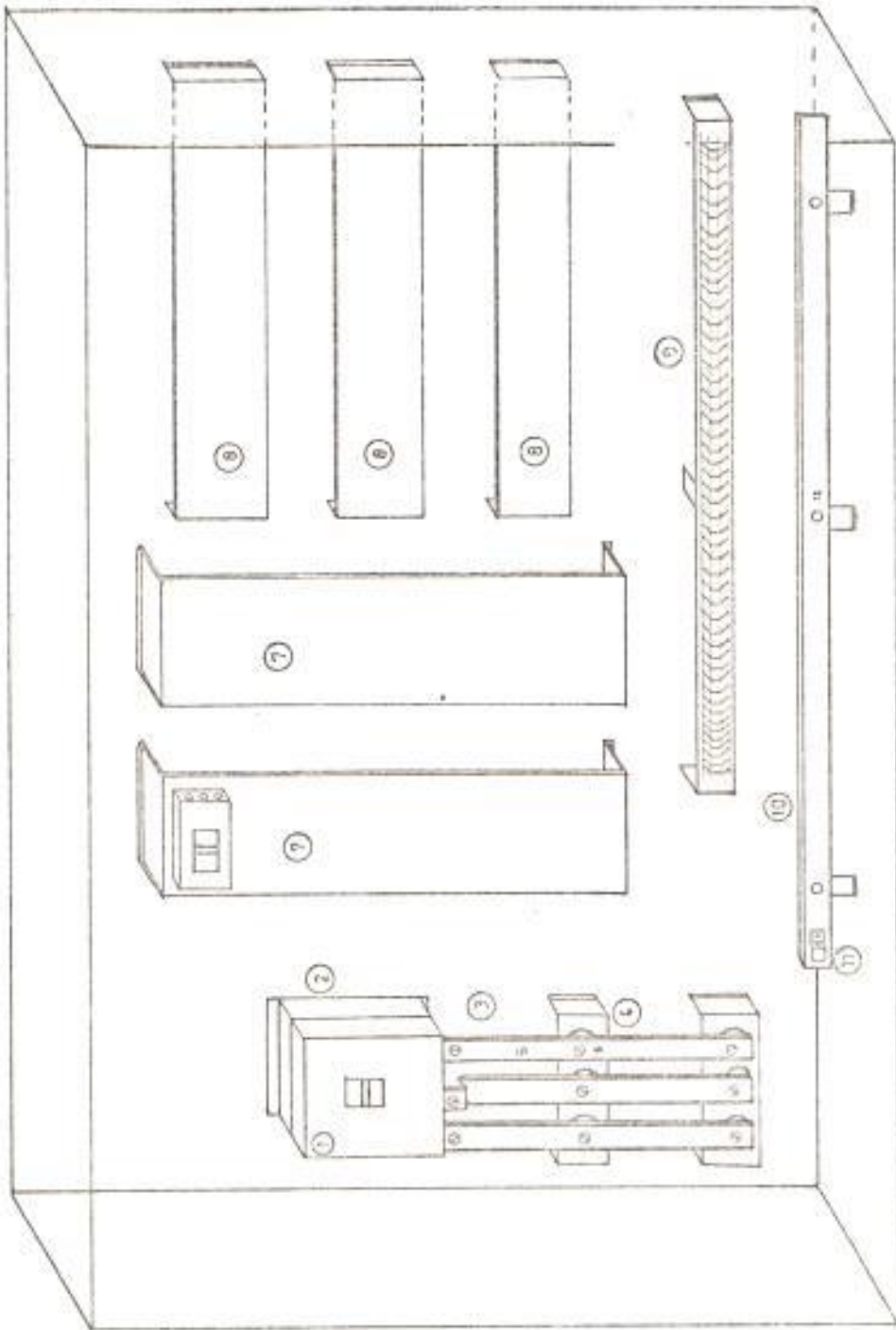


Fig. 31: Ubicación de elementos. Bases.

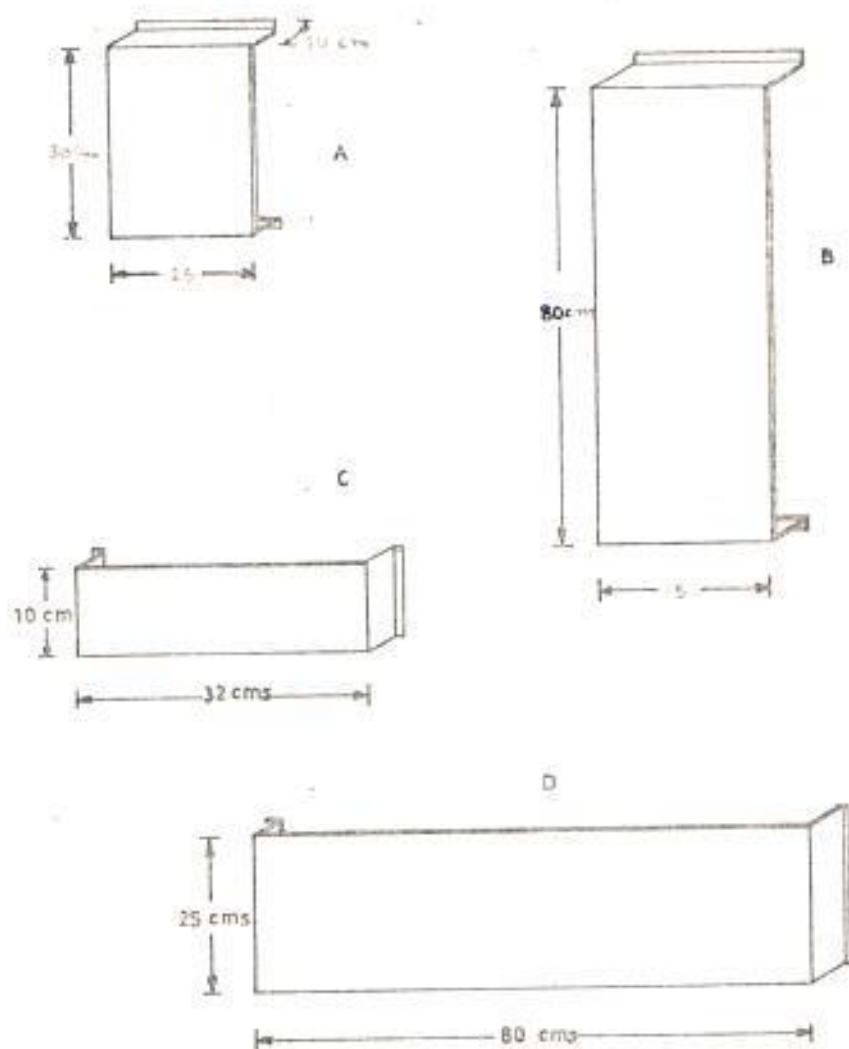


FIG 32, PIEZAS METALICAS DIMENSIONES

los distintos elementos constituyentes, guardando las distancias establecidas. Cada elemento tiene un número que lo identifica. Así:

- 1.- Interruptor principal
- 2.- Base metálica de interruptor principal.
- 3.- Barras de cobre
- 4.- Bases para soporte de barras
- 5.- Aislador.
- 6.- Interruptor de circuito derivado (motores)
- 7.- Bases para circuitos derivados(disyuntores)
- 8.- Bases para elementos de control.
- 9.- Regleta - Bloques de conexión.
- 10.- Barra de tierra.
- 11.- Conector para cable de tierra.
- 12.- Perno de sujeción para barra de tierra.

VIII.2.1. DIMENSIONES DE PIEZAS METALICAS.

La figura # 33 nos indica las dimensiones de las puertas y los detalles importantes a considerar como son: bisagras y su ubicación; perfiles; junturas, etc.

La figura # 33 b indica el espacio que se deberá proveer para el camino de llama . Este deberá estar de acuerdo con lo indicado en el párrafo IV.3.2.

G1, G2 G5
GRUPO
CABLES

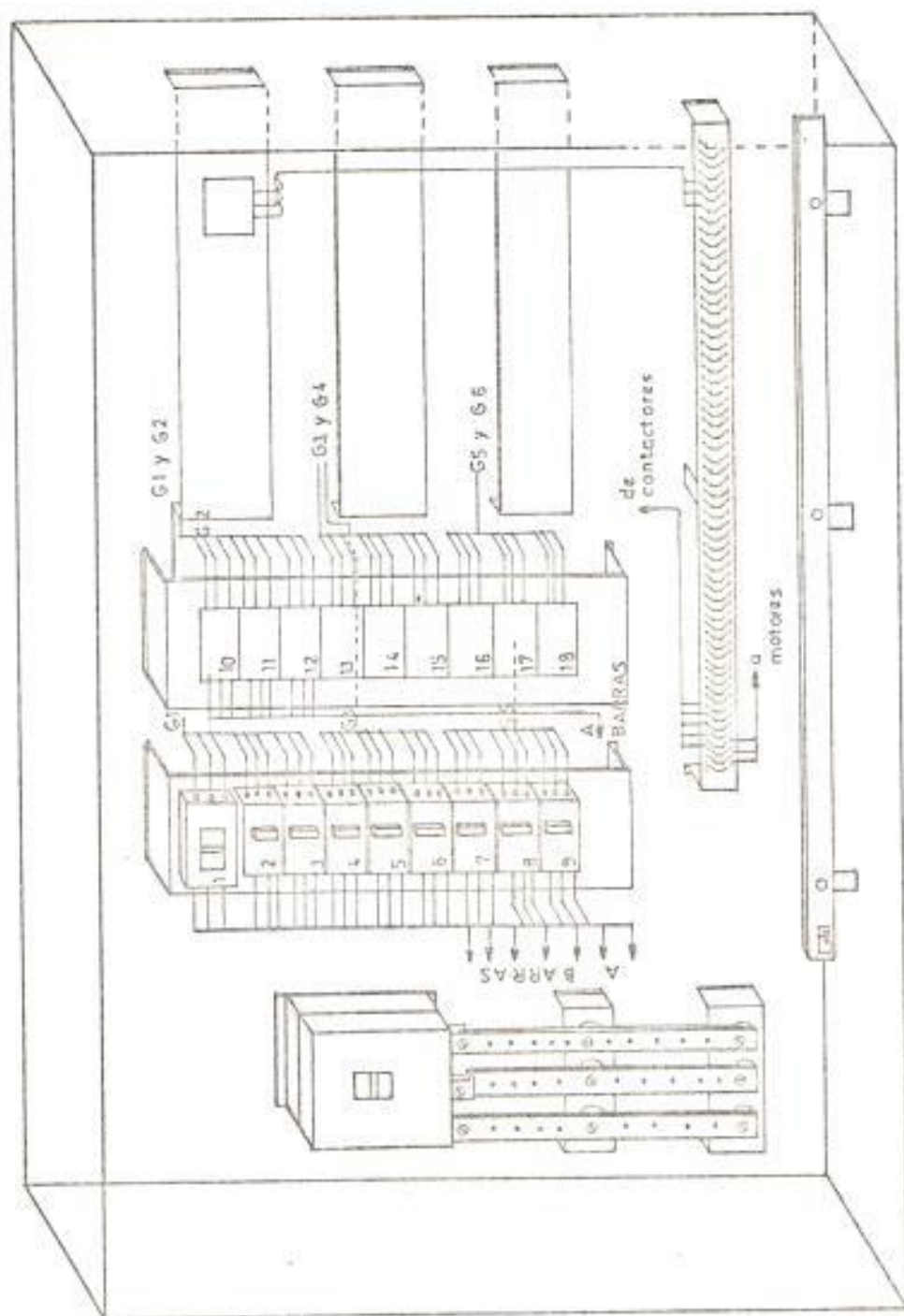


FIG. 34 DIAGRAMA DE CABLEADO

La figura 33 c nos muestra las dimensiones y forma así como la ubicación de los puntos de sujeción de la lámina D (fig. 30) según se indica en la figura # 2 (Cap. II).

La figura # 32 nos indica las dimensiones de las piezas metálicas que actúan como base de los elementos a instalarse.

VIII.3. DIAGRAMA DE CONEXIONES - CABLEADO.

Se deberá proveer en lo posible, de un diagrama del cableado y su trayectoria en el interior del tablero especialmente, para cuando exista un gran número de cables. Esto se solicita para dar mayor facilidad al futuro usuario en lo que respecta a la identificación necesaria en casos de cambios y reparaciones en lo posterior.

La figura # 34 nos da una muestra de cómo conducir los cables en el interior, su agrupación y su trayectoria, de tal manera de organizar esta operación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Habiendo presentado y revisado las especificaciones de construcción para tableros y gabinetes eléctricos, podemos afirmar la importancia que el cumplimiento de dichas normas representa, tanto en el aspecto técnico, como en el aspecto referente a seguridad.

La presente tesis pusiera servir de guía para la posterior elaboración de un "Manual para el constructor de Tableros Eléctricos", lo cual se hace muy necesario en los actuales momentos dada la proliferación de talleres y empresas que se dedican a la fabricación de dichos tableros.

Como se puede notar, un tablero eléctrico no es simplemente una caja metálica. Es algo que debe ser tomado muy en cuenta cuando se quiere construir un sistema de distribución dentro de una determinada planta industrial.

Partiendo de lo dicho en los párrafos anteriores, recomendaría a los organismos encargados de la planificación y control en lo referente al aspecto eléctrico, ejercer un control más estricto, exigiendo a los constructores un registro profesional y una certificación de garantía del producto terminado, para acabar

con la fabricación de estos elementos sin ninguna base técnica y sin contemplar las más elementales normas de seguridad.

BIBLIOGRAFIA

1. Cernica J. - Resistencia de materiales. Cap.8
- 2.- Catálogos de compañías eléctricas:
General Electric: Instrumentos de medición. 1982
Allen Bradley: Industry Control - Handy Catalog. 1982
Square D: Breakers Catalog. 1982
- 3.- Ebasco Specifications.- Control Systems, boards and Cabinets. 1970.
- 4.- Knowlton.- Manual del Ingeniero Electricista.
- 5.- Lythall.- The Switchgear book. 1980.
- 6.- Mars.- Manual del Ingeniero Mecánico.
- 7.- NEMA STANDARDS.- Terminal blocks for industrial Control Equipment, ICS 4 - 1978.
- 8.- Stevenson.- Análisis de Sistemas de Potencia.
- 9.- Underwriters Laboratories:
Cabinets and Boxes. UL 50
Panelboards. UL 67