

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO INSTALACIONES II

SEPTIEMBRE DE 1985 .

1. ING. FERNANDO VAQUEIRO HEREDIA
INGENIERO ESPECIALISTA DE DISEÑO
INDUSTRIAS IEM
AV. GUSTAVO BAZ KM. 11.5
TLALNEPANTLA, EDO. DE MEX.
965 69 00 Ext. 446
2. ING. HUMBERTO SANCHEZ SANCHEZ
INGENIERO DE DISEÑO
INDUSTRIAS IEM, S.A. DE C.V.
VIA GUSTAVO BAZ 11.5
TLALNEPANTLA, EDO. DE MEX.
565 69 99 Ext. 461
3. ING. LUIS MUROW ITQUIN (COORDINADOR)
Gerente General
C.P.I. Construcciones, S.A.
Prolongación Lago Peypus, NO. 66
Col. Anáhuac
México, DF..
399 32 99 y 399 24 44
4. ING. ANDRES CHAVEZ SANUDO (COORDINADOR)
Superintendente Eléctrico
Zona Sur
Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.
División del Norte 3105
Col. El Rosedal
México, D.F.
544 80 12 y 549 36 88 y 544 79 73
5. ING. MAURICIO SIERRA DUPONT
Subdirector General
Federal Pacific Electric de México
Oriente 233 No. 341
Col. Agrícola Oriental
México, D.F.
763 10 33
6. ING. JORGE GUTIERREZ SANCHEZ
SUPERVISOR
Grupo IEM
Depto. de Proyectos Especiales
Cervantes Saavedra No. 255
México, D.F.
254 03 22
7. ING. JESUS AVILA ESPINOSA
Director de Ingeniería Electromecánica
Electromecánica e Industrial
Ingeniería y Procesamiento Electrónico
San Lorenzo No. 153-7º Piso
México, D.F.
559 18 12

7. ING. ENRIQUE OROZCO LOPEZ
ANALISTA PROGRAMADOR OPERADOR
SECC. DE MAQUINAS ELECTRONICAS
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
MELCHOR OCAMPO NO. 171-6° PISO
MEXICO, D.F.
518 00 80 Ext.163 y 5911011
8. ING. HORACIO BUITRON SANCHEZ
Ingeniero en Sistemas de Potencia
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
Av. Don Manuelito S/N Casi Esq. Con Ave. Toluca
Col. Olivar de los Padres
México, D.F.
595 54 00 Ext.242
9. ING. GENARO GARCIA CASTRO
ZONA SUR
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
DIV. DEL NORTE NO. 3105
COL. EL ROSEDAL
MEXICO, D.F.
544 80.12
10. ING. DAVID CABRERA VAZQUEZ
ZONA SUR
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
DIV. DEL NORTE NO. 3105
COL. EL ROSEDAL
MEXICO, D.F.
544 8012
11. ING. SERGIO GARCIA ANAYA
GERENTE DE ZONA DE FOCOS, S.A.
BLVD. Pto. Aereo No. 123
Col. Moctezuma
México, D.F.
571 22 29 y 571 01 64
12. ING. DANIEL FERNANDEZ RESENDIZ
INGENIERO INDUSTRIAL
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
MELCHOR OCAMPO NO. 171-5° PISO
MEXICO, D.F.
566 43 03
13. ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS
5350275

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES 1985.

Fecha	Tema	Horario	Profesor
Septiembre 2	SELECCION Y APLICACIONES DE EQUIPO: "Transformadores"	17 a 19 h	Ing. Fernando Vaqueiro
	"Motores"	19 a 21 h	Ing. Humberto Sánchez Sánchez
Septiembre 3	"Tableros de media tensión"	17 a 19 h	Ing. Jorge Gutiérrez Sánchez
	Tableros en baja Tensión"	19 a 21 h	Ing. Mauricio Sierra Dupon
Septiembre 4	MANTENIMIENTO ELECTRICO: "Administración y Filosofía del manteni- miento"	17 a 19 h	Ing. Jesús Avila Espinoza
	"Mantenimiento eléctrico específico"	19 a 21 h	Ing. Andrés Chávez Sañudo
Septiembre 5	CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA	17 a 19 h	Ing. Luis Murrow Itquin
	CONTROL E INSTRUMENTACION	19 a 21 h	Ing. Horacio Buitron Sánchez
Septiembre 6	PRUEBAS DE CAMPO A EQUIPOS	8 a 13 h	Ing. Genaro García Castro Ing. David Cabrera Vázquez
Septiembre 7	PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES	9 a 14 h	Ing. Enrique Orozco López
Septiembre 9	ILUMINACION INDUSTRIAL	17 a 21 h	Ing. Sergio García Anaya
Septiembre 10	ILUMINACION INDUSTRIAL	17 a 19 h	Ing. Sergio García Anaya
Septiembre 10	ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS	19-21 h	Ing. Héctor Sánchez
Septiembre 11	" " " " " "	17 a 21 h	Ceballos
Septiembre 12	PRESUPUESTOS, COSTOS UNITARIOS Y CONTROL DE OBRAS	17 a 21 h	Ing. José A. Martínez Méndez
Septiembre 13	SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Redes, Acometidas, Trámites, Medición, Tarifa.	17 a 21 h	Ing. Juan Botello Barrón
Septiembre 14	MESA REDONDA	9 a 13 h	PANELISTAS

EVALUACION DEL PERSONAL

DOCENTE

CURSO:

FECHA:

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION)	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA					
ING. HUMBERTO SANCHEZ SANCHEZ					
ING. JORGE GUTIERREZ SANCHEZ					
ING. MAURICIO SIERRA DUPONT					
ING. JESUS AVILA ESPINOZA					
ING. ANDRES CHAVEZ SANUDO					
ING. LUIS MURROW ITQUIN					
ING. HORACIO BUITRON SANCHEZ					
ING. GENARO GARCIA CASTRO					
ING. DAVID CABRERA VAZQUEZ					
ING. ENRIQUE OROZCO LOPEZ					
ING. SERGIO GARCIA ANAYA					

CURSO:

FECHA:

T E M A	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
SELEC. Y APLICACIONES DE EQUIPO					
Transformadores					
Motores					
Tableros de media tensión					
Tableros de baja tensión					
Admón. y filosofía del mantenimiento.					
Mantenimiento eléctrico específico					
Corrección de factor de potencia					
Control e instrumentación					
Pruebas de campo a equipos					
Protección contra sobretensiones					
Iluminación industrial					

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO:

FECHA:

	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
TEMA					
Aspectos relevantes del reglamento.					
Presupuestos, costos unitarios y ...					
Suministro de energía eléctrica.					
Mesa Redonda.					

EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

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

PERIODICO EXCELSIOR
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

PERIODICO NOVEDADES
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL

RADIO UNIVERSIDAD

COMUNICACION CARTA,
TELEFONO, VERBAL,
ETC.

REVISTAS TECNICAS

FOLLETO ANUAL

CARTELERA UNAM "LOS
UNIVERSITARIOS HOY"

GACETA
UNAM

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

AUTOMOVIL
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

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

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas?

sí

no

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE

BUENA

REGULAR

MALA

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES
DE 9 a 13 H. Y
DE 14 A 18 H.
(CON COMIDAD)

LUNES A
VIERNES DE
17 a 21 H.

LUNES A MIERCOLES
Y VIERNES DE
18 A 21 H.

MARTES Y JUEVES
DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 14 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 13 H.
DE 14 A 18 H.

OTRO

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10.- Otras sugerencias:



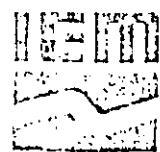
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

SELECCION DE TRANSFORMADORES

Ing. Fernando Vaqueiro

SEPTIEMBRE, 1985



TABLEROS BLINDADOS

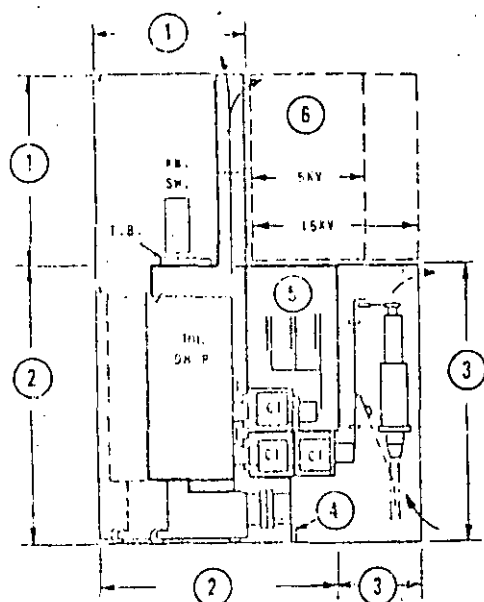
Estos tableros se fabrican para aplicaciones en interior e intemperie. Los interruptores empleados y las características de diseño son similares en ambos casos. En términos generales, el tablero para intemperie se construye ensamblando una cubierta que protege a las celdas tipo interior. Las capacidades disponibles estandar son:

2 300 V A 15 000 V
1 300 A A 3 000 A
HASTA 1 000 MVA.

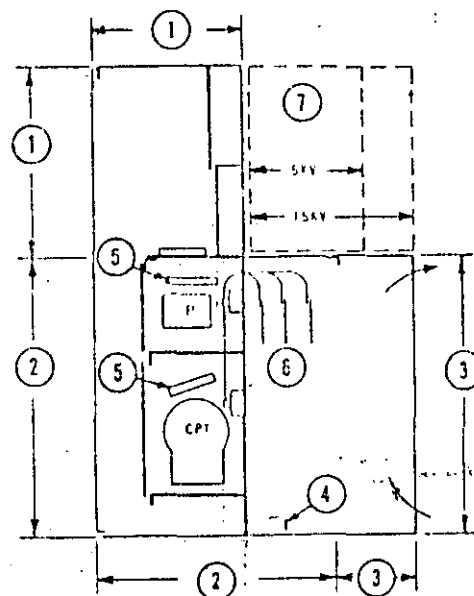
CONSTRUCCION PARA SERVICIO INTERIOR

El tablero está formado por celdas para cortacircuito y celdas auxiliares. La figura 1a., es una vista lateral de una celda típica. Está compuesta de módulos atornillados: el módulo del cortacircuito, el módulo de línea, el módulo de control y un módulo superior en la parte posterior. (si se requiere).

La figura 16 muestra una celda auxiliar, compuesta de manera parecida a la celda de cortacircuito.



- 1. Módulo de Control
- 2. Módulo del Cortacircuito y Bus
- 3. Módulo de la Línea
- 4. Bus de Tierra
- 5. Bus Principal
- 6. Módulos Posteriores



- 1. Módulo de Control
- 2. Módulo Auxiliar
- 3. Módulo de la Línea
- 4. Bus de Tierra
- 5. Fusible
- 6. Bus Principal
- 7. Módulos Posteriores

Fig. A Celda de Cortacircuito de 5 KV*

Celda Auxiliar de 5 KV*

CONSTRUCCION PARA INTEMPERIE SHELTERFOR-M

Este tablero es un ensamble de una cubierta a prueba de intemperie envolviendo los gabinetes de servicio interior y con un pasillo para operación y mantenimiento, en donde está todo el equipo accesible sin quedar expuesto a los elementos. Este pasillo es de dimensiones suficientes para permitir inclusive el intercambio de interruptores. Las puertas se localizan en los dos extremos del pasillo y están equipadas con mecanismos que permiten se puedan abrir desde la parte interior; aunque se encuentren cerradas con candado por fuera. Este tipo de construcción consiste básicamente de:

- Los gabinetes o celdas para servicio interior.
- Una base soldada, a la cual se fijan las celdas.
- Cubiertas a prueba de intemperie que se atornillan a la parte posterior y a la parte lateral.
- Cubiertas a prueba de intemperie para el techo.
- El piso para el pasillo, que se atornilla a la base y al canal frontal de montaje.
- Cubierta a prueba de intemperie para las paredes del pasillo.
- Techo a prueba de intemperie para el pasillo.

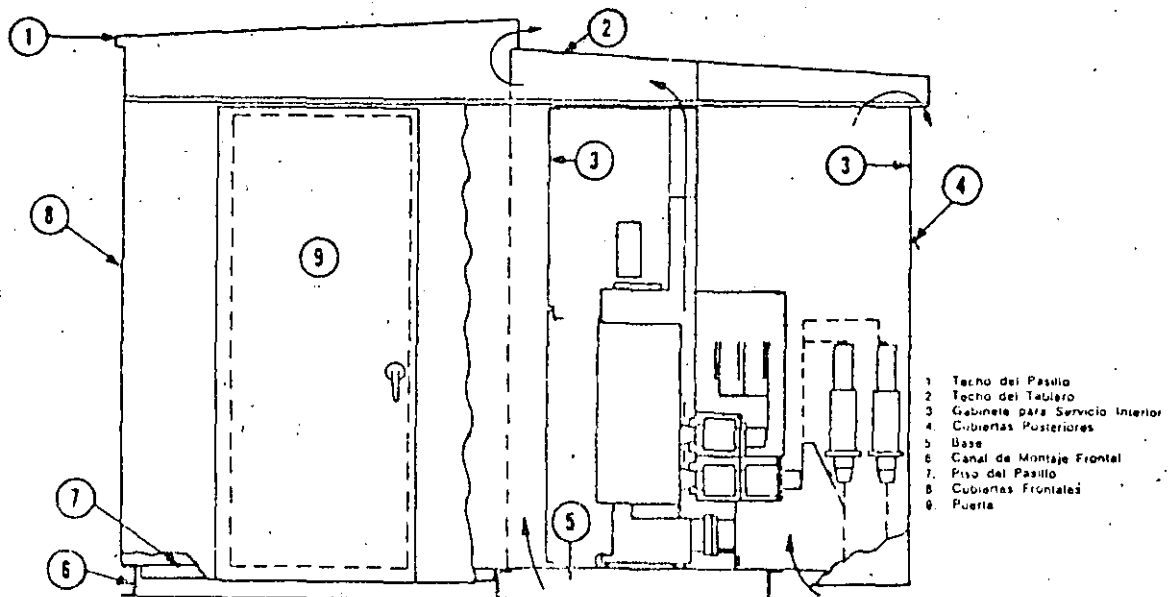


Fig. 2 Celda de Cortacircuito de 5 KV Shalterlor-M

La ventilación está indicada por las flechas.



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

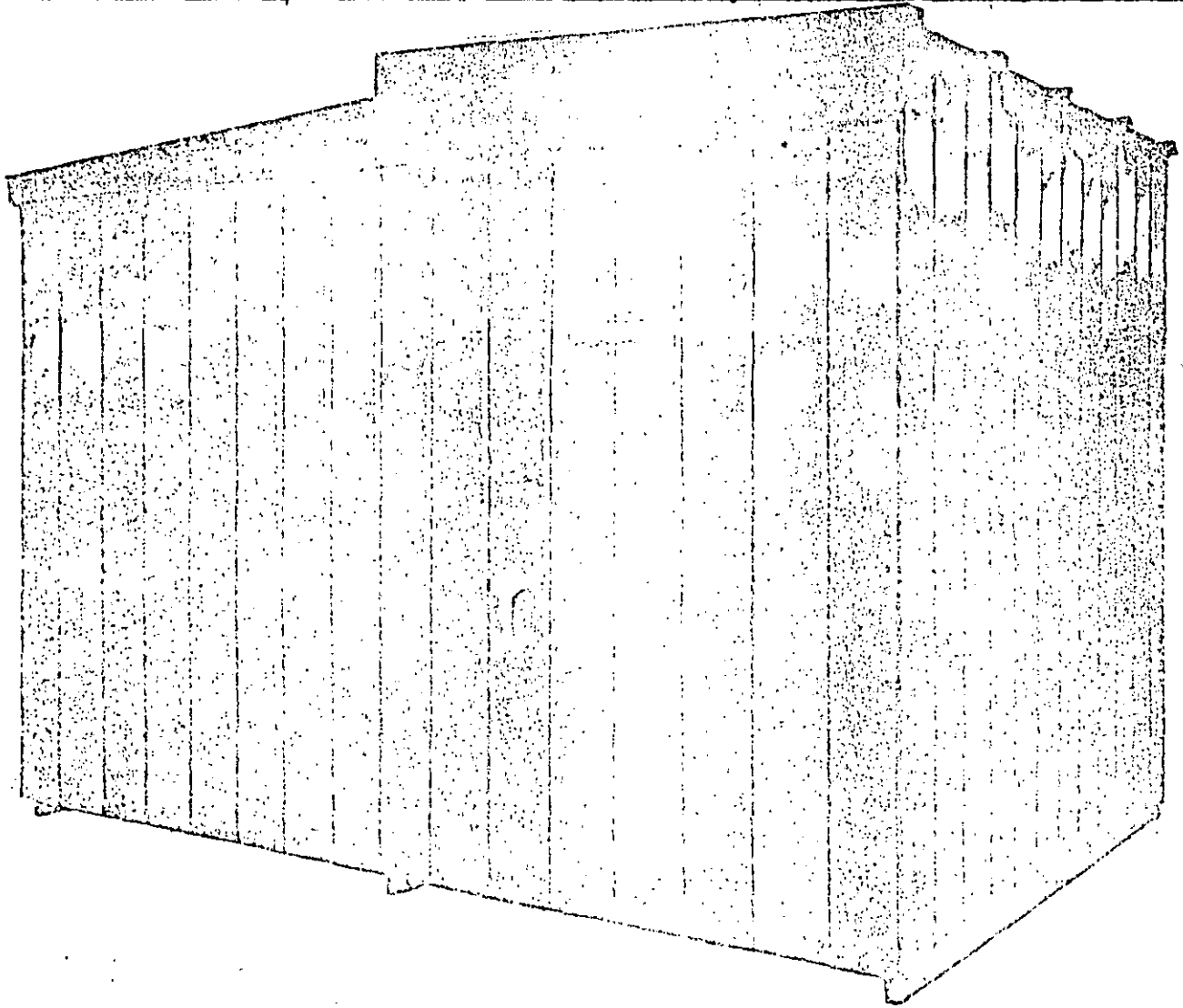


Fig. 3. Vista Frontal de un Tablero para Intemperie Shelterfor-M

CONSTRUCCION PARA INTEMPERIE SIN PASILLO

La construcción de este tablero es similar a la anterior, - con la excepción de que no tiene pasillo y las puertas se encuentran colocadas en cada sección. Cada sección cuenta con alumbra- do, un contacto, y un módulo frontal a prueba de intemperie. Los requisitos para la cimentación son muy simples, la estructura es tá soportada por dos canales que sirven de base.



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

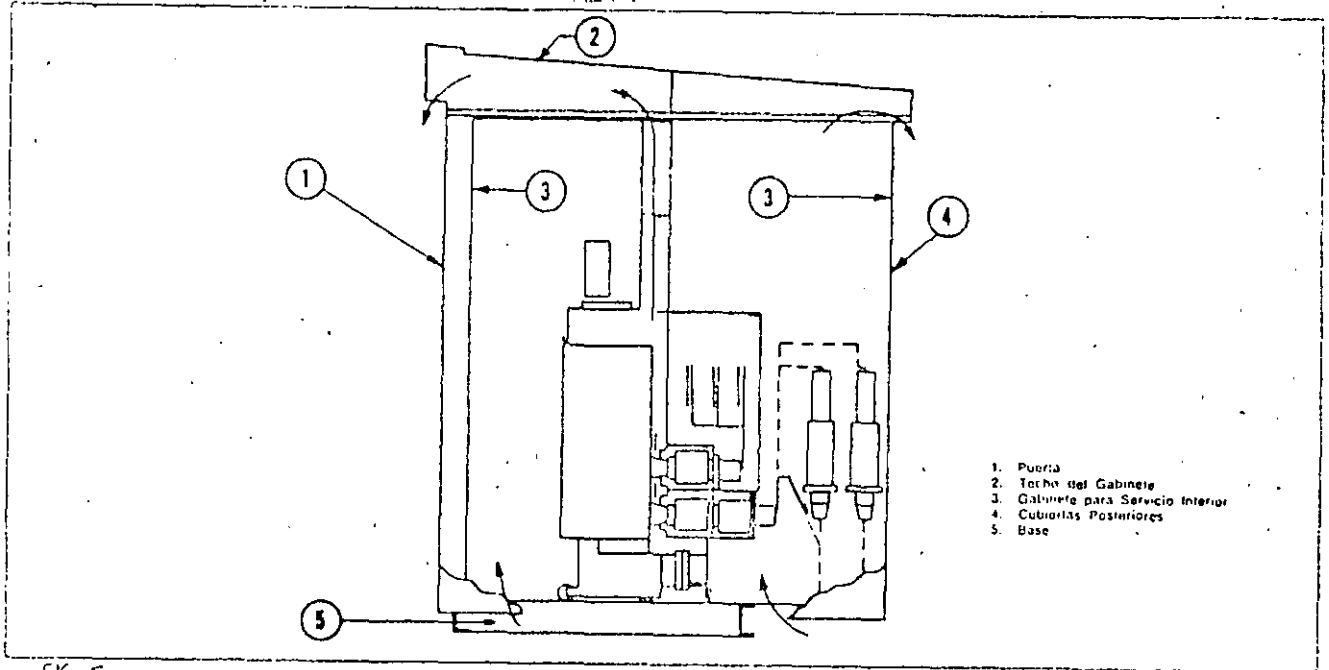


FIG. 5
Celda de Cortacircuito para Intemperie sin Pasillo, 5 KV (La ventilación está indicada por las flechas)



GRUPO IEM

TECNO:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

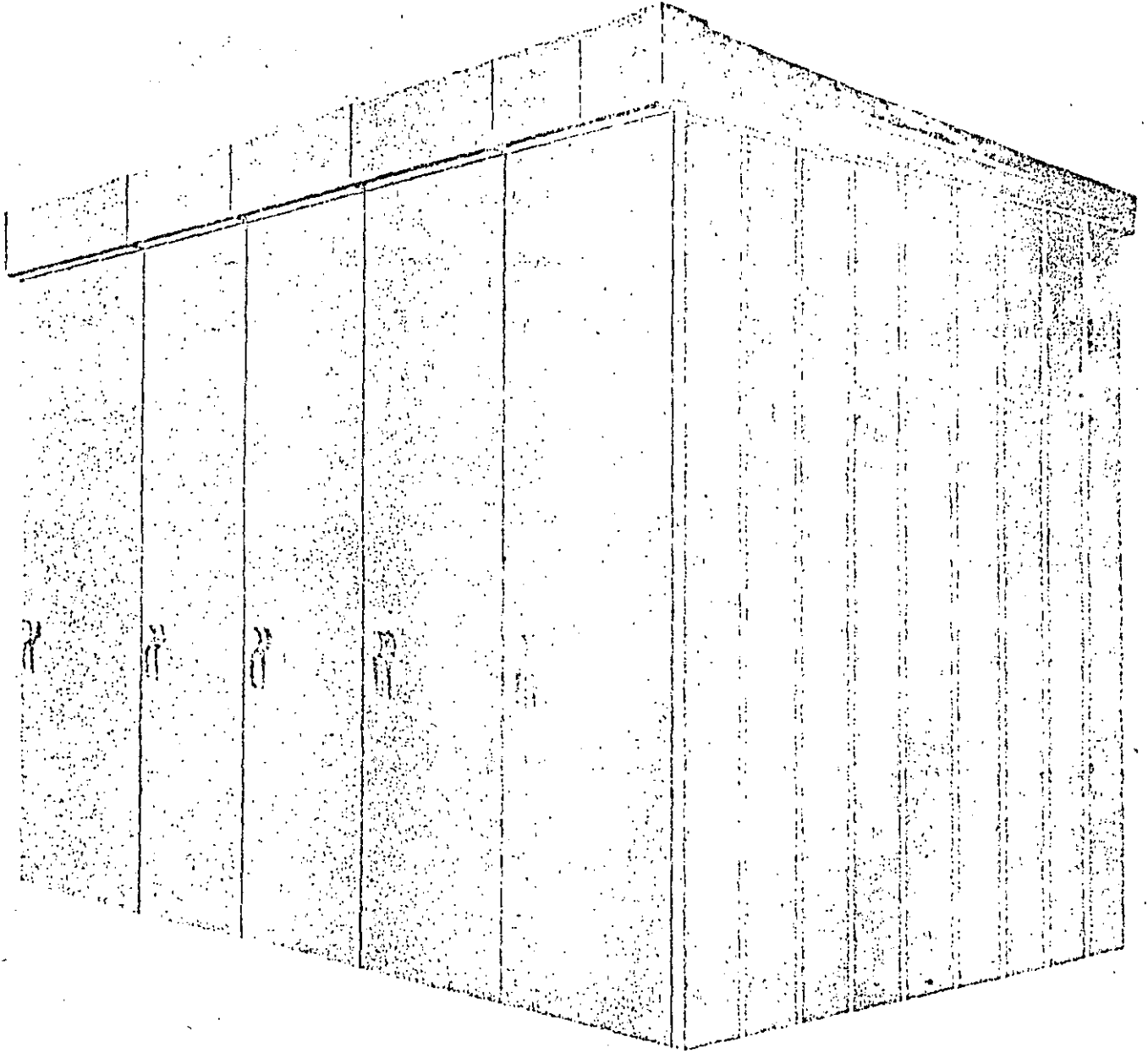


FIG. 4
Vista Frontal de un Tablero para Servicio Intemperie sin Pasillo



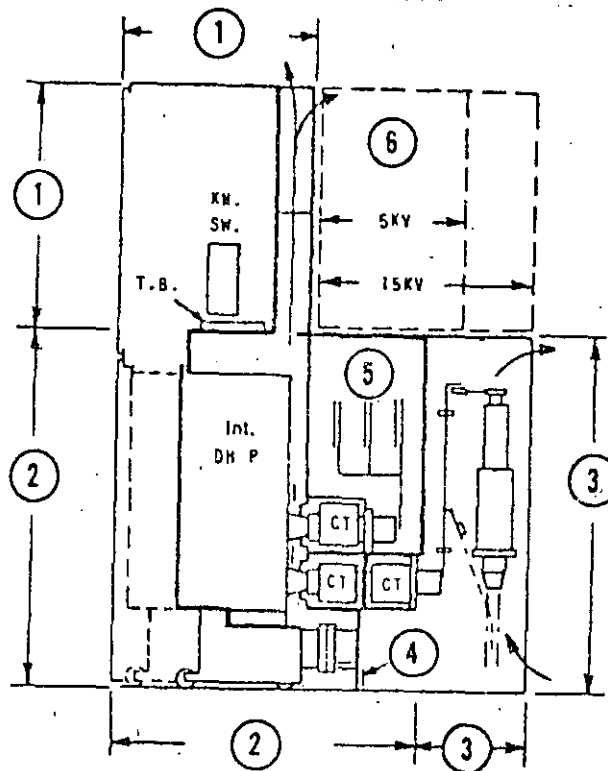
GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

Como anteriormente se mencionó, las celdas son iguales en todos los casos y están construídas en forma modular. Los módulos que la forman son los siguientes:

1. Módulo de Control
2. Módulo del Cortacircuito y Bus
3. Módulo de la Línea
4. Bus de Tierra
5. Bus Principal
6. Módulos Posteriores





GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

MODULO DEL CORTACIRCUITO Y DEL BUS

Todas las partes móviles se localizan en este módulo, el cual contiene la mayoría del equipo funcional tal como el mismo cortacircuito. A continuación se describen brevemente los principales dispositivos.

CONTACTOS DESCONECTADORES PRINCIPALES

Los contactos desconectadores principales se muestran en la figura 7 y están hechos de barra de cobre con revestimiento de plata, localizándose dentro de los soportes cilíndricos de porcelana o resina epóxica.

El ensamble de contactos se asegura en la botella mediante una tuerca especial en la parte frontal del contacto, por lo que se requiere una herramienta especial para quitar o reponer dicha tuerca.

TORNILLO DE INSERCIÓN

En esta misma figura el tornillo de inserción es mostrado y está hecho de barra de acero redonda con tratamiento térmico y tiene una cuerda de 42-13 en un extremo y en el otro cuerda ACME. Este último extremo está posicionado y apuntando hacia la tuerca de inserción, la cual es parte del interruptor. Cuando la tuerca y el tornillo de inserción se encuentran y esta última es girada, el interruptor es jalado hacia la posición de conectado.

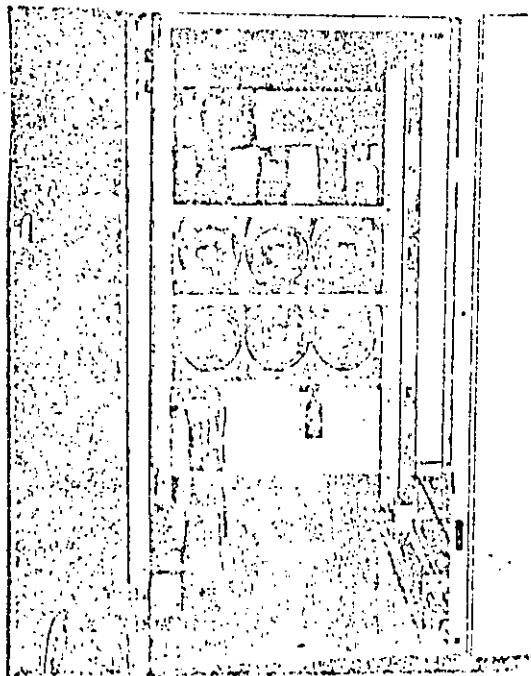


Fig. 7. Celda de Cortacircuito de 5 KV, sin Cortina ni Barreras



TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente tipo DONA se instalan alrededor de los soportes de los contactos principales como se muestra en la figura 20, tanto en la parte superior como en la inferior, se pueden montar y desmontar por el frente. En caso de que se requiera un juego extra de transformadores de corriente se pueden instalar en la parte posterior.

PANTALLAS Y BARRERAS

Al frente de los soportes de contactos principales se colocan unas barreras de fibra de vidrio y resina poliéster y una pantalla del mismo material en la figura 18 puede verse un gabinete mostrando la posición de la pantalla cuando el interruptor es extraído. Un brazo de operación está ensamblado en uno de los laterales del gabinete y articulado a la pantalla, la cual se levanta automáticamente por la acción de un rodillo del interruptor contra la superficie de la LEVA en el brazo de operación cuando el interruptor es insertado a la posición de conectado. Estas barreras se instalan con el fin de proporcionar una protección aislante contra los contactos primarios que pueden estar energizados.

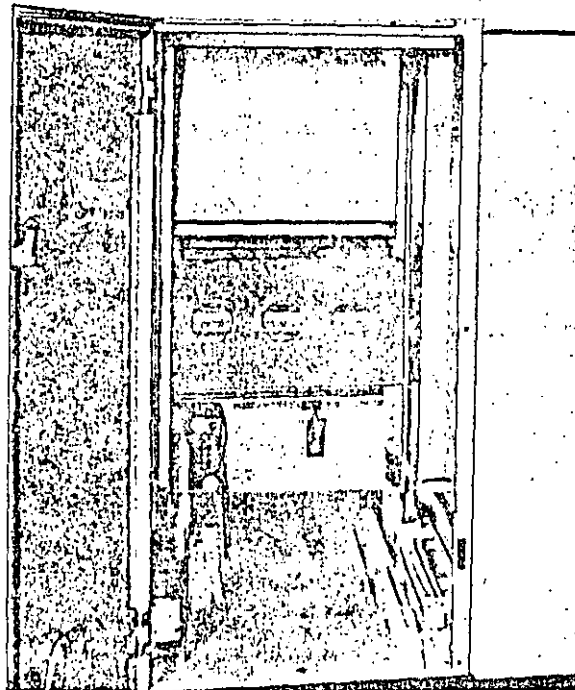


Fig. 18 Celda de Cortacircuito de 5 KV, con la Cortina y las Barreras en su lugar



RIELES GUIA Y DISPARADORES DE PISO

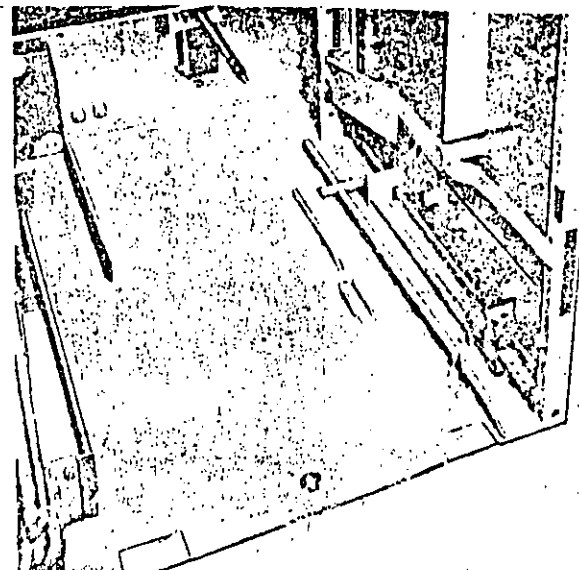
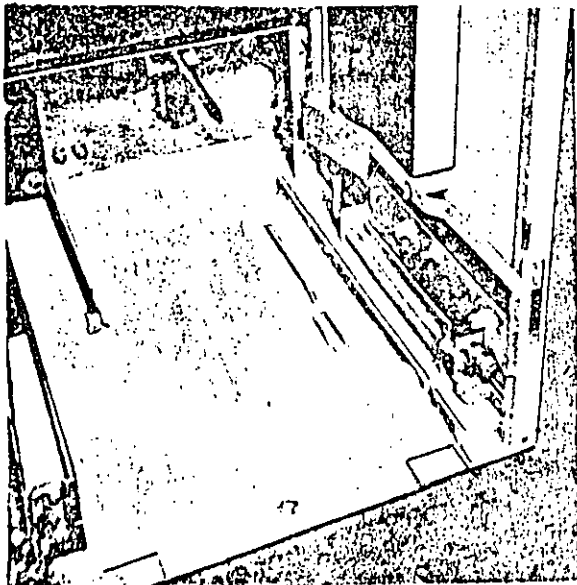
Este riel posiciona y guía al interruptor lateralmente dentro del módulo; tiene una muesca al frente para proporcionar un seguro positivo para el interruptor en la posición de prueba, así como para evitar que se golpeen el tornillo de inserción y la tuerca de inserción cuando el interruptor sea empujado dentro del módulo.

El disparador posterior de piso, es una barra que opera el bloqueo de piso y la palanca de disparo automática en la parte inferior del interruptor. Como resultado el interruptor puede ser operado eléctricamente en las posiciones de conectado o prueba, pero está en condición de disparo libre en cualquier posición intermedia.

EL DISPARADOR FRONTAL DE PISO

El disparador frontal de piso, es una canal en donde el lado derecho opera el bloqueo de piso y la palanca de disparo automática en la parte inferior del interruptor, dando como resultado que, si éste se encuentra cerrado, se dispara al insertarlo a la posición de prueba o al extraerlo de la posición de prueba.

El lado izquierdo opera la palanca de liberación del resorte de cierre automática localizada en la parte inferior de los interruptores. Esto es con el fin de que si el mecanismo de energía almacenada se encuentra cargado, se descarga el resorte cuando el interruptor sea insertado a la posición de prueba o extraído de ésta posición.





GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

SWITCH DE LA CELDA

El switch de celda mostrado en las figura 21, es un ensamble de switch de 4 polos y está montado en la parte posterior del módulo del cortacircuito y es operado por una palanca montada en el tornillo de inserción y esta palanca es operada a su vez por el marco o chasis del interruptor cuando éste es insertado a la posición de conectado. Este switch da una indicación eléctrica de si el interruptor está o no en la posición de conectado.

BLOQUEO DE POSICION DEL CORTACIRCUITO

El bloqueo de posición consiste de una barra instalada en el lado derecho de la celda. Su función es bloquear el interruptor fuera de su posición de conectado. Se puede usar chapa de candado.

SWITCH DE CELDA OPERADO POR MECANISMO

El switch de celda mostrado en la figura 21, es un ensamble de un block de contactos montado en el lado derecho del módulo de control y es operado por el interruptor a través de una palanca y un pantografo. La función de este switch es indicar eléctricamente si el interruptor está cerrado o disparado.



Fig. Celda de 5 KV con
Conmutador de Celda



LOS CONTACTOS DE DESCONEXION SECUNDARIOS

Estos contactos son del tipo receptáculo y van montados en un receptáculo localizado en la parte inferior izquierda del módulo de cortacircuito. Un contacto similar excepto que del tipo clavija, está montado en el interruptor. Ambos contactos proporcionan las conexiones del circuito de control entre el elemento removible y la celda estacionaria.

MODULO DE LINEA

En el módulo de línea, hay espacio disponible para las conexiones del cliente, tanto primarias como de tierra. El módulo de línea dependiendo de lo que se requiera, puede equiparse con conectores - Mufas o conexiones a un Bus. Como equipo estandar, este módulo está provisto de un termostato y una resistencia calefactora, en casos especiales se instalan transformadores de corriente tipo barra.



Fig. 22. Vista Posterior de una Celda de Cortacircuito sin la Cubierta Posterior (Servicio Interior)



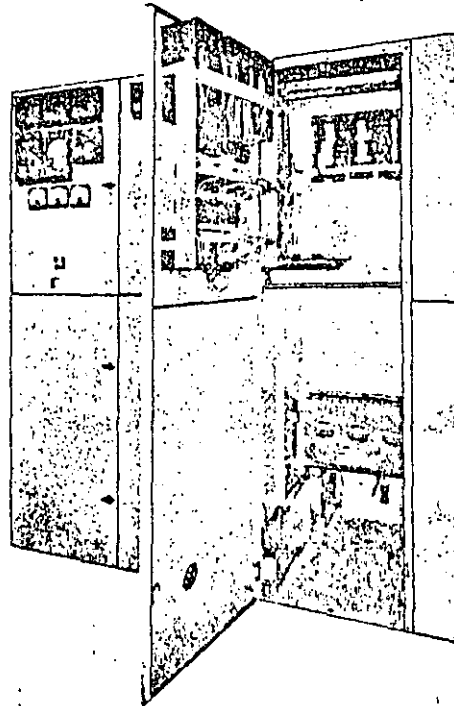
GRUPO IEM

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

12
fecha:

MODULO DE CONTROL

En este módulo se alojan todos los dispositivos de control y protección de los circuitos eléctricos auxiliares del tablero.



23

Fig. 17. Celda de 5 KV para Interior e Intemperie con Compartimiento de Potenciales, con la Puerta Cerrada

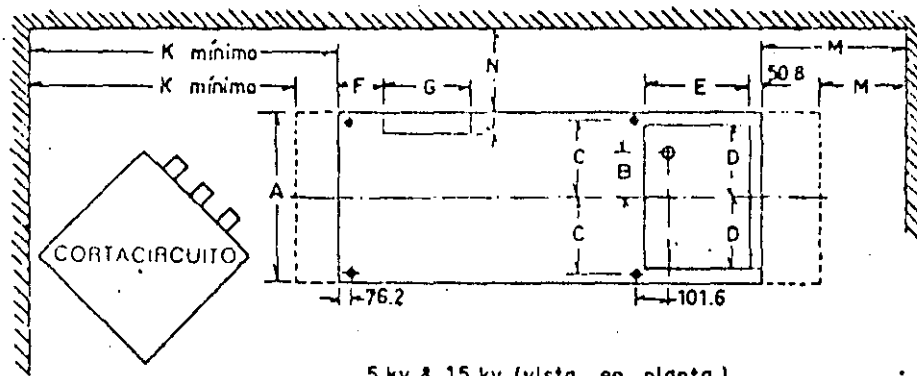
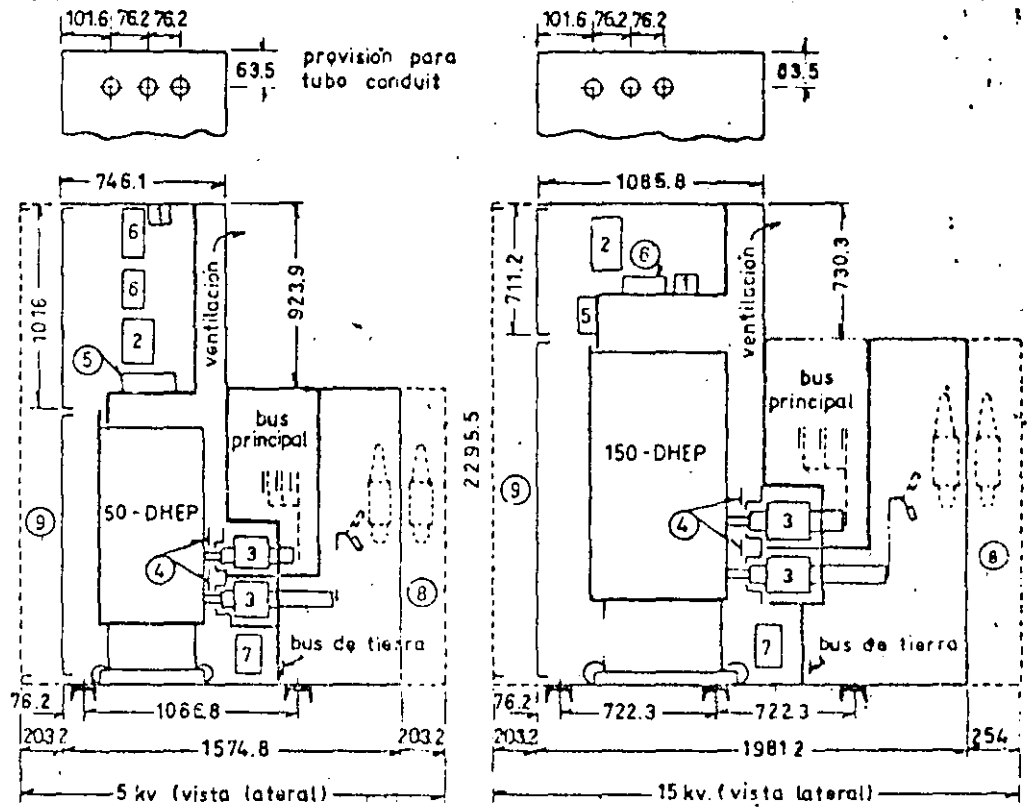
MODULO AUXILIAR

Este módulo generalmente se emplea para instalar transformadores de potencial equipados con fusibles que están montados en una placa aislante ligada a la puerta del compartimiento. Con la puerta cerrada los contactos desconectores primarios están haciendo contacto. Al abrir la puerta, tanto la placa como el ensamble de fusibles y transformadores, gira automáticamente alrededor de un eje horizontal desconectando los contactos primarios y aterrizando ambos extremos de los fusibles. Una aldaba asegura la puerta en la posición abierta. En ésta posición los fusibles pueden quitarse fácilmente.



dimensiones exteriores:
servicio interior.

- 1 ducto para cable.
- 2 cortacircuito de navajas.
- 3 transformadores de corriente.
- 4 cortina.
- 5 tablillas terminales.
- 6 tablillas terminales.
- 7 contactos secundarios.
- 8 extensión posterior si se requiere.
- 9 extensión frontal si se requiere.



5 kv & 15 kv (vista en planta)

tipo de celda	amps	dimensiones en milímetros.										peso aprox. del gabinete (kgs.)	
		A	B	C	D	E	F	G	J	K	M		N
5kv-int.	1200 2000	660.4	187.3	300	266.7	327	133.3	381	79.4	914.4	660.4	457.2	728
5kv-dux.	.....	660.4	187.3	300	266.7	327	139.7	88.9	357.2	914.4	660.4	457.2	1000
15kv-int.	1200 2000	914.4	269.9	427	393.7	355.8	133.3	381	79.4	1244.8	914.4	609.6	910 1000
15kv-dux.	.....	914.4	269.9	427	393.7	355.8	139.7	88.9	357.2	1244.8	914.4	609.6	1280



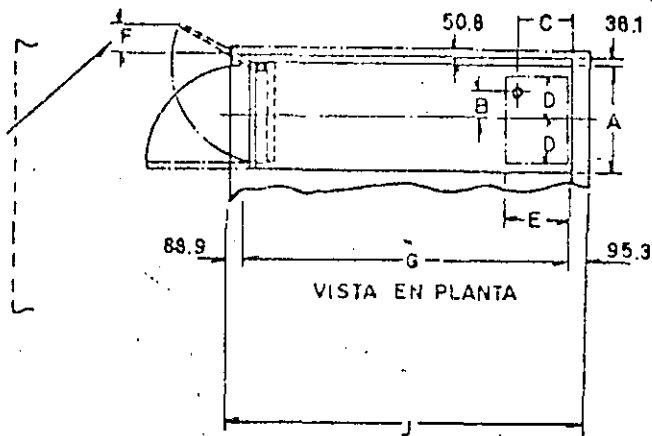
GRUPO IEM

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

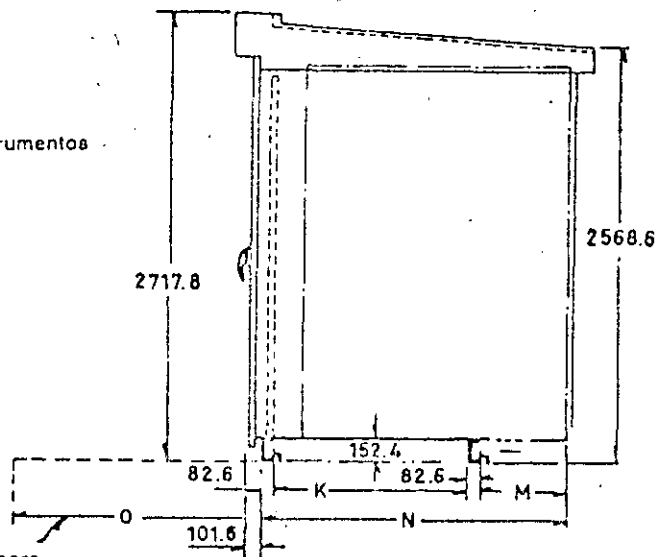
fecha:

dimensiones exteriores : servicio intemperie sin pasillo.

claro requerido en el lado izquierdo para que el panel de instrumentos abra 154° para permitir la extracción del cortacircuito



panel de instrumentos



espacio minimo requerido para extraer el cortacircuito

VISTA LATERAL

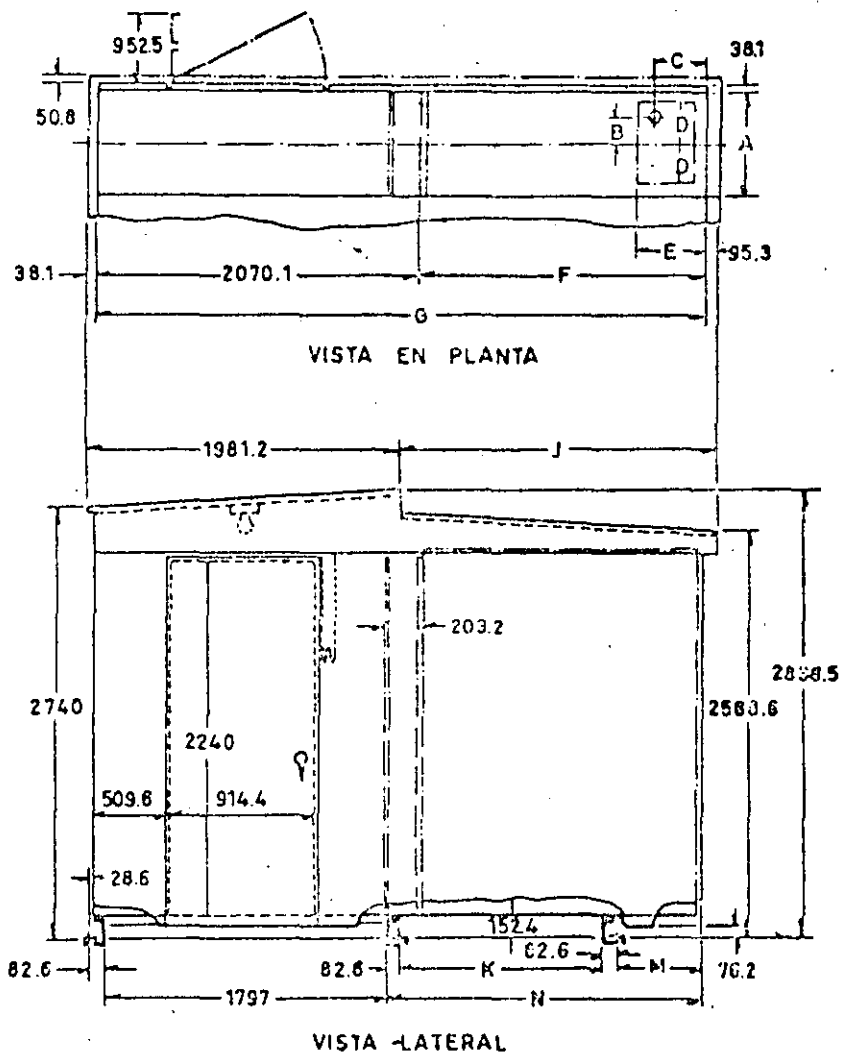
tipo de celda	amps	dimensiones en milímetros											peso aprox. del gabinete (kgs.)	
		A	B	C	D	E	F	G	J	K	M	N		O
5 kv-int.	1200 2000	660.4	187.3	368.3	266.7	400	419.1	2098.7	2282.8	1247.8	584.2	1997	1498.6	890 980
5 kv-aux.	.....	660.4	187.3	368.3	266.7	400	419.1	2098.7	2282.8	1247.8	584.2	1997	1498.6	1160
15 kv-int.	1200 2000	914.4	269.9	444.5	393.7	479.4	596.9	2555.9	2740	1625.6	663.6	2454.3	2032	1100 1180
15 kv-aux.	.....	914.4	269.9	444.5	393.7	479.4	596.9	2555.9	2740	1625.6	663.6	2454.3	2032	1460



GRUPO IEM
DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

Fecha:

dimensiones exteriores: Intemperie con pasillo.



Tipo de celda	Amps.	Dimensiones en milímetros											Peso aprox. del gabinete (Kgs.)
		A	B	C	D	E	F	G	J	K	M	N	
5kv-int.	1200	660.4	187.3	368.3	266.7	400	1778	3848.1	2000	1247.8	584.2	1997	980
	2000												1080
5kv-aux.	.....	660.4	187.3	368.3	266.7	400	1778	3848.1	2000	1247.8	584.2	1997	1250
	.....												1230
15kv-int.	1200	914.4	269.9	444.5	393.7	479.4	2235.2	4305.3	2457.5	1625.6	663.6	2454.3	1370
	2000												1600
15kv-aux.	.....	914.4	269.9	444.5	393.7	479.4	2235.2	4305.3	2457.5	1625.6	663.6	2454.3	1600
												



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

CORTACIRCUITO

Estos cortacircuitos son sumamente compactos, resistentes y seguros. Su aislamiento es a base de partes vaciadas en resina epoxy.

Diseñados como el principal elemento en tableros blindados de alta tensión son adaptables para su aplicación en casas de fuerza, subestaciones y en general en cualquier instalación de alta tensión.

PARTES PRINCIPALES PARA CORTACIRCUITO 50-DHEP-250

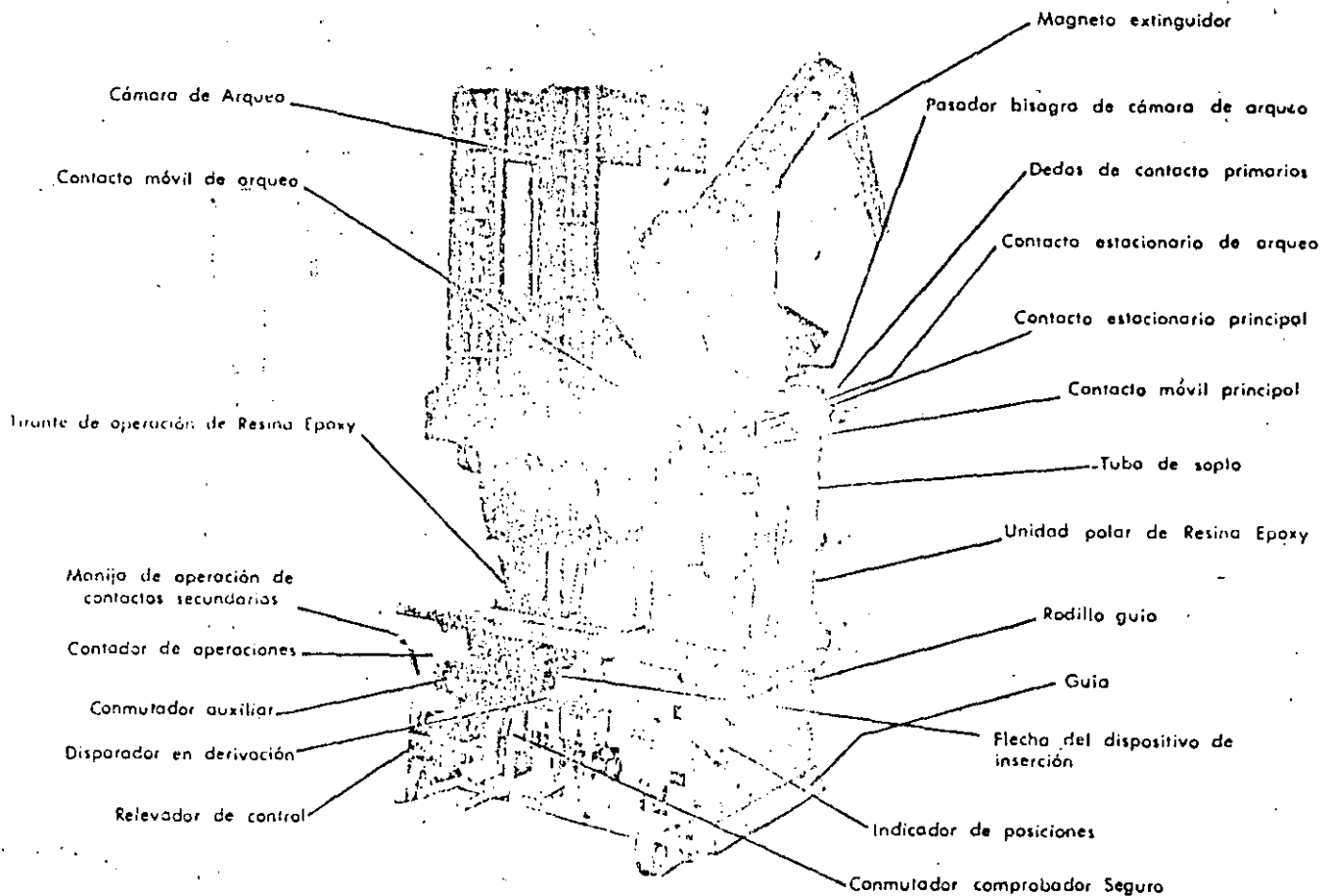


FIG. 2 - VISTA FRONTAL DEL CORTACIRCUITO 4.16 KV (5 KV) con el ensamble de barreras desmontado y con una cámara de arqueo inclinada hacia atrás.



PRINCIPIO DE INTERRUPCION

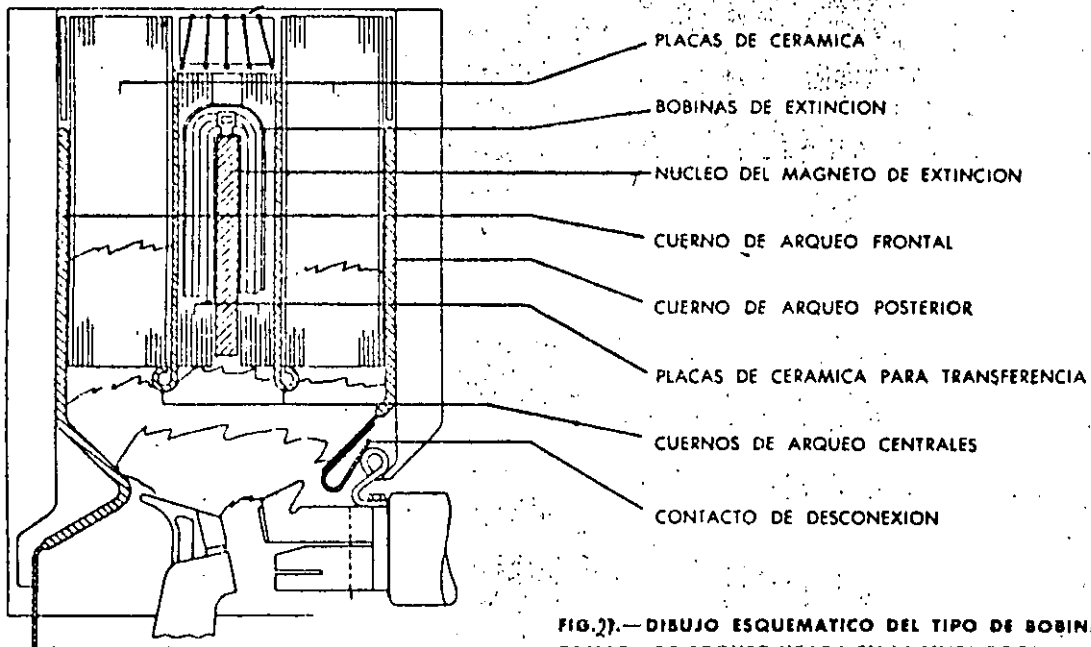


FIG. 2).— DIBUJO ESQUEMATICO DEL TIPO DE BOBINA CENTRAL DE CAMARA DE ARQUEO USADA EN LA LINEA DE CORTACIRCUITOS DHEP

PRINCIPIO DE INTERRUPCION MAGNETICA EN AIRE

El sistema de intrrupción usado en estos cortacircuitos, con siste esencialmente de una serie de placas aislantes de cerámica, refractaria que tienen ranuras en su parte más baja, dentro de las cuales el arco es atraído por un campo magnético. Las ranuras, aun que semejan una V invertida, tienen una forma muy particular la cual está científicamente coordinada con el espesor de las placas, espacio y características del campo magnético.



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

En este sistema de interrupción, el campo magnético es de máxima importancia. Los campos magnéticos según se usen son diseñados para dar los mejores resultados para cada tipo específico de cortacircuito. La bobina del campo magnético está localizada en el centro de la cámara de arqueo de modo que, visto en planta, el circuito del hierro semeja la letra H. La bobina de extinción está devanada alrededor de la pieza transversal del magneto en forma de H y localizada dentro de la cubierta de la cámara de arqueo.

La acción de la interrupción está ilustrada en la fig. 21. Cuando los contactos de arqueo se separan, se forma un arco entre ellos sin que por la bobina de extinción circule corriente. El arco es alargado hacia arriba en su movimiento natural, tocando el centro de los cuernos de arqueo de tal forma que la parte central del arco esté en paralelo con las bobinas de extinción. Las placas de transferencia rápidamente extinguen esta parte del arco, transfiriendo el flujo de la corriente total a través de las bobinas de extinción. El campo magnético sobre la cámara principal es por consecuencia amplificado.

El arco es dividido en el interior en arcos en serie con la bobina de extinción e impulsado dentro de la cámara de cerámica. La forma de las ranuras ocasiona que el arco se alargue mientras asciende, esto hace que una gran parte del arco sea expuesta a las paredes relativamente frías de las placas refractarias y -- crear un fuerte efecto de deionización. La extinción del arco -- ocurre debido a la deionización en el siguiente valor cero de la onda de corriente.

La forma de H del circuito del hierro crea un campo muy fuerte y uniforme y la firmeza del ensamble de la cámara de arqueo es aumentada por esta construcción.

CARACTERISTICAS GENERALES

- Todo aislamiento a tierra es con resina epoxy de alta resistencia.
- Está provisto de cámaras de arqueo embisagradas e inclinables para facilidad de mantenimiento. Inclinando la cámara se muestran los contactos del cortacircuito y el interior de la misma.



DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

- Mecanismos de operación por solenoide o de energía almacenada están disponibles según las necesidades del cliente.
- El diseño de los contactos amortigua el impacto de cierre del cortacircuito.
- Los relevadores de control montados en el cortacircuito - simplifican el alambrado en la celda que alojará al cortacircuito.
- Las cubiertas de las cámaras de arqueo son de Glass-Polyester (Limitrak) moldeado.
- El remover en forma horizontal el cortacircuito hace fácil el retiro de su celda.
- Su mecanismo de inserción proporciona una forma muy sencilla para conectar y desconectar el cortacircuito.
- Los contactos secundarios, pueden ser reemplazados sin necesidad de herramientas especiales.
- Los dedos de contacto en la unidad removible están fijados por medio de resortes tipo muelle individuales para asegurar un contacto positivo.

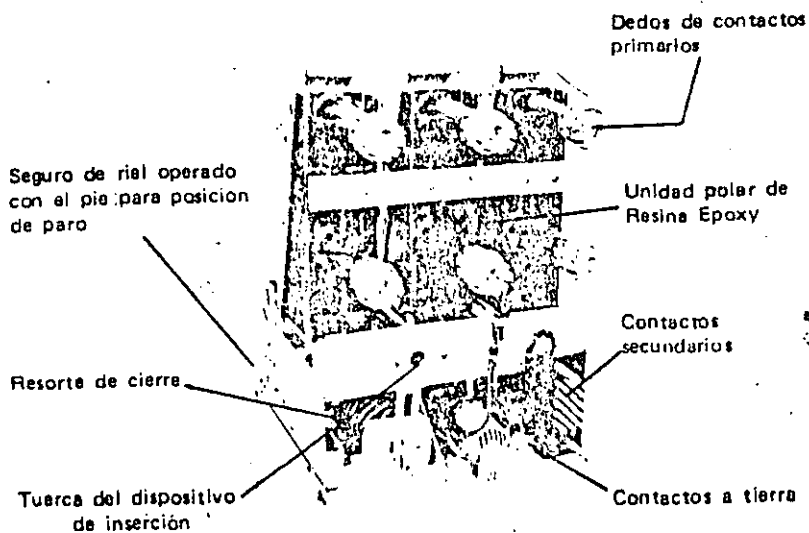
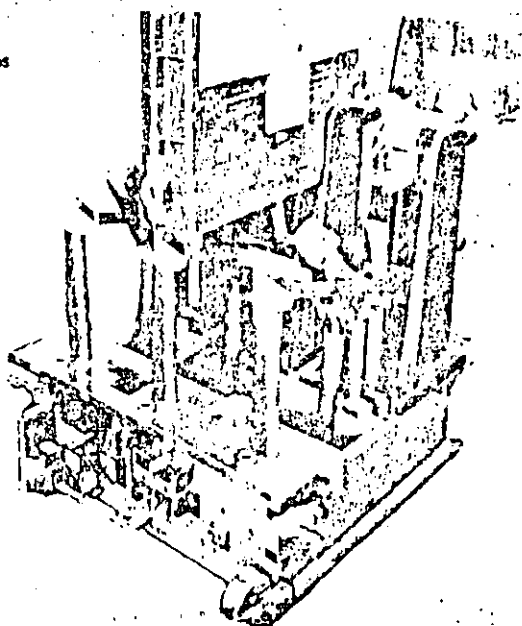


Fig. 28 Vista posterior del cortacircuito 4.16 KV (5KV) con ensamble de barreras y cámaras de arqueo desmontadas.



29
FIG. 29.— Ensamble de contactos del cortacircuito DHEP-13.8 KV., (15 KV)

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCIONUNIDAD POLAR

El mecanismo de operación está localizado dentro del bastidor base en la parte baja del cortacircuito. Las unidades polares de resina epoxy están instaladas sobre el bastidor base. Las cámaras de arqueo están embisagradas en la parte más alta de la unidad polar directamente sobre los contactos del cortacircuito. En las unidades polares se encuentran embebidas las barras y soportes de contactos principales. Cada una de estas unidades polares es fijada al bastidor base por cuatro tornillos y las tres unidades juntas son espaciadas con una barra de material aislante. Las piezas de resina epoxy tienen excelentes propiedades eléctricas y mecánicas y pueden resistir esfuerzos mecánicos y eléctricos ocasionados por una interrupción por cortocircuito.

BARRERAS INTERPOLARES

Las barreras interpolares y frontales están construidas dentro de un sencillo ensamble, el cual se desliza en su lugar y se fija en esa posición por tornillos. Las barreras pueden ser quitadas fácilmente para inspección del cortacircuito.

FUELLE

Para mejorar la acción interruptiva de arco en rangos de corrientes bajas, donde la fuerza de extinción magnética decrece, los fuelles están previstos para soplar aire en el arco durante la separación de contactos.

Una cavidad en forma oval extendida a través del bastidor, hace las veces de cilindro soplador y amortiguador. Como se muestra en la fig. 30, un pistón conteniendo un anillo de plástico es empujado hacia afuera por un expansor eslabonado al mecanismo, el cual lo mueve hacia arriba cuando el cortacircuito abre.

El cilindro tiene tres aberturas las cuales permiten el escape del aire a través de los tubos de soplo y en dirección a los contactos del cortacircuito.



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

El pistón en movimiento hace pasar el aire por las aberturas del fuelle comprimiendo el aire confinado.

Este actúa como un amortiguador reduciendo el choque mecánico de apertura.

CONTACTOS

Los contactos móviles están embisagrados al final de la barra de contacto inferior.

En la operación de apertura los contactos de arqueo se separan después que los contactos principales se han separado de modo que los arcos de interrupción siempre son arrastrados entre estos contactos.

Los contactos son del tipo generalmente conocidos como cuñas y dedos, son de una aleación de cobre y zirconio. Los contactos de arqueo tienen pastillas de plata-tungsteno para resistir los altos esfuerzos térmicos. En la figura 29, se muestran los contactos para 1,200 amperes.

CAMARAS DE ARQUEO

Las cámaras de arqueo de estos cortacircuitos están construidas de tal forma que solamente el material de cerámica refractaria está expuesto al arco.

Las cámaras de arqueo están embisagradas en la parte trasera para proporcionar accesibilidad para el mantenimiento e inspección de los contactos.

La figura 26 muestra el cortacircuito con una cámara de arqueo inclinada hacia atrás.

MECANISMOS DE OPERACION

Son dos los tamaños básicos de bastidores, 4.16KV (5 KV) y 13.8 KV (15 KV), cada bastidor puede ser equipado con cualquiera de estos dos mecanismos: Solenoide C.D. o de Energía Almacenada. El tipo de energía almacenada está disponible para operación con C.D. o C.A.



GRUPO IEM

Fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

MECANISMOS DE SOLENOIDE

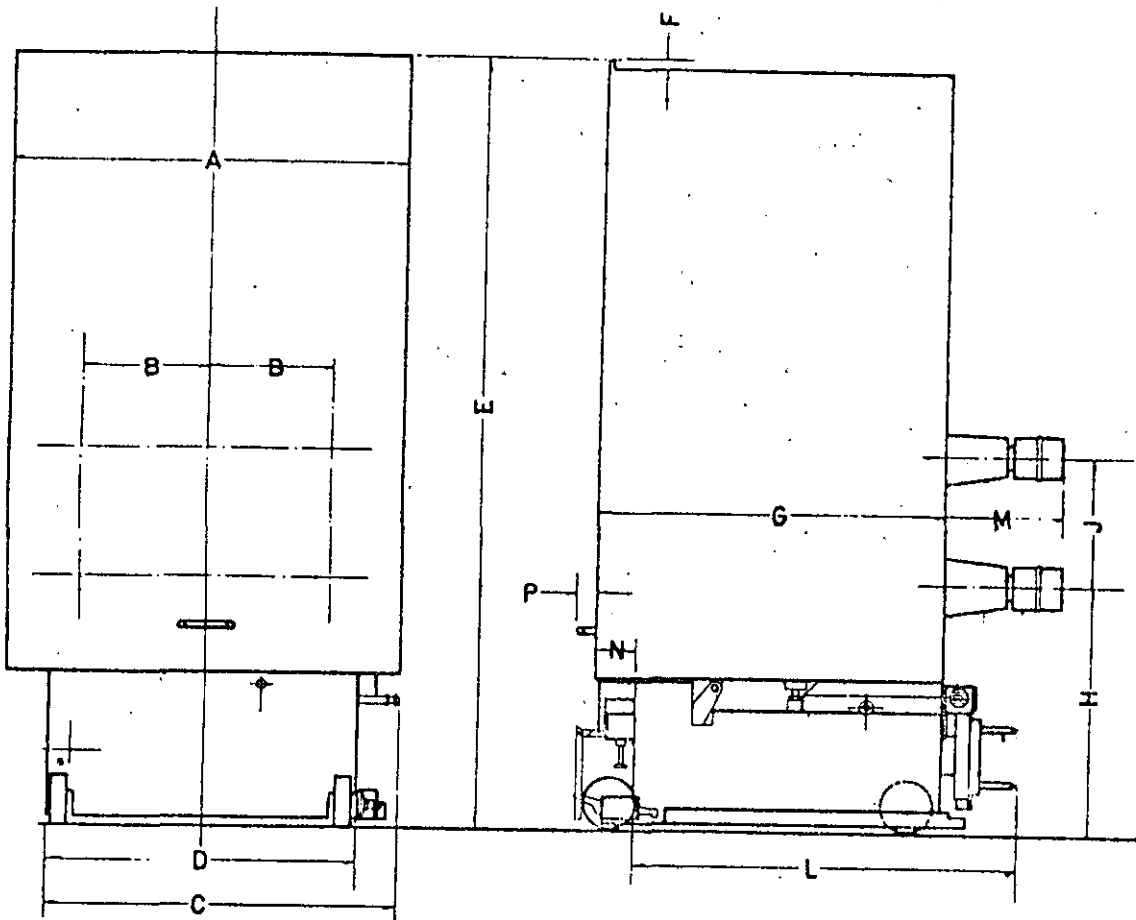
Consiste esencialmente de magnetos de C.D. y mecánicamente de eslabones para disparo libre. Esto quiere decir que los contactos del cortacircuito pueden abrirse aún cuando el núcleo de cierre esté energizado y en posición de cierre.

MECANISMO DE ENERGIA ALMACENADA

El resorte es cargado mediante un motor universal y por la acción de un trinquete. El resorte de cierre actúa a través de una leva en el sistema de palancas, para ejercer una gran fuerza al final de la carrera de cierre y una fuerza relativamente baja en el comienzo. La carrera del resorte es de movimiento alternativo debido a una manivela fija al trinquete y la leva. Esto provee un exceso de energía para el cierre absorbido parcialmente, recomprimido el resorte de cierre, lo cual alivia a la unidad completa de un considerable golpe mecánico sobre el resorte de cierre.



DIMENSIONES GENERALES



Cortacircuito TIPO	en:	DIMENSIONES												Peso neto Aprox. en Kgs.	
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	M	N		P
50 DHEP 250	mm.	556	178	516	464	1238	19	422	419	216	592	208	79	38	340
	Pulg.	21 ⁷ / ₈	7	20 ⁵ / ₁₆	18 ¹ / ₄	48 ³ / ₄	3/4	16 ⁵ / ₈	16 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂	23 ⁵ / ₁₆	8 ³ / ₁₆	3 ¹ / ₈	1 ¹ / ₂	
50 DHEP 350	mm.	556	178	516	464	1452	19	567	419	216	592	175	117	38	500
	Pulg.	21 ⁷ / ₈	7	20 ⁵ / ₁₆	18 ¹ / ₄	57 ⁵ / ₃₂	3/4	22 ⁵ / ₁₆	16 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂	23 ⁵ / ₁₆	5 ⁷ / ₈	4 ⁵ / ₈	1 ¹ / ₂	
75 DHEP 500	mm.	794	254	711	625	1543	19	705	502	254	768	193	82	38	645
150 DHEP 500	Pulg.	31 ¹ / ₄	10	28	24 ⁵ / ₈	60 ³ / ₄	3/4	27 ³ / ₄	19 ³ / ₄	10	30 ¹ / ₄	7 ¹⁹ / ₃₂	3 ⁷ / ₃₂	1 ¹ / ₂	
150 DHEP 78C	mm.	794	254	711	625	1543	19	705	502	254	768	193	82	38	730
	Pulg.	31 ¹ / ₄	10	28	24 ⁵ / ₈	60 ³ / ₄	3/4	27 ³ / ₄	19 ³ / ₄	10	30 ¹ / ₄	7 ¹⁹ / ₃₂	3 ⁷ / ₃₂	1 ¹ / ₂	



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

SELECCION Y APLICACION DE TABLEROS

Al tratar este tema necesariamente se involucra a todo el equipo de protección, medición y control que contiene un tablero, y en sí es la parte más importante.

A fin de facilitar la explicación se ha dividido en 5 partes que son:

- Gabinete y corta circuitos.
- Transformadores de corriente y potencial.
- Equipo de protección.
- Equipo de medición.
- Equipo de control.

GABINETE Y CORTACIRCUITOS

La selección del gabinete y cortacircuitos está basada principalmente en:

- Tensión nominal
- Corriente nominal
- Capacidad de corto circuito

TENSION NOMINAL

La selección del nivel de tensión a emplear es determinada por diversos parametros, la mayoría se soluciona por factores económicos.

Es sabido que la energía en alta tensión es más barata, motivo principal de la tendencia a su uso, encontrándose como único inconveniente la fabricación del equipo estandar, como ejemplo, se tiene que las tensiones más comunmente en que se fabrican motores son de 2400 V., 4160 V., 6600 V. y en casos muy especiales 13800 V.



Por lo que una buena recomendación es alimentar con:

- 2 300 V. cargas abajo de 5 000 KVA.
- 4 160 V. cargas entre 5 000 y 7 500 KVA.
- 13 800 V. cargas arriba de 7 500 KVA.

RANGO DE CORRIENTE

Dependiendo de el aparato a controlar los interruptores se aplican con un porcentaje de la corriente de plena carga que es como se indica a continuación:

TRANSFORMADORES	125%
MOTOR DE INDUCCION	125%
MOTOR SINCRONO	125%
GENERADOR	125%
CAPACITOR	135%

CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

Los sistemas de distribución de potencia incluyen siempre una resistencia y una reactancia.

La resistencia hace que la componente de C.D. que se presente durante una falla, decaiga a cero ya que la energía que se genera es disipada en forma de calor, por lo que la componente antes mencionada decaerá a una velocidad que es proporcional a la relación de reactancia a resistencia (X/R) existente entre la fuente y la localización de la falla.

Por lo que el primer paso para seleccionar un interruptor es calcular:

1. La corriente máxima que se debe interrumpir (Interrupting duty).
2. La corriente máxima que el interruptor puede soportar y conducir sin daño alguno durante 3 segundos.



En la tabla número uno se enlistan, los valores nominales y capacidades requeridas que cumple el interruptor.

Identificación	Valores nominales										Capacidades requeridas (1)			
	Clase tensión nominal	Clase MVA nominal 3 fases	Tensión máxima nominal	Factor de rango tensión nominal	Nivel aislamiento		Corriente			Retardo nominal permisible en el disparo	Tensión máxima nominal dividida entre K	Valores de corriente		
					Tensiones nominales de prueba	Baja Frecuencia	Impulso	Corriente nominal continua	Corriente nominal de cortacircuito (a máx. Kv nominales)			Tiempo interrupción nominal	Capacidad interruptiva máxima simétrica	Capacidad de conducción tiempo corto 3 seg.	Capacidad momentánea cerrar y operar
Clase Kv	Clase MVA	E Kv rmc	K	Kv rmc	Kv rcm	Amp.	KA rmc	Ciclos	Y Seg.	E/K Kv rmc	KA rmc	KA rmc	KA rmc	
Cortacircuito 500														
60 DHEP 75		75		1.36			1200	8.8			3.6	12	12	19
50 DHEP 250	4.16	250	4.76	1.24	18	60	1200 2000	29	6	2	3.85	36	36	68
H50 DHEP 250 (2)							1200 2000							78 (2)
50 DHEP 350		350		1.19			1200 2000 3000	41			4.0	49	49	78
75 DHEP 500	7.2	500	8.25	1.25	38	95	1200 2000	33	5	2	6.6	41	41	66
160 DHEP 500							1200 2000	18				23	23	37
H160 DHEP 500 (2)		500					1200 2000							58 (2)
150 DHEP 750	13.8	750	15	1.30	38	95	1200 2000	28	5	2	11.5	36	36	68
H150 DHEP 750 (2)							1200 2600							77 (2)

Tabla b: Requerimientos de energía para el control

Tensión nominal de control volts	Rango cierre volts	Rango disparo volts	Lamp. ind. amps.	Bobina disparo T. C. amps.	Cortacircuito de solenoide				Bobina del resorte amps.	Cortacircuito energía alm.		Seg. para cargar
					80 DHEP 75/250	160 DHEP 500 37000 A mon	160 DHEP 500 58000 A mon	160 DHEP 750		Motor Amp. marcha	Int. 15 Kv	
48 vcd	40-50	28-60	.032	7.8	.....	.....	.....	.....	7.8	5.5	7.5	5
125 vcd	105-130	70-140	.032	4.15	87.5	75.8	119.0	119.0	4.15	3.0	4.0	5
250 vcd	210-260	140-280	.032	1.68	34.8	50.0	60.5	60.5	1.68	1.4	1.5	5
115 vca	95-125	95-125	.032	6.6	.....	.....	.....	.....	6.6	3.9	3.6	5
230 vca	190-250	190-250	.032	2.35	.....	.....	.....	.....	2.35	1.9	1.8	5

Tabla c: Transformadores de control - 1 Fase 60 Hz.

Línea No.	Volts primarios (1)			Volts secundarios	Kva	Clave Kv
	+ 7-1/2	Nominal	- 7-1/2			
1	2580	2400	2220	240/120	5, 10, 15	5
2	4470	4160	3850	240/120	5, 10, 15	5
3	5160	4760	4400	240/120	5, 10, 15	5
4	12900	12000	11100	240/120	5, 10, 15	15
5	14300	13300	12300	240/120	5, 10, 15	15



DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

Una vez con el interruptor seleccionado se verificará el efecto ocasionado por la tensión del sistema en donde se aplicará.

La tabla número 2 es una guía para la aplicación de estos interruptores.

1 considerando impedancias de 6.5% y en todos los demás transformadores impedancias de 5.5%.

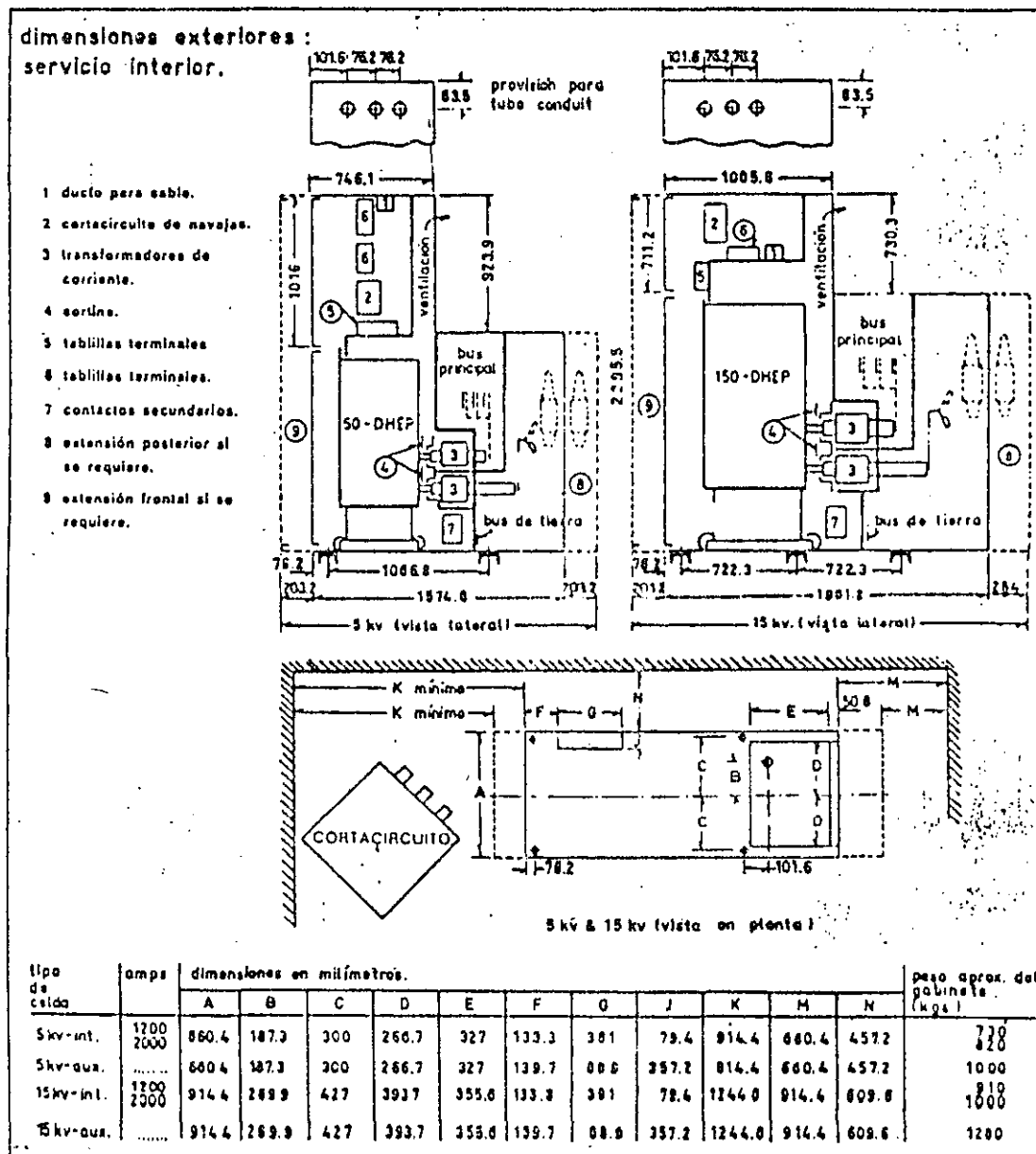
SOURCE TRANSFORMER MVA RATING		Kv OPERATING VOLTAGE						
MOTOR LOAD		2.4	4.16	6.6	12	13.8	23	34.5
100%	0%							
1	1.5	50DHP75 12 KA	50DHP75 10.1 KA	150DHP500 23 KA	150DHP500 22.5 KA	150DHP500 19.8 KA		
1.5	2							
2	2.6	50DHP250 36 KA	50DHP250 33.2 KA	75DHP500 41 KA	150DHP750 35 KA	150DHP750 30.4 KA		
2.5	3							
3	3.75	50DHP350 40 KA	50DHP350 46.9 KA	150DH1000 46.3 KA	150DH1000 40.2 KA		345SFP1500 40 KA	345SFP1500 40 KA
3.75	5							
5	7.5							
7.5	10							
10	10							
10	12							
12	15							
15	20							
20	20							
	25							
	30							
	50							
	75							
	125							

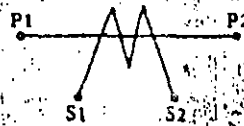
Breaker Type and Sym. Interrupting Capability at the Operating Voltage



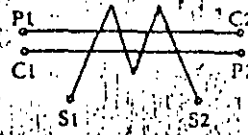
SELECCION DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

- 1.- TIPO DE SERVICIO.
- 2.- POSICIÓN DE MONTAJE Y LOCALIZACION.

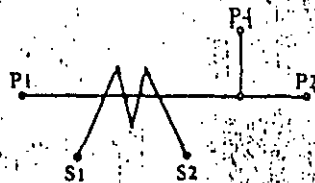




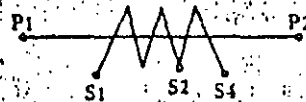
T.C. NORMAL DE SIMPLE RELACION DE TRANSFORMACION UN SOLO CIRCUITO MAGNETICO Y UN BOBINADO SECUNDARIO.



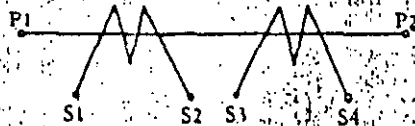
T.C. CON UN CIRCUITO MAGNETICO Y UNA DOBLE RELACION DE TRANSFORMACION, POR MEDIO DE CONEXION SERIE O PARALELO SOBRE EL BOBINADO PRIMARIO.



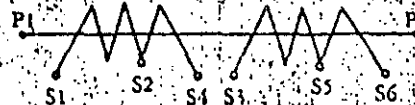
T.C. CON UN CIRCUITO MAGNETICO Y UNA DOBLE RELACION DE TRANSFORMACION, POR MEDIO DE "TOMA" SOBRE EL BOBINADO PRIMARIO.



T.C. CON UN CIRCUITO MAGNETICO Y UNA DOBLE RELACION DE TRANSFORMACION, POR MEDIO DE "TOMA" SOBRE EL BOBINADO SECUNDARIO.



T.C. CON DOS CIRCUITOS MAGNETICOS Y UNA SOLA RELACION DE TRANSFORMACION Y DOS BOBINADOS SECUNDARIOS INDEPENDIENTES.



T.C. CON DOS CIRCUITOS MAGNETICOS, DOS BOBINADOS SECUNDARIOS INDEPENDIENTES Y DOS RELACIONES DE TRANSFORMACION POR MEDIO DE "TOMAS" SOBRE LOS BOBINADOS SECUNDARIOS.



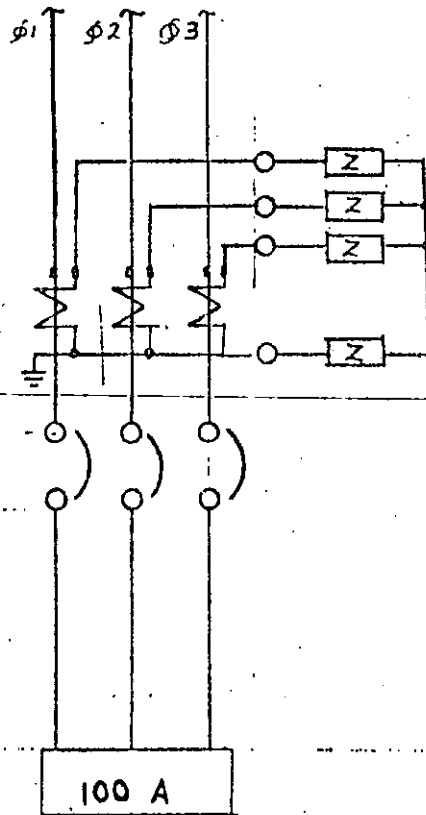
GRUPO IEM

Fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

3.- CORRIENTE NOMINAL PRIMARIA 5 A.

4.- CORRIENTE NOMINAL SECUNDARIA, 150 A 200 %



5.- FRECUENCIA NOMINAL 60 Hz.

6.- NIVEL DE AISLAMIENTO CUANDO MENOS IGUAL AL VOLTAJE NOMINAL.



7.- CLASES Y POTENCIAS DE MEDICION.

MEDICION.

0.1 ;

B0.1,02

PRECISION.

CARGA

Clase	Utilización
0.1	Calibración y medidas de laboratorio.
0.2-0.3	Medidas de laboratorio. Alimentación de wathhorímetros para alimentadores de gran potencia.
0.5-0.6	Alimentación de wathhorímetros para facturación, en circuitos de distribución. Wathhorímetros industriales.
1.2	Ampérmetros indicadores. Ampérmetros registradores. Fasómetros indicadores. Fasómetros registradores. Wathhorímetros indicadores. Wathhorímetros industriales. Wathhorímetros registradores. Protecciones diferenciales, relevadores de impedancia y de distancia.
3-5	Protecciones en general (relevadores de sobrecorriente).



GRUPO IEM

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

fecha:

Aparatos	Modelo	Contorno en VA para la intensidad nominal
		Frecuencia 60 cps
Wattorímetros Wattmetros de tablero	A inducción Electrodinámico	0.5 a 1.5 1.5 a 3
Wattmetros registradores	A inducción Electrodinámico	4 a 5 1.5 a 2
Wattmetros portátiles Wattmetros de laboratorio	Electrodinámico	6 a 8 1 a 4
Medidores de defasaje Fasómetros		1.5 a 3 6 a 16
Relevadores	De corriente máxima con atraso independiente	10 a 18 3 a 10
	Relevadores especiales de corriente máxima con atraso independiente	15 a 25
	De máxima instantánea	1 a 10
Relevadores	Direccional	1.5 a 10
	Diferencial compensados	1.6 a 10
	Diferencial	3 a 12
	A mínima de impedancia	0.5 a 2
	De distancia	6 a 20
Reguladores	Según modelo	10 a 150

Las potencias nominales son:

$$BO.1 = 2.5 \text{ VA } \cos \varphi = 0.9$$

$$BO.2 = 5 \text{ VA } "$$

$$BO.5 = 12.5 \text{ VA } "$$

$$B1.0 = 25 \text{ VA } \cos \varphi = 0.5$$

$$B2.0 = 50 \text{ VA } "$$

$$B4.0 = 100 \text{ VA } "$$

$$B8.0 = 200 \text{ VA } "$$



PROTECCION

C-10.

C.- PARA TRANSFORMADORES CON DEVANADO UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO.

10.- VOLTAJE NOMINAL SECUNDARIO.

EL TRANSFORMADOR DEBE SUMINISTRAR A UNA CARGA NORMAL CON 20 VECES LA CORRIENTE NOMINAL, SIN EXEDER EN 10% EL ERROR DE RELACION.

$$Z_T = \Sigma Z$$

$$V = Z_T I_{20}$$

$$I_{20} = 5 \times 20$$

$$I_{20} = 100$$

$$P = Z (I_{nom})^2$$

C-10	(0,1 ohm)
C-20	(0.2 ohms)
C-50	(0.5 ohms)
C-100	(1.0 ohms)
C-200	(2.0 ohms)
C-400	(4.0 ohms)
C-800	(8.0 ohms)

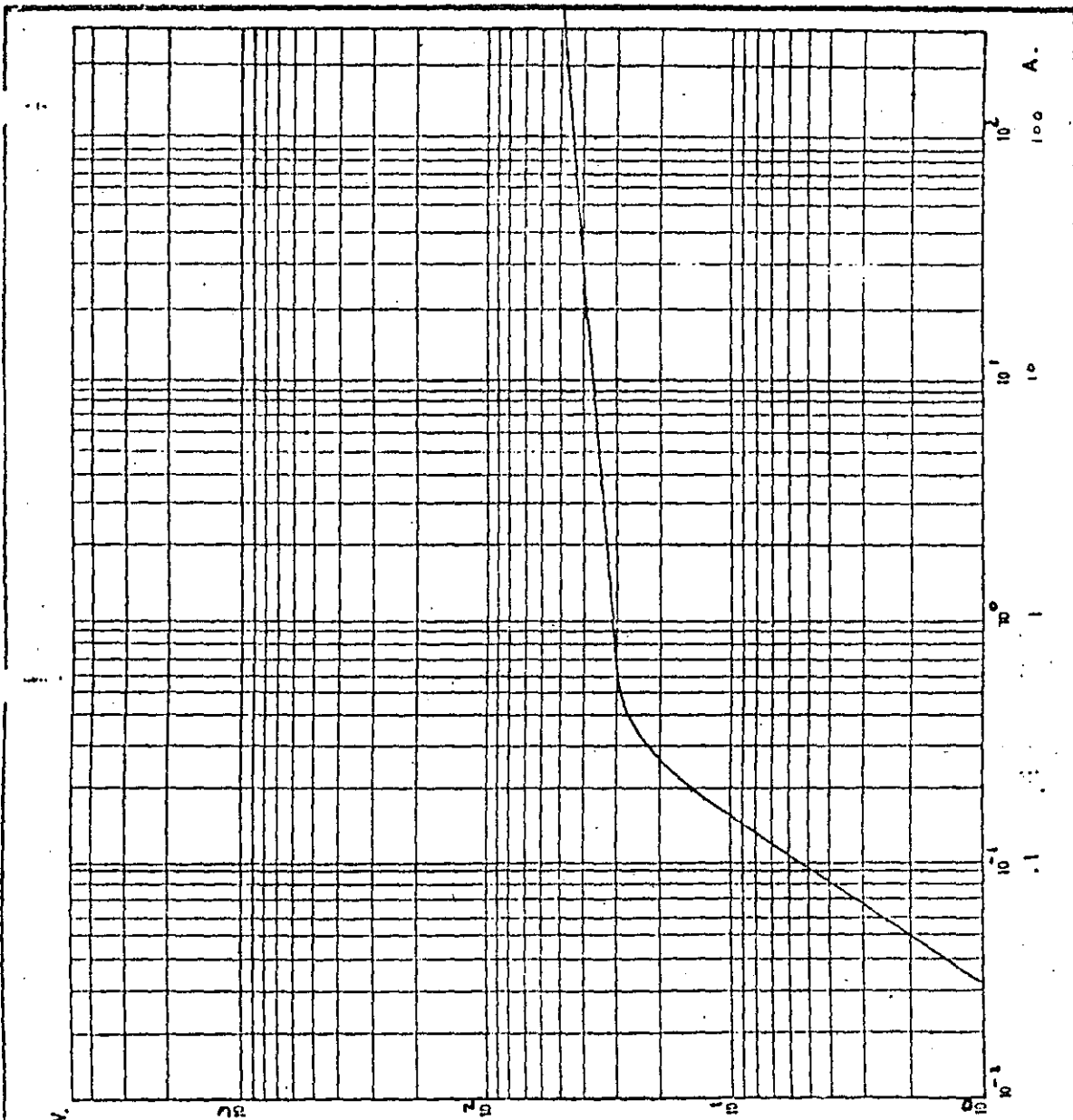
Tabla 3
CAPACIDADES NOMINALES PARA T.C.
según Norma ANSI C-57.13

Designación ANSI		VA	f. p.
p/médición	p/protección		
B0.1	C6T-10	2.5	0.9
B0.2	C6T-20	5	0.9
B0.5	C6T-50	12.5	0.9
B1	C6T-100	25	0.5
B2	C6T-200	50	0.5
B4	C6T-400	100	0.5
B8	C6T-800	200	0.5



GRUPO IEM
DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

fecha:



<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 5%;">NO</th> <th style="width: 75%;">MODIFICACIONES</th> <th style="width: 20%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	NO	MODIFICACIONES	FECHA										<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> NI <u>0.4 Ba. 1 - 2401.5</u> R₇₅° <u>0.1155</u> NR <u>4/2</u> C 20 R₇₅° ND <u> </u> R₇₅° </td> <td style="width: 50%;"> PP ALF. EE V D PLAP. N° </td> </tr> </table>	NI <u>0.4 Ba. 1 - 2401.5</u> R ₇₅ ° <u>0.1155</u> NR <u>4/2</u> C 20 R ₇₅ ° ND <u> </u> R ₇₅ °	PP ALF. EE V D PLAP. N°	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> RECOMPRESA : PROGRAMADO POR : </td> </tr> </table>	RECOMPRESA : PROGRAMADO POR :
NO	MODIFICACIONES	FECHA															
NI <u>0.4 Ba. 1 - 2401.5</u> R ₇₅ ° <u>0.1155</u> NR <u>4/2</u> C 20 R ₇₅ ° ND <u> </u> R ₇₅ °	PP ALF. EE V D PLAP. N°																
RECOMPRESA : PROGRAMADO POR :																	
CURVA DE MAGNETIZACION. APARATO TIPO <u>AM-5</u> RELACION <u>300/15</u>																	
ESCALA : <u> </u>	ELECTROIM. : <u> </u>	EE V D : <u> </u>															



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

8.- SOBRE CORRIENTE PERMANENCIA, GENERALMENTE SE FIJA 1.2

9.- CORRIENTE TERMICA DE CORTOCIRCUITO, ES LA CORRIENTE QUE EL TRANSFORMADOR PUEDE SOPORTAR POR EFECTO JOULE DURANTE UN SEGUNDO SIN SUFRIR DETERIOROS, ESTANDO EL CIRCUITO SECUNDARIO, CORTO CIRCUITADO.

GENERALMENTE 80 VECES LA CORRIENTE NOMINAL.

10.- CORRIENTE DINAMICA DE CORTOCIRCUITO.

ES EL VALOR DE CRESTA, DE LA PRIMER AMPLITUD DE CORRIENTE QUE UN TRANSFORMADOR PUEDE SOPORTAR POR EFECTOS MECANICOS SIN SUFRIR DETERIOROS.



GRUPO IEM

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

fecha:

PRUEBAS A TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO

		<i>Tipo de prueba</i>
1.0 Pruebas dieléctricas (para verificar la calidad del aislamiento)	1.1.1 Tensión aplicada entre devanados de A. T. y B.T. a tierra	R
	1.1.2 Tensión aplicada entre devanado de B.T. y tierra	R
	1.1.3 Tensión aplicada entre devanados de B.T.	R
	1.2 Tensión inducida	R
	1.3 Prueba de impulso	P
	1.4 Descargas parciales	E
2.0 Pruebas de cortocircuito	1.5 Factor de disipación ($\text{tg } d$)	E
	2.1 Verificación de la corriente térmica	P
	2.2 Verificación de la corriente dinámica	P
	2.3 C.C. en las terminales sec. de los T.P.	P
3.0 Prueba de circuito abierto	3.1 En los T.C.	
4.0 Prueba de calentamiento	4.1 Elevación de temperatura con carga real o simulada	P
	5.1 En condiciones normales (verificación del error de relación y de fase)	R
5.0 Pruebas de precisión	5.2 Para los T.C. para protección en condiciones anormales (verificación del índice de saturación)	R
	6.1 Polaridad	R
6.0 Complementarias	6.2 Resistencia	E (P)
	6.3 Corriente de excitación	E (P)
	6.4 Pérdidas en vacío y en C.C.	E (P)
	6.5 Impedancia en C.C.	E (P)



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

SECCION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

1.- TIPO DE SERVICIO.

2.- POSICION DE MONTAJE.

3.- RELACION NOMINAL DE TRANSFORMACION.

- TENSION NOMINAL PRIMARIA.

- TENSION NOMINAL SECUNDARIA.

4.- NIVEL NOMINAL DE AISLAMIENTO.

TOMAR EL VALOR NOMINAL MAS PROXIMO SUPERIOR AL DE LA TENSION NOMINAL.

5.- FRECUENCIA NOMINAL.

6.- CLASE Y POTENCIA DE PRECISION: 0.3 WX

LAS CLASES NOMINALES DE PRECISION SON: 0.3, 0.6, 1.2 y 3

Las potencias nominales son:

W = 12.5 VA $\cos\phi = 0.1$
X = 25 VA $\cos\phi = 0.7$
Y = 75 VA $\cos\phi = 0.85$
Z = 200 VA $\cos\phi = 0.85$
ZZ = 400 VA $\cos\phi = 0.85$



GRUPO IEM

fecha:

DIVISION DE PROYECTOS ESPECIALES

DISPOSITIVO
No. ANSI

RELEVADOR

FUNSION

AJUSTES RECOMENDADOS Y COMENTARIOS

51G, 151G
251G

CO

FALLA A TIERRA

AJUSTAR A D.S.A. EL TAP Y EL DIAL DEL TIEMPO
CORDINARLO CON EL DISPOSITIVO DE CORRIENTE
ABAJO.

63

SPR

FALLAS INTERNAS
DEL TRANSFORMADOR

SIN AJUSTE.

67

CR

FALLAS DE FASES

AJUSTAR EN EL TAP MINIMO Y EL DIAL DE TIEMPO
CORDINARLO CON LA PROTECCION DEL LADO DE ALTA.

67N

CPR

FALLA DE TIERRA

AJUSTAR EN .0.5A EL TAP Y EL DIAL DE TIEMPO
EN 1.

86B

WL

CIERRE ELECTRICO

SIN AJUSTE SE USA PARA EL DISPARO DE TODOS
LOS INTS. EN UNA SECCION DE BUS.

86T

WL

CIERRE ELECTRICO

SIN AJUSTE.

87T

CA, HU
HU-1
HU-4

PROTECCION DIFEREN
CIAL EN FASES Y FA
LLAS A TIERRA.

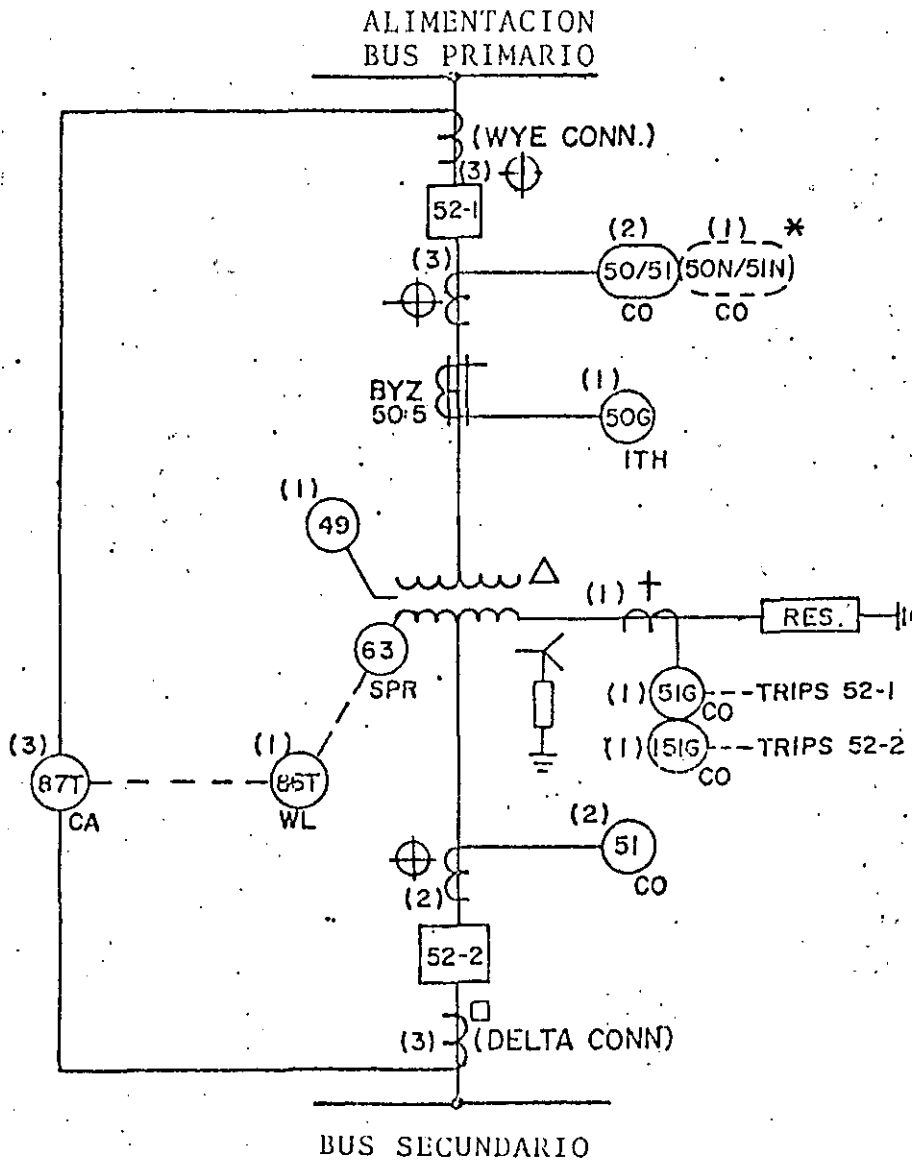
AJUSTAR TAPS CORRIGIENDO SEGUN RANGOS DE T.C.

87TG

CWC

FALLAS A TIERRA

AJUSTAR A 0.25A. PRODUCTO Y X 1.



- NOTAS:
- TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DEBERAN SER APROXIMADAMENTE DEL 200% DE LA CORRIENTE DEL TRANSFORMADOR AUTO ENFRIADO
 - 50N/51N ES UNA ALTERNATIVA EN LUGAR DE 50G
 - TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DEBERAN SER APROXIMADAMENTE DEL 50% DE LA CORRIENTE MAXIMA DEL RANGO DE LA RESISTENCIA.
 - TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DEBERAN SER APROXIMADAMENTE DEL 350% DE LA CORRIENTE DEL TRANSFORMADOR AUTOENFRIADO

PROTECCION PARA TRANSFORMADOR CON INTERRUPTORES EN EL PRIMARIO Y EL SECUNDARIO.

FIGURA No.1



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA I

SELECCION APLICACION DE TRANSFORMADORES

SEPTIEMBRE, 1985.



I N D I C E

INTRODUCCION.

- I.- USOS DEL TRANSFORMADOR
- II.- CONEXIONES.
 - CONEXIONES ESTRELLA-ESTRELLA
 - CONEXIONES DELTA-DELTA
 - CONEXIONES DELTA-ESTRELLA
 - CONEXIONES ESTRELLA-DELTA
 - CONEXIONES ESTRELLA-DELTA-ESTRELLA
- III.- NORMAS
- IV.- ESPECIFICACIONES DEL USUARIO
- V.- CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO
 - VOLTAJE INDUCIDO
 - MAGNETOSTRICCION
 - CORRIENTE DE EDDY
 - PERDIDAS POR EFECTO JOULE
 - REGULACION
 - CALENTAMIENTO
- VI.- EVALUACION DE PERDIDAS.
- VII.- MANTENIMIENTO



I N T R O D U C C I O N .

Esta plática va dirigida a todas aquellas personas que de alguna forma están relacionadas con la aplicación de Transformadores y que poseen los conocimientos fundamentales del mismo.

La idea principal, es la de proporcionar un amplio panorama sobre el Transformador para que exista un mejor entendimiento entre la persona que requiere de la aplicación de un Transformador y el fabricante.



1.- USOS DEL TRANSFORMADOR.

El uso de la energía eléctrica en los centros de consumo que se encuentran localizados a cientos de kilómetros de las plantas generadoras de potencia eléctrica, solo a sido posible, gracias a la existencia o invención del Transformador.

Por medio de éste los bajos voltajes a los cuales la potencia eléctrica es generada, son elevados a valores adecuados para su trasmisión hacia los centros de consumo, en donde a su vez dichos voltajes son reducidos a sus niveles de utilización por medio de otros Transformadores.

Existen muchos tipos de Transformadores, cada uno con características particulares de acuerdo a su localización en el sistema de transmisión como se muestra en la Fig. 1, entre ellos tenemos:

- 1.- Transformadores de Generación
- 2.- Transformadores de Subestación
 - a) de circuitos de subtrasmisión
 - b) de circuitos de alimentadores primarios
- 3.- Transformadores de Distribución

1.- Transformadores de Generación.

Son aquellos que se encuentran en las plantas generadoras y que están conectados directamente a los generadores de energía eléctrica, y que alimentan a las líneas de transmisión. Sus características principales son:

- A) No poseen devanado para la regulación de voltaje, ya que este es regulado por el campo del generador.
- B) No se requiere que sean altamente eficientes y silenciosos, ya que la potencia requerida para alimentar dichas pérdidas es mas barata y otros equipos son mas ruidosos que el Transformador.
- C) La construcción puede ser tal como lo requiera el tipo de supervisión y mantenimiento en la estación generadora.

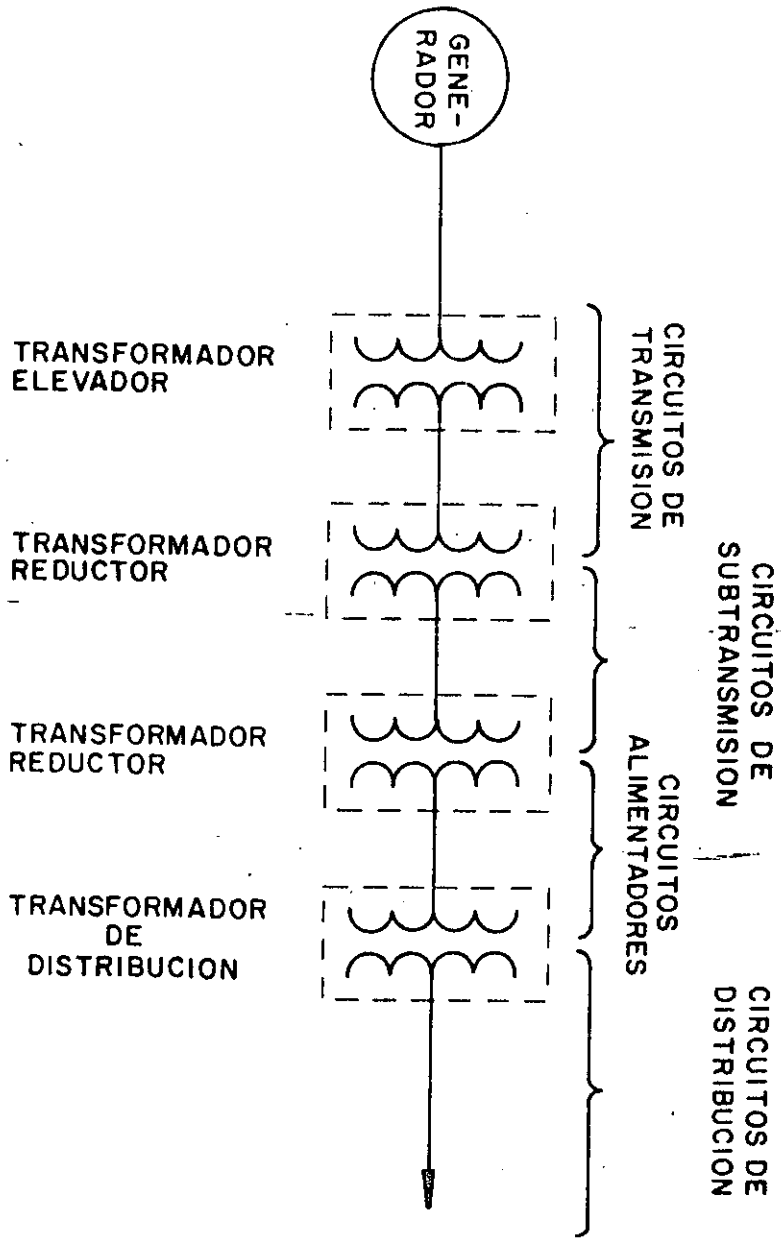


FIG. 1



2.- Transformadores de Subestación. (Circuitos de subtransmisión)

Este tipo de Transformador esta colocado al final de la línea de transmisión, en donde el voltaje es reducido a un nivel de subtransmisión. Sus características son totalmente diferentes a los Transformadores de generación entre ellas tenemos:

- A) Generalmente son provistos con devanado regulador de voltaje o con derivaciones.
- B) Las pérdidas son mas caras debido a que los Transformadores están localizados a una distancia demasiado grande de las plantas generadoras.
- C) Requieren menos mantenimiento y supervisión
- D) Las cargas varían sobre límites muy amplios en un ciclo diario y anual.

3.- Transformadores de Subestación (Circuitos alimentadores primarios)

Estos Transformadores son utilizados para reducir el voltaje del nivel de subtransmisión al nivel de los alimentadores primarios. Sus características son similares a los Transformadores anteriores con algunas diferencias que son:

- A) La carga varía sobre límites mas amplios.
- B) Las pérdidas son mas caras.
- C) Devanados reguladores y cambiador de derivaciones son a menudo necesarios. Frecuentemente requieren cambiador de derivaciones bajo carga.
- D) Es importante su operación silenciosa, ya que a menudo están localizados cerca de áreas residenciales.

4.- Transformadores de Distribución.

Este tipo de Transformadores reducen el voltaje de los alimentadores primarios a su nivel de utilización. Sus características principales son:



- A) La carga varía ampliamente y a menudo los Transformadores son sobrecargados.
- B) Muy poca supervisión es posible y operan con un mínimo de mantenimiento.
- C) El costo para alimentar sus pérdidas es el mas alto, en ellos es deseable una corriente de excitación muy baja.
- D) La regulación de voltaje en ellos es importante. Son fabricados con derivaciones en el devanado primario para que se conecte en en la posición que corresponda al voltaje que exista en el sis-tema en el lugar donde va a operar.



II.- CONEXIONES .

La potencia eléctrica generalmente es generada y transmitida por sistemas Trifásicos, aunque mucha de ella es utilizada en forma Monofásica. El sistema Trifásico convencional no es más que tres fuentes Monofásicas en el cual los voltajes están desfasados 120° eléctricos. Existen muchos arreglos por medio de los cuales los devanados pueden ser conectados para satisfacer ciertas funciones especiales dentro del sistema al cual son conectados, tales como:

- 1) Manejo de cargas Monofásicas.
- 2) Ahorro en la inversión inicial, seleccionando un adecuado sistema de aislamiento. (Bil, Basic impulse Level)
- 3) Evitar problemas de armónicas.

Las conexiones típicas son: Delta-Estrella, Delta-Delta, Estrella-Delta, Estrella-Estrella y Estrella-Delta-Estrella.

La operación del Transformador es tal que debido a la característica no lineal que presenta el Núcleo del Transformador al ser magnetizado por la corriente de excitación (Fig. 2), ésta contendrá un contenido de armónicas principalmente -- de 3as. armónicas para crear un flujo que varía sinusoidalmente con el tiempo.

Si estas componentes armónicas de la corriente no pueden fluir, el flujo contendrá componentes de terceras armónicas (principalmente) que inducirán voltajes de terceras armónicas. La magnitud de estos voltajes puede andar entre 5 y 50% del voltaje fundamental.

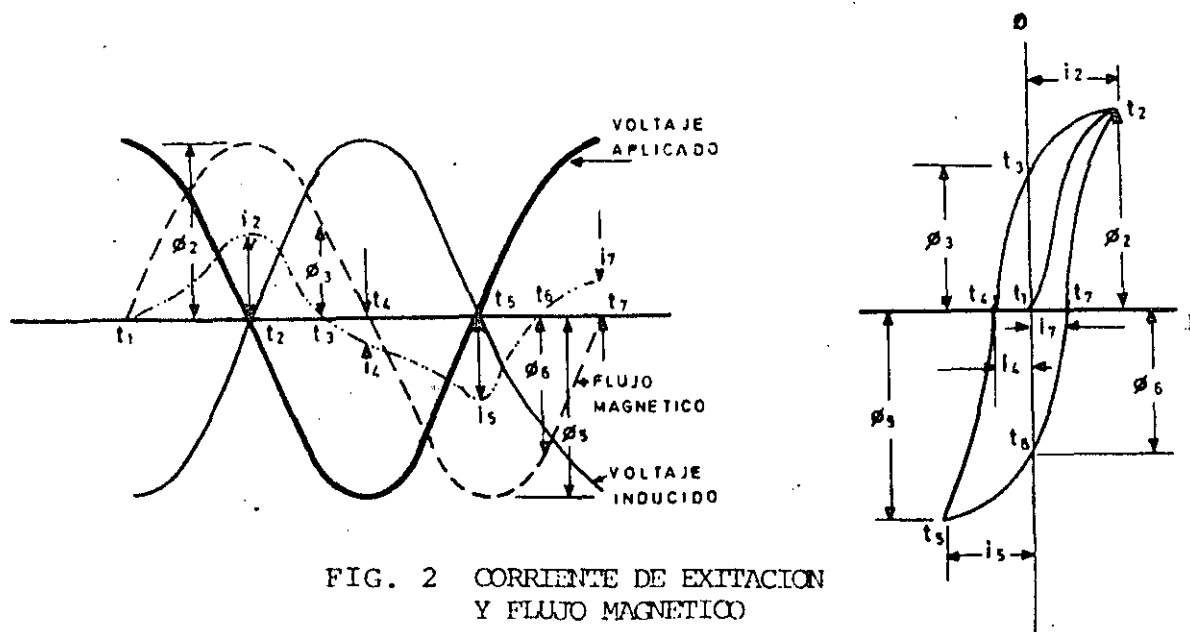


FIG. 2 CORRIENTE DE EXITACION Y FLUJO MAGNETICO



Debido a que las terceras armónicas ocurrirán en la corriente de excitación o en el voltaje, esto dependerá del tipo de conexión usada.

Un devanado conectado en Delta proporcionará un camino a las corrientes de terceras armónicas por lo que no aparecerán voltajes de terceras armónicas en el sistema.

A continuación damos algunas ventajas y desventajas de las conexiones mencionadas anteriormente.

CONEXION ESTRELLA-ESTRELLA . (FIG. 3)

Ventajas:

- 1) Mayor utilización del cobre (vueltas mínimas)
- 2) Aislamiento, mínimo.
- 3) Conexión más económica para pequeñas cargas de alto voltaje.
- 4) Ambos neutros accesibles para aterrizamiento o para formar un sistema balanceado de cuatro hilos.
- 5) La capacitancia entre vueltas es relativamente alta, por lo tanto, la severidad del esfuerzo dieléctrico debido a transitorios de voltajes es atenuada.
- 6) Si una fase resulta fallada, es posible utilizar las dos restantes.
- 7) Bajo condiciones de operación normal, el voltaje máximo a tierra en cada base es solo $1/\sqrt{3}$ del voltaje de la línea, graduándose hasta prácticamente cero en el neutro.

Desventajas:

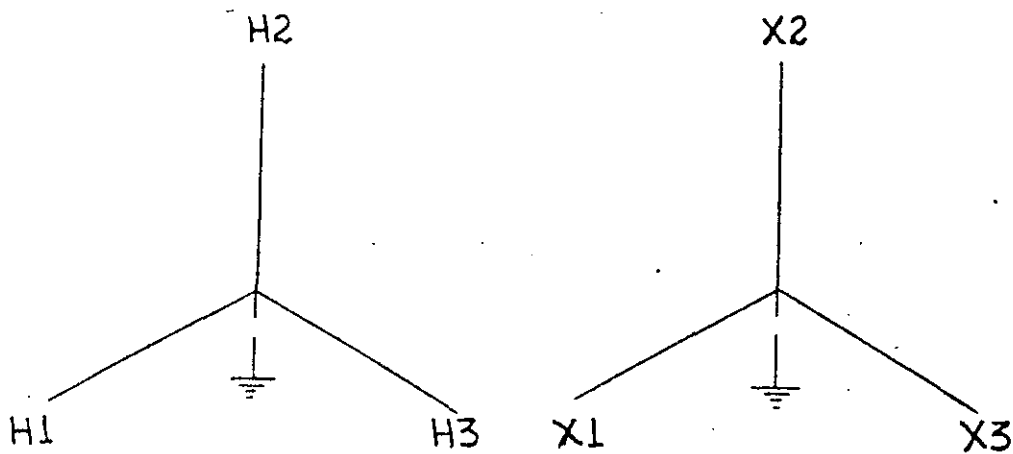
- 1) Los neutros son inestables a menos que se aterricen solidamente.
- 2) Unidades trifásicas de polaridad opuesta no pueden operar en paralelo.



- 3) La falla de una fase en un sistema trifásico, lo hará inoperante hasta ser reparado.

Aplicaciones:

- 1) Alimentación de cargas trifásicas balanceadas relativamente pequeñas.
- 2) Para distribución, si es del tipo columnas, ya que el tipo acorazado introduce distorsión debido al contenido de armónica.



(FIG. 3)



CONEXIÓN DELTA-DELTA (FIG. 4.)

Ventajas:

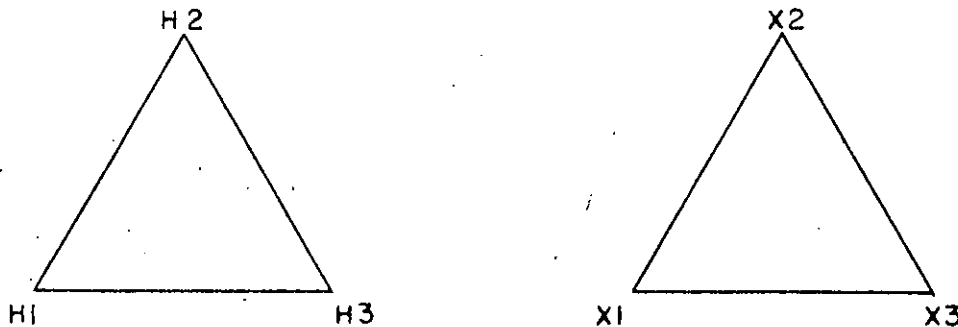
- 1) Con una fase dañada, se puede operar en conexión V (Delta Abierta) para suministrar $1/\sqrt{3}$ de la potencia total 3ϕ .
- 2) Es la conexión más económica para Transformadores de alta corriente y bajo voltaje.
- 3) Los voltajes de terceras armónicas, se eliminan por la circulación de corrientes armónicas a través de la delta.

Desventajas:

- 1) No se dispone de puntos neutros, a menos que se utilicen aparatos auxiliares, tal como un Transformador para puesta a tierra.
- 2) No se puede alimentar un sistema de 4 hilos a menos que se utilicen aparatos auxiliares.
- 3) El número de vuelta y la cantidad de aislamiento por fase es máximo.

Aplicaciones:

Esta conexión es raramente usada en nuevos sistemas.



(FIG. 4)



CONEXION DELTA-ESTRELLA (FIG. 5)

Ventajas:

- 1) Voltajes de terceras armónicas se eliminan por la circulación de corriente armónicas en la delta del primario.
- 2) El neutro del secundario puede ser aterrizado o aislado para alimentar un sistema de 4 hilos.
- 3) Es posible alimentar un sistema desbalanceado de 4 hilos y los desbalances en voltaje son relativamente pequeños, siendo proporcional sólo a la impedancia interna de los devanados.

Desventajas:

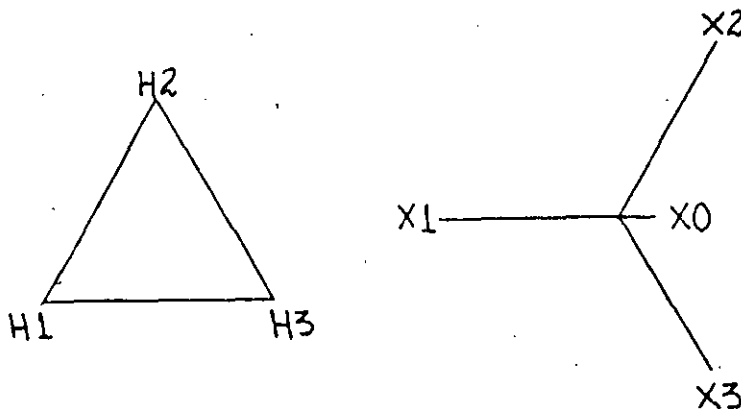
- 1) La falla de una fase saca de servicio al Transformador.

Aplicaciones:

Es comúnmente usada para Transformadores reductores para alimentar sistema de 4 hilos.

Es también ampliamente usada en Transformadores elevadores.

Al aterrizar el neutro del secundario, esta conexión proporciona aislamiento para la corriente de tierra de secuencia cero, lo cual permite controlar el circuito de secuencia cero desde el secundario, siendo totalmente independiente del primario.



(FIG. 5)



CONEXION ESTRELLA - DELTA (FIG. 6)

Ventajas:

- 1) Voltajes de terceras armónicas se eliminan por la circulación de corrientes de terceras armónicas en la delta del secundario.
- 2) El neutro del primario se mantiene estable por la delta del secundario, y por lo tanto puede ser aterrizado.
- 3) Es la conexión más deseable para grandes Transformadores reductores, ya que tiene las ventajas del devanado Estrella para altos voltajes y delta para bajos voltajes.

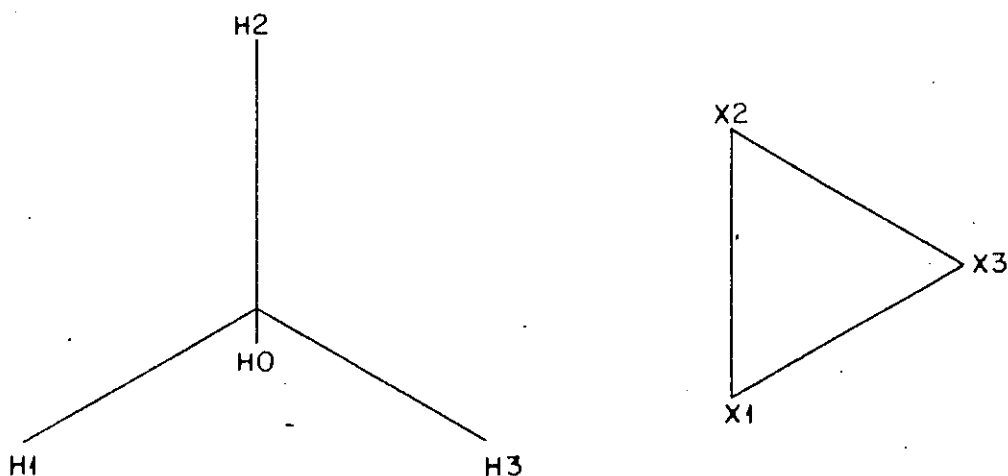
Desventajas:

- 1) No se dispone de neutro en el secundario, a menos que se utilice un aparato auxiliar.
- 2) La falla de una fase saca de servicio al Transformador.

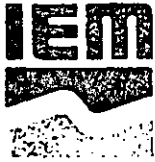
Aplicaciones:

Grandes

Transformadores reductores de un sistema de alto voltaje.



(FIG. 6)



CONEXION ESTRELLA-ESTRELLA CON TERCARIO. (FIG. 7)

El devanado terciario es un devanado adicional, auxiliar en ciertas condiciones y es separado y distinto a los devanados primario y secundario.

Ventajas:

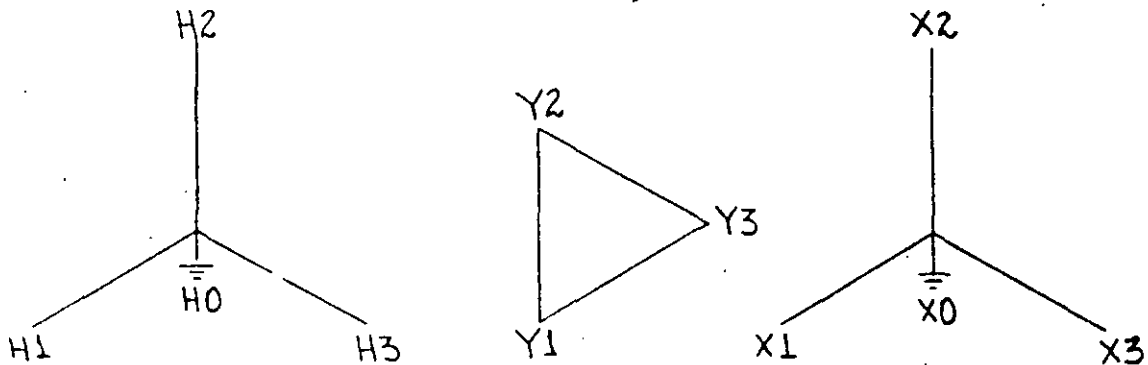
- 1) El devanado terciario proporciona un camino cerrado para los componentes de terceras armónicas de la corriente magnetizante, lo cual elimina voltaje de terceras armónicas en los devanados principales, logrando tener estabilidad en los neutros, y pueden ser aterrizados sin ninguna consecuencia.
- 2) Puede utilizarse el devanado terciario para alimentar pequeñas cargas, - tales como alumbrado, motores, servicio en general.

Desventajas:

- 1) Incremento del tamaño y costo del Transformador.
- 2) El terciario puede alcanzar valores peligrosos de voltajes debido a la - inducción electrostática de los otros devanados, por lo que se recomienda aterrizar el terciario.

Aplicaciones:

Cuando se requiere proporcionar un devanado estabilizador para circulación - de corrientes de terceras armónicas.



(FIG. 7)



III:- N O R M A S .

No existen dos lugares en un sistema eléctrico donde las condiciones sean las mismas, pero debido a que resulta antieconómico diseñar cada Transformador -- para las condiciones locales, se ha llevado a la práctica el estandarizar los diseños con la idea de utilizarlos en cualquier lugar.

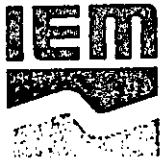
El primer paso fue la estandarización de los voltajes para las clases de aislamientos, después la identificación de las terminales, Polaridad y Métodos - de conexión de los devanados para formar Transformadores Trifásicos. También se ha estandarizado mucho de los detalles de construcción con la finalidad de ayudar al usuario del Transformador en las especificaciones y los requerimientos del mismo. Finalmente se ha hecho una estandarización de acuerdo a las - capacidades.

Los fabricantes de Transformadores se apegan en la fabricación de sus Trans-- formadores a alguna o varias de las Normas existentes entre las principales - se encuentran las Normas Americanas ANSI C-57 , la cual posee Normas para cada tipo específico de Transformador de acuerdo a lo siguiente:

C-57.12-10 para Transformadores cuyo rango de voltaje es hasta 230,000 Volts. y cuya capacidad va de 750-100,000 KVA para unidades trifásicas y de 833-10,417 KVA para unidades monofásicas.

C-57.12-30 para Transformadores trifásicos con cambiador bajo carga, cuyo rango de voltaje es hasta 67000 volts. y las capacidades están comprendidas entre 1000-10000 KVA.

C-57.12-20 para Transformadores de Distribución, cuyo voltaje comprende hasta 67000 volts y la capacidad es menor o igual a 500 KVA.



IV. - ESPECIFICACIONES DEL USUARIO.

El punto de enlace entre el usuario y el fabricante del Transformador es una especificación, la cual podemos definir como el documento que define en una forma clara y objetiva todos los requisitos particulares para la fabricación del Transformador.

Entre la información que debe contener dicha especificación se encuentran en primer lugar los parámetros eléctricos, tales como son:

- Potencia
- Voltaje
- Número de fases
- Frecuencia de operación
- Altitud de operación
- Impedancia
- Niveles de Aislamiento

Además de estos parámetros existen otros parámetros que serán característicos del diseño de la subestación donde se va a instalar el Transformador, los cuales son:

- Distribución de las boquillas en el Transformador.
- Tipo de enfriamiento
- Temperaturas ambientales máximas y promedio
- Tipo de preservación del líquido aislante (enfriamiento).
- Tipo de base
- Accesorios requeridos
- Si son requeridas, Cámaras para el alojamiento de las boquillas, especificar si se requieren coples y sus diámetros, para la llegada del tubo Conduit, o si se va a acoplar al tablero o bus ductos, especificar Gargantas.

Estas especificaciones están respaldadas por las Normas y en caso de existir omisiones en las especificaciones, y si están contempladas en las Normas, se dará lo especificado en la Norma.



VII.- MANTENIMIENTO

Para conservar un Transformador en condiciones optimas, casi de fábrica, - es necesario aplicarle un mantenimiento completo el cual puede ser imposible si su costo es mayor que el costo de la falla que pueda ocurrir. Por ejemplo en los pequeños Transformadores de Distribución, el costo de su - mantenimiento constaría más que el costo mismo del Transformador.

El procedimiento de mantenimiento que es mejor para cada Transformador depende de muchos factores que pueden ser evaluados a lo largo de los años, - sin embargo debe adoptarse algún programa en base a la siguiente información:

- Acabado.

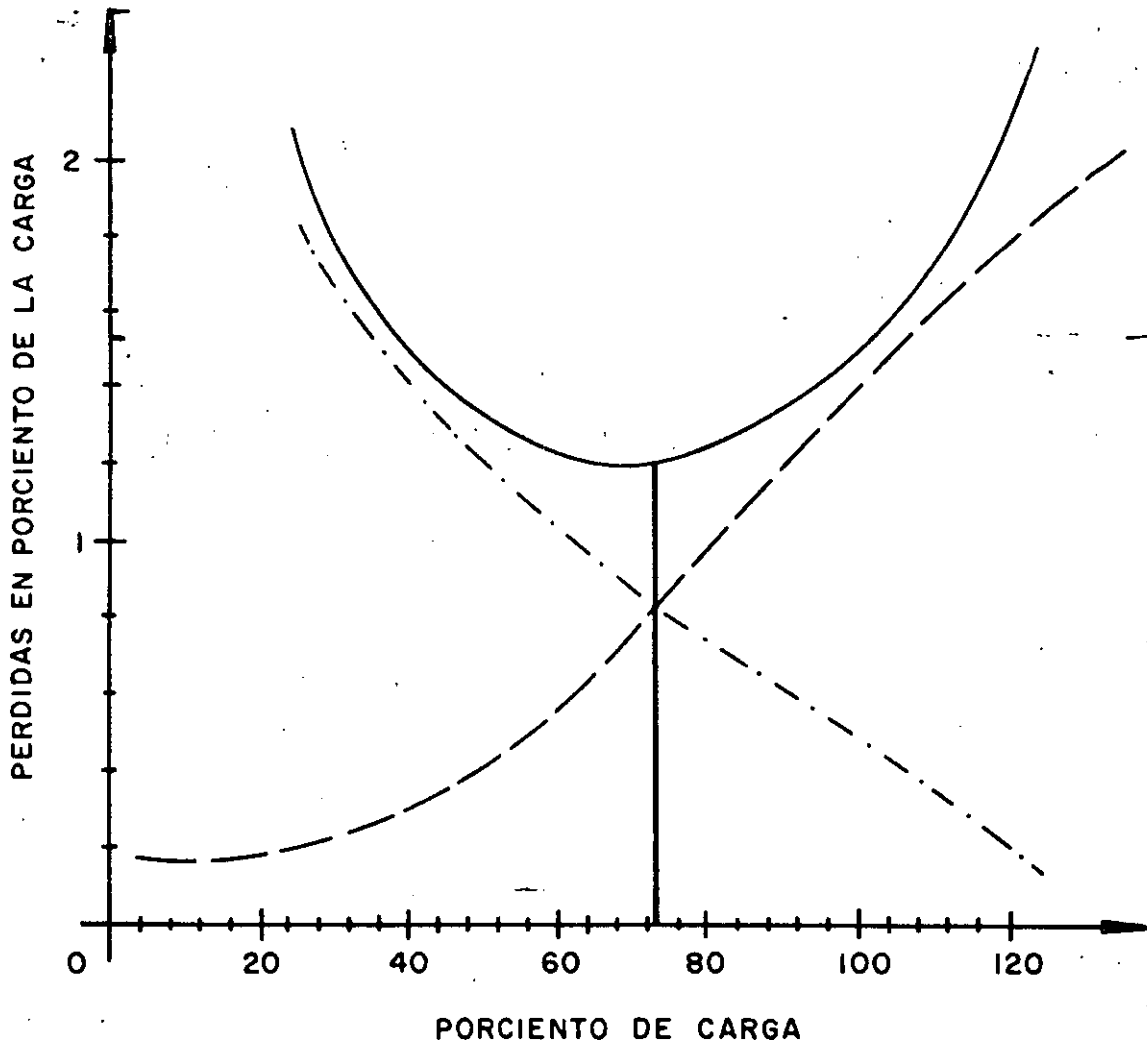
El tanque de todos los Transformadores es pintado para prevenir la oxidación y corrosión de la placa de acero. La vida de un sistema de acabado bien diseñado dependerá del espesor de la película de pintura y - de su calidad.

Cualquier pintura se deteriorará con el transcurso del tiempo y las superficies tendrán que ser repintadas. La velocidad de deterioración dependerá sobre todo de los factores ambientales. Las superficies deberán ser inspeccionadas anualmente y repintadas cuando sea necesario.

La pintura durará mas si las superficies son protegidas contra la acción directa del sol y del viento. También la pintura se deteriorará mas rapidamente cuando es expuesta continuamente al agua, sumergida en el agua o son construídas de tal forma que el agua permanece sobre la superficie pintada.

- Equipo auxiliar.

Los Transformadores modernos, especialmente los de mayor capacidad tienen mucho equipo auxiliar tales como bombas de aceite, ventiladores y dispositivos de control. La adecuada operación del Transformador, depende de este equipo auxiliar, por lo que se debe realizar una inspección periódica y se le dará mantenimiento a este equipo para prevenir que una falla en alguna pieza del equipo auxiliar, ponga fuera de servicio al Transformador.



—————	PERDIDAS TOTALES
- - - - -	PERDIDAS EN CARGA
- · - · -	PERDIDAS EN VACIO
—————	PERDIDAS MINIMAS



- Preservación del Aceite.

Este es probablemente el aspecto mas importante en el mantenimiento del Transformador por lo que se le dá una atención especial considerando las formas en las cuales el aceite se deteriora y como puede ser prevenida -- dicha deterioración.

Deterioración del Aceite.

La concentración de humedad, la concentración de oxígeno, la presencia de algunos catalizadores (el cobre es uno de ellos), y la temperatura, son los principales factores que determinan la acción química en el aceite -- del Transformador cuando este se encuentra en servicio. Cada uno de estos cuatro factores pueden contribuir en cualquier proporción de tal forma -- que las combinaciones de la acción química que guía a la deterioración del aceite, son infinitas. El aceite mismo no es una sustancia simple, y cada uno de los componentes puede reaccionar en su propia forma. El resultado es un gran número de productos químicos que pueden afectar al aceite en diferentes formas. Algunos de los productos son ácidos que pueden atacar a los aislamientos y metales del Transformador y así reducir el esfuerzo dieléctrico de dichos aislamientos.

Otros productos son lodos que se precipitan en el Transformador e impiden el enfriamiento.

El problema consiste en determinar como cada uno de estos productos químicos afectan la funcionabilidad del Transformador. Una indicación aproximada de su efecto es la disminución del esfuerzo dieléctrico del aceite mismo. La humedad y ácido en combinación a menudo reducen el esfuerzo dieléctrico del aceite nuevo a casi la mitad, esto sin embargo, no significa que los aislamientos hayan sido afectados apreciablemente. Como regla, un aceite que prueba abajo de 22 KV, en la prueba de la copa estandar no es satisfactorio.

El bajo esfuerzo dieléctrico del aceite, por si mismo, es quizá menos dañino que la humedad y el ácido que los causan debido a que ellos son absorbidos por los aislamientos y reducen su esfuerzo dieléctrico e incrementan sus pérdidas dieléctricas, lo cual puede ser detectado midiendo el factor de Potencia de dichos aislamientos.

Existen algunos límites que determinan un aceite altamente contaminado y en consecuencia indican cuando un aceite debe ser filtrado o remplazado. Estos límites son:

- A) Esfuerzos dieléctricos, en la prueba de la copa estandar, menor que 22 KV.
- B) Contenido de humedad mayor de 80 ppm.
- C) Acidez mayor de 0.2 mg. de KOH

La preservación del aceite consiste esencialmente en evitar su contacto con el aire y la humedad, lo que requiere que el tanque y sus registros sean sellados herméticamente para impedir que entre aire o humedad.

Para este fin son usados varios sistemas, los cuales serán descritos --- para indicar sus ventajas y desventajas.

- PRESERVACION CON TANQUE SELLADO (FIG. 9)

En este tipo de preservación el tanque es sellado herméticamente de tal forma que el aceite solamente pueda ser contaminado por el aire y humedad ya presentes en él.

En este tipo de Transformadores se deberá proveer suficiente espacio de gas arriba del nivel de aceite para permitir que el aceite se expanda al ser calentado por las pérdidas en el Transformador o por la temperatura ambiental en los días cálidos.

El aceite se expande aproximadamente 5% cuando es calentado de 20°C (temperatura de llenado) a 85°C (temperatura de operación). Si el aire en el espacio de gas alcanza una temperatura de 65°C la presión se incrementa a 15 PSI, si el espacio de gas fuera de 10% del volúmen de aceite. En la realidad solo se alcanza una fracción de esta presión, ya que al aumentar la presión el aire empieza a disolverse en el aceite.

Este tipo de preservación tiene el problema de que el aire puede escapar del Transformador y entrar a él, debido a la deterioración de los sellos o empaques en el Transformador.

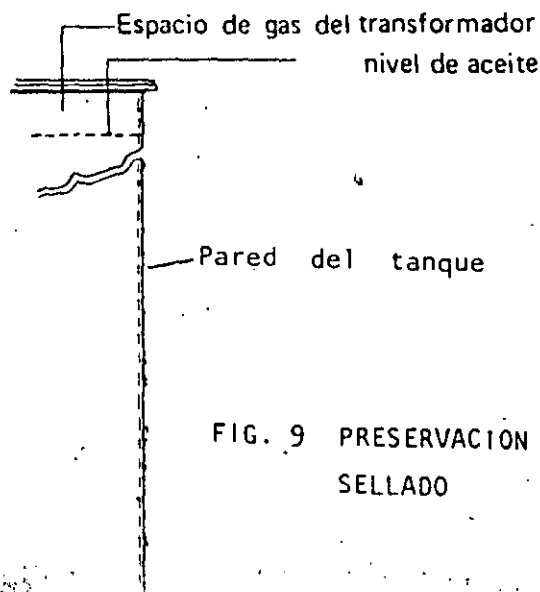


FIG. 9 PRESERVACION CON TANQUE SELLADO



- PRESERVACION CON GAS INERTE (NITROGENO) (FIG. 10) -

El problema del tanque sellado puede eliminarse conectando un tanque de Nitrógeno al espacio de gas del Transformador, a través de un regulador de presión. Este regulador es calibrado para admitir Nitrógeno dentro del Transformador cuando la presión en él cae abajo de un valor predeterminado. La baja presión puede ser causada por bajas temperaturas ambientales o cargas muy ligeras.

Si la presión se incrementa a un valor indeseable (generalmente 8 PSI), una válvula deja escapar el Nitrógeno para mantener la presión dentro de sus límites. (El aumento de presión es debido a temperaturas ambientales altas y a incrementos de la carga).

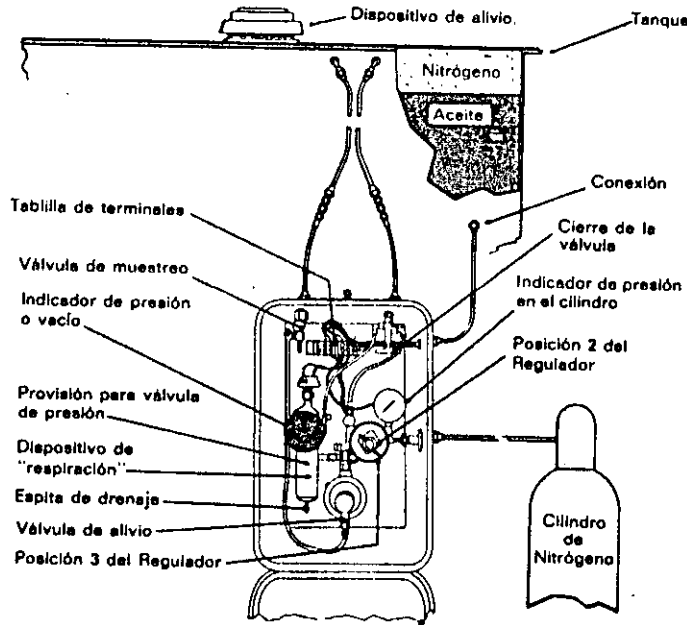


FIGURA 10.



- PRESERVACION CON TANQUE CONSERVADOR .(FIG.11) -

El aceite se deteriora rápidamente cuando grandes superficies de aceite caliente son expuestas a la atmósfera. Por medio del tanque conservador se reduce tanto la superficie de aceite expuesta a la atmósfera como su temperatura.

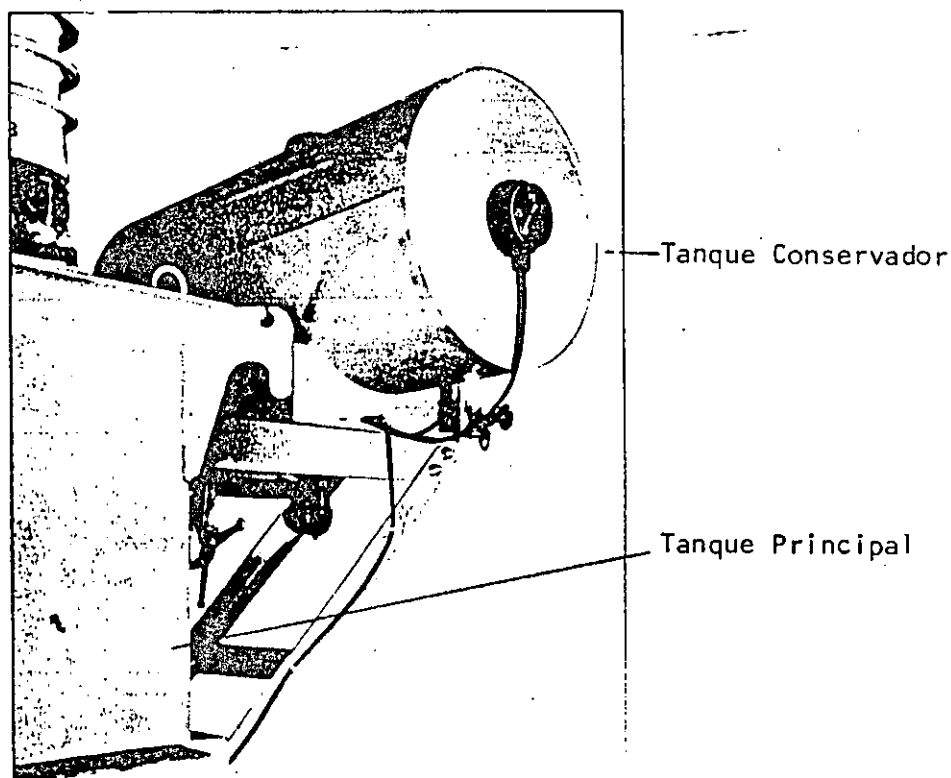


FIGURA 11. - PRESERVACION DEL LIQUIDO AISLANTE
CON TANQUE CONSERVADOR.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA I

SELECCION Y APLICACION DE MOTORES

ING. HUMBERTO SANCHEZ SANCHEZ

SEPTIEMBRE, 1985.



RESUMEN DE LA PONENCIA SOBRE MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION PARA EL CURSO DE INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA DE LA U.N.A.M.

1.- INTRODUCCION. Clasificación general de los motores eléctricos.

2.- CONSTITUCION DE UN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA. Breve descripción de sus partes y su funcionamiento.

3.- PRINCIPALES PARAMETROS Y CARACTERISTICAS QUE DEFINEN UN MOTOR DE INDUCCION. Interpretación de los datos de placa.

- a) Velocidad Síncrona
- b) Deslizamiento
- c) Potencia y Pares
- d) Pérdidas y Eficiencia
- e) Factor de Potencia
- f) Calor y Temperatura

4.- CLASIFICACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION Y NORMAS APLICABLES.

- a) Por su Construcción Mecánica
- b) Por su Diseño Eléctrico
- c) Por su Montaje
- d) Normas NEMA
- e) Normas Europeas

5.- ARRANCADORES Y PROTECCIONES.

6.- MOTORES DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO.

- a) Construcciones Mecánicas
- b) Descripción de sus Partes
- c) Aplicación y Características

7.- INSTALACION Y MANTENIMIENTO.

- Resistencia de Aislamiento
- Lubricación
- Fallas Comunes.

EXPOSITOR: HUMBERTO SANCHEZ SANCHEZ.

DURACION: 3 HORAS.

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

Nombre : Humberto Sánchez Sánchez.
 Edad : 27 Años
 Domicilio : Aculco # 29-7 Col. Romana, Tlalnepantla, México C.P. 54030.
 Fecha de Nacimiento : 6 de Marzo de 1958
 Lugar de Nacimiento : León, Gto., México
 Nacionalidad : Mexicana
 Estado Civil : Casado
 Estatura : 1.70 Mts.
 Peso : 75 Kgs.

ESCOLARIDAD

Primaria : Federal Vespertina, León, Gto. de 1964 a 1970
 Secundaria : Federal Hnos. Aldama, León, Gto. de 1970 a 1973
 Bachillerato : Inst. Tecnológico de León, León, Gto. de Sept. 1973 a Ene. 1976.
 Se recibió certificado de bachillerato y de técnico mecánico N° 73240305.
 Profesional : Inst. Tecnológico de Tlalnepantla, Tlalnepantla, México, de Feb. de 1976 a Jul. de 1979.
 Se recibió certificado y carta de pasante de Ingeniero Electromecánico N° 73240305.
 Postgrado : Inst. Tecnológico de Tlalnepantla, Tlalnepantla, México: de Julio de 1982 a la fecha;
 5 semestres de maestría en Ingeniería Mecánica en la especialidad de Diseño.
 Otros Cursos : Cursos de Inglés en CEPRO, Dominio del Idioma Inglés en un 80%.
 Curso de Diseño en Westinghouse Electric Co. en Buffalo, N.Y. U.S.A.
 Curso de Diseño en Westinghouse Electric Co. en Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A.
 Cursos de Pedagogía, Relaciones Humanas.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- 6 Meses como dibujante en FUTURA, S.A.
- 6 Meses como Practicante en Ingeniería de Métodos en INDUSTRIAS IEM, s.a. de c.v.
- Trabajo Actual. Ingeniero de Diseño en INDUSTRIAS IEM, s.a. de c.v. desde Junio de 1979.

OTRAS ACTIVIDADES:

Cursos impartidos sobre Diseño, Selección y --- Aplicación de Motores en:

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- División de Educación Continua de UNAM.
- Instituto Tecnológico de Culiacán.
- Instituto Tecnológico de Morelia.
- Universidad de Morelia.
- Universidad de Veracruz.

CONCEPTOS BASICOS Y CLASIFICACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION

1.- CONSTITUCION DE UN MOTOR DE INDUCCION.

Un motor de inducción o asíncrono (fig. 1) posee una carcaza "A" provista interiormente de un circuito magnético o núcleo estator "B", constituido por un paquete de laminaciones de acero al silicio, cuyas ranuras contienen espiras de conductor de cobre formando las bobinas o devanado "C". Este devanado está unido a la red de alimentación mediante las terminales alojadas en una caja de conexiones "D". El conjunto de estas piezas constituye el estator del motor.

En ambos extremos del estator van montados los soportes de cojinetes o tapas "E" que permiten por intermedio de los rodamientos "F", la rotación de un eje o flecha "G" sobre el cual se ensambla el núcleo rotor "H", constituido a su vez por un paquete de laminaciones de la misma naturaleza que las del estator y, como aquellas, provistas también de ranuras.

En los motores de inducción tipo jaula de ardilla, dichas ranuras están ocupadas por barras de cobre o de aluminio cuyas extremidades por uno y otro lado del núcleo están conectadas entre sí por los anillos de cortocircuito "J". El conjunto de las barras y de los anillos se asemeja bastante a una "jaula de ardilla", expresión que da nombre a este tipo de motor conocido también como "motor con rotor en cortocircuito" por estar el circuito eléctrico formado por las barras, efectiva y definitivamente puesto en cortocircuito por los anillos.

La flecha sobresale por una de las tapas de manera que permita accionar una carga, mientras que por el otro extremo acciona generalmente un ventilador "K" que impulsa aire a la carcaza con el fin de asegurar su enfriamiento. Una cubierta metálica "L" protege el ventilador contra contactos accidentales.

La descripción anterior nos permite definir los órganos esenciales, cuyo conocimiento es necesario para comprender el funcionamiento, pues corresponde a un tipo de motor perfectamente clásico y muy conocido y, solo tiene por objeto, fijar las ideas, puesto que existen numerosas variantes de construcción las cuales se describirán brevemente en la tercera parte de este mismo capítulo.

Para este objeto el motor se divide en tres partes principales

- a) ESTATOR
- b) ROTOR
- c) PARTES MECANICAS Y ACCESORIOS

E S T A T O R

CARCAZA.- Es el soporte mecánico de la máquina y puede ser de fundición de fierro gris o armada de lámina de acero suave rodada en frío (Fig. 2) dependiendo del tipo de motor diseñado y de los recursos de manufactura disponibles.

NUCLEO ESTATOR.- Como ya se dijo antes forma parte del circuito magnético y está constituido por un paquete de laminaciones de acero al silicio con espesores que varían entre 0.45 y 0.65 mm. (Fig. 3) previamente troqueladas con la forma, dimensiones y número de ranuras requerido. Cuando es necesario reducir al mínimo las pérdidas en el acero a dichas laminaciones se les da un recubrimiento con materiales aislantes y se someten a un proceso de recocido para desarrollar al máximo sus propiedades eléctricas. Las laminaciones de estator se unen por medio de soldadura y soleras de sujeción o se sujetan por medio de cinta de lámina para formar el núcleo estator.

BOBINAS O DEVANADO.- Ya ensamblados el núcleo y la carcasa se coloca el devanado formado prácticamente por un conjunto de bobinas simples que integran la parte eléctrica del estator. Dichas bobinas están constituidas por un hilo conductor que es arrollado sobre si mismo un número previsto de vueltas (Fig. 4) y dicho conductor elemental está formado en la mayoría de los casos por uno o varios alambres de cobre cubiertos con una fina película de esmalte aislante. Un grupo de bobinas consta de una, dos o más bobinas simples que no están co-

nectadas entre sí sino que desde su principio hasta su final el conductor es continuo.

De acuerdo al diseño de cada motor y a las características deseadas se hace la conexión interna de los grupos de bobina a los cables que habrán de servir de terminales casi siempre por medio de soldadura autógena y de acuerdo a un diagrama emitido por el departamento de Diseño. Al final de dichos cables se ensamblan zapatas de cobre formando las terminales que habrán de alojarse en la caja de conexiones, estas terminales obtenidas del devanado serán las que reciban la energía eléctrica a transformar.

AISLAMIENTOS.- Existen varias clases de aislamientos dependiendo mucho de los materiales que lo componen y de acuerdo a la temperatura límite que es capaz de soportar un aislamiento sin modificar sus propiedades características, se clasifican como se indica en la Tabla I.

T A B L A I

AISLAMIENTO DE CLASE	TEMPERATURA LIMITE	MATERIALES COMPONENTES
Y	90°C	ALGODON, SEDA Y PAPEL.
A	105°C	ALGODON, SEDA Y PAPEL IMPREGNADOS.
E	120°C	RESINAS SINTETICAS.
B	130°C	MICA, FIBRA DE VIDRIO, AMIANTO.
F	155°C	MICA, FIBRA DE VIDRIO CON AGLOMERANTES.
H	180°C	SILICONAS, RESINAS.
C	MAS DE 180°C	PORCELANA, CUARZO, VIDRIO, MICA.

A cada uno de los grupos térmicos citados, pueden incorporarse aquellos materiales aislantes en los que se pueda demostrar eficientemente que mantienen sus propiedades originales bajo las temperaturas límites correspondientes.

La mayoría de los motores se fabrican con aislamiento clase B y F, en algunos casos especiales se utiliza aislamiento clase H.

AISLAMIENTOS DE RANURA Y DE FASE.- Para impedir cualquier contacto o masa entre las bobinas y el núcleo, se insertan aislamientos que se amoldan a la periferia de las ranuras. En los devanados a dos capas para prevenir posibles cortocircuitos entre los dos lados de bobina que alberga cada ranura se sitúa un aislamiento intermedio conocido como separador de ranura. También para mayor seguridad de aislamiento entre las cabezas de bobina de las diferentes fases o entre aquellas y el hierro, se disponen aislamientos que separan las partes dichas y se les conoce como aislamientos separadores de fase. Como aislamientos de ranura, separador de ranura y separador de fase, se utilizan materiales compuestos laminares que pueden ser cortados y doblados fácilmente para adquirir la forma conveniente en cada caso (Fig. 4).

CUÑAS DE CIERRE O AISLAMIENTOS DE CUÑA.- Para que los lados de las bobinas no se salgan de las ranuras semiabiertas del estator, estas se cierran con unas cuñas. El material de que están construídas las cuñas también está de acuerdo con la clasificación de aislamientos y además debe tener una mayor resistencia al corte, al dobléz y a ligeras presiones (Fig. 4).

MANGAS Y OTROS.- Para aislar los conductores y así poder conectar los grupos de bobinas sin el peligro de existir un cruzamiento entre fases o a tierra se utilizan las mangas. Para cubrir la soldadura de las conexiones se utiliza cinta eléctrica y para amarrar los cabezales de las bobinas se puede utilizar cordón de vidrio.

IMPREGNADO.- Una vez que se han colocado las bobinas al núcleo, que se han conectado y que se han hecho las pruebas preliminares y de inspección, es muy importante someterlo a una impregnación con barniz aislante. La impregnación de los arrollamientos mediante barnices aislantes tienen como objetivos: mejorar el aislamiento y protegerlo de la humedad, favorecer la disipación del calor desarrollado en los arrollamientos al rellenar todas las cavidades de aire que es el mal conductor del calor, dar rigidez mecánica al conjunto del arrollamiento y protegerlo de la acción de influencias exteriores (vapores corrosivos, bacterias etc.)

Además de las esenciales características aislantes es imprescindible que el barniz tenga las siguientes propiedades: estabilidad térmica,

resistencia al envejecimiento, buena conductividad calorífica, máxima penetración, mínima contracción, elasticidad, no agresividad hacia los alambres esmaltados, resistencia a la centrifugación a la humedad, ácidos, etc.

La clasificación de los barnices aislantes resulta al agruparlos según su clase térmica, de manera semejante a la expuesta para los aislamientos.

R O T O R

FLECHA.- Es el medio transmisor de la energía mecánica obtenida a la carga aplicada al motor y se manufactura de acero con ligero contenido de manganeso, azufre y fósforo (Fig. 2).

NUCLEO.- El rotor del motor de inducción tipo jaula de ardilla es el tipo más común, más simple y más robusto de construcción imaginable y es prácticamente indestructible. Para mecanizar un rotor, se epilan las laminaciones previamente troqueladas y, después de haberlas montado sobre un mandril, todas las barras y los anillos de ambos extremos se funden a presión formando una sola pieza. El material usado es una aleación de aluminio. La colada se hace a presión por razones de rapidez y de costos (Fig. 2).

En los motores grandes con núcleos mayores de veinte pulgadas de longitud se utiliza otro método: una barra de cobre desnudo se coloca en cada ranura y en ambos extremos de las barras se sueldan los anillos también de cobre formando a la vez una sola pieza. Este tipo de construcción se lleva a cabo debido a la dificultad que existe para fundir aluminio a presión en longitudes de núcleo considerablemente grandes.

Se ha desarrollado un método de construcción moldeando, usando cobre para las barras y los anillos extremos. Esto por supuesto permite el uso de ranuras pequeñas, dejando más hierro para llevar las líneas de flujo magnético. El proceso en sí, es complicado por la alta temperatura de fusión del cobre y, se deben tomar precauciones especiales para prevenir aleaciones del cobre por fundición del acero.

Después de formar el núcleo por cualquiera de los métodos anteriores

se ensamblan el núcleo y la flecha. Entre los diámetros de ambas piezas existe una ligera interferencia o sea que el diámetro interior del núcleo es ligeramente menor que el diámetro de la flecha. El núcleo se flanea con el objeto de eliminar rebabas y a la vez dilatarlo y poder ensamblarle la flecha para formar una sola pieza compacta. Finalmente, el conjunto se balancea dinámicamente. En cada cara lateral del rotor y unidas a los anillos de corto circuito se disponen unas aletas o aspas las cuales al girar el rotor, remueven el aire contenido en el motor, mejorando la refrigeración del mismo.

En la práctica se pueden encontrar varios tipos de ranuras en los rotores de jaula, los tipos de ranura más utilizados son los de ranura profunda y ranura de doble jaula simulada. El tipo de ranura y las dimensiones de la misma dependen de la potencia y del diseño de cada motor de acuerdo a las características que ofrecerá el mismo y cuya clasificación se detallará más adelante.

RODAMIENTOS.- Generalmente, al menos para los motores de armazón 360T y menores los rodamientos son de bolas y prelubricados o sea que tienen una reserva de grasa para un funcionamiento aproximado de diez mil horas (Fig. 5); pero para los motores más potentes se utilizan rodamientos de rodillos en el lado de carga del motor además de que se prevé un engrasador por cojinete y se incluye una válvula de grasa destinada a evacuar las grasas viejas o excedentes (Fig. 6). El montaje de los rodamientos debe tener en cuenta la dilatación longitudinal que la flecha sufre a consecuencia del calentamiento del rotor.

PARTES MECANICAS Y ACCESORIOS

TAPAS.- Son partes mecánicas de sostén, pues en ellas se alojan los rodamientos o baleros que sirven de apoyo al rotor. Por lo general se construyen de fierro fundido.

El maquinado de los alojamientos de cojinete y de los ajustes de la carcasa y las tapas debe ejecutarse muy cuidadosamente: Es importante que el centraje del rotor sea lo más perfecto posible, para que el entrehierro sea rigurosamente idéntico en todas las direcciones; el cuidado con que se efectúan estas operaciones influye mucho en la

calidad de los motores.

CAJA DE CONEXIONES.- Esta es una pieza que da protección mecánica a las terminales, se construye de fundición de fierro o de aluminio. Las demás piezas que constituyen el motor son partes común y corrientes y entre ellas se encuentran:

Tornillería

Placa Descriptiva

Pintura

Grasa

Empaques etc.

2.- PRINCIPIOS DE OPERACION Y FUNCIONAMIENTO.

CAMPO GIRATORIO.- Todo el funcionamiento de los motores de inducción se basa en el principio del campo giratorio. De hecho, es muy fácil imaginar el fenómeno y, tan solo con enunciar su nombre, se ve, como en la Figura 7, un campo magnético representado por el vector H girando en el sentido "f" alrededor de un eje "Z" perpendicular a dicho vector.

Para obtener un campo giratorio en corriente continua, se tiene que hacer girar alrededor del eje "Z" un electroimán cuya bobina es recorrida por una corriente. Pero una de las propiedades más características de la corriente alterna polifásica es, precisamente, la de ser capaz de producir un campo giratorio a partir de elementos fijos únicamente.

Imaginemos primero (Fig. 8) una espira plana conectada en a y b a una fuente de corriente alterna. En el centro O de esta espira, según el eje XX' perpendicular a su plano, se situará la resultante "h" del campo magnético creado en la espira según las leyes del electromagnetismo. Al ser alterna la corriente que atraviesa la espira, lo será también la resultante "h" del campo magnético, o sea que, si la corriente varía de $-I$ a $+I$ según una ley senoidal, la resultante "h" variará de $-h$ a $+h$. De esta manera, una corriente senoidal que atraviesa una espira, induce en ella un campo magnético de la misma naturaleza, cuya resultante es perpendicular al plano de la espira.

Supongamos ahora que colocamos perpendicularmente, dos espiras planas como se indica en la Figura 9 e identificadas respectivamente por A y B. Alimentemos cada una de estas espiras por una corriente alterna y senoidal variando de $-I$ a $+I$ pero decaídas en el tiempo, como se muestra en la Figura 10.

En realidad, nuestras dos espiras se alimentan mediante una clásica corriente bifásica. Podemos situar en el centro O, común a las dos espiras, por una parte la resultante 'a' del campo creado por la espira A y por otra la resultante 'b' del campo creado por la espira B, cada una de ellas variando senoidalmente entre dos valores extre-

mos $-H$ y $+H$ en sus ejes respectivos, perpendiculares al plano de las espiras que han dado origen a dichos campos.

El campo resultante del conjunto constituido por las dos espiras tendrá por expresión el vector R obtenido por suma geométrica de a y b . Refirámonos ahora a la Figura 11 que, para simplificar, solo reproduce los vectores de campo, suprimiendo la representación de las espiras.

En el instante 1, las corrientes expuestas en la Figura 10 producen, respectivamente, campos cuyas componentes a_1 y b_1 tienen como resultante R_1 . Un poco más tarde, en el instante 2, los campos elementales tienen como componentes a_2 y b_2 , y R_2 como resultante.

Igualmente en el instante 3, las componentes de los campos han pasado a ser a_3 y b_3 que se componen dando R_3 . Ahora bien, mientras a ha tomado progresivamente los valores a_1 , a_2 , a_3 , el vector b ha adquirido los valores b_1 , b_2 , b_3 . La resultante de estos dos campos ha ido girando efectivamente, sin desaparecer nunca, valiéndose R_1 , R_2 y R_3 , sucesivamente. Como es lógico, la demostración puede hacerse extensiva, de la misma manera, a las posiciones anteriores al tiempo 1, ó a las posteriores al tiempo 3, e incluso a posiciones intermedias a los tiempos 1, 2 y 3.

Queda por demostrar que la resultante R conserva el mismo valor absoluto en cualquier posición para lo cual podemos referirnos a la Figura 12.

Por el mismo principio de las corrientes senoidales, resulta que la componente a posee, en un instante t dado, el valor:

$$a = H \text{ sen } \omega t$$

Por construcción, el valor de b en el mismo instante será:

$$b = H \text{ sen } \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = H \text{ cos } \omega t$$

Y en el triángulo $A O B$ rectángulo en B :

$$R^2 = a^2 + b^2$$

De donde:

$$R^2 = H^2 \text{ sen}^2 \omega t + H^2 \text{ cos}^2 \omega t = H^2 (\text{sen}^2 \omega t + \text{cos}^2 \omega t) = H^2$$

Puesto que $\text{sen}^2 \omega t + \text{cos}^2 \omega t = 1$

Y finalmente, $R = H$.

Se demuestra de la misma manera, que tres espiras deca-
ladas 120° en el espacio una con relación a la otra, y atravesadas por una corriente senoidal deca-
lada en el tiempo de $1/3$ de período en cada espira con relación a las otras (lo que es el caso de las corrientes trifásica) producen un campo giratorio según el mismo proceso. Si en cada espira, la componente del campo elemental varía de $-H$ a $+H$, la resultante R del campo giratorio presentará esta vez el valor $3H/2$. Así pues, las espiras de los arrollamientos estáticos del motor de inducción, aunque perfectamente inmóviles, dan origen a un campo giratorio, simplemente debido al hecho de que están alimentadas por una corriente polifásica senoidal.

Examinemos los efectos de este campo en el rotor (Fig. 13).

La componente H al girar, por ejemplo, en el sentido f interesará sucesivamente cada una de las barras del rotor que estará, por consiguiente, sometida a un campo magnético variando alternativamente de un valor nulo a un valor máximo. Según que H pase entre dos barras o por el eje de una de ellas.

Esta variación del campo magnético induce en las barras una corriente perpendicular al campo, puesto que este se propaga en las barras. Entonces, según las leyes del electromagnetismo, estas barras quedarán sometidas a una fuerza F dirigida de tal manera que tendrá por efecto oponerse a la causa que la ha producido (Ley de LENZ). Las barras tendrán, pues, tendencia a correr detrás del campo giratorio para suprimir la variación de flujo por disminución de la velocidad relativa de un campo con respecto al otro. El rotor girará, pues, en el mismo sentido que el campo giratorio.

Pero el rotor no alcanza jamás su objetivo. En efecto, si girase a la misma velocidad que el campo estático, no habría ya ninguna variación de flujo en las barras, es decir, corriente inducida en la jaula rotórica, por lo tanto, al quedar suprimidas las fuerzas F , ya no habría par motor, puesto que este no es otra cosa que el resulta-

do de la combinación de las fuerzas F actuando sobre cada una de las barras de la jaula. El hecho de que el rotor gire más lentamente que el campo magnético que le arrastra y que, por lo tanto, no llegue nunca a girar sincrónicamente con el, hace que se de a este tipo de motor el calificativo de asíncrono (que no es síncrono)

VELOCIDAD DE SINCRONISMO.- La velocidad de sincronismo es la del campo giratorio, expresado por el número de revoluciones por minuto (RPM). Solo depende de la frecuencia del sistema y del número de polos del motor. Se expresa mediante la relación:

$$V_s = \frac{120 f}{P}$$

En la que:

f es la frecuencia en ciclos por segundo (H_2)

n es el número de polos del devanado estatorico

Esta relación demuestra que la velocidad de sincronismo es independiente de la tensión, así como del número de fases de la red de alimentación.

DESLIZAMIENTO.- En un motor de inducción sometido a una carga, es decir, sufriendo un cierto par resistente, existe un campo girando a la velocidad de sincronismo, mientras que el rotor gira más lentamente, condición absolutamente necesaria, tal como hemos visto, para que este motor suministre un par. Todo sucede, pues, como si el rotor deslizase con respecto al campo en el sentido opuesto al sentido de rotación común.

Si se designa por V_s la velocidad de sincronismo y por V_c la velocidad en carga, se llama deslizamiento "S" del rotor la relación, expresada en tanto por ciento:

$$S = \frac{V_s - V_c}{V_s} \times 100$$

$$S = \frac{V_s - V_c}{V_s} \times 100$$

A igualdad de velocidad de sincronismo y de potencia, un motor es tanto más satisfactorio cuanto menor es su deslizamiento, o lo que es equivalente, cuanto mayor es su velocidad en carga.

FACTOR DE POTENCIA.- Cuando una corriente alterna senoidal atraviesa un circuito, la tensión y la intensidad que engendra en el mismo varían según una misma ley senoidal de idéntico período. Cada una de ellas pasa, una vez por período, por un máximo y por un mínimo. Pero, generalmente, el máximo de la tensión no se produce al mismo tiempo que el máximo de la intensidad, y lo mismo sucede, por consiguiente, para los valores mínimos.

La tensión tomada como origen, tiene por ecuación:

$$v = V \text{sen } \omega t$$

Mientras que la intensidad se expresa por:

$$i = I \text{sen } (\omega t + \varnothing);$$

Siendo \varnothing el ángulo de defasaje.

Un circuito resistivo puro es aquel que no es afectado por ningún coeficiente de auto-inducción ni de capacidad, caso rarísimo en la práctica. Este circuito constituye el único caso en el que no hay defasaje entre la tensión y la intensidad ($\varnothing = 0$).

Se denomina circuito capacitivo, aquel en el que la intensidad de corriente está en avance con respecto a su tensión. Este nombre se deriva de que justamente una propiedad característica de los capacitores es producir un defasaje hacia delante de la corriente que lo atraviesa.

Se llama circuito reactivo, aquel en que la intensidad está retrasada con respecto a la tensión tal como representa la Figura 14.

Este tipo de circuito se designa también con el calificativo de inductivo debido a la propiedad que poseen las bobinas de auto-inducción de retrasar respecto a la tensión la intensidad que las atraviesa.

El ángulo de defasaje \varnothing es tanto mayor cuanto más importante es el efecto inductivo del circuito. Pero no puede alcanzar 90° , puesto que no existe inducción perfecta, lo que requeriría una bobina desprovista de toda resistencia eléctrica.

Los circuitos estáticos de los motores de inducción son reactivos; su intensidad está retrasada con respecto a la tensión tal

como indica la Figura 14. El defasaje no se expresa mediante el ángulo \varnothing sino mediante su coseno, al cual se le llama factor de potencia.

Conviene, evidentemente que el factor de potencia del motor se aproxime todo lo posible a 1, lo que quiere decir que el ángulo de defasaje debe ser lo más reducido posible.

En la práctica se puede elevar el factor de potencia de una instalación con la ayuda de capacitores. Pero siempre es más conveniente, en igualdad de circunstancias, utilizar un motor de $\cos \varnothing$ elevado.

PARES.- Se han examinado ya los efectos del campo giratorio en el rotor y como nacen las fuerzas elementales que originan el par motor. Pero este par no tiene un valor constante en cualquier circunstancia sino por el contrario, varía en función de la tensión de alimentación del motor y según su velocidad de rotación.

Si logramos que la tensión de alimentación permanezca constante, podemos trazar la curva característica par-velocidad de un motor, llevando sobre una gráfica, por una parte, los pares y por otra las diferentes velocidades correspondientes (Fig. 15). Esta característica muy importante, es la base del funcionamiento de los motores de inducción. En el momento del arranque, cuando la velocidad es prácticamente nula, el par tiene un valor igual a T_a que se denomina par de arranque. Luego la velocidad aumenta hasta que el par disminuye hasta el valor T_0 , par mínimo. Luego, al seguir aumentando la velocidad, el par vuelve a crecer hasta alcanzar el valor T_m o par máximo. Finalmente, a partir de ahí, el valor del par disminuye para hacerse nulo a la velocidad de sincronismo.

Si a esta gráfica llevamos el valor del par nominal, es decir, el valor del par que determina la potencia nominal, obtenemos el punto de funcionamiento P , cuya otra coordenada es la velocidad en carga, V_n . Para otra potencia, es decir, para otro par, T' por ejemplo, el punto de funcionamiento pasa a P' , mientras que la velocidad en carga pasa a ser V'_n . Si arrancamos un motor en vacío, su punto

de funcionamiento describe toda la característica durante la corta duración del arranque, y su velocidad de equilibrio se establece muy cerca de la velocidad de sincronismo, es decir, que su punto de funcionamiento está en P_v . Cuando aumentamos el par resistente, el punto de funcionamiento remonta la curva característica. Mientras el par resistente permanezca comprendido entre 0 y T_m , el motor estará en régimen estable: la velocidad disminuye si el par aumenta y viceversa y, a cada valor del par corresponde un valor de la velocidad y nada más.

Pero si el par resistente sobrepasa, aunque sea muy ligeramente el valor T_m , el motor cesa de girar: se dice que se ha "desenganchado" y, por este motivo, T_m recibe a veces la denominación de par de desenganche. Pero si luego reducimos lentamente el par resistente, el motor permanece parado mientras no demos a este par un valor inferior al par de arranque T_a . Sin embargo, esta condición no es aún suficiente para que el motor pueda arrancar con normalidad. Es preciso, necesariamente, que el par resistente sea inferior al par mínimo T_0 , para que el funcionamiento del motor sea correcto. Si mantenemos el par resistente, por ejemplo en el valor T'' , el punto de funcionamiento del motor estará en P_1 o en P_2 , según que la aplicación de este par al motor se haga antes o después de su paso por el par mínimo T_0 . Pero, en ambos casos, el motor no ha alcanzado su velocidad de régimen. La zona de la característica par-velocidad a tensión constante comprendida entre el par de arranque T_a y el par máximo T_m caracteriza un funcionamiento inestable del motor, y no debe ser utilizada en funcionamiento normal: para un par resistente dado, puede haber dos velocidades distintas de rotación, y una variación negativa del par puede originar igualmente una variación negativa de la velocidad (Zona $T_0 - T_m$).

Se ha precisado que la característica par-velocidad de la Figura 15 estaba establecida a tensión constante. En igualdad de condiciones, el par suministrado por un motor de inducción varía con el cuadrado de la tensión de alimentación. Si se aplica a un motor de este tipo un par resistente igual a su par nominal (para tensión nominal),

mientras que la tensión de la red a la que está conectado es, por decir, inferior en un 10% a su tensión nominal, todos los valores del par de este motor quedarán disminuídos en un 20%.

POTENCIA.- Existe una relación rígida entre el par T de un motor, su potencia P y su velocidad angular de rotación ω :

$$P = T \omega \text{ o también } T = P/\omega$$

Cuando T está dado en libras-pie y ω en radianes por segundo, P se obtiene en libras-pie por segundo. Pero es fácil pasar a las unidades usuales.

Sabemos que 2π radianes equivalen a un ángulo de 360° , es decir, a una vez la circunferencia. Así pues, un motor girando a n revoluciones por minuto, posee una velocidad angular de:

$$\omega = 2\pi \times \text{RPM} \text{ Radianes/Minuto}$$

Por otra parte un caballo de potencia (C.P.) equivale a 33,000 Lb-pie/Min., por lo tanto

$$P = \frac{T \times 2\pi \times \text{RPM}}{33000} = \frac{T \times \text{RPM}}{5250} \text{ (En C.P.)}$$

Y de donde

$$T = \frac{5250 P}{\text{RPM}} \text{ (En Lb-pie)}$$

3.- CLASIFICACION Y NORMAS DE LOS MOTORES DE INDUCCION.

Los motores de inducción se pueden clasificar en varias formas (Fig. 16):

a).- Por su construcción eléctrica.

Jaula de Ardilla.

Rotor Devanado.

b).- Por su construcción mecánica.

Abiertos a prueba de goteo.

A prueba de intemperie.

Totalmente cerrados sin ventilación.

Totalmente cerrados con intercambiador de calor.

Totalmente cerrados con ventilación forzada.

A prueba de explosión.

c).- Por su tipo de montaje.

Horizontales.

Verticales.

d).- Por su rango de voltaje.

220/440 Volts.

2300 "

4000 "

6600 "

e).- Por su tipo de aplicación.

Usos Generales.

Usos Específicos.

NORMAS.- En los primeros días de los motores eléctricos, cada fabricante los construía de acuerdo a sus propias Normas. Cada marca de motor tenía diferente nomenclatura, dimensiones, rangos de valores etc. El resultado final fue una total confusión en el campo. Para

remediar esta situación se estableció en los Estados Unidos una asociación oficial conocida como National Electrical Manufacturers Association o NEMA.

La Norma Oficial Mexicana (NOM) para equipo eléctrico se basa y es prácticamente una traducción al Castellano de las Normas NEMA.

NEMA es una organización no comercial subsidiada y soportada por los fabricantes y proveedores de equipo eléctrico. Sus Normas son adoptadas por el interés público pretendiendo así, facilitar el entendimiento entre el fabricante y el usuario así como asesorar al Cliente en la selección y obtención del producto apropiado a sus necesidades.

OTRAS NORMAS.- A pesar de que casi la totalidad de las Normas usadas en la manufactura de motores eléctricos son establecidas por NEMA o NOM, existen algunas otras Normas que se utilizan tales como las del IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) para aislamientos, las del JIC (Joint Industry Conference) para requerimientos del equipo para industria automotriz etc.

DISEÑO ELECTRICO.- Por lo que a diseño eléctrico se refiere, los motores eléctricos de inducción tipo jaula de ardilla se clasifican en cinco diferentes:

- Diseño Nema A
- " " B
- " " C
- " " D
- " " F

Es extremadamente importante entender las características de cada uno de estos diseños. En la mayoría de los casos se usará el diseño Nema B. Pero habrá ocasiones en que un diseño A C ó D puede manejar mejor la carga.

La gráfica de la Fig. 17, muestra las curvas par-velocidad para dichos diseños Nema A, B, C, D y F.

Las características de los diseños A y B son muy similares. La diferencia estriba en que las corrientes máximas o de arranque para el diseño B están limitadas por Normas; no así para el diseño A. El diseño A tiene un par de arranque ligeramente más bajo y un par máximo ligeramente más alto que el diseño B.

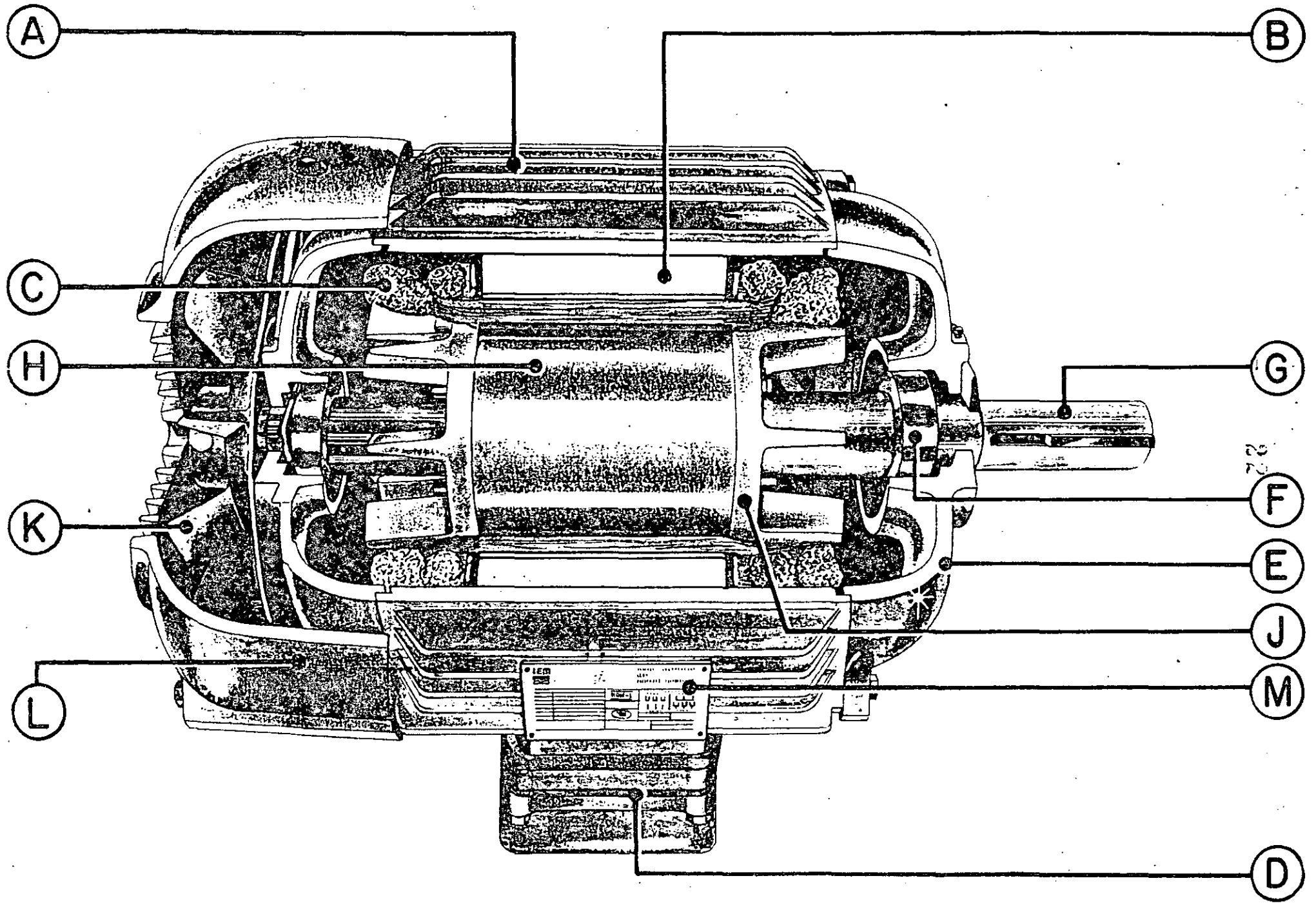
Un motor con diseño C, tiene un par de arranque mayor que el A o el B (225% aprox). En cambio el par máximo es menor que para los diseños A o B y a pesar de que no hay un punto definido para este par, su valor se establece en 190% aprox.

El diseño Nema D desarrolla un par de arranque muy alto y es aprox. el 275% del par a plena carga. Sin embargo como puede verse en la curva, el par decae gradualmente durante el período de aceleración, por lo que no hay un par máximo o de desenganche bien definido como en los diseños A y B.

El diseño Nema F tiene un muy bajo par de arranque y un par máximo moderado. Su única característica deseable es la baja corriente absorbida en el arranque.

CALIBRE NOMINAL AWG	DIAMETRO DESNUDO (PLG.)	DIAM. MAX. AISLADO (PLG.)	DIAM. MAX. AISLADO AL CUADRADO	AREA (PLG ²)	PESO (LBS/1000)	RESISTENCIA A 75°C OHMS/1000
14	0.064	0.0684	0.00468	0.003225	12.74	3.07
15	0.057	0.0613	0.00375	0.002558	10.11	3.87
16	0.051	0.0548	0.00300	0.002028	8.07	4.88
17	0.045	0.0492	0.00241	0.001609	6.35	6.16
18	0.040	0.0440	0.001936	0.001276	5.04	7.77
19	0.036	0.0395	0.001552	0.001012	4.01	9.79
20	0.032	0.0353	0.001246	0.000800	3.19	12.35
21	0.0285	0.0302	0.001005	0.000636	2.52	15.57
22	0.0254	0.0284	0.000807	0.000505	2.00	19.63
23	0.0226	0.0255	0.000651	0.000400	1.59	24.80
24	0.0201	0.0229	0.000524	0.000317	1.27	31.20
25	0.0179	0.0206	0.000424	0.000252	1.00	39.36
26	0.0159	0.0185	0.000342	0.000200	0.788	49.64
27	0.0142	0.0165	0.000272	0.000158	0.634	62.59
28	0.0126	0.0148	0.000219	0.000126	0.501	78.93
29	0.0113	0.0134	0.000179	0.000100	0.404	99.52
30	0.0100	0.0120	0.000144	0.000079	0.317	125.48

TABLA IV.- CARACTERISTICAS DE ALAMBRES MAGNETO DE COBRE.



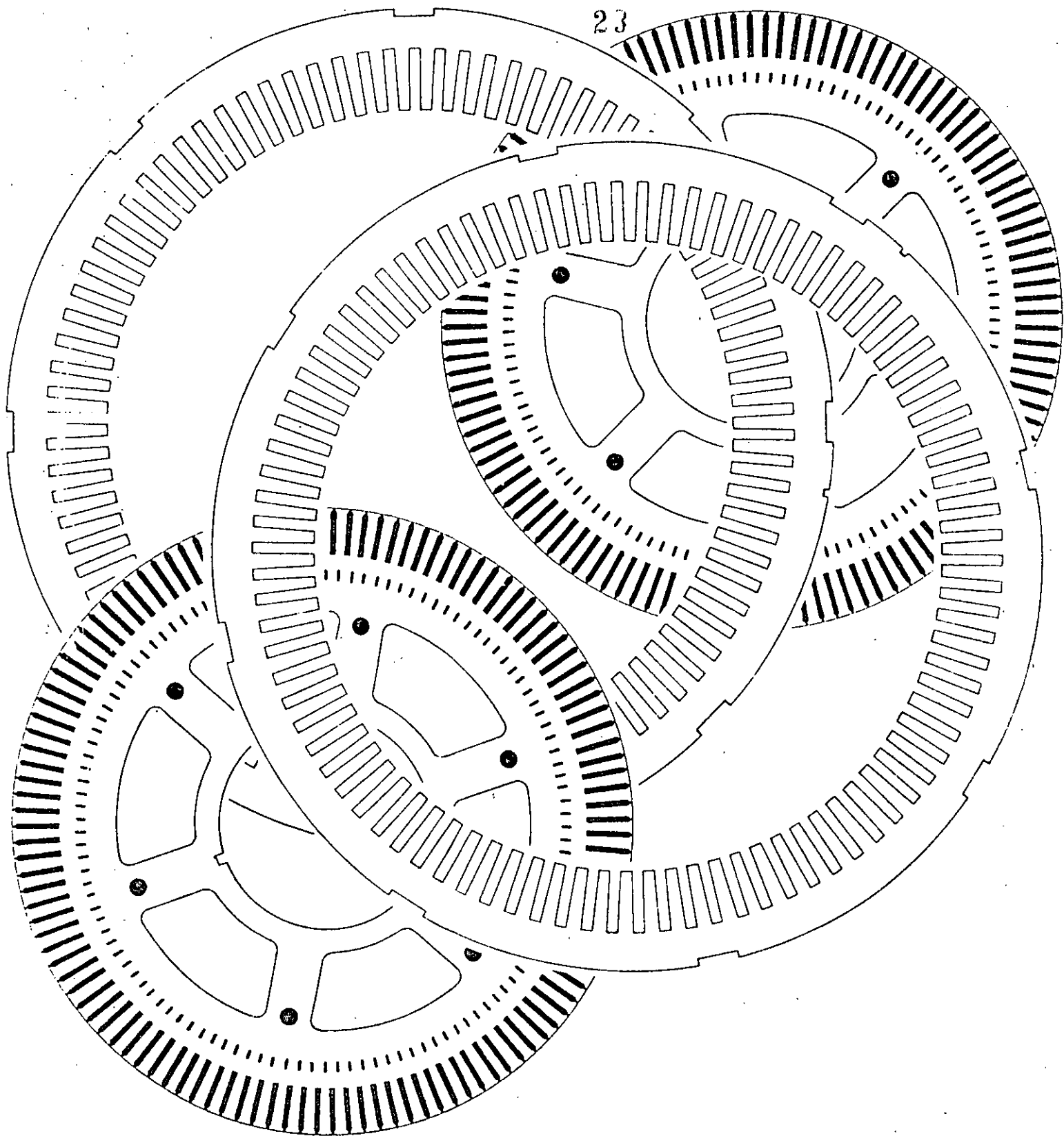
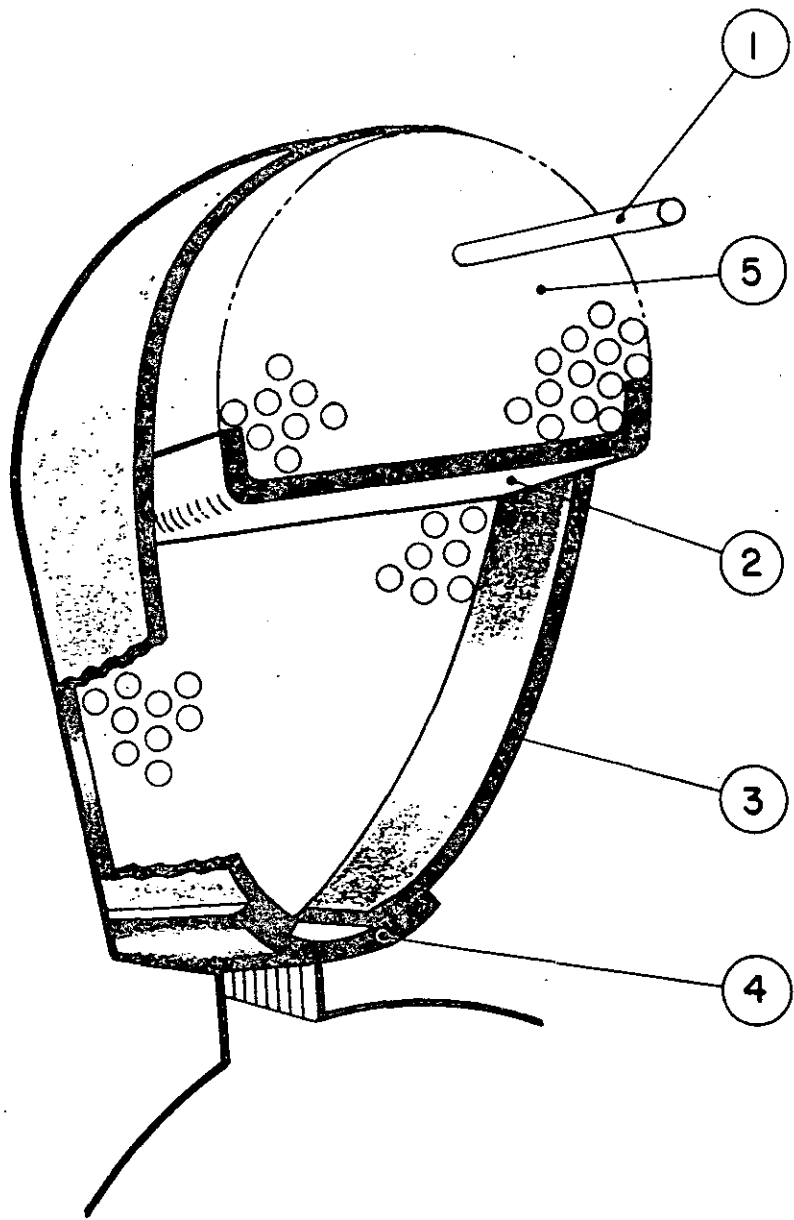


FIG. 3.- LAMINACIONES DE ROTOR Y ESTATOR



- 1.- ALAMBRE ESMALTADO
- 2.- AISLAMIENTO SEPARADOR DE BOBINAS
- 3.- AISLAMIENTO DE RANURA
- 4.- CUÑA DE CIERRE
- 5.- IMPREGNADO

24

FIG. 4.- VISTA CONVENCIONAL DE BOBINAS Y AISLAMIENTOS EN RANURA DE LAMINACION DE ESTATOR.

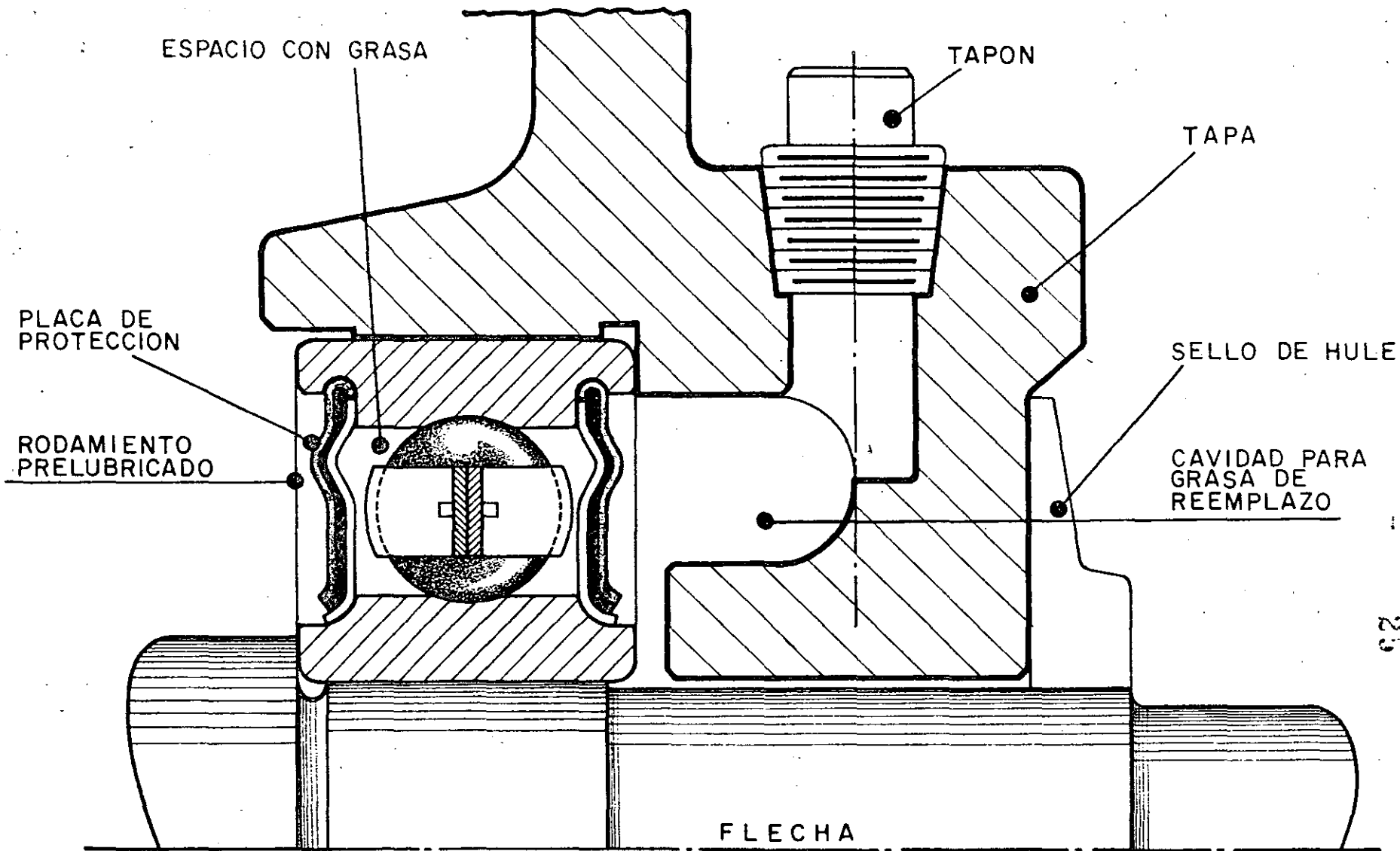


FIG. 5.- VISTA EN SECCION DE UN RODAMIENTO PRELUBRICADO, TAPA Y FLECHA

20

- 2.- GRASERA
- 3.- CUBIERTA RODAMIENTO
- 4.- TORNILLO AC. CAB. HEXAGONAL
- 5.- ROLDANA DE PRESION
- 6.- RODAMIENTO
- 7.- IMPULSOR DE GRASA
- 8.- FLECHA
- 9.- TAPON DRENE

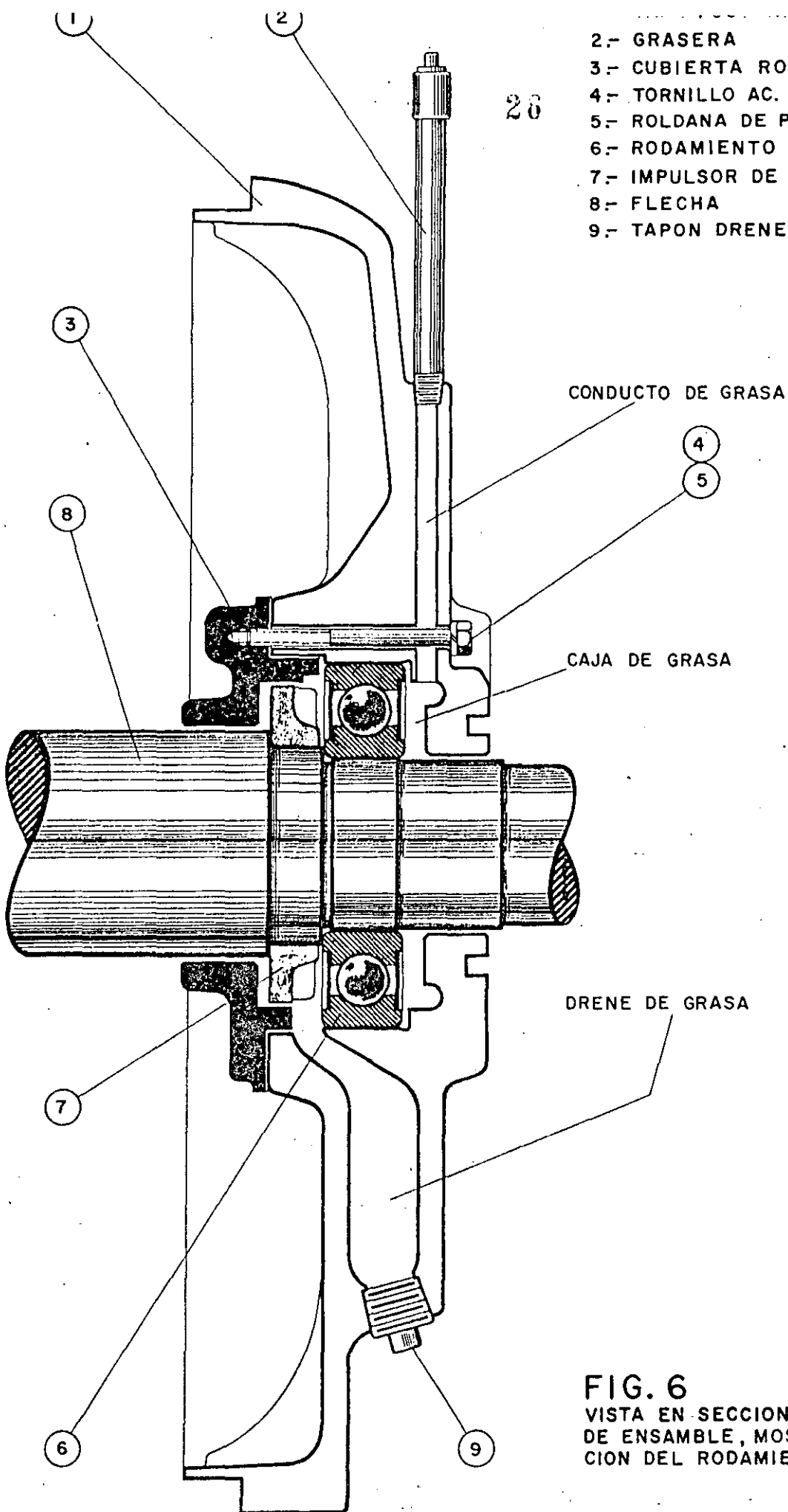


FIG. 6
VISTA EN SECCION CONVENCIONAL
DE ENSAMBLE, MOSTRANDO LUBRICA-
CION DEL RODAMIENTO CON GRASA.

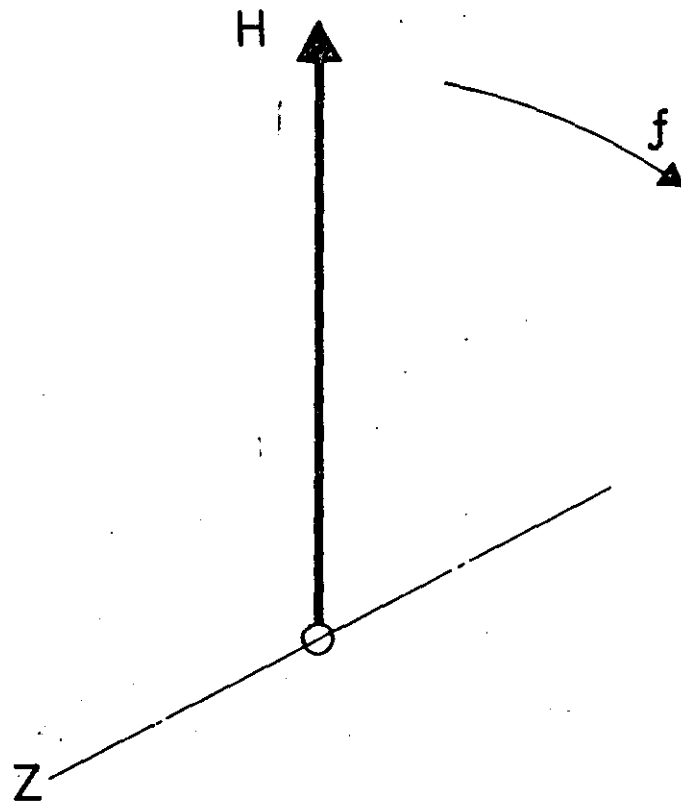


FIG. 7.- REPRESENTACION DE UN CAMPO MAGNETICO

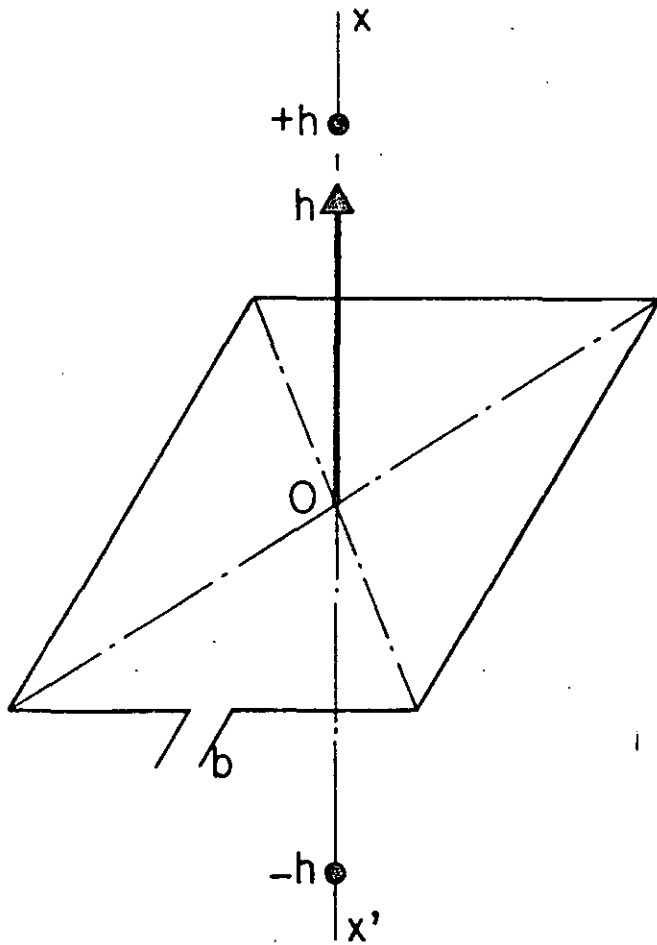


FIG. 8.- ESPIRA PLANA

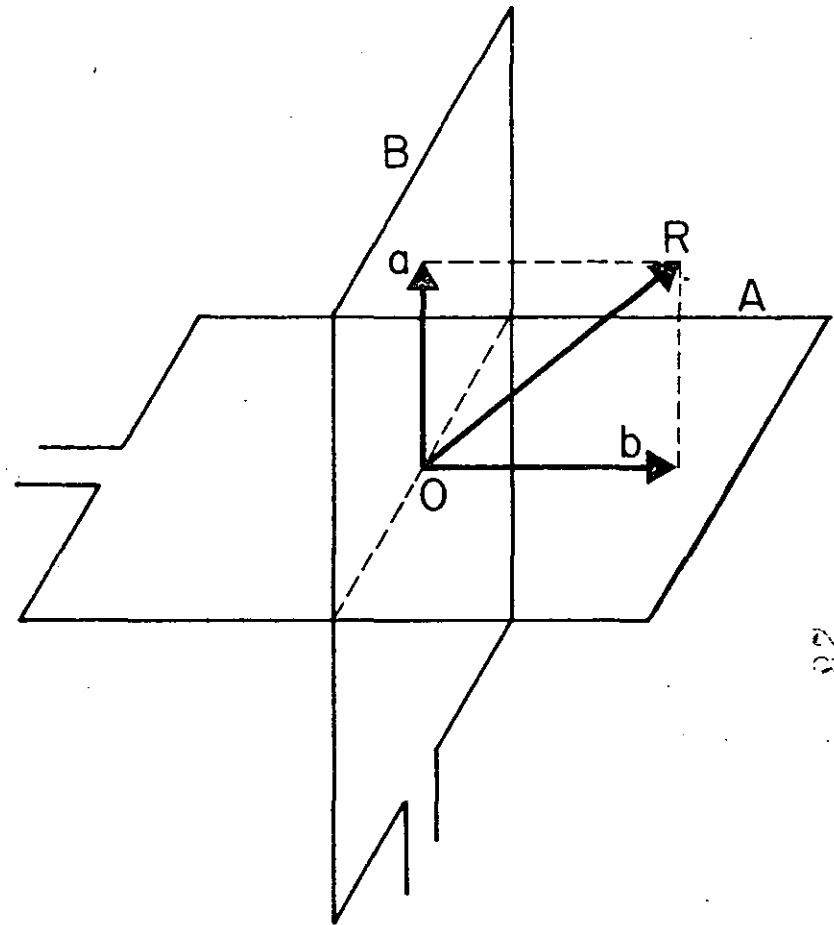


FIG. 9.- ESPIRAS PLANAS COLOCADAS PERPENDICULARMENTE.

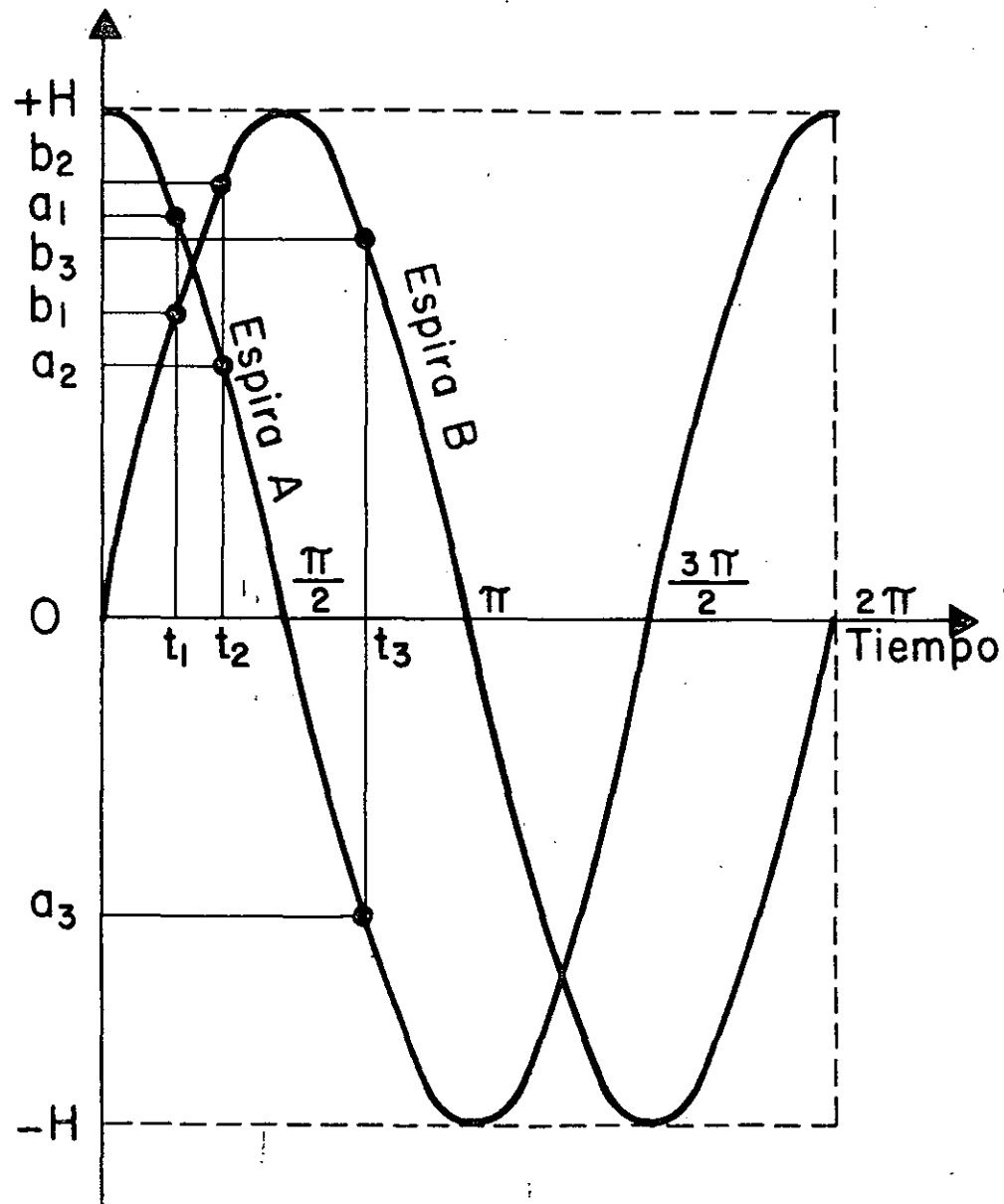


FIG. 10.- CORRIENTE BIFASICA EN ESPIRAS A Y B

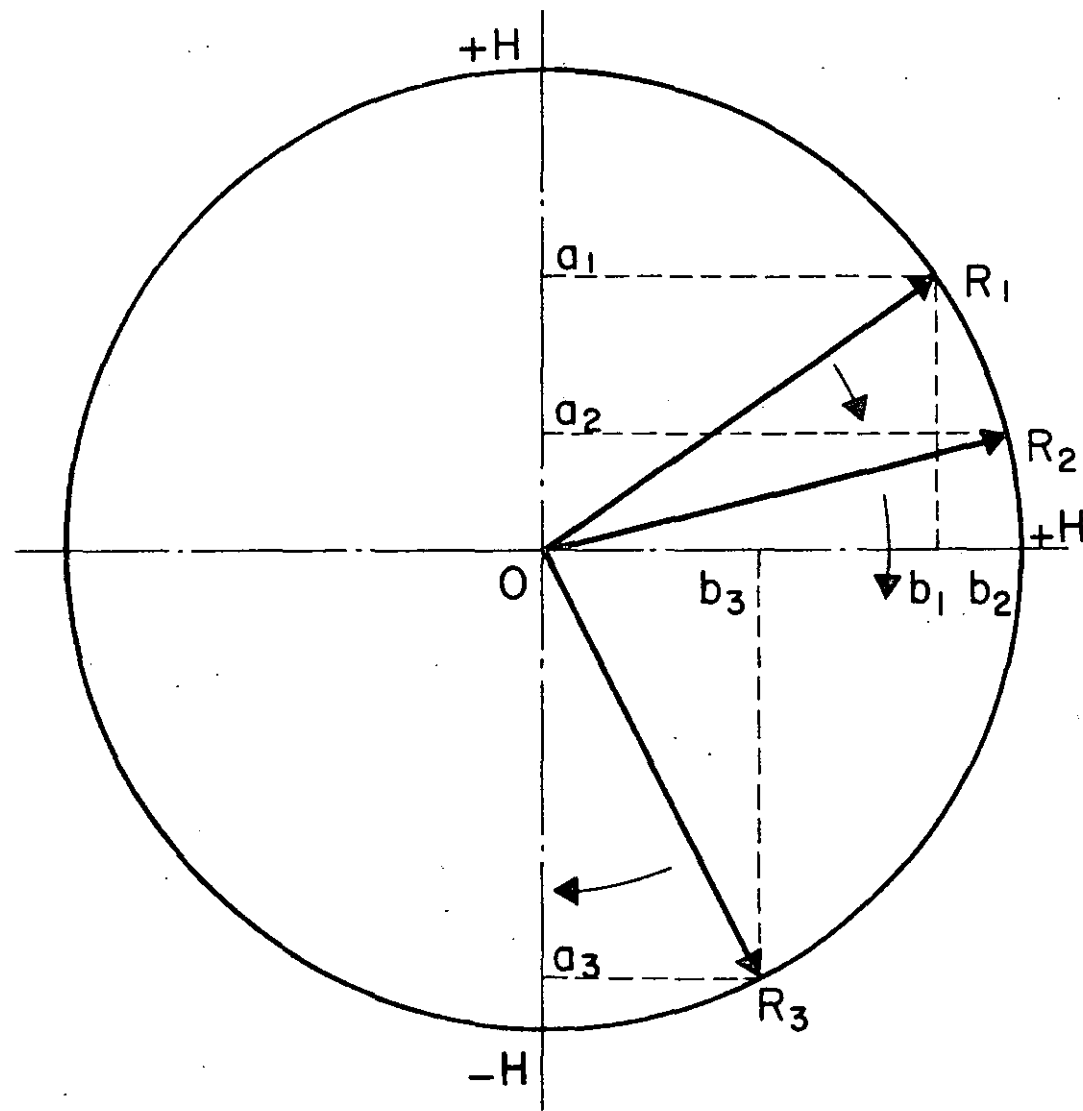


FIG. II.- VECTORES DE CAMPO MAGNETICO

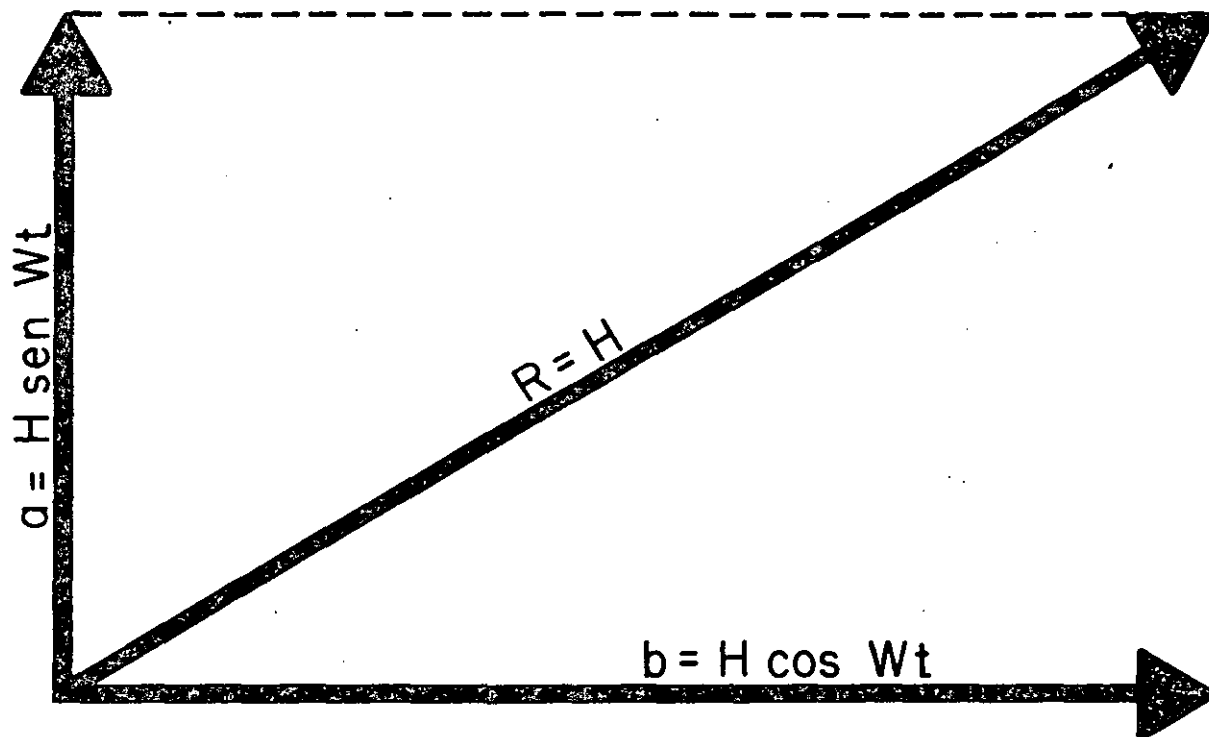


FIG. 12.- RESULTANTE DEL CAMPO MAGNETICO

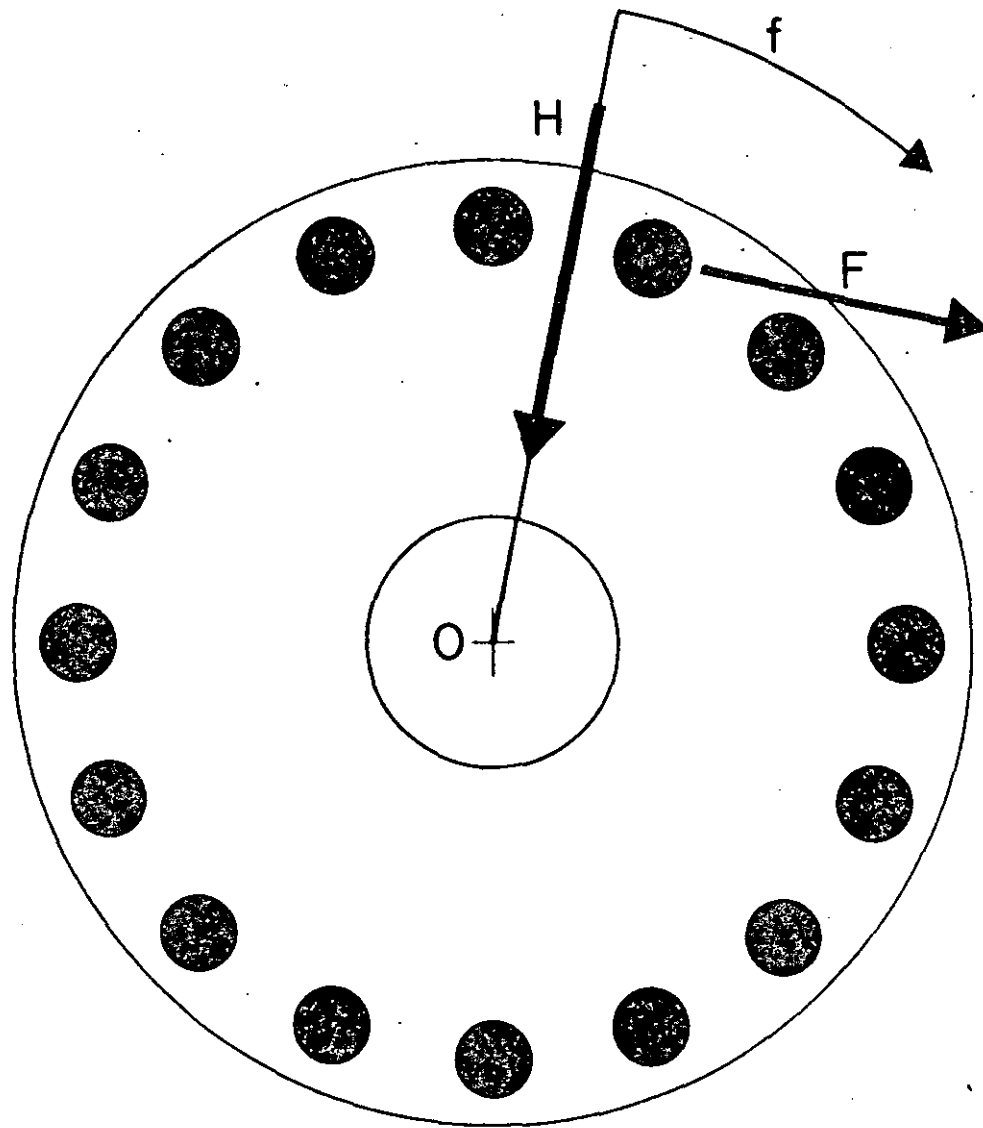


FIG. 13.- EFECTOS DEL CAMPO MAGNETICO EN EL ROTOR

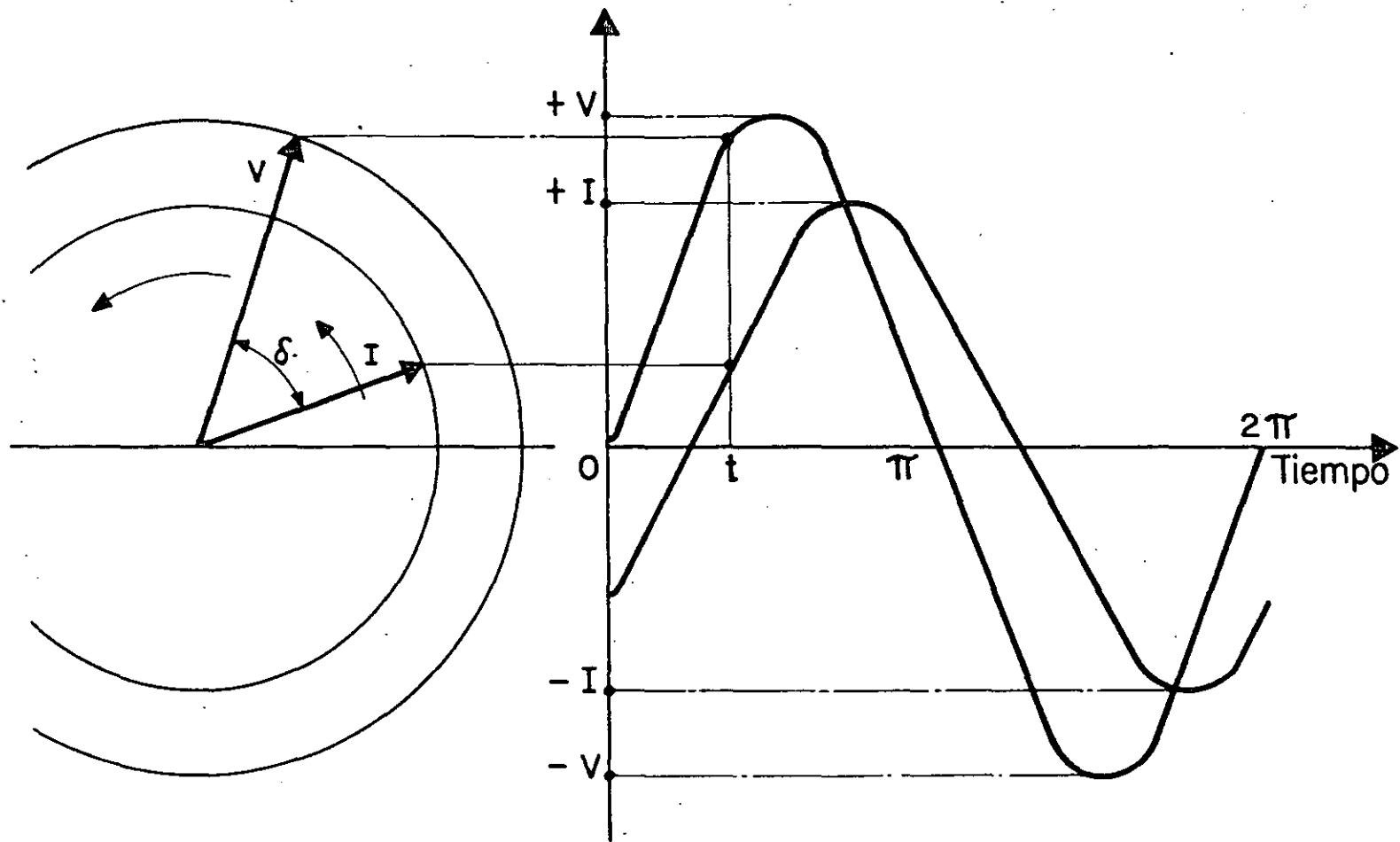


FIG. 14.- DEFASAJE ENTRE EL VOLTAJE Y LA INTENSIDAD DE CORRIENTE EN UN CIRCUITO REACTIVO.

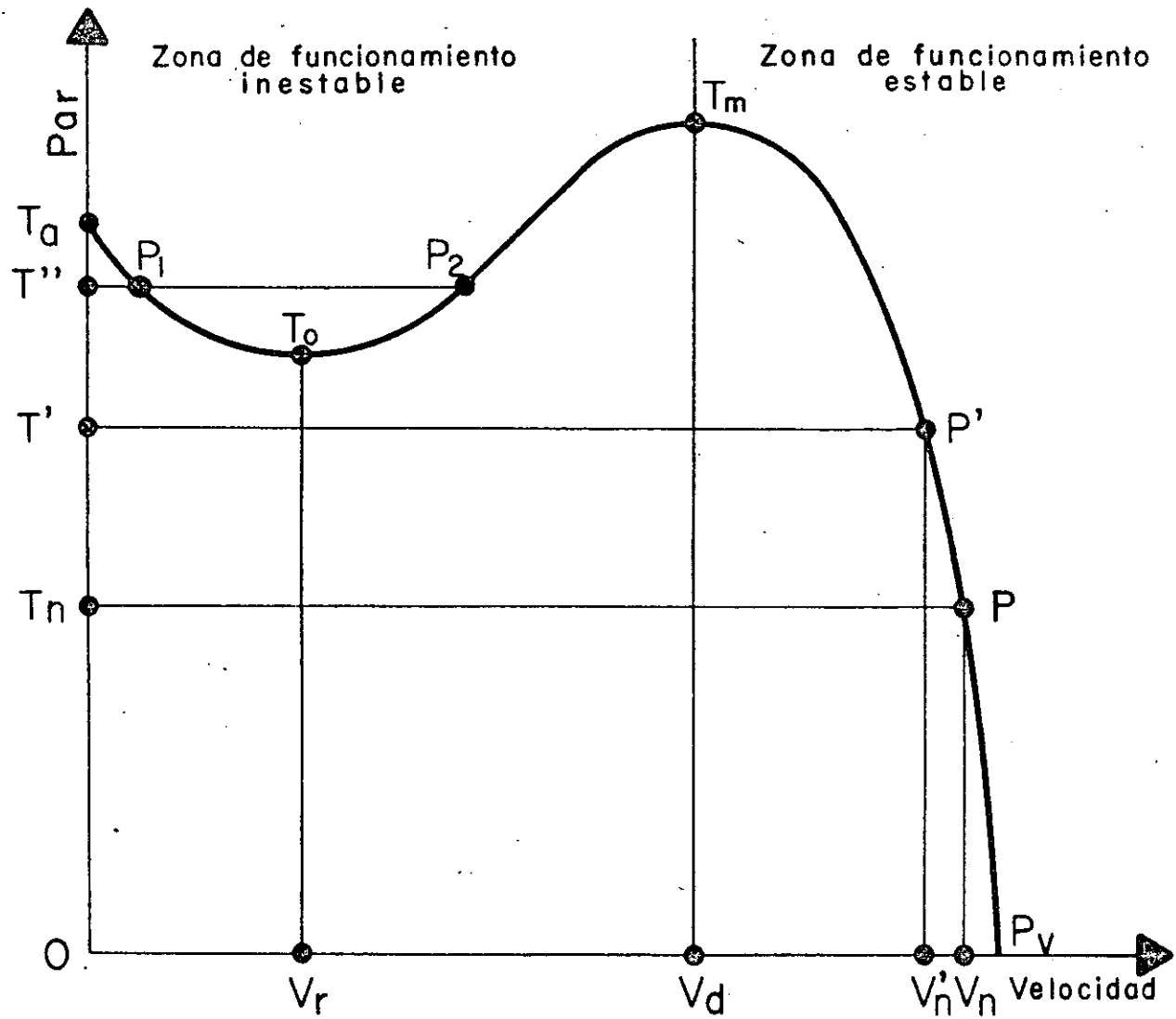


FIG. 15.- CURVA CARACTERISTICA PAR-VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCION, JAULA DE ARDILLA.

- 1: VERTICAL A PRUEBA DE GOTEO
- 2: HORIZONTAL A PRUEBA DE GOTEO
- 3: HORIZONTAL CERRADO CON VENTILACION
- 4: VERTICAL CERRADO
- 5: HORIZONTAL GRANDE A PRUEBA DE GOTEO
- 6: HORIZONTAL CERRADO
- 7: HORIZONTAL A PRUEBA DE GOTEADO

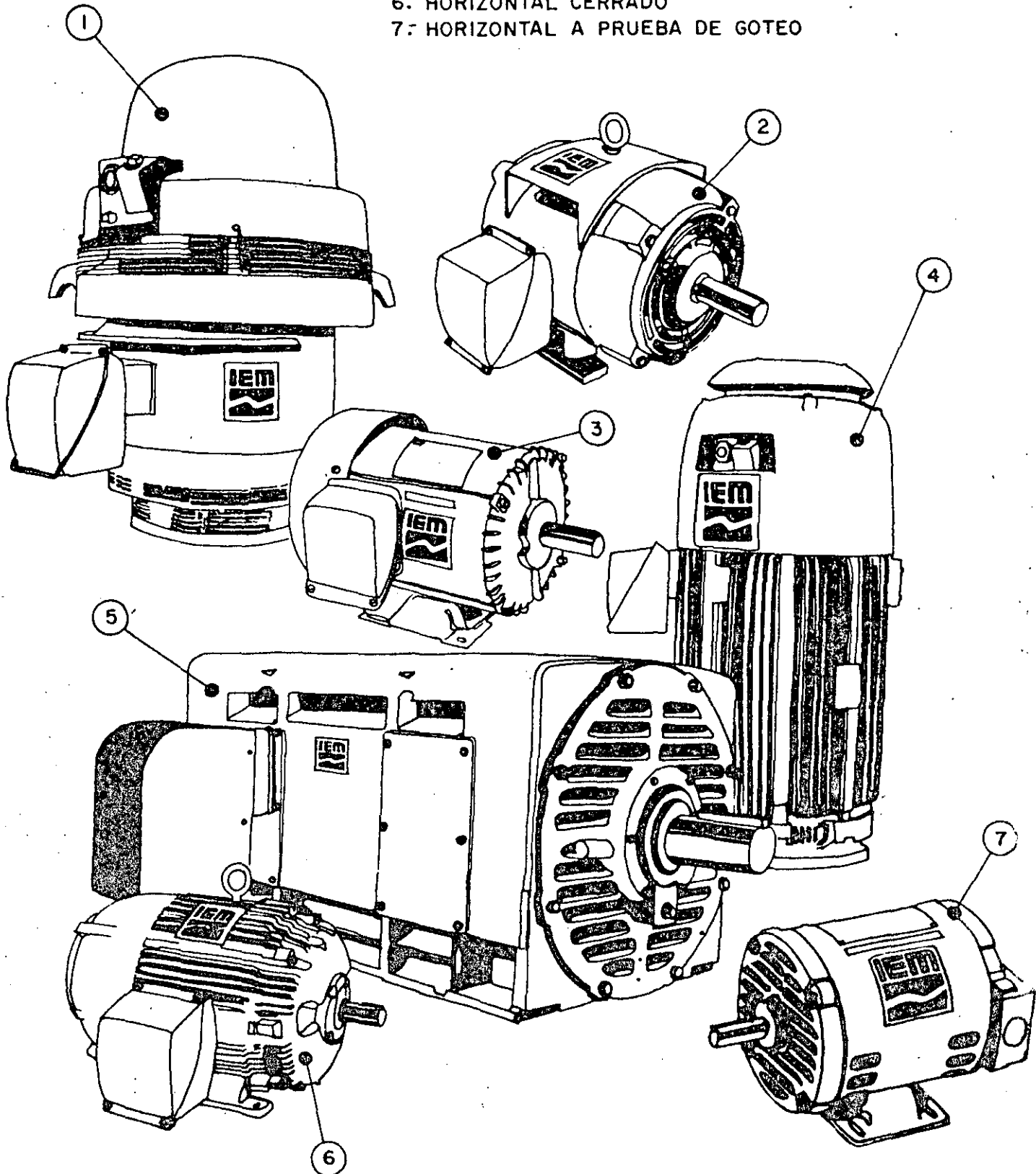


FIG. 16.- DIFERENTES TIPOS DE MOTORES DE INDUCCION

SELECCION, APLICACION Y MANTENIMIENTO DE MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA

En el presente trabajo se indican los puntos notables en la selección y aplicación de los motores de inducción tipo jaula, que en la actualidad son manufacturados por las empresas dedicadas a ello.

Es posible que la mayoría de ustedes conozcan los diferentes tipos de motores de inducción que existen; en la figura 1 se indica un cuadro sinóptico de los principales diseños conocidos, de los cuales en nuestra plática, hablaremos más particularmente de los motores trifásicos, tipo jaula de ardilla, que son los más empleados en nuestra industria en general.

Por lo tanto para una mejor explicación dividiremos estos tipos de motores tipo jaula en dos grandes grupos, de acuerdo a su diseño:

- 1.- MECANICO
- 2.- ELECTRICO

1.- DISEÑO MECANICO.- Al hablar del diseño mecánico nos referiremos al tipo de construcción o protección mecánica que poseen los motores para operar satisfactoriamente en las condiciones ambientales y de seguridad para las que fue seleccionado, estos tipos son los siguientes:

- a).- A prueba de goteo (APG)
- b).- Totalmente cerrados con ventilación exterior (TCCVE)
- c).- Protegidos contra la Intemperie tipo I (WP I)
- d).- Protegidos contra la Intemperie Tipo II (WP II)

Además por la posición de la flecha se dividen en:

- I.- Horizontales
- II.- Verticales

La descripción de cada uno de los tipos anteriores es:

- a).- A PRUEBA DE GOTEO.- Estos motores como lo indica su denominación, están contruídos para impedir que líquidos que goteen con ángulo de proyección no mayor de 15° con respecto a la vertical, no pene -

tren hacia el interior del motor; sin embargo, el aire del medio ambiente tiene libre acceso al interior, con lo cual se tiene una muy buena disipación de la temperatura de los devanados y núcleos del motor.

La aplicación de este motor es la más generalizada en la industria y se les encuentra montados en máquinas herramientas, ventiladores, bombas centrífugas, ciertos tipos de transportadores. Es decir, en general estos motores encuentran su aplicación en aquellos lugares en donde el medio ambiente no sea perjudicial a las partes internas del motor y además no haya salpicadura de líquidos.

- b).- TOTALMENTE CERRADOS CON VENTILACION EXTERIOR.- Este tipo de construcción nos proporciona un motor totalmente hermético y por lo tanto el aire del medio ambiente nunca llega a tocar sus devanados y núcleos.

La disipación de la temperatura del motor se hace por radiación a través de la superficie aleteada de la carcasa o armazón. Además, este calor es barrido por la acción de un ventilador que va montado sobre la extensión frontal de la flecha, por lo tanto al girar ésta obliga a disipar más rápidamente la temperatura o calor del motor.

Este tipo de motores se aplican para mover máquinas o equipos instalados en ambientes polvosos, abrasivos, húmedos y/o ligeramente corrosivos.

Se les encuentra acoplados a máquinas-herramientas, ventiladores, transportadores, quebradoras, etc. En general su aplicación es en aquellos lugares en donde el medio ambiente puede ser perjudicial a las partes internas del motor.

- c).- PROTEGIDOS CONTRA LA INTEMPERIE TIPO I.- " Una máquina a prueba de intemperie Tipo I es una máquina abierta cuyas entradas para ventilación están construídas, de manera que se logra minimizar la entrada de lluvia, nieve y partículas de aire "cargadas", transportadas por (y/o a través de) el aire hacia las partes eléctricas, y cuyas aberturas de ventilación están construídas para prevenir (impedir) la entrada de una barra cilíndrica de 19 mm. (3/4") de diámetro".

d).- PROTEGIDOS CONTRA LA INTEMPERIE TIPO II.- " Una máquina a prueba de intemperie Tipo II es una máquina abierta cuyas entradas para ventilación están construídas de manera que se logra minimizar la entrada de lluvia, nieve y partículas de aire "cargadas", transportadas por (y/o a través de) el aire hacia las partes eléctricas, y cuyas aberturas de ventilación están construídas para prevenir (impedir) la entrada de una barra cilíndrica de 19 mm. (3/4") de diámetro.

Los pasajes de ventilación, tanto a la entrada como a la salida, deberán estar dispuestos de tal manera que aire de alta velocidad y partículas de aire "cargadas" sopladas hacia la máquina por temporales o vientos fuertes, pueden ser descargados sin entrar en los pasajes internos de ventilación que van directamente hacia las partes eléctricas de la máquina propiamente dicha. La trayectoria normal del aire de ventilación que entra a las partes eléctricas de la máquina, debe ser conducida por medio de deflectores o cuerpos separados de manera que produzcan por lo menos tres cambios de dirección, siendo ninguno de ellos menor de 90° . Además, se deberá proveer la trayectoria del aire de entrada, de una sección de baja velocidad que no exceda los 183 metros por minuto (600 pies por minuto), para minimizar la posibilidad de que se transporte hacia adentro de las partes eléctricas de la máquina humedad o suciedad.

I.- HORIZONTALES.- Tal como lo indica el nombre la operación de la flecha del motor es horizontal, esta es la construcción más generalizada y se combina con las descripciones mencionadas anteriormente.

Por lo tanto tendremos:

Motores horizontales a prueba de goteo; motores horizontales totalmente cerrados con ventilación exterior, etc.

II.- VERTICALES.- Este es el caso típico de los motores que se acoplan a bombas de pozo profundo, de recirculación o en máquinas cuyos diseños requieren que el motor opere con la flecha en posición vertical.

Igual que en el caso anterior, esta construcción se combina con las protecciones indicadas en a, b, c y d.

Existe en la industria un tipo de motores que por su aplicación en ambientes altamente peligrosos requieren de una construcción muy especial y estos son los motores totalmente cerrados con ventilación exterior a prueba de explosión.

Un MOTOR A PRUEBA DE EXPLOSION, tiene una construcción muy similar al motor totalmente cerrado, con la excepción de los espesores mínimos recomendados por los Laboratorios de Underwriters Laboratories de U.S.A., en la carcasa, tapas y caja de conexiones, así como ajustes muy precisos entre las tapas y la salida de la flecha, ajuste entre tapa y carcasa, cierre con superficie maquinada entre las dos mitades de la caja de conexiones, temperatura superficial que no exceda de 80°C totales, etc. Los motores a prueba de explosión se clasifican de acuerdo al Código Nacional Eléctrico en EE UU (National Electrical Code) en 3 clases:

CLASE I.- Líquidos y vapores o gases combustibles.

CLASE II.- Polvos combustibles.

CLASE III.- Fibras inflamables.

A su vez las clases I y II se dividen en grupos:

	Grupo A : Acetileno
Clase I	Grupo B : Hidrógeno, gases o vapores de peligrosidad similar como gases fabricados.
	Grupo C : Etil, Etileno, Ciclopropano.
	Grupo D : Gasolina, Hexano, Nafta, Bencina, Butano, Propano, Alcohol, Acetona, Bensol, Gas Natural.
	Grupo E : Polvos metálicos, incluso Aluminio o Magnesio y otras aleaciones comerciales.
Clase II	Grupo F : Carbón Negro, Antracita o polvo de coque.
	Grupo G : Harina, Almidón, polvo de granos.
Clase III	: Fibras Textiles.

Los grupos a su vez se dividen en:

División 1.- Comprende locales donde pueden existir gases o vapores inflamables, durante condiciones normales de operación, durante reparación o mantenimiento.

División 2.- Comprende locales en donde gases o vapores inflamables o líquidos volátiles se manejan ya sea en sistemas cerrados o confinados dentro de recipientes adecuados, o donde se evitan normalmente concentraciones peligrosas por medios mecánicos positivos de ventilación.

Las áreas adyacentes a los locales clasificados como división 1, hacia las cuales pueda haber flujo ocasional de gases, también pertenecen a la división 2.

En esta división por lo consiguiente se considera no peligrosa y por lo tanto pueden usar motores totalmente cerrados con ventilación exterior estándar, con excepción del ventilador que debe ser de material no chispeante.

Los motores para los grupos A, B y C deberán ser llenados con algún gas inerte. Estos motores tienen tapas herméticas y sellos de aceite alrededor de la flecha, para reducir las fugas del gas al mínimo, además tienen instrumentos lectores de presión para que en caso de alguna falla de presión, el sistema de control desconecte el motor, al mismo tiempo que haga funcionar una alarma. Estos motores son muy costosos, por lo tanto sólo se emplean en zonas demasiado peligrosas.

Los motores a prueba de explosión deberán tener paredes y un espesor mínimo adecuado para impedir que una explosión interna deteriore la carcasa o tapas, también las distancias de fuga deberán tener una longitud tal que los gases calientes que se producen internamente por una explosión o corto circuito, se deben enfriar para que al salir al medio ambiente no presenten un foco de principio de ignición.

Lo anterior se logra con espesores mínimos de 3/8 de pulgada y longitudes de fuga de mínimo: 2 a 2 1/2 pulgadas y con claros entre partes fijas y móviles (carcasas y flecha) de 25 milésimas máximo al diámetro, contando además con sellos en las flechas de material no chispeante bronce o latón con lo cual se evita cualquier producción de chispas entre partes fijas y partes móviles.

Es muy importante hacer notar que cuando un motor aprobado por UL para Locales peligrosos es abierto para su reparación, la aprobación queda anulada automáticamente a no ser que un Inspector autorizado por UL esté

presente para vigilar el trabajo de reparación y armado del motor, certificando esta persona el uso del motor para áreas peligrosas, además se deberá agregar una placa que diga "REPARADO" autorizada por el Inspector de Underwriters Laboratories Inc.

DISEÑO ELECTRICO

Por lo que a diseño eléctrico se refiere, se fabrican los siguientes:

DISEÑO B

DISEÑO C

DISEÑO D

DISEÑO B

El diseño "B" corresponde a aquellos motores cuya corriente y pares de arranque son normales. Corriente de arranque normal se considera aquella cuyo valor se encuentra entre 5 y 6 veces la corriente de carga plena de un motor y las cifras de los pares de arranque normales están tabuladas por las normas NEMA, así como por las normas nacionales (NOM y CCONNIE), reconocidas oficialmente por la Secretaría de Industria y Comercio y elaboradas por los principales fabricantes de motores del país. Además, el deslizamiento de estos motores a carga plena debe ser de 1 a 5%.

Obviamente, se comprende que este motor es el de mayor consumo y aplicación en la industria, ya que por propia conveniencia los fabricantes de maquinaria llevan a cabo sus diseños de tal manera que los motores que vayan a requerir sean los más apegados a lo que se conoce como motor estándar, desde el punto de vista de diseño eléctrico. Ver gráfica No. 1.

DISEÑO C

El diseño "C" se refiere a aquellos motores que teniendo una corriente normal de arranque, desarrolla pares de arranque superiores a los que desarrolla un motor de diseño "B". Los valores para par de arranque del diseño "C", también están tabulados tanto en las normas NEMA como en las nacionales.

PA = 200% mínimo.

Las características de este diseño hacen fácil de definir y comprender su campo de aplicación, ya que se refiere a todos aquellos casos en los que por la naturaleza de la carga, se requiere un momento con valor absoluto elevado, para vencer la inercia y una vez iniciado el movimiento, el comportamiento que se le solicita al motor es idéntico al del diseño "B". Un caso típico de aplicación para estos motores se refiere a transportadores, que por cualquier causa prevista, tenga que iniciar un ciclo de trabajo con la carga aplicada.

El deslizamiento de estos motores a carga plena debe ser de 2 a 5%. Ver gráfica No. 1.

DISEÑO D

El diseño "D" se refiere a motores que desarrollan un par de arranque nunca menor que el 275% del par a carga plena con una corriente de arranque normal y con un deslizamiento que nos permite hacer 3 grupos; el primero, que es el que INDUSTRIAS IEM fabrica, tiene un deslizamiento de 5 a 8%; el segundo, requiere un deslizamiento de 8 a 13% y el tercero de 13 a 18%.

Los motores de este tipo de diseño tienen su principal aplicación en máquinas como cizallas, prensas y en general en todos aquellos casos en donde el equipo a mover viene dotado de un volante cuya función es almacenar energía para "secar a flote" al motor, durante los lapsos en que se presenta la demanda máxima de potencia.

Por lo consiguiente, al especificar un motor, entre otras características es necesario mencionar su tipo de diseño mecánico (protección contra el ambiente) y el tipo de diseño eléctrico. Ver gráfica 1.

APLICACION DE MOTORES DE INDUCCION

El problema de la aplicación de motores de inducción jaula de ardilla, se reduce esencialmente a determinar con el máximo cuidado los factores siguientes:

1. Características de la carga y del motor tales como: acoplamiento del motor a la carga, velocidad, capacidad en CP, pares requeridos, características de inercia, aceleración y ciclo de trabajo.
2. Sistemas de arranque del motor en relación a la fuente de energía alimentadora, tales como: variaciones permisibles de la tensión al aplicar la corriente de arranque y capacidad requerida en KVA.
3. Condiciones ambientales tales como: temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, abuso mecánico y contaminantes. Estos factores determinan el tipo de aislamiento, así como la cubierta o protección del motor.

Características de la carga y del motor

Métodos de acoplamiento:

Acoplamiento directo. Las estadísticas demuestran que solamente el 20% de las máquinas movidas opera a la misma velocidad que el motor que la mueve. Cuando el motor se acopla directamente a la carga, las condiciones de aplicación son distintas que cuando se usa una transmisión intermedia para aumentar o disminuir la velocidad.

El acoplamiento directo sólo es práctico si la carga puede accionarse a la misma velocidad que el motor como sucede en bombas, compresores centrífugos y moto-generadores. Para estas aplicaciones lo más conveniente es usar un motor con extensión de flecha corta. Por lo que se refiere al problema mecánico de acoplamiento en sí, es necesario nivelar, alinear y anclar perfectamente el grupo.

Transmisión con banda o cadena. Al aplicar estos métodos de transmisión y reducción de velocidad a motores, deben comprobarse siempre dos factores:

- a).- Carga radial adicional sobre la chumacera o rodamiento del motor.
- b).- Carga combinada de flexión y torsión sobre la extensión de la flecha.

Los límites prácticos establecidos por NEMA para este tipo de transmisiones para asegurar buena vida en las chumaceras y prevenir esfuerzos excesivos en la flecha, son como sigue:

Motor Arm.	Nº de Polos	Velocidad Sincrónica, RPM	CP Máximos por Transmitir
256 T	2	3600	25
445 T	4	1800	200
445 T	6	1200	125
445 T	8	900	100

En el caso de transmisión por bandas V o banda plana es necesario proveer un dispositivo para ajustar la tensión. Esto puede ser una base de rieles deslizables.

La tendencia natural de la mayoría de los mecánicos es ajustar las bandas demasiado tensas. Una regla práctica que debe recordarse es que la banda o bandas que no patinan ligeramente al arrancar la carga, están demasiado tensas, esto acorta considerablemente la vida de la chumacera y puede causar vibración o fractura de la flecha.

Selección del motor:

Datos básicos. En general son tres los datos básicos que hay que conocer de una máquina para seleccionar el motor y son:

- a. La velocidad o velocidades de operación.
- b. La capacidad requerida en Caballos.
- c. Los pares requeridos en puntos críticos del ciclo de operación.

Velocidad. La velocidad debe calcularse en relación a la velocidad en la flecha del motor. Tómese en cuenta que el par varía en proporción inversa a la velocidad angular en el caso de transmisiones por engranes, banda o cadena.

Además la máquina puede requerir de:

- a. Una sola velocidad.
- b. Dos o más velocidades fijas.
- c. Velocidad infinitamente ajustable.

Potencia en CP. Este dato generalmente es más difícil de determinar que la velocidad; sin embargo, hay tres maneras fundamentales de obtenerla:

- A. Especificaciones o datos de placa. Si la máquina se ha comprado, la potencia requerida se especifica por el fabricante de la misma en su placa o se lista en las características de operación.
- B. Prueba. Si no hay manera de obtener los datos del fabricante, se puede aplicar un motor de características conocidas para duplicar las condiciones de operación. Midiendo con un analizador industrial los watts de entrada al motor, se deduce la potencia de:

$$\text{CP en la flecha} = \frac{\text{KW de entrada} \times \text{eficiencia del motor}}{736}$$

- C. Comparación. Si A o B resultan imprácticos, hágase una comparación cuidadosa de la máquina a propulsarse con máquinas similares cuyas necesidades de potencia sean conocidas. Este método es el más errático de los tres y solo debe usarse en casos extremos.

Pares. Los requerimientos de par de la máquina a moverse deben conocerse en tres condiciones adicionales a las del par a plena carga, éstas son:

- A. Par de arranque. Este es especialmente importante en cargas de alta fricción e inercia, tales como: compresores cargados, prensas troqueladoras con volantes pesados, molinos de bolas o martillos, molinos de hule o desmenuzadores de troncos en la industria del papel. Ver figura 2.
- B. Par de aceleración. En cargas de alta inercia tales como las antes mencionadas, el par en exceso que desarrolla el motor y que sirve para acelerar la carga en un tiempo determinado es importante para que el motor no se sobrecaliente. Este aspecto lo vere -

mos más en detalle al analizar las características de pares de de los motores. Ver Fig. 2.

- C. Par máximo. En el caso de cargas variables, el motor debe ser capaz de desarrollar suficiente Par para prevenir que el mismo se frene o se 'siente', cuando la demanda de energía por parte de la máquina accionada es máxima. Ver figura 2.

DEFINICION DE LOS PARES DEL MOTOR DE INDUCCION

Par y fuerza son similares, excepto que el término "fuerza" se usa cuando se habla de movimiento lineal y "par" cuando se trata de movimiento de rotación.

Par es el producto de fuerza (Kgs.) por el radio (mts.). El valor resulta pues en Kg-mts., que indica el número de kilogramos aplicados a un radio de tantos metros.

En el caso de una máquina accionada, el par es la fuerza rotacional que absorbe la máquina para moverse. En el de un motor, par indica la fuerza rotacional que el mismo produce en su flecha.

La curva típica "Par-Velocidad" de un motor de inducción mostrada en la Figura se ilustran los diferentes pares que desarrolla el motor:

"Par de arranque" es el que desarrolla el motor en reposo en el momento en que se le aplica energía eléctrica a sus devanados y la flecha empieza a girar.

La flecha en (1) muestra este par a velocidad cero, también se le llama "Par a rotor bloqueado".

El "Par Mínimo" se muestra en (2). Este es el parmínimo en el área de la cúspide que sigue al arranque. Como veremos más adelante, en muchos motores no hay este descenso de par, después de arrancar.

El "Par Máximo" es aquel que puede desarrollar el motor sin frenarse o "sentarse" súbitamente. Este se muestra en el punto (3) y generalmente se desarrolla alrededor del 80% de la velocidad sincrónica. También se le llama "Par de desenganche".

"Par de plena carga" es aquel que desarrolla el motor para producir la potencia de placa a la velocidad especificada, como se muestra en el punto (4) de la curva.

"Par de aceleración" es la diferencia o exceso de pares entre los desarrollados por el motor y los demandados por la carga. El área ahurada (5) es proporcional a la potencia en exceso desarrollada por el motor para acelerar la carga.

Los "pares de aceleración" son la diferencia entre las dos curvas y están dentro de esta misma área.

Estos pares son extremadamente importantes y deben entenderse perfectamente para aplicar adecuadamente los motores a cargas variadas.

CARACTERISTICAS DEL MOTOR

Existen cinco parámetros que definen las características de operación de un motor:

- Velocidad en RPM
- Capacidad en CP
- Par en Kg-mts.
- Corriente de arranque o máxima
- Aumento de temperatura

Los primeros tres ya han sido discutidos brevemente bajo "Selección del Motor" y en relación a la máquina cuyo motor tratamos de seleccionar. Los dos últimos parámetros cubren características del motor en sí. En la práctica debemos adecuar la velocidad del motor, su capacidad y sus características de par a la carga y después cerciorarnos que el motor operará dentro de sus límites de corriente y de temperatura.

Cada uno de estos parámetros se combina con todos los demás para producir un resultado total satisfactorio. Tenemos pues que analizar cada uno de ellos e interpretarlos, para lograr la aplicación correcta de los motores.

Interrelación entre potencia, par y velocidad

La interrelación de estos tres parámetros se define como sigue:

F = Fuerza en kilogramos

d = Distancia en metros

t = Tiempo en minutos

T = Par en Kg-mts. a un metro de radio

RPM = Velocidad angular en revoluciones por minuto..

$$\text{Potencia} = \frac{Fd}{t} = 2 \pi T \times \text{RPM Kgmts/min.}$$

$$1 \text{ CP} = 75 \text{ Kgmts/seg.} = 4500 \text{ Kgmts/min.}$$

$$\text{Potencia en CP} = \frac{T \times \text{RPM} \times 2 \pi}{4500}$$

$$\text{Potencia en CP} = \frac{T \times \text{RPM}}{716} \dots \dots (I)$$

La simple fórmula anterior nos muestra la interrelación entre potencia, par y velocidad. Esta fórmula frecuentemente se olvida al seleccionar los motores.

Supongamos, por ejemplo, que tenemos una máquina que requiere un motor de 10 CP y que tiene una velocidad de operación de 1160 RPM. El cliente pide un motor de esa capacidad, 6 polos, que a la frecuencia de 60 hertz da precisamente esa velocidad, para transmitir con bandas V y poleas con relación de diámetros 1:1: sin embargo, el Ingeniero que ha comprendido la importancia de la fórmula anterior, puede demostrarle al cliente como ahorrar dinero al cambiar la relación de poleas usando un motor de la misma potencia, pero de mayor velocidad. Puede probar que seleccionando

un motor de 2 polos con 3475 RPM puede usarse una polea de 1/3 del diámetro original, o sea una relación de poleas de 1:3.

También puede proponer un motor de 4 polos con 1745 RPM y relación de poleas de 1:1.5.

A continuación hemos listado el costo relativo de los tres motores. El motor de 6 polos tiene más cobre y hierro para poder desarrollar un par mayor que los motores de 2 y 4 polos, (se tomará el motor de 4 polos como base comparativa).

Costo relativo de motores de 10 CP, abiertos.

Polos	Velocidad en la flecha a 60 Hz. RPM	Armazón	Costo Relativo
2	3475	213 T	103 %
4	1745	215T	100 %
6	1160	256 T	150 %

Si el cliente puede usar un motor de mayor velocidad, el ahorro es evidente y además el motor será más ligero y más fácil de montar.

Las únicas precauciones por tomar con motores de más alta velocidad, es el comprobar que la flecha es adecuada para transmitir por banda. También, si el sentido de rotación del motor tiene que invertirse frecuentemente, los motores de alta velocidad tienen menos capacidad térmica para ello que los de baja velocidad.

Factor de Servicio. La capacidad en CP estampada en la placa del motor, no necesariamente indica la capacidad máxima, excepto cuando el F.S.=1.0. Cuando el factor de servicio es superior a 1.0, por ejemplo 1.15, el motor podrá sobrecargarse sin peligro en un 15% por arriba de su capacidad nominal en forma continua; sin embargo, es importante hacer notar que el

factor de servicio solo es aplicable cuando prevalecen y se mantienen las condiciones de tensión y frecuencia establecidas en la placa. También, es preciso advertir al cliente, que el aplicar el factor de servicio aumentará la temperatura de operación del motor y afectará la vida útil del devanado, el factor de potencia, la eficiencia y la velocidad.

Sistemas de arranque aplicables al motor.

El problema de arranque del motor se refiere a las limitaciones que se presentan debidas a la capacidad de la fuente alimentadora, tales como caídas de tensión permisibles en el sistema al aplicar la corriente de arranque del motor y la capacidad momentánea en KVA que se requiere para este mismo objeto.

Arranque del motor a través de la línea.

Desde luego, el sistema más económico para arrancar un motor es a plena tensión conectándolo a través de un arrancador apropiado, directamente a la línea alimentadora.

Las ventajas de este sistema, además de la económica ya apuntada, es que el motor desarrollará sus plenos pares tanto de arranque como máximo o de desenganche; por lo cual, la carga se arrancará y se acelerará en forma rápida y segura.

Por otro lado las desventajas de este sistema de arranque también son múltiples y se refieren al hecho de que un motor de inducción toma entre cinco y seis veces el valor de la corriente de plena carga al ser arrancado a plena tensión. Esta fuerte demanda de energía y de corriente, aunque momentánea, puede ser indeseable por la elevada caída de tensión que se produce en las líneas alimentadoras, causando parpadeo en las luces o disturbios en equipo sensible a las variaciones de voltaje. También puede ser objetable desde el punto de vista de las limitaciones de demanda en

KVA que establece la compañía alimentadora de energía, o bien la propia subestación. Otro aspecto indeseable puede constituirlo la carga misma, que requiera una aceleración paulatina y amortiguada.

Por lo general, el arranque directo sobre la línea se puede efectuar hasta 50 CP en 220 Volts y hasta 100 CP en 440 Volts. Arriba de estos límites habrá que usar algún sistema de arranque a tensión o voltaje reducido. Localmente en el D.F. la Compañía de Luz limita estos valores a 7.5 CP en 220 Volts y 15 CP en 440 Volts.

Existen varios sistemas de arranque a tensión reducida que pueden usarse, pero generalmente solo uno de ellos producirá los resultados deseados en la forma más económica posible. Vamos a describir brevemente cuales son las aplicaciones de estos distintos arrancadores.

Arrancador con autotransformador.

Este es uno de los métodos más comúnmente usados para arrancar a voltaje reducido debido a su economía, eficiencia y flexibilidad para ajustar al voltaje de arranque deseado. Toda la energía aplicada se transmite al motor, excepto las pérdidas del autotransformador que son pequeñas, por lo que la carga se acelera suave y seguramente. Las derivaciones en el autotransformador permiten el ajuste de la corriente y del par de arranque, de acuerdo con las necesidades de la mayoría de aplicaciones. Las características que producen las tres derivaciones de voltaje comúnmente usadas son como sigue:

Derivación	Par de Arranque (% del par a plena tensión)	Corriente de arranque en la línea (% de la misma a plena tensión)
50%	25	28
65%	42	45
85%	64	67

Como puede apreciarse del cuadro anterior, tanto la corriente como el par varían en este caso en proporción inversa al cuadro del voltaje. La corriente aumenta ligeramente sobre la proporción indicada debido a la co -

Triente de magnetización del autotransformador.

Estos arrancadores se construyen para operación manual con transición abierta (se conocen vulgarmente como "compensadores") en capacidades hasta de 300 CP en 440 Volts y 60 Hertz.

También se construyen para operación automática con transición cerrada en capacidades hasta de 100 CP en 440 Volts y 60 Hertz.

La ventaja de la transición cerrada sobre la abierta, es que la aplicación de la tensión es suave y continúa desde el valor reducido hasta el pleno voltaje. Como el motor no queda momentáneamente desconectado de la línea, no hay interrupción de la corriente de línea que podría causar un segundo transitorio de corriente durante la transición.

Los arrancadores con autotransformador se usan para arrancar cargas pesadas, tales como: compresores, bombas, molinos de bolas y de martillos, molinos de hule, centrífugas en la industria del azúcar, etc.

Arrancadores con resistencias.

Estos arrancadores se usan poco porque no tienen ni la eficiencia, ni la flexibilidad del sistema anterior. Generalmente se construyen para reducir el voltaje aplicado al motor al 80% de su valor de línea, con lo cual la corriente de arranque se reduce en la misma proporción y el par de arranque se reduce al 64% de su valor a plena tensión. Esto se logra conectando momentáneamente las resistencias de arranque en serie con los devanados del motor. El ciclo de arranque es de transición cerrada.

Se aplican para arrancar maquinaria delicada, como maquinaria textil, escaleras eléctricas y transportadores que tengan que arrancar suavemente.

Arrancadores para devanado bipartido.

Estos arrancadores proveen un sistema de arranque muy económico, cuando

las necesidades de par durante el arranque pueden manejarse con el 50% del par a plena tensión. Pueden usarse con motores "standard" diseñados para voltaje dúal por ejemplo: 220/440 Volts en el voltaje menor, es decir 220 Volts. También pueden usarse con motores específicamente diseñados para este tipo de arranque, en cualquier otro voltaje.

Cuando se usen motores "standard" de voltaje dúal, es necesario cerciorarse de que el par desarrollado durante el arranque (50%) es suficiente para acelerar la carga lo suficientemente sin producir un transiente indeseado al conectar todo el devanado a la línea, o bien un "trancazo" o golpe en la carga movida al ser ésta acelerada a pleno par.

Este tipo de arrancador es muy usado para arrancar cargas ligeras como compresores descargados, bombas centrífugas, máquinas-herramientas, etc.

Se construyen en capacidades "standard" hasta de 200 CP en 440 Volts.

Arrancadores Estrella-Delta

Estos arrancadores muy usados en Europa son menos económicos que el arrancador de devanado bipartido, ya que requieren por lo menos de un contactor más de dos polos.

Se usan en aquellos casos en que los requerimientos de par durante el arranque son bajos (33% del par de arranque a plena tensión), pero el período de aceleración es prolongado debido a la alta inercia de la carga.

Se pueden usar con motores conectados en Delta para operación normal y que estén provistos con 6 puntas de salida (2 para cada una de las fases). Al arrancarse el motor conectado en Estrella se aplica aproximadamente el 58% del voltaje de línea a los devanados y el motor toma el 33% de la corriente normal de arranque y desarrolla 33% del par de arranque a plena tensión. Una vez que el motor ha acelerado, se reconecta en Delta para operación normal.

Generalmente se construyen estos arrancadores en capacidades "standard" hasta de 150 CP en 440 Volts, con transición abierta.

Si la transición abierta es objetable, debido a los inconvenientes ya apuntados, se puede construir este arrancador con transición cerrada, pero resulta relativamente caro por el equipo adicional requerido (un contactor de tres polos y tres resistencias de transición). En este caso, conviene analizar cuidadosamente si no es más económico usar un arrancador de autotransformador con transición cerrada.

SELECCION Y APLICACION DE MOTORES DE INDUCCION (SEGUN AMBIENTES)

Condiciones ambientales y aislamiento.

INTRODUCCION. La mayoría de los motores comprados en la actualidad son para ser usados en localizaciones comunes en donde el aire es relativamente limpio, la temperatura se mantiene dentro de límites normales tolerables por seres humanos y las condiciones extremas de carga en los motores solo se presentan excepcionalmente: sin embargo, miles de motores se usan en aplicaciones en donde estas condiciones ideales no existen. El propósito de este artículo es discutir los problemas que presentan las condiciones ambientales extremas y los sistemas de aislamiento disponibles para resolver estas aplicaciones.

Desde el punto de vista del usuario, el aislamiento es uno de los aspectos más importantes del motor, ya que es el elemento que decide:

LA VIDA UTIL DEL MOTOR y el mantenimiento aplicable al mismo.

Además los sistemas de aislamiento son constantemente investigados y desarrollados para mejorarlos. El adelanto tecnológico que se ha obtenido en este aspecto durante los últimos 20 años es muy notable.

Es por ello que el usuario de motores está vitalmente interesado en obtener el aislamiento que otorgue máxima protección a un costo razonable. Parte de la respuesta se encuentra en las características del sistema de aislamiento, mientras que la otra parte consiste en seleccionar la cu-

bierta en el motor más adecuado a la aplicación. Trataremos de cubrir ambos aspectos en este artículo.

Condiciones ambientales

Las condiciones que listamos a continuación son las que determinan las áreas problemáticas. Si alguna de ellas existe, hay que tomar medidas para proteger el motor o sus partes.

Condiciones ambientales perjudiciales

Temperatura ambiente (arriba de 40°C)
 Altura sobre el nivel del mar (arriba de 1000 Mts.)
 Abuso mecánico (por impacto o vibración)
 Contaminantes atmosféricos:

Agentes químicos corrosivos
 Agentes abrasivos (polvos y partículas)
 Agentes obstruyentes (polvo, pelusa, nieve)
 Humedad (alta humedad relativa, salpicadura)

Forma de los contaminantes:

Sólidos, líquidos o gases

Forma en que se mueven:

Suspendidos en el aire.
 Cayendo por gravedad
 Rebotando de superficies adyacentes
 Impulsados por fuerzas definidas

TEMPERATURA AMBIENTE ALTA (ARRIBA DE 40°C)

Esta afecta en primer lugar a los aislamientos, causando deterioro rápido y envejecimiento. También reduce la viscosidad de la grasa o del aceite en las chumaceras, pudiendo llegar a degradar sus propiedades lubricantes.

Para afrontar este problema, deben usarse aislamientos especiales para temperaturas más altas como los clase F (155°C temp. total) o clase H

(180°C temp. total). Las chumaceras si son de bolas deberán ir cargadas con grasa para alta temperatura y los baleros deberán tener un juego interno entre bolas y pistas mayor que el normal (C-3 en lugar de C-2 que es el normal). Si el lubricante es aceite, este deberá ir provisto de aditivos especiales para mantener el índice de viscosidad a altas temperaturas, para inhibir la oxidación y reducir la fricción y el espumeo.

GRAN ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Este factor que es uno de los principales problemas en México, debido a su topografía, afecta el aumento de temperatura en los aislamientos. Al reducirse la densidad del aire con la altura, disminuye su capacidad refrigerante y la disipación del calor decrece.

Ahora bien, en los motores diseñados actualmente, se ha tomado en cuenta este factor para que el aumento de temperatura no exceda los valores normados por NOM a la altura de la ciudad de México (2,280 mts. sobre el nivel del mar).

En casos en que haya necesidad de operar los motores a alturas muy superiores a la arriba indicada, habrá necesidad de usar las mismas medidas ya indicadas.

La única ventaja que se presenta en este caso es que generalmente la temperatura ambiente decrece al aumentarse la altura.

IMPACTO Y VIBRACION

Estas condiciones deterioran rápidamente al motor completo, causando rotura de las patas, armazón, tapas y flecha, causan fatiga y falla prematura en los rodamientos y aislamientos.

En esta condición, más vale prevenir que lamentar. Los factores antes apuntados pueden prevenirse mediante un alineamiento perfecto entre el

motor y la carga y comprobando que el balanceo dinámico de la carga no produzca vibración excesiva (arriba de 0.050 mm. de amplitud total).

Si el impacto se origina al arrancar y acelerar el motor, habrá que cambiar a algún sistema de arranque más suave y de transición cerrada, como quedó apuntado anteriormente.

CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Estos, como ya apuntamos, pueden ser:

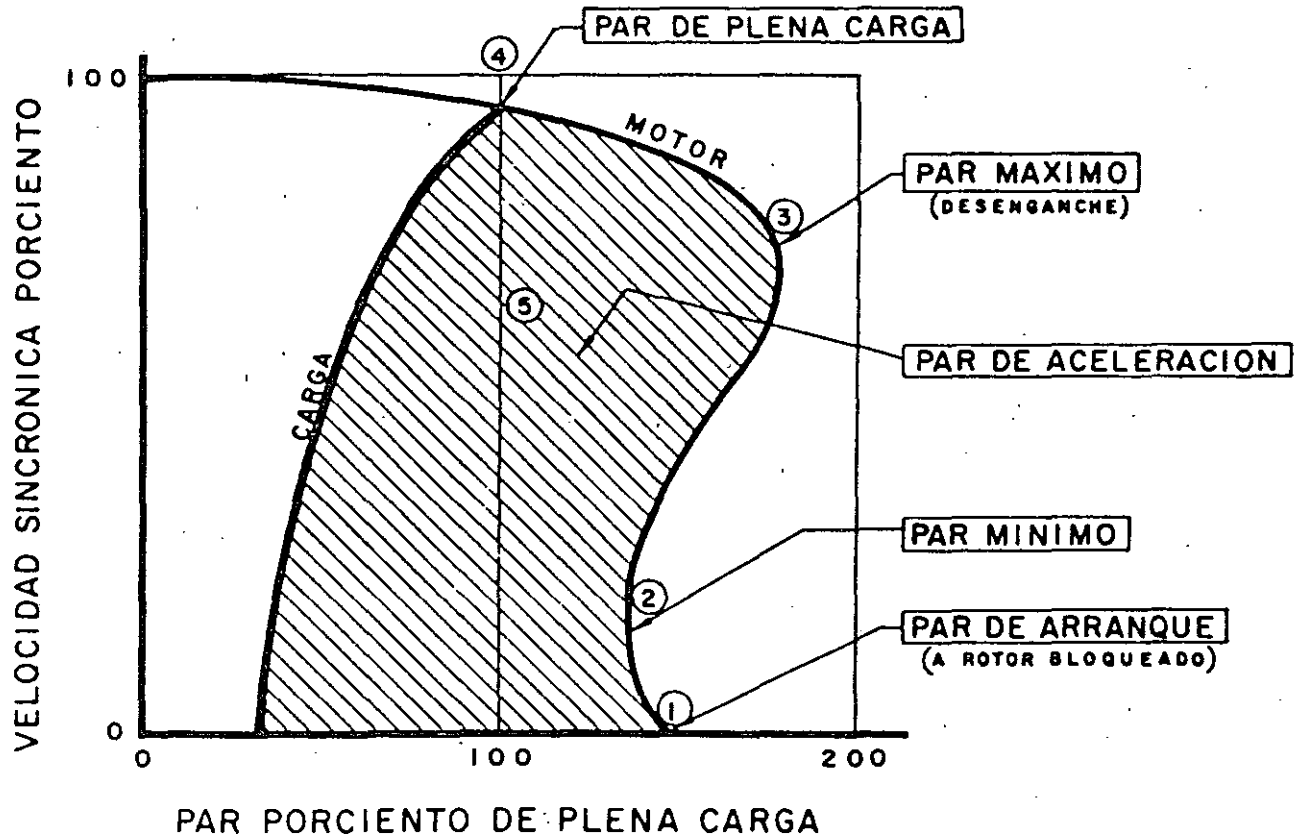
Químicos corrosivos
Polvos Abrasivos
Polvos Obstruyentes
Alta humedad relativa

Para hacer frente a estos agentes destructivos, se han desarrollado últimamente:

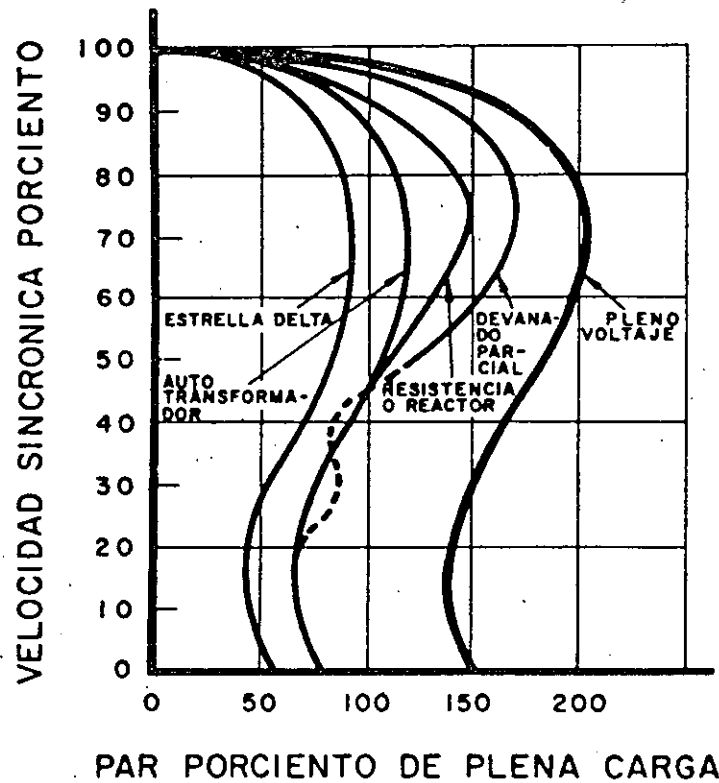
- a).- Un aislamiento especial a prueba de humedad, corrosión y abrasión (APH).
- b).- Motores totalmente cerrados con acabados epóxicos especiales y en los cuales naturalmente se aplica el aislamiento APH.

Estos motores se conocen bajo el nombre genérico de "Tipo Químico" y además de los factores antes enumerados, también llevan aislamientos "Clase F" para resistir las sobrecargas y altas temperaturas ambientales.

Para finalizar presentamos una tabla de selección de motores en función de las condiciones ambientales:



— Pares de un Motor de Inducción —



PORCIENTO DE PLENO VOLTAJE		
VOLTAJE	CORRIENTE	P A R
80 %	80 %	64 %
80 %	80 %	64 %
100 %	65 %	50 %
80 %	64 %	64 %
100 %	33 %	33 %

- ★
-
-
- ▽
- △

- ★ RESISTENCIA
- REACTOR
- DEVANADO PARCIAL
- ▽ AUTO TRANSFORMADOR
- △ ESTRELLA DELTA

— Características de Arranque a Tensión Reducida —

Fig. 7



CLASIFICACION DE MOTORES ELECTRICOS

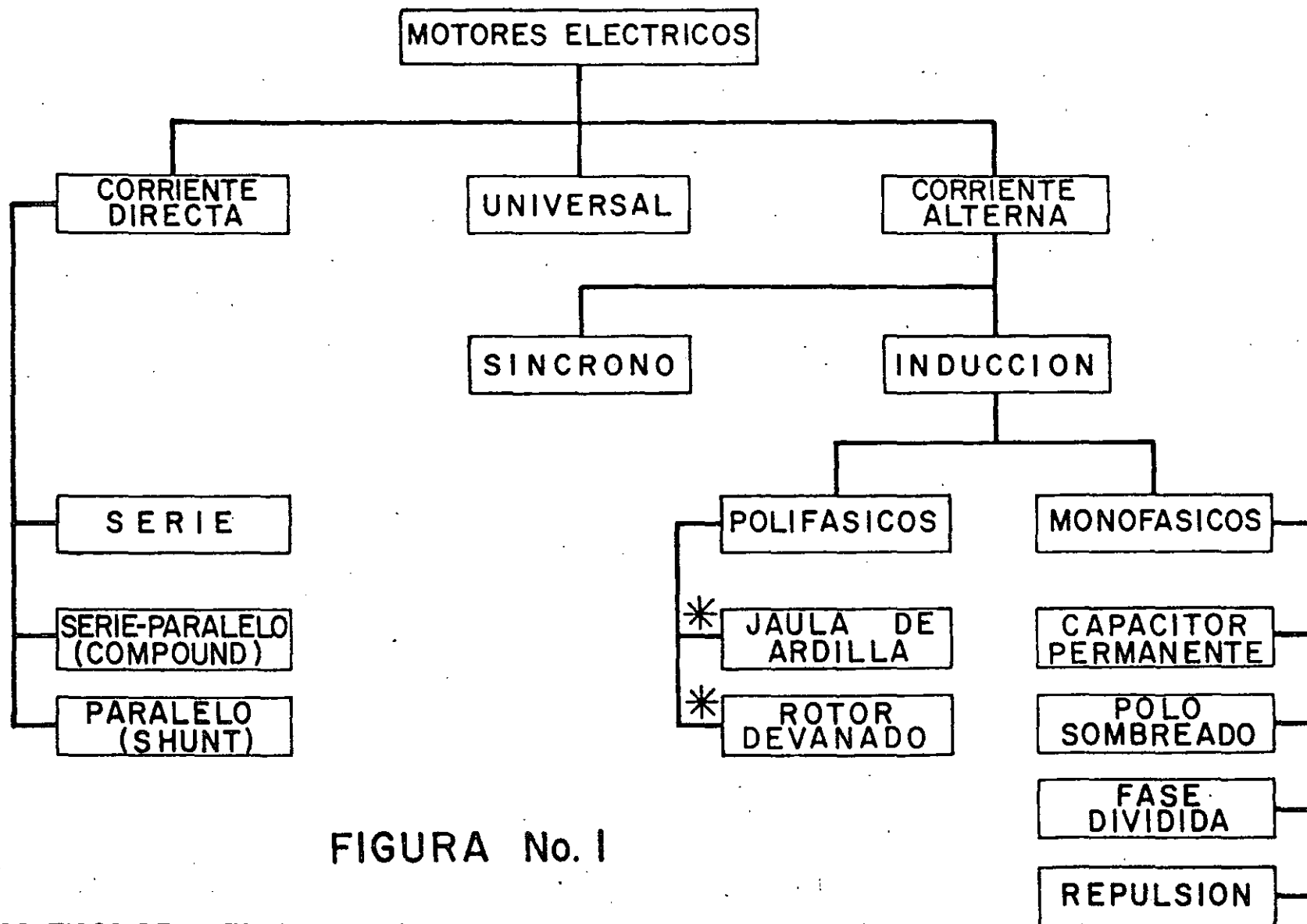


FIGURA No. 1



ESTOS TIPOS DE MOTORES SON FABRICADOS POR, INDUSTRIAS IEM, s.a. de c.v.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

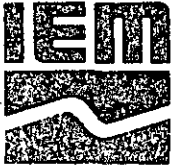
INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA I

SELECCION Y APLICACION DE TABLEROS EN MEDIA TENSION

ING. JORGE GUTIERREZ SANCHEZ

SEPTIEMBRE, 1985.



18 de Julio de 1985.

RESUMEN DE MEMORIA TECNICA

SELECCION Y APLICACION DE TABLEROS E INTERRUPTORES

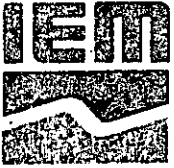
EN MEDIANA TENSION

LAS SUBESTACIONES COMPACTAS.- En este capítulo se trata la descripción, selección y aplicación de éstos equipos, que tienen como función principal controlar y transformar la energía eléctrica de acometida, comprendida en el rango de 2300 a 34500 V., a una tensión de utilización de 600 V. ó menos.

Así como también se presenta un análisis, acerca de los aspectos que intervienen en la selección y aplicación de los elementos desconectadores, que pueden ser desde interruptores en exafloruro hasta cuchillas con fusibles.

Para los casos en que se utilizan fusibles, se describen los elementos que deben considerarse para la selección y aplicación de estos equipos, identificables por su clasificación en corriente de carga, tensión y punto de interrupción.

EL TABLERO BLINDADO.- En este tema se describen las características que deben cumplir, así como también la selección y aplicación de los componentes de control, medición y protección incluyendo al interruptor en aire, diseñado como uno de los principales elementos en estos tableros. Para que en conjunto, se puedan formar equipos que proporcionen protecciones integrales, para motores, transformadores, generadores, y se puedan desarrollar secuencias específicas de operación para procesos de fabri



cación, transferencias automáticas y sincronizaciones de dos -
fuentes y cualquier función en todo tipo de circuitos en ten--
siones de 2300 a 13800 V.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA I

SELECCION Y APLICACION DE TABLEROS DE BAJA TENSION

ING. MAURICIO SIERRA DUPONT

SEPTIEMBRE , 1985.

TABLEROS DE DISTRIBUCION AUTOSOPORTADOS

La constante evolución de las áreas comerciales e industriales de nues-ro país, han originado que los sistemas de energía eléctrica sean más complejos, tanto por la gran cantidad de energía que involucran, como por al eficacia con que deben detectarse y eliminarse las condiciones anormales que ponen en peligro la continuidad del servicio y la vida de los equipos.

Las industrias de la construcción, química, minera, del transporte, electricidad y manufacturas, pivotes del desarrollo nacional, requieren de eficaces sistemas de distribución de energía eléctrica para satisfacer sus necesidades.

Dichos sistemas de distribución para que sean seguros y económicos en su operación deberán diseñarse basandose en el empleo de materiales y equipos fabricados conforme a los últimos adelantos tecnológicos.

Los tableros de distribución tipo autosoportado deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Gabinetes adecuados al medio en que van a operar.
- Amplia selección de los rangos y capacidades de barras y conectores para lograr una instalación más adecuada, versatil y económica.
- Interruptores termomagnéticos, de fusibles y electromagnéticos con características y capacidades de acuerdo a las necesidades del cliente para una operación segura y protección eficaz.

Existen cuatro tipos de tableros de distribución:

- Tablero con interruptores electromagnéticos.
- Tablero con interruptores termomagnéticos montados horizontalmente.
- Tablero con interruptores termomagnéticos montados verticalmente
- Tablero con interruptores de fusibles.

Con estos cuatro tipos se pueden hacer multiples combinaciones, siendo la más común el tablero de distribución con interruptores electromagnéticos con interruptores termomagnéticos montados horizontalmente.

Combinando apropiadamente estos cuatro tipos de tablero, se pueden seleccionar capacidades de carga en las barras que van desde 600 - hasta 6000 amperes. Igualmente se puede disponer desde 1 hasta - 400 circuitos y derivaciones trifásicas que van de 15 hasta 6000 - amperes.

Los tableros de distribución constan de cuatro elementos básicos y uno opcional.

- Gabinete.
- Barras.
- Conectores.
- Interruptores
- Accesorios.

Primer componente básico: Gabinete: Este componente es una envolvente que se fabrica de lámina estirada en frío, contiene y confina el resto de los elementos del tablero de distribución. Dicho gabinete se puede fabricar para uso interior NEMA 1 cuando el tablero se instala bajo techo en un ambiente libre de polvo. También se puede fabricar para instalarse en un ambiente contaminado de polvo, pelusa, fibras suspendidas en el ambiente, salpicaduras ligeras y filtraciones, este tipo de construcción se clasifica como NEMA 12. Un último tipo de construcción es el tipo NEMA 3R el cual es a prueba de lluvia y para uso a la intemperie.

El gabinete se dimensiona de acuerdo con el equipo que contendrá, considerando la ventilación necesaria para mantener la sobre elevación de temperatura abajo del valor permitido por las normas. Se suministra con base de anclaje, dispositivos para levantamiento con grua y para desplazamiento con rodillos, lo cual facilita la instalación.

Durante el proceso de fabricación una vez troquelada, perforada, doblada y soldada, la lámina recibe tratamiento de protección anti corrosiva mediante un proceso químico a base de fosfato de zinc, quedando así preparada para recibir la pintura que es a base de resina epóxica.

Este proceso se efectúa en ocho pasos, seis de los cuales son preparación de la superficie metálica y los dos últimos son de pintura. Dichos pasos tienen la siguiente secuencia:

- *Desengrase.* (por medio de solución con detergente alcalino).
- *Enjuague.* (con agua corriente).
- *Decapado .* (por inmersión en solución ácida).
- *Enjuague.* (con agua corriente).
- *Fosfatizao.* (mediante inmersión en solución de fosfato de zinc).
- *Sellado.* (utilizando sellador sin cromato.).
- *Pintado.* (con pintura de resina epóxica en polvo aplicada con proceso electrostático).
- *Endurecimiento* (Polimerización de la resina en horno de alta temperatura).

Segundo componente básico: Barras : La función de este componente es la de conducir la corriente a lo largo de todas y cada una de las secciones.

Se pueden instalar barras de cobre o aluminio, este último material por ser más ligero y económico, representa un considerable ahorro para el cliente. Cuando se requiere conducir cargas muy grandes, es conveniente el uso de barras de cobre, material que por tener mayor conductividad permite ahorro de espacio.

Todas las barras de los tableros de distribución, se suministran con perforaciones espaciadas en forma modular en toda su longitud con el fin de facilitar cualquier cambio o modificación, por ejemplo:

- Reemplazar un interruptor por otro de marco diferente.
- Adicionar interruptores y en general hacer nuevos arreglos del tablero de distribución.

Tercer componente básico: Conectores : Este componente tiene la doble función de unir eléctricamente a las barras con los interruptores y de soportar al interruptor.

Al igual que las barras, los conectores pueden ser de cobre o de aluminio y se fabrican por un proceso de troquelado en frío para la mayoría de los tableros y maquinados para los tableros con interruptores termomagnéticos montados verticalmente.

Dichos conectores cuentan con una alta resistencia mecánica que les permite soportar los esfuerzos de corto circuito, su avanzado diseño facilita un firme contacto de baja resistencia eléctrica, que re

duce el calentamiento por el paso de la corriente, lo que proporciona una operación más eficiente.

Tanto las barras como los conectores, reciben un tratamiento galvanoplástico en la superficie para evitar la corrosión causada por el par galvánico.

A las barras de aluminio se les aplica un recubrimiento de estaño y a las de cobre uno de plateado en los puntos de unión permitiendo con esto un perfecto contacto eléctrico libre de oxidación y corrosión.

Cuarto componente básico: Interruptores: Este es un dispositivo que sirve para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir un circuito automáticamente cuando se presente una falla, sin que el interruptor ni dispositivos cercanos a él, sufran daño alguno.

Existen tres tipos de interruptores para instalar en los diferentes tipos de tableros autosoportados; estos interruptores son:

- Interruptores termomagnéticos.
- Interruptores electromagnéticos.
- Interruptores de fusibles.

Los cuales se seleccionan de acuerdo con las necesidades y requerimientos eléctricos de cada instalación.

Accesorios: Este elemento que es opcional y de uso común se puede agrupar en dos ramas:

- Equipo de medición.
- Equipo de señalización.

Tablero de distribución con interruptores termomagnéticos montados horizontalmente:

En este tipo de tableros los cuales operan a 240 ó 480 volts, se utilizan los interruptores termomagnéticos de tipo industrial de 1, 2 y 3 polos desde 15 hasta 1000 amperes en sus diferentes marcos de capacidad interruptiva normal y alta, los cuales se montan en forma horizontal.

En cada sección se puede instalar hasta:

- 32 interruptores de 3 polos marco de 100 amperes o el equivalente en los marcos mayores.
- Combinaciones de los mismos.

En estos tableros se pueden instalar barras de cobre o aluminio desde 600 hasta 6000 amperes, que soportan corrientes de corto circuito hasta de 75 mil amperes.

Tablero de distribución con interruptores termomagnéticos montados verticalmente:

Este tipo de tableros pueden operar a 240 ó 480 volts y los interruptores termomagnéticos empleados en ellos se montan en forma vertical desde 15 hasta 2000 amperes de capacidad interruptiva normal y alta.

En cada sección se pueden instalar un máximo de:

- 24 circuitos trifásicos en el marco de 100 amperes o el equivalente en marcos mayores.
- Combinaciones de los mismos.

Este tipo de tableros se puede suministrar con barras de cobre o aluminio soportadas para resistir esfuerzos de corto circuito de 75 KA con capacidades de carga de 600 hasta 6000 amperes.

Tableros de distribución con interruptores electromagnéticos; para operar a 240, 480 ó 600 volts.

Este tipo de tableros emplea los interruptores (de potencia) electromagnéticos, los cuales pueden ser de operación manual o eléctrica y de montaje fijo o removible, por sección se pueden instalar como máximo:

- 4 interruptores 30H-3, marco de 800 amperes, o
- 4 interruptores 50H-3, marco de 1600, 2000 y 3200 amperes, o
- 2 interruptores 75H-3, marco de 4000 amperes, o
- 1 interruptor 100H-3, marco de 6000 amperes.

Dichos interruptores se pueden calibrar y ajustar en rangos muy amplios, dependiendo del tipo de sensor utilizado y de la posición de las perillas del relevador de estado sólido, el cual por su naturaleza es muy preciso. Dicho relevador suministra protección de sobrecarga, corto circuito y fallas a tierra, lo cual es muy útil donde se requiere de una coordinación en la protección.

Las barras para este tipo de tableros pueden ser de aluminio o cobre y su capacidad puede ser hasta de 6000 amperes, soportadas para resistir esfuerzos de corto circuito de hasta 130,000 ampres.

Tableros de distribución con interruptores de fusibles; para operar a 240, 480 ó 600 volts.

En sistemas de distribución donde la capacidad interruptiva requerida no se puede cubrir con interruptores termomagnéticos, la solución es utilizar interruptores de fusibles, los cuales tienen una capacidad interruptiva de hasta 200,000 amperes.

En cada sección se pueden instalar como máximo:

- 24 interruptores de fusibles de 30 amperes o el equivalente en marcos mayores, los cuales van desde 60 hasta 1200 amperes.

La capacidad de carga de las barras generales puede ser hasta de 6000 amperes.

Accesorios: Los accesorios de uso más frecuente e instalados en los tableros de distribución son:

- Ampérmetro con selector de fases.
- Voltmetro con selector de fases.
- Kilowatt-horímetros.
- Factorímetros.
- Frecuencímetro.
- Lámparas indicadoras.
- Alarmas sonoras.
- Bus mímico.
- Etc.

Selección y ventajas:

Para seleccionar el tipo adecuado de tablero de distribución, es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tensión o voltaje.
- Capacidad de carga en las barras.
- Capacidad en amperes de las zapatas o interruptor general.
- Tamaño o calibración de cada uno de los circuitos derivados.
- Potencia de corto circuito del sistema.
- Medio ambiente en que se instalará el tablero para determinar el tipo de gabinete apropiado.

Las ventajas que representa instalar estos tableros de distribución son:

- Bajo costo de adquisición e instalación.
- Ahorro en el espacio destinado a la instalación eléctrica.

- Seguridad para el personal de operación.
- Instalación sencilla que puede efectuar personal poco calificado.
- No requiere de herramientas especiales.
- Gran versatilidad al permitir hacer modificaciones en el campo.
- Espacio suficiente para cableado, mantenimiento y ventilación

Inspección y pruebas:

Siendo normas reconocidas internacionalmente deben someterse los equipos a dos tipos de pruebas, las cuales son:

- Pruebas de diseño o unitarias.
- Pruebas de producción.

Las primeras se practican en tableros prototipo, los cuales se someten a condiciones físicas y eléctricas muy severas que difícilmente pueden presentarse en la práctica. Generalmente son pruebas del tipo destructivo.

Las pruebas de producción se practican a todos y cada uno de los equipos fabricados para verificar la calidad y cumplir con lo que requiere el cliente; dichas pruebas son:

- Dieléctricas, para verificar aislamiento.
- De control y operación.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA I

SELECCION Y APLICACION DE EQUIPO ELECTRICO

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

ING. MAURICIO SIERRA DUPONT

SEPTIEMBRE, 1985.

APUNTES SOBRE INTERRUPTORES

TERMOMAGNETICOS EN CAJA

MOLDEADA

Manojo Sierra
Julio 1985.

DEFINICIONES:

Según algunas Asociaciones de Normas, se define un interruptor como " un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios no-automáticos y abrir el circuito en forma automática debido a una sobrecorriente predeterminada, sin causarse a sí mismo daño alguno - cuando está correctamente utilizado y dentro de especificaciones ". Más adelante la misma asociación define un interruptor de caja moldeada como " aquel que se ensambla como una unidad integral dentro de un marco dieléctrico protector, que lo fija y lo encierra ".

CARACTERÍSTICAS DE DISPARO LIBRE.

" Es la habilidad de un interruptor, para permitir que prevalezca la operación automática de apertura sobre la operación de cierre ".

DESIGNACION DE MARCO.

" Es un término aplicado a un grupo de interruptores, que son físicamente intercambiables entre sí, cuando corresponden a un fabricante - está expresado en amperes y corresponden a la máxima capacidad del grupo. El mismo término puede ser aplicado a más de un grupo de interruptores, que pueden ser o no, físicamente intercambiables entre sí cuando proceden de distintos fabricantes ".

DISPOSITIVO DE DISPARO MECANICO.

" Es un medio manual para disparar un interruptor ".

ENTRELACE MECANICO.

" Es un dispositivo mecánico que acopla normalmente 2 interruptores de manera que sólo uno de ellos puede ser cerrado a la vez ".

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CONECTADO POR EL FRENTE.

" Es el caso donde las terminales de conexión son accesibles por el frente ".

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE POLOS MULTIPLES.

" Es aquel con dos o más polos o más líneas de conducción separadas. Los polos están aislados eléctricamente y acoplados mecánicamente para que puedan operar en forma simultánea ".

MARCO.

" Es el ensamble, que consiste de todas las partes del interruptor, con la excepción de la unidad de disparo y los conectores terminales ".

MECANISMO DE OPERACION.

" Es aquel que acciona los contactos movibles del interruptor ".

CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL.

" Es el valor de corriente disponible, a una tensión especificada, que el dispositivo es capaz de interrumpir, bajo determinadas condiciones de prueba ".

CORRIENTE NOMINAL.

" Es la máxima corriente directa o alterna eficaz a una frecuencia nominal en amperes, que pueden circular en un dispositivo sin exceder los límites de temperatura especificados ".

CONCEPTOS DE TIEMPO.

a). Para el proceso de conexión en las vías de corriente principal de interruptores, especialmente de interruptores accionados a distancia, se utilizan los siguientes conceptos de tiempo:

1. RETARDO DE MOVIMIENTO.

" Es el tiempo que transcurre desde el comienzo de la emisión de la orden hasta que los contactos empiecen a moverse ".

2. TIEMPO DE CIERRE.

" Es el tiempo que transcurre desde el comienzo del movimiento de las piezas de contacto hasta que las piezas de contacto del polo que cierre en primer lugar, establezcan el primer contacto ".

3. RETARDO DE CIERRE.

" Es el tiempo que transcurre desde el comienzo de la emisión de la orden hasta que las piezas de contacto del polo que cierre en primer lugar, establezcan el primer contacto. Es igual a la suma del retardo de movimiento y del control de cierre ".

4. DURACION DEL REBOTE.

" Es el tiempo que transcurre desde que se unen los contactos de un órgano de maniobra por primera vez hasta que lo hagan en forma definitiva " .

5. TIEMPO TOTAL DE CIERRE.

" Es el tiempo que transcurre desde el comienzo de la emisión de la orden hasta que cierren de manera definitiva todos los elementos de contacto ".

b). Para el proceso de desconexión en las vías de corriente principal de interruptores se utilizan los siguientes conceptos de tiempos:

1. TIEMPO DE DISPARO.

" Es el tiempo que transcurre desde que comienza el estado causando el disparo hasta que suprima el bloqueo o se deje libre la fuerza de retroceso del interruptor .

Los tiempos de los dispositivos de retardo adicionales, dependientes o independientes de la corriente, se incluyen en el tiempo de disparo".

2. TIEMPO PROPIO.

Del interruptor es el tiempo que transcurre desde que se deja libre su bloqueo hasta el comienzo de la apertura de los contactos de la vía de corriente que abre el último lugar.

3. RETARDO DE APERTURA.

Es el tiempo que transcurre desde que comienza el estado causando el disparo hasta que comiencen a abrir los contactos de la vía de corriente que abre en último lugar.

El retardo de apertura es la suma del tiempo de disparo y del tiempo propio.

4. TIEMPO DE DESARROLLO DEL ARCO.

En disyuntores de corriente continua es el tiempo que transcurre desde el comienzo de la apertura hasta alcanzar el máximo de la intensidad de cortocircuito influenciada.

5. DURACION DEL ARCO.

Es el tiempo que transcurre desde que comienza a abrir los contactos en el polo que cierra en primer lugar hasta que termina la circulación de la corriente en todos los polos.

6. TIEMPO TOTAL DE DESCONEXION.

Es el tiempo que transcurre desde que comienza el estado que origina el disparo hasta que deja de circular la corriente en todos los polos.

En interruptores multipolares el tiempo total de desconexión, no necesita ser la suma del retarde apertura y de la duración del arco.

c). DURACION MINIMA DE LA EMISION DE ORDEN.

" Es el tiempo mínimo de un mando de conexión o desconexión

necesario para el completo cierre o la completa apertura del interruptor. La duración mínima de la emisión de órdenes puede contener también tiempos de retardo voluntarios.

d). TIEMPO DE CONMUTACION (TRANSITO).

De un conmutador que funciona con interrupción, es el tiempo que transcurre desde que abre un punto de maniobra hasta que sea establecido el primer contacto por el otro punto de maniobra.

e). TIEMPO DE SOLPADURA.

De un conmutador que funciona sin interrupción, es el que transcurre desde que hay cierre definitivo (Cierre después de terminado el rebote) de un punto de maniobra hasta la apertura del otro.

DISPARO AUTOMATICO.

" Es la apertura automática de un interruptor, debido a una sobrecorriente ".

DISPARO AUTOMATICO DE TIEMPO INVERSO.

Significa el disparo del interruptor por medios automáticos, siendo la acción de disparo, retardada por un dispositivo que tenga características de tiempos inversos .

DISPARO INSTANTANEO.

" Es una característica del elemento de disparo por sobrecorriente cuyo componente electromagnético está calibrando para disparar el interruptor instantáneamente al alcanzar o sobrepasar un valor predeterminado de corriente".

TIEMPO INVERSO.

" Es un término calificativo, que indica que el diseño introduce -

una dilación en la acción de disparo, que disminuye conforme la magnitud de la corriente aumenta ".

ELEMENTO DE DISPARO POR SOBRECORRIENTE.

" Es un dispositivo para un determinado polo de un interruptor, detecta una sobrecorriente y transmite la energía necesaria para disparar el interruptor automáticamente. Puede accionar el mecanismo de operación del interruptor directamente o puede formar parte de una unidad de disparo ".

ESPACIAMIENTO ELECTRICO.

" Es la distancia mínima entre partes conductores de diferente potencial ".

FRECUENCIA NOMINAL.

Es aquella frecuencia para la cual ha sido diseñado el interruptor.

INTERRUPTOR MAGNETICO.

Es aquel que reúne las siguientes características:

- a). Abre y cierra en aire.
- b). Está ensamblado como una unidad integral en una caja de material aislante.
- c). Cierra e interrumpe un circuito eléctrico manualmente.
- d). Interrumpe un circuito eléctrico automáticamente, a una predeterminada sobrecorriente, sostenida en un tiempo especificado.
- e). Permite restablecer el servicio sin necesidad de reemplazar ninguna de sus partes.
- f). Cuando es el tipo limitador de corriente, además de lo anterior dentro de su capacidad de limitación de corriente del tiempo de disipación de la falla, a la tensión nominal, a un intervalo -

igual o menor que la duración del primer ciclo de la corriente simétrica y limita el tiempo de la corriente que se obtendría - si el interruptor fuese reemplazado por un conductor sólido de la misma impedancia.

OPERACION "CA"

" Es un disparo automático en condiciones de sobrecarga ".

PRUEBA DE CALIBRACION.

" Es la prueba que se hace para verificar las características de disparo de un interruptor ".

TEMPERATURA AMBIENTAL NOMINAL.

" Es la temperatura que se toma como base, al establecer el valor de la corriente nominal ".

TENSION NOMINAL.

" Es la máxima tensión a la que puede usarse al interruptor. En el caso de corriente alterna, se refiere a su valor eficaz ".

TENSION NOMINAL DE CONTROL.

Es la tensión aplicada a los dispositivos de cierre o disparo, para abrir el interruptor.

NOTA: La tensión de control puede variar en más o menos, con respecto a la tensión nominal de control, dentro de ciertas tolerancias especificadas.

La tensión de control se mide en las terminales de los dispositivos eléctricos cuando éstos están en operación.

UNIDAD DE DISPARO.

Es aquella con los medios necesarios para accionar el mecanismo de operación abriendo los contactos del interruptor automáticamente. -

Contiene uno o más elementos de disparo por sobrecorriente y puede incluir otras características, tal como un dispositivo de disparo en derivación.

VALOR DE CALIBRACION.

" Es el valor que se establece en el ajuste del mecanismo de disparo de un interruptor para que funcione de acuerdo a sus características prescritas de operación ".

CORRIENTE SIMETRICA.

" Es una corriente con onda simétrica respecto al eje del tiempo. - Este término se aplica a corriente alterna únicamente ".

CORRIENTE ASIMETRICA.

La corriente asimétrica " es aquella onda senoidal fuera del eje de simetría debido a un componente de corriente continua sobrepuesta. - Una corriente asimétrica dará como resultado mayores valores de corriente de corto circuito que es una corriente simétrica ".

CORRIENTE RMC.

Es el valor de corriente alterna que al pasar por una resistencia por un tiempo determinado, disipa igual cantidad de calor que un valor de corriente directa.

CALIBRACION.

Un interruptor termomagnético debe ser capaz de soportar, en servicio continuo, su corriente nominal a una temperatura ambiente de $40 \pm 3^\circ \text{C}$ sin que se dispare automáticamente y sin que la temperatura en sus diferentes partes, exceda los valores especificados.

Para verificar que un interruptor cumple con el requisito anterior, debe seguirse el procedimiento de prueba especificado por el CCONNIE para determinar si el interruptor es capaz de mantener la corriente nominal. El procedimiento es indicado en el capítulo de calibración.

ESTUDIO DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

Un interruptor termomagnético está diseñado primordialmente para proteger un circuito y es utilizado en la práctica con este propósito.

Su uso proporciona protección al conductor contra sobrecarga (con excepción de aquellas ocasionadas por motores con el rotor bloqueado) y contra corto circuito para cualquier elemento conectado al circuito incluyendo cables, motores, arrancadores, etc.

Estos interruptores combinan en sí dos principios; protección y desconexión con cargas. Debido a ésto sus aplicaciones son múltiples.

En circuitos derivados a los cuales se encuentren conectados motores, las funciones del interruptor termomagnético son como medio de desconexión al igual que elemento de protección.

Las corrientes nominales de los interruptores termomagnéticos, corresponden en general a las capacidades nominales de los conductores es por ello que estos interruptores han sido diseñados básicamente para su protección.

Siendo en esencia un desconectador de alta capacidad interruptiva, los interruptores termomagnéticos consisten de 3 componentes principales:

Unidad de Disparo. Mecanismo de Operación. Cámara de Extinción. --
Siendo la función del primero, la de disparar el mecanismo de operación bajo condiciones de falla en el circuito. Para ello cuenta con una unidad de disparo termomagnética.

El disparo térmico que será estudiado más adelante, se logra con el uso de un bimetálico calentado con el paso de la corriente. En caso de sobrecarga sostenida, el bimetálico se habrá de flexionar accionando el mecanismo de operación.

El disparo magnético, se logra con el uso de un electroimán, conectado en serie con la carga. Esto proporciona una apertura instantánea cuando la corriente alcanza un valor predeterminado.

Los interruptores termomagnéticos multipolares contienen un elemento de disparo, por fase y una barra de disparo común.. Cualquier - fase que contenga una falla será motivo para la apertura simultánea de todas las fases.

El mecanismo de operación que también será motivo de estudio, tienen por función la de proveer el medio para la apertura o cierre de los contactos. Este mecanismo es de funcionamiento sumamente rápido y - (proporciona lo que ha dado en llamar quick-make, quick-break que es la forma comercial usada para describir su rápido cierre y su pronta apertura). Este mecanismo requiere también de la característica de disparo libre. A todo esto, es necesario añadir la característica de la palanca de operación, de señalar con posiciones distintas (cerrado, abierto y conectado) el estado del interruptor. Esto último es particularmente ventajoso donde se encuentre un grupo de interruptores, puesto que claramente indica el circuito donde se localiza la falla.

La función de la cámara de extinción es la de confirmar, dividir y -- extinguir el arco eléctrico, adonde es atraído de entre los contactos en el momento de la apertura; más adelante veremos como se produce esto.

Los interruptores termomagnéticos están nominados en valores de corriente efectiva (a una temperatura nominal), voltaje, frecuencia y capacidad interruptiva (en valores de corriente efectiva asimétrica y simétrica).

TENSION NOMINAL	
CORRIENTE ALTERNA	CORRIENTE DIRECTA
127	125
240	250
277	---
480	---
600	---

A menos que se especifique como en interruptores de corriente alterna o directa, los interruptores deben operar en ambos sistemas.

Al terminar una prueba de capacidad interruptiva, el interruptor debe estar en las siguientes condiciones:

- a). Mecánicas: En condiciones de operación mecánicas satisfactorias.
- b). Eléctricas: El interruptor debe ser capaz de soportar la aplicación de una tensión alterna de 1000 volts, 50 ó 60 Hz más 2 veces su tensión nominal, aplicada continuamente durante 60 segundos, sin que se presenten descargas disruptivas. Pero sólo en este caso la tensión de la prueba dieléctrica, debe ser el doble de la tensión a la que se realizó la prueba de capacidad interruptiva, pero nunca menor de 900 V y se aplica gradualmente desde 0 hasta la tensión descrita. Además debe de ser capaz de disparar automáticamente cumpliendo con su calibración para 200% de la corriente nominal, pero a su vez 200% de la corriente que circula, debe ser de 250% de la corriente nominal.

TIEMPOS MAXIMOS DE DISPARO

CORRIENTE NOMINAL	CON 200% DE LA CORRIENTE NOMINAL +	CON 135% DE LA CORRIENTE NOMINAL ++
AMPERES	TIEMPOS EN MINUTOS	
0-30	2	60
31-50	4	60
51-100	6	120
101-225	8	120
226-400	10	120
401-600	12	120

TIEMPOS MAXIMOS DE DISPARO
CON TEMPERATURA 40°C

CORRIENTE NOMINAL	CON 200% DE LA CORRIENTE NOMINAL +	CON 135% DE LA CO RRIENTE NOMINAL ++
AMPERES	TIEMPO EN MINUTOS	
601-800	14	120
801-1000	16	120
1001-1200	18	120
1601-2000	22	120
mayor de 2000	24	120

CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL (en amperes)

La capacidad interruptiva en amperes rms o asimétricos para corto circuito deben ser:

SIMETRICOS	ASIMETRICOS
5000+	5000
7500+	7500
10000+	10000
14000	15000
18000	20000
22000	25000
25000	30000
30000	35000
35000	40000
42000	50000
50000	60000
85000	100000
100000	120000
125000	150000
150000	---
200000	----

+ Aplicable solamente a interruptores que tengan tamaño de marco - hasta de 100 amperes, corriente nominal de 100 amperes o menores y tensiones nominales de 240 volts o menores.

MARCOS DIFERENTES Y SUS EQUIVALENTES POR COMPAÑÍAS

NEMA	Westinghouse			I - T - E			General Electric			Federal Pacific Electric			Square D		
	Marco	I. Nom.	C.I. (NEMA) Amp.Sim.RMS	Marco	I. Nom.	C.I. (NEMA) Amp.Sim.RMS	Marco	I. Nom.	C.I. (NEMA) Amp.Sim.RMS	Marco	I. Nom.	C.I. (NEMA) Amp.Sim.RMS	Marco	I. Nom.	C.I. (NEMA) Amp.Sim.RMS
30 Amp. 277 VCA (1 polo)	BA	15-30	277V.10000	EH	15-100	277V.14000	TEF	15-60	277V.14000	NEF	15-100	14000	Y1B	15-100	227V.1000
100Amp. 120/240 240V.C-A	BA	15-100	120/240,24CV 10 000	E	15-100	120 y 240 V. 7,500(1 polo) 10000(2,3po.)	TE	15-100	120 y 240 V. 10 000	NE	15-100	120 y 240 V. 10 000	A1B	15-100	120 y 240 V. 10 000
100Amp. 240V.C-A 125/250 V.C-D	EB	15-100	240V.10,000 125/250V.CD 5,000	E		240V. 7,500 (1 POLE) 10,000 (2 & (3 POLE)	TE TB	15-100	240V.10,000	NE		240V.10,000			240V.10,000 125 y 250VCD
100Amp. 480VCA 250VCD	EHB	15-100	240V.18,000 480V.14,000 250 V.CD 10,000	EH	15-100	240V.18,000 480V.14,000	TED	15-100	240V.18,000 480V.14,000	NEF	15-100	240V.18,000 480V.14,000	FA	15-100	240V.18,000 480V.14,000 250 C.D. 10,000
100Amp. 600 VCA 250VCD	FB	15-150	240V.18,000 480V.14,000 600V.14,000 250VCD10000	EF		240V.18,000 480V.14,000 600V.14,000	TED	15-110	240V.18,000 480V.14,000 600V.14,000	NEF		240V.18,000 480V.14,000 600V.14,000			240V.18,000 480V.14,000 600V.14,000 10,000
225Amp. 600VCA 250VCD	JA	70-225	240V.25,000 480V.22,000 600V.22,000 250V.CD 10,000	FJ	70-225	240V.22,000 480V.18,000 600V.14,000	TEJ	70-225	240V.25,000 480V.22,000 600V.22,000	NFJ	70-225	240V.22,000 480V.18,000 600V.14,000	KA	70-225	240V.25,000 480V.22,000 600V.22,000
	KA			FJ	NO ESTA LISTADO		TFK		240V.25,000 480V.22,000 600V.22,000	NFJ	NO ESTA LISTADO		KA	NO ESTALISTADO	
400/600A. 600VCA 250VCD	LAB	125-400	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000 250V.C.D. 10,000	JJ	250-400	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	TJJ	125-400	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	NJL	70-400	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	LA	250-400	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000
	LA	125-600		JL	70-400		TJK	125-600	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	NJL	NO ESTA LISTADO		LA	NO ESTA LISTADO	
800Amp. 600VCA	MA	125-800	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	KM	250-800	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	TKM	300-1200	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	NM	125-800	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	MA	125-1000	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000
1200Amp. 600VCA	NB	700-1200	240V.42,000 480V.30,000 600V.22,000	KP	600-1200					NMP	600-1200	240V.125,000 480V.85,000 600V.65,000	NO ESTA LISTADO		
1600Amp. 600VCA	PB	600-2500	240V.125000 480V.85,000 600V.65,000				S-2500	2500	240V.125000 480V.85,000 600V.65,000	NP	600-1600	240V.125000 480V.85,000 600V.65,000	PA	600-2000	240V.65,000 480V.50,000 600V.42,000
7000Amp. 600VCA				NO ESTA LISTADO			PA	1600-2500	240V.125000 480V.85,000 600V.65,000						
2500Amp. 600VCA				PA	1600-2500	240V.125000 480V.85,000 600V.65,000									

MECANISMO DE OPERACION.

El Mecanismo de Operación proporciona la forma mecánica de abrir y cerrar el interruptor. Este mecanismo está diseñado de tal manera que la velocidad de cierre y apertura de los contactos es independiente de la velocidad de operación de la palanca.

El interruptor también ha sido diseñado para disparo libre, es decir, que no es posible evitar el disparo del interruptor; aún si se sostiene la palanca de operación en la posición de cerrado.

Podemos añadir a todo lo anterior, que la palanca de operación señala por medio de 3 posiciones distintas, si el interruptor se encuentra cerrado (1;CDO), abierto (0;ABTO) ó disparado (+;DISP). Que son las siglas aceptadas por el CCOMMIE.

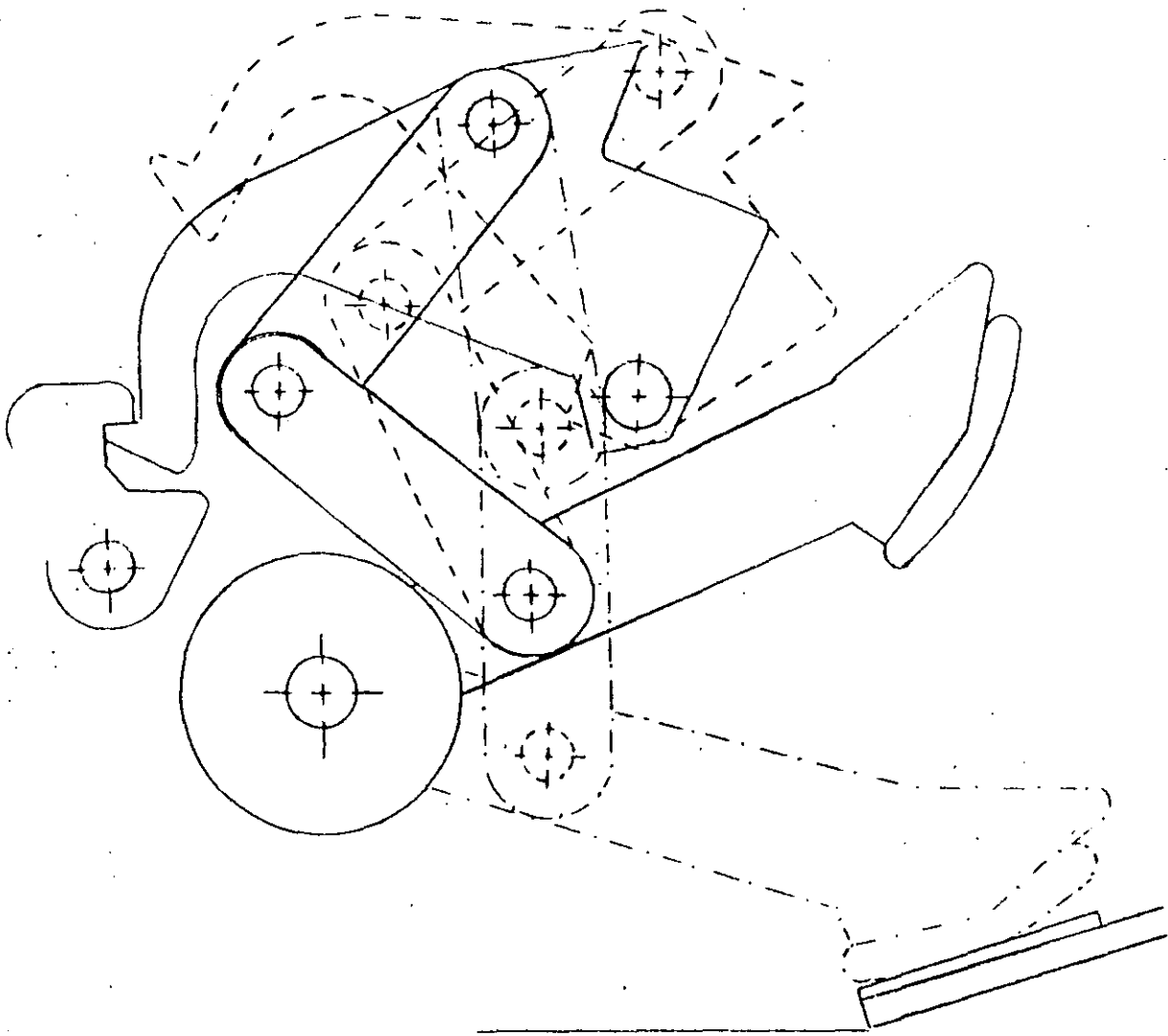
La palanca de operación en la posición de disparo, se encuentra por lo general en medio de cerrado y abierto. Para restablecer el interruptor, basta girar la palanca desde su posición central a la posición extrema de abierto. Esta posición de disparo distinta de las dos otras, es particularmente ventajosa e importante; particularmente cuando se requiere tener los interruptores agrupados, como lo es el caso de un tablero. Esta posición central señalará claramente que el interruptor se ha disparado debido a una falla en el corto circuito.

El mecanismo de operación se basa en 4 manivelas. El término manivela se refiere al tipo de mecanismo que emplea un conector rígido entre el conector y el conducido. Tal mecanismo está envuelto en uno de los tres principales métodos de transmisión de movimiento.

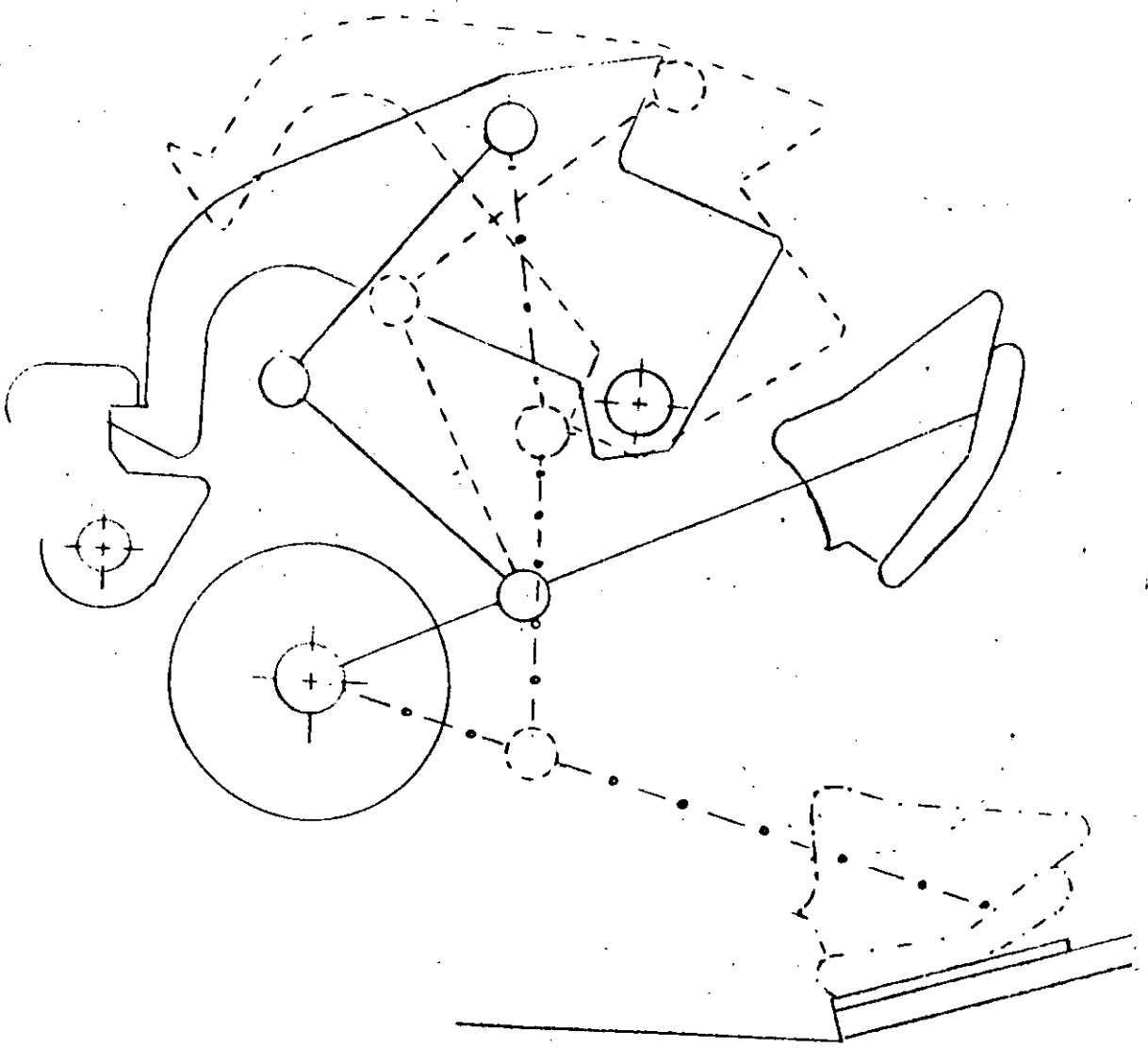
CONCEPTO DE PUNTO MUERTO.

Es obvio que en las barras de la manivela el conductor transmite movimiento al conducido mediante la introducción de un componente de su movimiento al conducido, a lo largo de la línea del conductor de movimiento.

Sucede que hay ciertas fases de algunas manivelas en donde no es posible tal componente.



MECANISMO DE OPERACION



POSICIONES DEL MECANISMO

durabilidad sobrepasan a la mayoría de los otros plásticos.

Añadiendo a lo anterior, la propiedad de autoextinguirse bajo la acción de un arco eléctrico. Podemos apreciar las ventajas de los diferentes tipos de relleno del compuesto.

RELLENOS	VENTAJAS	DEVENTAJAS
Fibra de Vidrio.	Alta resistencia al arco eléctrico, a los impactos, resistencia térmica y mayor estabilidad dimensional.	Incremento en la gravedad específica.
Madera	Baja gravedad específica, propiedades dieléctricas mejoradas bajo costo.	Para colores negro o café únicamente menor resistencia a el arco eléctrico.
Asbesto	Mejores propiedades térmicas máximas propiedades eléctricas	Incremento en la gravedad específicas
Algodón	Mejores propiedades de impacto y estabilidad dimensional.	Empobrece la apariencia del producto final.
Melamina Modificada	Propiedades del impacto maximizadas.	Elevado costo.

POLIESTER INSATURADO.

Las resinas comerciales de poliester insaturado contienen monómero de Cross-Linking e inhibidores que retardan el Cross-Linking hasta que el fabricante haga uso de ellos.

El poliestes, de mejores características dieléctricas es utilizado con frecuencia, con objeto de aumentar la capacidad interruptiva del marco. Sus características mecánicas son excelentes; pero su alto costo reduce en gran forma su fabricación. Con frecuencia se le encuentra en las secciones de extinción del arco (Cámara de Arqueo), siendo el resto del marco de Fenol Formaldehido.

Podemos sintetizar todo lo anterior diciendo, " las resinas son sólo el medio que envuelve a los rellenos, aquella sólo da la forma al molde; pero éstos proveen al mismo de las propiedades físicas que el interruptor requiere ".

La base y cubierta que contiene todas las partes vivas, debe ser tenaz, de difícil ignición, resistente a la humedad y de excelentes propiedades dieléctricas. La base deberá ser un material tal, que soporte las más severas condiciones como aquellas que habrá de encontrar cuando esté en servicio. Puesto que debe resistir cualquier -- abuso ordinario, sin que ello incremente el riesgo de un incendio de bido a un colapso parcial o total de la caja.

En fin, el marco interruptor termomagnético está diseñado para acomodar en su interior las unidades de disparo (fijas o intercambiables) y el mecanismo de operación. Debiendo de encerrar aislando las partes anteriormente mencionadas y al mismo tiempo dejar accesibles las terminales, sin que exista la necesidad de abrir el interior de la caja.

CONTACTOS.

El término " Contacto-Eléctrico-" implica necesariamente, una unión -- entre dos conductores, con la capacidad de ser separados. Estos conductores pueden llamarse miembros de contacto o contactos simplemente.

Si un material ideal pudiera ser encontrado para los usos universales de los contactos eléctricos, tendría: Una gran conductividad que minimizaría el calor transferido debido al paso de la corriente, gran resistencia a reaccionar con el medio al cual se encuentra sometido, evitando así la formación de capas dieléctricas como óxidos, sulfatos, y otros compuestos y tampoco estaría sujeto a daños causados por arcos, al momento de cierre o apertura de los contactos. La fuerza requerida para cerrarlos será pequeña, lo mismo que la resistencia eléctrica entre ambos miembros. El punto de fusión del material sería elevado, para limitar así la erosión, la transferencia de masa y a que se suceden.

La presión de sus vapores sería pequeña para minimizar la erosión eléctrica. Su dureza sería grande para ofrecer buena resistencia al uso y más aún su ductibilidad sería suficiente para facilitar su fabricación. Finalmente este material tendría que ser de bajo costo y su disponibilidad será elevada.

Puesto que ningún metal reúne todas las anteriores características, es necesario ajustarse a las propiedades del material basándose en la duración, confianza y costo; para cada aplicación. Las características del circuito (incluyendo la corriente), la naturaleza de la carga, la fuerza que se aplica sobre los contactos y el número de -- operaciones esperadas son también de vital importancia.

Los problemas relativos a este tema son de gran interés cuando se trata de equipo de interrupción y es interesante que se de una vista de conjunto al aspecto teórico de los fenómenos antes de abordar el estudio de la realización práctica de los contactos. De esta manera se comprenderá por qué los resultados obtenidos manifiestan una dispersión notable y que así se convierten en aleatorios los proyectos y diseños de contactos que se apoyan en una sólida experimentación.

De una manera muy general se observa en los bornes de un contacto por el que circula una corriente, una caída de tensión a la cual corresponde una resistencia denominada " Resistencia de Contacto ". Esta última se escapa totalmente de los métodos usuales del cálculo de resistencia eléctrica de conductores homogéneos. Esto proviene del hecho que los conductores en cuestión no se apoyan uno sobre el otro -- más que a través de un número de puntos de superficie muy pequeña a través de los cuales debe pasar la totalidad de la corriente. Es decir, cuando dos contactos se cierran, únicamente hacen contacto en un área muy pequeña del total de sus superficies. La resistencia causada a través de un área tan pequeña se le conoce con el nombre de ----- " Constricción " y es una parte esencial de la resistencia de contacto y con ello de la resistencia total del interruptor. Esta varía según la fórmula:

$$R = Cr \sqrt{\frac{D}{F}}$$

Donde

r = resistividad
C = constante
D = dureza

F = Fuerza para mantener los
Contactos cerrados

Otra parte esencial de la resistencia de contacto lo es la resistencia de la película, que se origina en las caras de contacto - capas no conductoras o semiconductoras. Estas resultan de la presencia de óxidos, corrosión, suciedad y aceite.

Convencionalmente la expresión resistencia de contacto se preserva irrespectivamente ya sea meramente una resistencia de constricción pura, o que una resistencia de película contribuya en el área de conducción.

La erosión eléctrica, se debe al efecto térmico del arco eléctrico sobre los contactos. La energía del arco calienta la superficie del contacto hasta el punto de ebullición causando pérdidas de masa por vaporización en ambos contactos. En arcos pequeños, gran parte del metal se deposita nuevamente en la superficie del contacto, pero en grandes corrientes, la energía del arco es mayor y su temperatura más elevada. En interrupciones de corriente directa la mayor parte de la energía se concentra en el ánodo, perdiendo así más masa, este contacto que aquel encontrado en el cátodo.

Es común ver en los circuitos de corriente directa el uso de dispositivos de soplo magnético para la extinción del arco.

Entre los factores mecánicos, es importante considerar la naturaleza de la fuerza de contacto, la frecuencia de las operaciones, la velocidad del cierre y apertura de los contactos, la manera como se lleva a cabo el contacto (frotando, chocando o deslizando), el entrehierro de los contactos cuando estos se encuentran plenamente abiertos y su mecanismo de operación ya sea hecho por bielas, por manivelas, por un electroimán, etc.

En el caso de los interruptores termomagnéticos comerciales, el uso de materiales sintetizados como elementos de contacto es muy común. Las mezclas de metal, tales como plata con grafito, níquel, tungsteno, molibdeno, u óxido de cadmio, son elaborados con métodos de pulverización metalúrgica.

Las propiedades de tales mezclas dependen de las características de los constituyentes, siendo estos proporcionales de concentración. Las

d) Acción de contactos

Rebote de contactos
al cerrar

Vibración del contacto
al abrir

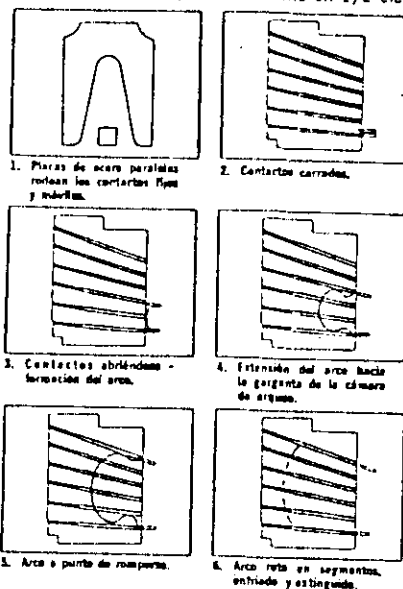
Frotamiento o deslizamiento
al abrir o cerrar

e) Factores de espacio

Entrehierro de los contactos
en su máxima apertura

Otros espacios que afectan el
dieléctrico

Principio de ionizante de la cámara de arco.
 Extingue los arcos aproximadamente en 1/2 ciclo.



C A P I T U L O V I

ESTUDIO DE LA CAMARA DE EXTINCION DEL ARCO

Hasta ahora todos los interruptores funcionan de una -- manera general, la apertura del circuito se hace separando dos contactos entre los cuales aparece un conductor gaseoso; enseguida el problema consiste en privar esa sección -- gaseosa de su conductibilidad eléctrica. Así el problema -- fundamentalmente de la interrupción de circuitos eléctricos reside en la extinción del arco eléctrico.

El Comité Consultivo Nacional de Normalización de la -- Industria Eléctrica propone la siguiente definición para el arco eléctrico:

" Fenómeno de descarga a través de un gas, caracterizado por una concentración de la columna conductora y una mancha catódica de fuerte emisión foto y termo-eléctrica y poseyendo una característica tensión corriente decreciente ".

La conductibilidad gaseosa de la columna se debe a la -- ionización. Resulta de la expulsión de uno o más electrones de un átomo o de una molécula. Bajo el efecto de la ionización.

Los átomos y moléculas de un gas neutro son disociados en electrones libre con cargas negativas y en iones -- positivos.

La ionización de un átomo o de una molécula requiere una cierta energía (9.2 e V y 5.1 e V para disociar una molécula de N₂ ó O₂ respectivamente) energía que puede ser cedida en diferentes formas.

En gas, donde la temperatura se eleva y en el cual por consecuencia la velocidad media de agitación de los átomos o moléculas aumenta, puede producirse la ionización por el choque de átomos o moléculas neutras. Este proceso se llama " ionización Térmica".

Un átomo o una molécula neutra puede ser igualmente ionizado por efecto de choque o colisión provocado por un electrón o un ión libre animado de una gran velocidad debida por ejem. A la acción de un campo eléctrico. Este proceso se llama " ionización por choque ".

Por lo contrario el encuentro de un electrón y un ión positivo libre puede ocasionar una recombinación. Cuando la recombinación es mayor que la disociación habrá deionización.

Para producir y mantener un arco, es necesario disponer de una fuente de electrones. Es la emisión electrónica del cátodo la que suministra. En un conductor existen siempre electrones libres que se desplazan de molécula en molécula. Cuando estos llegan a la superficie -- tienden a salir del conductor pero al franquear dicha superficie dejan en éste una carga positiva equivalente cuya acción los retiene.

Es así que todo conductor en estado neutro se encuentra rodeado de una atmósfera de electrones a la cual corresponde una capa de iones positivos en el interior de la superficie. Resulta de este exceso de potencial del conductor -- sobre el medio ambiente y para franquear la doble capa, un electrón deberá poseer una energía cinética superior al -- producto de su carga por el exceso de potencial en la práctica la energía que requieren los electrones para engerger del -- electrodo puede ser obtenida de diferentes maneras.

Una elevación de temperatura del conductor provocando un incremento de agitación, aumenta la energía cinética del -- electrón. Se dice que hay " emisión termoiónica "

La intensidad de esa emisión depende de la naturaleza del conductor y crece rápidamente con la temperatura. Si el conductor se encuentra localizado en el vacío existe un campo eléctrico que absorbe los electrones a medida que éstos - - abandonan el metal, podremos medir la intensidad de esa emisión, intensidad llamada corriente de saturación.

Se puede también extraer electrones de un conductor exponiéndolos a radiaciones luminosas; habrá una emisión fotoiónica.

La existencia de campos eléctricos intensos en las cercanías del conductor pueden provocar una emisión del cual - los electrones son aparentemente arrancados de las pequeñas irregularidades de la superficie del conductor.

Finalmente una " emisión electrónica " puede ser provocada por bombardeo del conductor. cuando un electrón o - -

En la atmósfera del arco que está constituida por una mezcla de gas proveniente del medio ambiente y de vapores metálicos producidos por la volatilización de los electrodos, y flujo de electrones produce la ionización por choque, la que se encuentra además favorecida por la alta temperatura. Los iones así generados se dirigen a los electrodos de polaridad opuesta y con velocidades muy distintas. A esta caída de tensión corresponden campos intensos capaces de comunicar a los iones una energía suficiente para mantener los electrodos en incandescencia y entretener la ionización.

La corriente de arco consiste en una corriente de electrones llamada " corriente de conducción " que va del cátodo del ánodo y en una corriente de iones llamada " Corriente de Circulación " en sentido inverso "

Existe una distinción básica entre la interrupción de un circuito de corriente alterna y un circuito de corriente directa. En el segundo no existen pausas en cero en los valores de corriente, no existen valores cero de corriente; entonces,

para interrumpir un circuito de corriente directa, la corriente debe ser forzada a cero por medio de un incremento en la resistencia del arco hasta que la caída de potencial a través del arco sea igual al voltaje del circuito.

En el caso de la corriente alterna, los valores cero de corriente ocurren naturalmente y es necesario tan sólo prevenir la reignición del arco después de una corriente cero. Debido a esto la deionización en la corriente cero natural es de vital importancia.

El arco eléctrico puede ser evitado, si los contactos se abren exactamente en un valor de corriente igual a cero. Como es bien sabido, ésto resulta extremadamente difícil de predecir con la suficiente exactitud, lo mismo podría decirse, -- para mover los contactos con la suficiente rapidez. También hay que considerar, que es necesario tener una corriente menor a 0.03 amperes. Pues si consideramos una corriente alterna de 10 KA (RMS) con una frecuencia de 50HZ alcanzará este valor en nonasegundo; entonces para evitar la reignición del arco debido al campo de emisión, son necesarios 10 elevado a la "5" de entre-hierro entre los contactos en un tiempo de un nonasegundo. Esto implica una aceleración de 10 elevado a la "13" cm/seg². Esto es tan sólo para problema de sincronización, debido a que cesa instantaneamente cuando cesa el impulso; ésto si la reignición causada por la inercia térmica es evitada.

ELONGACION DEL ARCO ELECTRICO

El arco eléctrico se inicia por la separación de dos contactos. Este progresivamente se alarga al aumentar el entre-hierro en los contactos. De la elongación del arco se obtiene como resultado el enfriamiento progresivo de éste y la desionización del entre hierro.

Cuando la elongación del arco excede ciertos límites, el incremento de voltaje de reignición hace casi imposible -- para el voltaje de recuperación restablecer el arco después de su extinción con la corriente de valor cero.

Están relacionados con el término " interrupción de un - circuito por la elongación del arco " el efecto combinado de los dos factores anteriores y el hecho de la progresiva elongación del arco eléctrico.

La elongación del arco eléctrico es un medio de interrupción relativamente inefectivo puesto que el tiempo de desionización se incrementa con el alargamiento del arco eléctrico. Ya que la elongación de un arco de grandes dimensiones - conduce a la necesidad de disipar grandes cantidades de --- energía.

Existen, sin embargo, un gran número de razones que justifican la elongación considerable del arco eléctrico. A mayor separación de contactos y la consecuente elongación, mayor es la facilidad de establecer un medio dieléctrico en el -- entre-hierro formado entre los contactos y menor será la desionización y el enfriamiento por unidad de arco requerida.

RELACION DE LA ELONGACION DEL ARCO ELECTRICO CON LA ENERGIA DEL MISMO

La misma potencia del arco eléctrico es igual al producto del cuadrado de la corriente por la resistencia. De igual manera será el producto del voltaje del arco eléctrico por la corriente de éste.

La resistencia del arco eléctrico, o la resistencia del -- espacio en que éste se realiza; es una indicación inmediata -- del grado de ionización del espacio donde el arco eléctrico -- ocurre y se incrementa según el decremento del grado ioniza -- ción de este mismo espacio al mismo tiempo que el entrehierro de los contactos recupera su fuerza dieléctrica.

Por lo contrario, la resistencia del arco o del espacio del arco decrece cuando la ionización del entrehierro del arco -- eléctrico crece. Debido a este paralelismo entre la resisten -- cia o la resistencia del espacio del arco eléctrico y la de io -- nización, y la fuerza dieléctrica del entrehierro, muchos -- problemas pueden ser considerados y resueltos con facilidad -- en terminos de la resistencia del arco o del espacio del arco y de la teoría elemental de circuitos, sin necesidad de aden -- trarse en conceptos más complejos como lo son los del estado de ionización.

Mientras se mantenga una resistencia de arco chica como lo es en el caso de un arco pequeño, la potencia sera entonces -- relativamente pequeña.

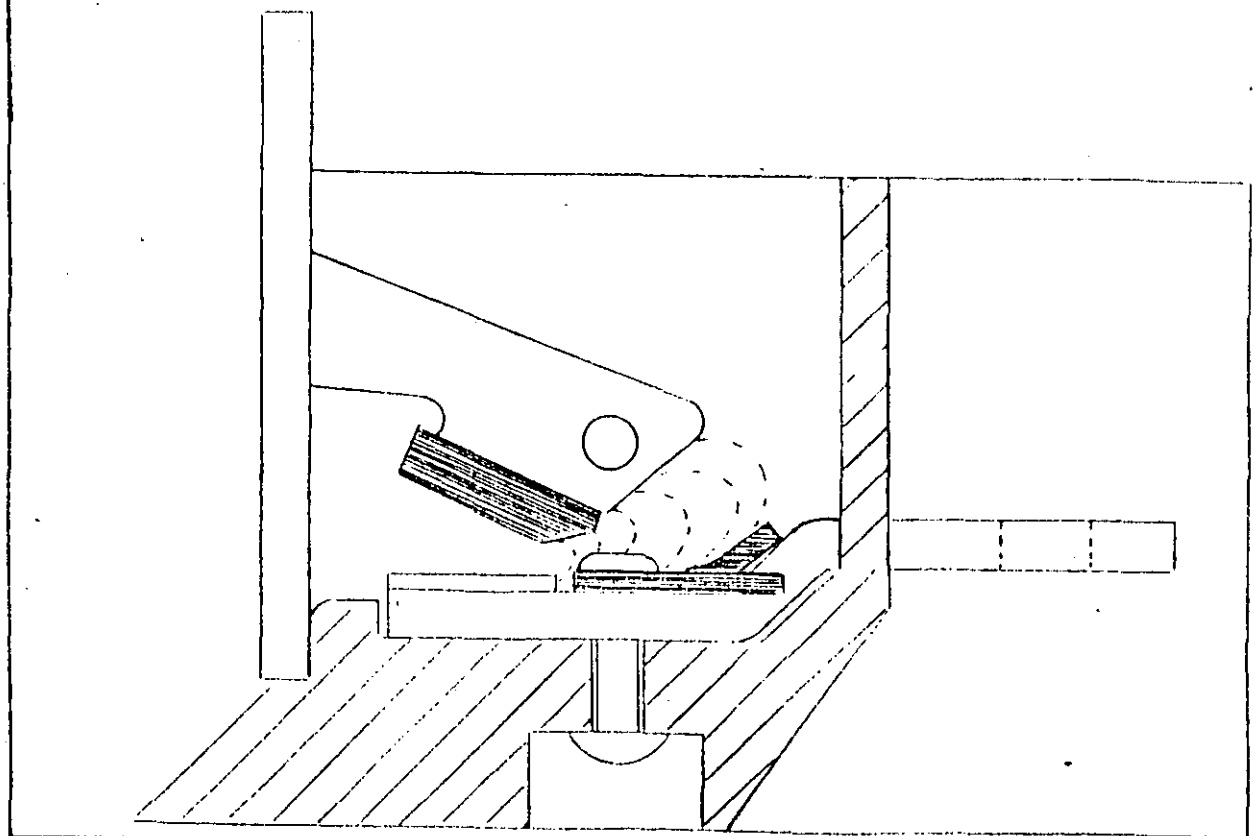
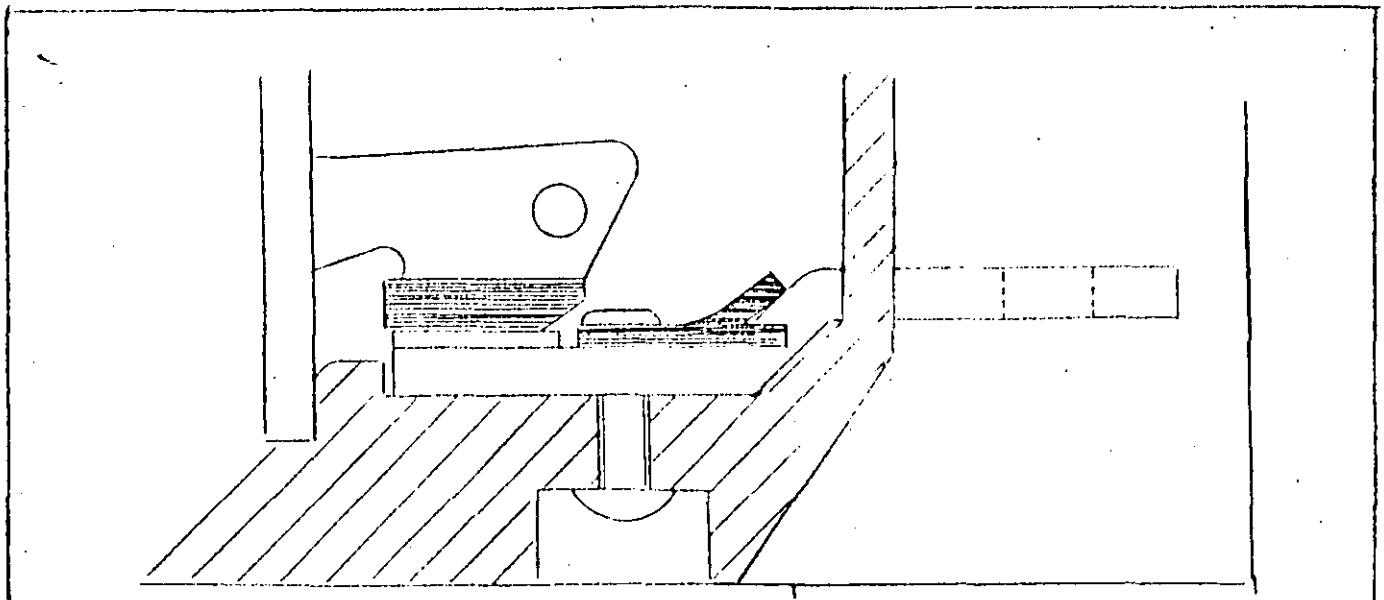
La energía del arco se define como:

$$\int_0^T v. j dt$$

Siendo función la potencia del arco eléctrico del tiempo.

CUERNOS DE ARQUEO.

Al momento de la separación de los contactos, se inicia un arco eléctrico cerca del punto más bajo de los mismos. Desde este momento el arco eléctrico se levanta. El arco en un cuerno de arqueo tiende a subir, como lo muestra la figura.



Funcionamiento de los cuernos de arqueo

Este desplazamiento se debe a que al momento de iniciarse la interrupción, los contactos dejan de apoyarse, esto hace que la resistencia de contacto aumente, y con ello la temperatura, al empezar a crearse el arco ésta alcanza 3000°C. Esto da como resultado un cambio violento de presiones, semejante al de una explosión, luego entonces los gases son lanzados hacia el frente conduciendo con ellos al arco eléctrico.

Esta muestra claramente que las terminales del arco, o sea -- las raíces de éste, se desplazan más lentamente que la sección interminada del arco. Esto se debe a la tendencia de las terminales del arco a mantenerse cerca de las partes metálicas relativamente calientes.

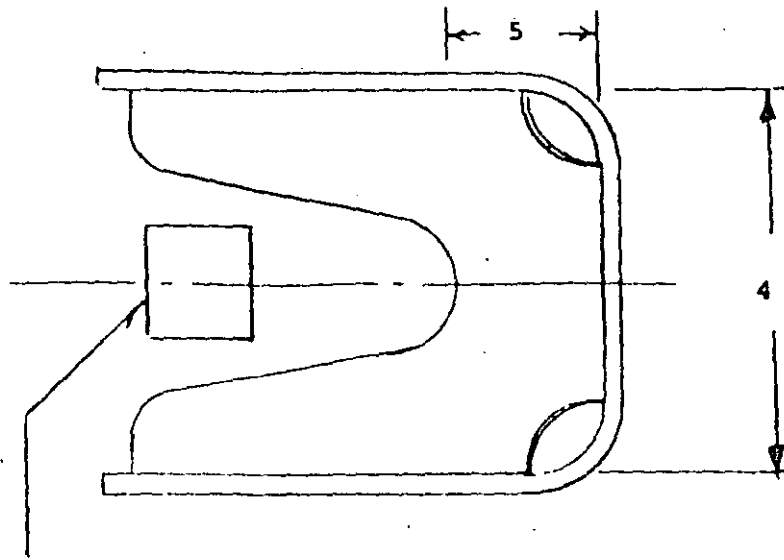
CAMARA DE EXTINCION DEL ARCO

Como ya se ha visto, los cuernos de arqueo guían hacia el frente el arco eléctrico.

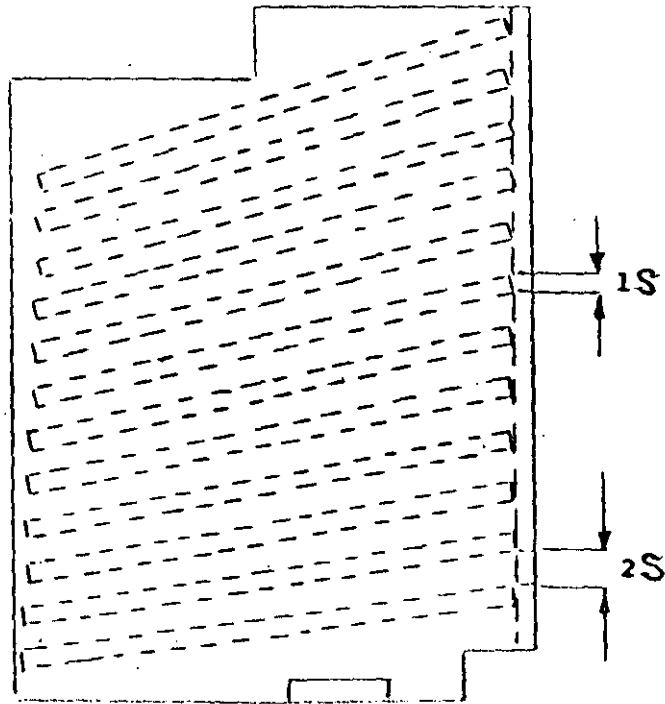
La cámara de extinción consta de un grupo de placas metálicas (acero) electricamente aisladas. La geometría de las placas hace que el arco induzca un campo magnético en estas, atrayendo el arco hacia las placas. Esto lo acelera aún más, el arco al alcanzar las placas se divide en pequeños subarcos entre estas últimas. Cada uno de estos subarcos tiene a dos placas adyacentes como electrodos teniendo cada uno de ellos caída potencia entre cátodo y ánodo. Ambos incrementan el -- voltaje que el subarco requiere. Durante el intervalo de la -- corriente de valor cero los subarcos son deionizados, de tal manera que cada espacio entre placas requiere cerca de 2000V para reiniciar el arco.

Con el objeto de alcanzar un factor de seguridad, la cámara de extinción del arco está provista de un cierto número de placas, de tal forma que cada espacio le corresponde cerca de -- 100Kv pico de reignición.

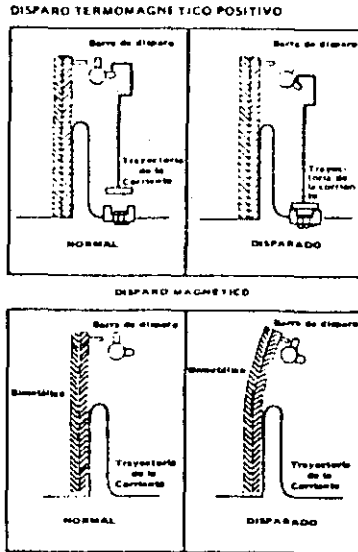
El tiempo de enfriamiento entre las placas donde "S" es el entrehierro, es inversamente proporcional a S^2 . (Ver -- figura)



Contacto Estacionario



Cámara de Arqueo



CAPITULO VII

UNIDAD DE DISPARO

El objetivo de este capítulo es; " describir los distintos tipos y características de los relevadores de tiempo -- inverso y de los interruptores termomagnéticos comerciales.

1.- El relevador no debe dispararse si conduce el 100% - de la corriente nominal, esto requiere que no habrá de abrir circuito el interruptor si continuamente conduce el 100% de la corriente especificada como nominal a una temperatura -- ambiental $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

2.- El relevador debe accionar el interruptor si este conduce 135% de su corriente nominal en un tiempo de acuerdo con la tabla siguiente tomada a una temperatura ambiental de $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

3.- El interruptor termomagnético debe de interrumpir el circuito si conduce el 200% de la corriente nominal a una temperatura ambiental de $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, en un tiempo determinado por la tabla siguiente. En esta prueba cada polo ha de ser probado separadamente.

CORRIENTE CONTINUA NOMINAL	DISPARO	
A M P E R E S	200% de Corr.Nom+.135% de Corr.N	
0.30	2	60
31.50	4	60
51-100	6	120
101-225	8	120
226-400	10	120
401-600	12	120
601-800	14	120
801-1000	16	120
1001-1200	18	120
1201-1600	20	120
1601-1200	22	120
más 2000	24	120

+ En esta prueba todos los polos son probados simultáneamente.

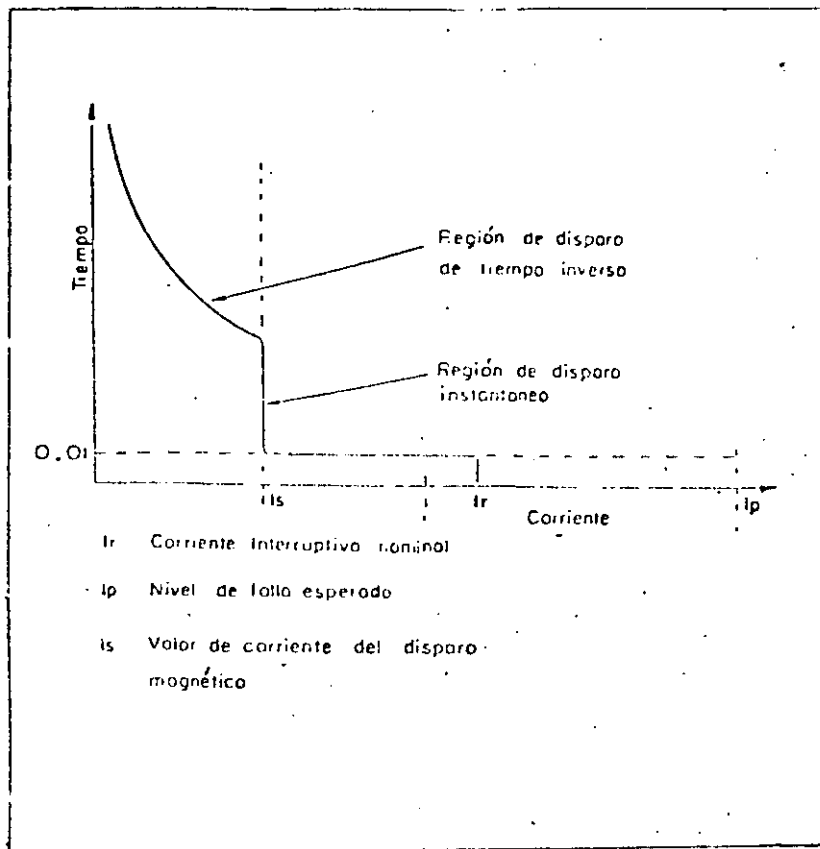
El tiempo de interrupción depende de la corriente que circula a lo largo del interruptor y este tiempo es dado por el fabricante en la gráfica tiempo-corriente que edita para cada uno de sus distintos marcos.

En general la unidad de disparo de tiempo inverso en los interruptores comerciales es de respuesta bajo un efecto termico. Es comunmente utilizado para este propósito un elemento bimetálico por cada fase del interruptor. Este relevador actúa -- únicamente como protección para corrientes de sobrecarga debido a que en caso de corto circuito su respuesta es demaciado-lenta.

El bimetal está constituido por dos metales de distinto -- coeficiente de expansión, unidos entre si, funcionando de la siguiente forma:

Los dos metales de idénticas dimensiones (una determinada temperatura) con distintos coeficientes de expansión son unidos entre sí, al haber un incremento en la temperatura, aquel de menor coeficiente de expansión experimenta una tensión - uniforme. Aquel con mayor coeficiente de expansión sufre una compresión uniforme. Estas fuerzas producen una flexión en el bimetal, asumiendo este la forma de un arco uniforme.

La flexión es la medida que relaciona la distancia que se mueve el metal termostatico con el cambio de temperatura. A mayor flexibilidad, mayor es el movimiento. La sociedad Americana de Pruebas y Materiales define flexibilidad como:



" El cambio de curvatura de la línea longitudinal central del espécimen por unidad de cambio en la temperatura por unidad de grueso del espécimen. Las unidades más comunes en este sentido son pulgadas por grado Fahrenheit. En síntesis la flexión es directamente proporcional a la diferencia de los coeficientes de expansión de las aleaciones y al cambio en la temperatura, e inversamente proporcional al grueso del bimetálico.

El módulo de elasticidad es la relación entre deformación y esfuerzo, es decir la fuerza que se requeriría para doblar un metal. Entre mayor sea el módulo, mayor será la fuerza requerida. Este es relativamente constante en los bimetálicos con el incremento en la temperatura puesto que la aleación de menor coeficiente de expansión tiene un módulo que se incrementa -- mientras que la aleación de mayor coeficiente de expansión -- decreciente con el cambio en la temperatura.

Si se restringe el movimiento del bimetálico parcial o totalmente este desarrollará una fuerza en lugar de movimiento. -- Esta fuerza es la misma que aquella que sería requerida para regresarlo a su posición original de la posición que hubiera asumido si el elemento bimetálico estuviera libre de moverse sin restricción alguna. De ahí que la fuerza restringida depende del producto de la flexibilidad por el módulo de elasticidad.

FLEXION:

$$B = \frac{K F (T_2 - T_1) L^2}{t}$$

FUERZA:

$$P = \frac{4 E B W t^3}{L^3}$$

DONDE: K= Constante

t= Grueso

W= Ancho

L= Longitud Activa

E= Módulo de Elasticidad

F= Valor de Flexibilidad

B= Flexión

P= Fuerza

$(T_2 - T_1)$ = Cambio en la temperatura

La acción del bimetálico está basada principalmente en la habilidad de flexionarse cuando exista un cambio en la temperatura. Las siguientes condiciones deben de tomarse en consideración.

1. Flexión debido al cambio en la temperatura.

En este caso la libre flexión básica es utilizada sin el desarrollo de ninguna fuerza, que es la primera fase en la interrupción debido a una sobrecorriente; el bimetálico avanza hasta alcanzar el cerrojo.

2. Fuerza debido al cambio en la temperatura.

En este caso la libre flexión es plenamente restringida, así que da comienzo el desarrollo de una fuerza sobre el cerrojo.

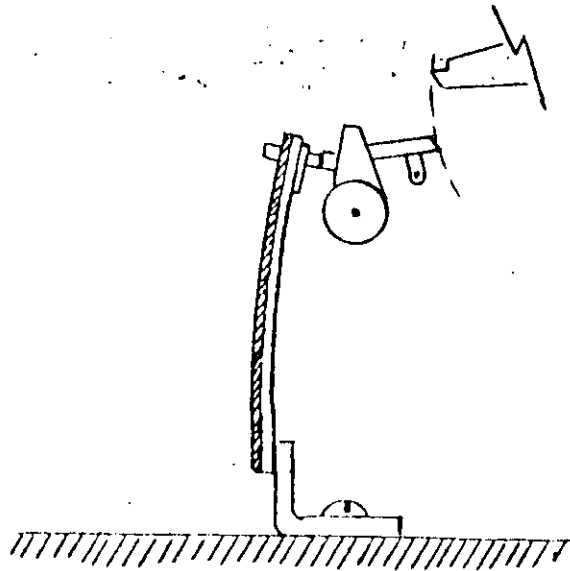
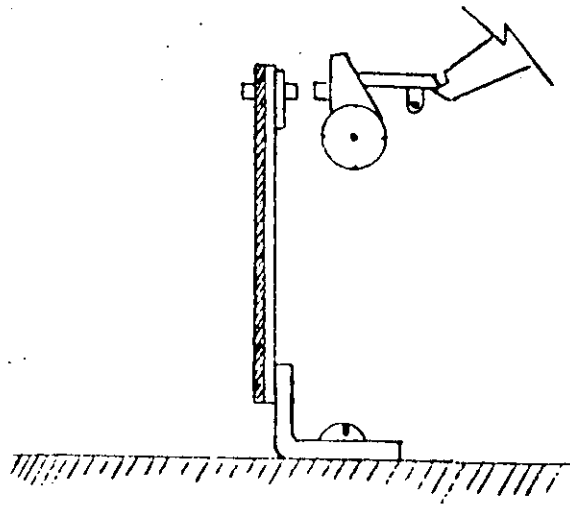
3. Flexión y Fuerza.

Aquí parte de la libre flexión potencial es restringida y transformada en fuerza. El bimetálico desarrolla una fuerza además de una flexión. Esta es la última fase de la actuación del relevador térmico de tiempo inverso, puesto que el bimetálico habrá de conducir al cerrojo hasta el punto en que éste último libere al gatillo accionado así el interruptor.

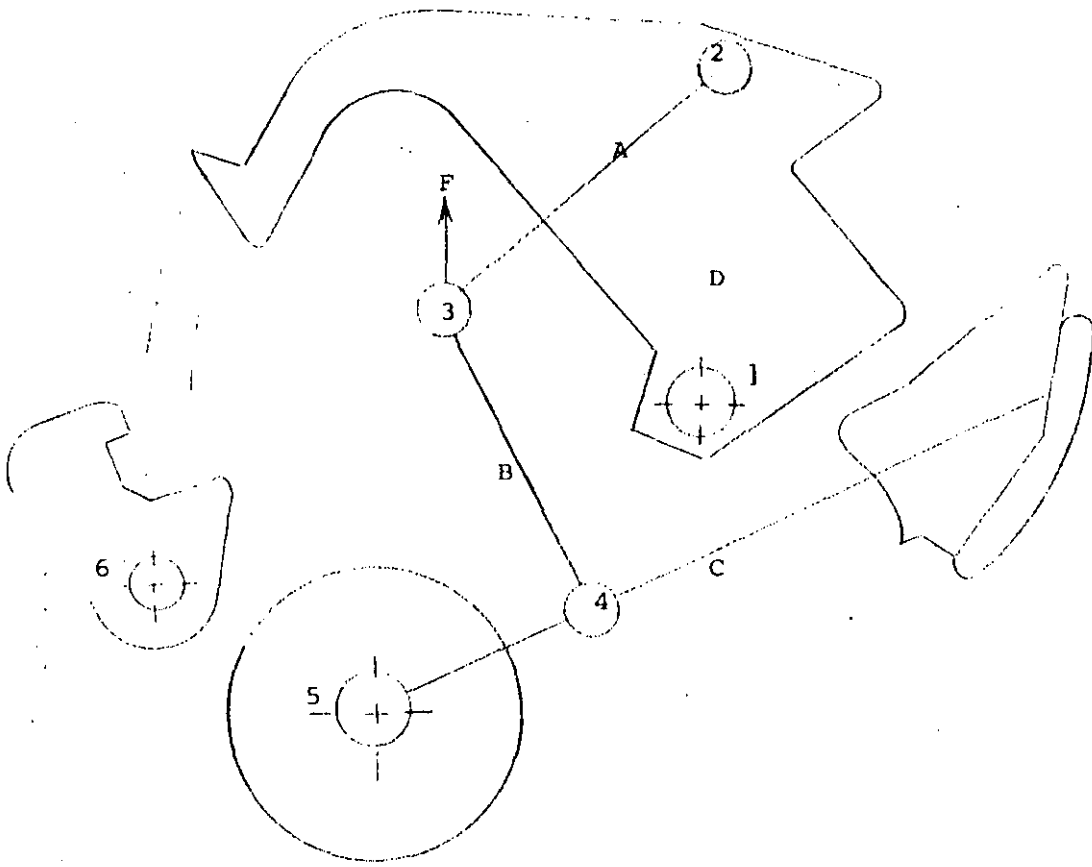
En general las unidades de disparo pueden ser de 2 tipos:

1.- De calentamiento Directo

2.- De calentamiento indirecto



MECANISMO DE DISPARO



Cerrojo

POSICION DE DISPARADO

1.- CALENTAMIENTO DIRECTO

Este sistema es el más común de todos. En este caso la corriente es conducida a todo lo largo del bimetálico y debido al efecto Joule se obtiene la flexión. La desventaja que -- existe es que para corrientes nominales Superiores a 100 Am peres, el interruptor funciona excesivamente caliente, es -- decir las temperaturas dentro del interruptor son elevadas, haciendo de éste un artículo poco confiable en su operación. En este tipo de relevadores, la capacidad interruptiva depen de básicamente del bimetálico.

2.- CALENTAMIENTO INDIRECTO

Aquí es necesario hacer una subdivisión:

a) Bimetálico de Derivación

Nuevamente tenemos un mecanismo comunmente encontrado -- entre los interruptores comerciales, en este caso el elemen to bimetálico está fijo en uno de sus extremos a un conector, el paso de la corriente incrementará la temperatura del co nector, trasmitiendo éste la temperatura al elemento bimetá lico que con el incremento en la temperatura se flexiona. Es te tipo de relevadores es usado de corrientes nominales de 70 AMPS. hasta 800 AMPS.

b) Calentamiento por inducción.

Encontramos entre este tipo de unidades de tiempo inver so a los interruptores en cuyas corrientes nominales son de 1000 a 2,500 amperes. Debido a la magnitud de las corrientes a que habrá de ser sometido el interruptor, los métodos con vencionales no pueden ser aplicados, es por ello que se pen só en diseñar un bimetálico montado sobre un yugo magnético sien do calentado el bimetálico por las corrientes de Eddie, creadas en la " sección superior del yugo ".

El bimetálico en este caso es el mismo para todas las corrientes nominales de este marco y con el objeto de lograr las calibraciones, para los distintos valores nominales, se ajusta el yugo magnético proporcionando un aumento o decremento de la -relutancia del yugo.

UNIDAD MAGNETICA DE DISPARO

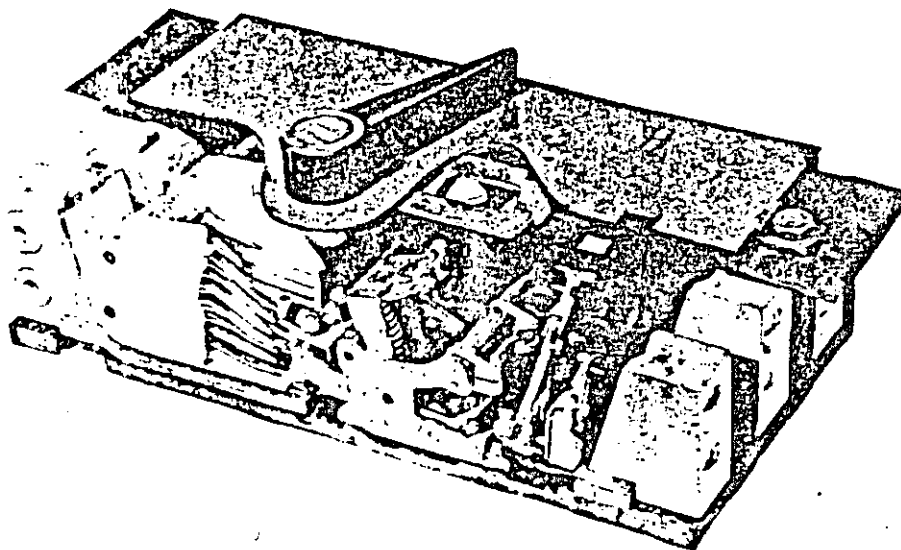
Se han visto ya las características de la unidad TERMICA DE DISPARO, pero existen refinamientos más que pueden ser introducidos a la unidad de DISPARO: el DISPARO MAGNETICO.

El tiempo de operación de un interruptor térmico dependiendo este del movimiento mecánico del bimetálico. Tiene en un tiempo -cualquiera, un valor mínimo bien definido, aún con severas corrientes de corto- circuito. Si se pudiera introducir algún --elemento discriminante, que operara instantáneamente en corto --circuito; pero que no afectara la respuesta térmica en pequeñas sobrecargas, se obtendría una respuesta más satisfactoria. Esto es exactamente lo que ocurre en la combinación termomagnética del interruptor.

El elemento básico de esta unidad es un yugo magnético, que rodea parcialmente al bimetálico. Este yugo está provisto de una armadura de hierro dulce montada sobre un resorte. Las corrientes elevadas consideran un disparo magnético a partir de 10 veces el valor de la corriente nominal crean un campo magnético -que atrae a la armadura, esta libera el cerrojo de disparo de la misma forma que lo hace el bimetálico en una sobrecarga.

Con el objeto de llevar a cabo una mejor protección contra las corrientes de corto circuito, la unidad "magnética de disparo" es ajustable. Este provee una posición baja y alta, que es un acercamiento y alejamiento respectivamente de la armadura con respecto al yugo magnético.

Este movimiento de la armadura varía el valor de la corriente en que el interruptor disparará instantáneamente. Esto último resulta de gran utilidad, especialmente en problemas de coordinación.



CAPITULO VIII

CALIBRACION

El incremento en la temperatura de un bimetálico con una sección transversal uniforme a todo lo largo será:

$$(T_2 - T_1) = \frac{Kl^2RT}{W^2t^2} \quad - (1)$$

donde $T_2 - T_1$ = Incremento de la temperatura

l = corriente efectiva

R = resistividad

T = tiempo

W = ancho

t = grueso

K = constante (1.73×10^{-9} en el sistema inglés)

Se puede apreciar en esta formula que: el efecto térmico para una hoja de área constante, es independiente la longitud y es directamente proporcional a las pérdidas de I^2R . Esto significa que en un interruptor termomagnético, el área y -- longitud del bimetálico permanecen constantes logrando obtener la flexión deseada variando la resistibilidad de éste.

Con lo anterior también con lo que se dijo en el capítulo pasado respecto a las características de flexión de los bimetálicos y el hecho de que los interruptores termomagnéticos se calibran para que disparen automáticamente a un valor de temperatura, podemos decir:

1.- Un interruptor termomagnético se dispara automáticamente cuando la flexión del bimetálico llegue a un valor predeterminado de temperatura. Es decir que un bimetálico calentado por el paso de la corriente a través de él, o a través de un calentador adyacente (debido a las pérdidas por I^2R) requiere de un valor particular de corriente para producir un incremento máximo (definido) de temperatura en el bimetálico; el cual -- producirá una flexión (estando el interruptor calibrado a esta flexión) que habrá de desarrollar la fuerza necesaria para disparar el interruptor. Esta temperatura de disparo es igual a la temperatura nominal ambiental, más el incremento máximo de temperatura posible para un valor dado de corriente; siendo alcanzado este incremento máximo de temperatura, cuando las -- pérdidas de calor del bimetálico sean iguales a las pérdidas por I^2R .

2.- Si el interruptor es calibrado para un cierto valor en una temperatura ambiental nominal y después utilizado en otra temperatura ambiental, el interruptor mantendrá su valor nominal. Ya que si opera a una temperatura mayor a la nominal,

menor será el incremento de temperatura. Puesto que el incremento de temperatura (DT) requerido para disparar automáticamente al interruptor es igual a la temperatura de disparo (T) menos la temperatura ambiental (TA) i.e. $DT=T.TA$.

3.- Es necesario recordar que un interruptor termomagnético debe ser capaz de soportar, en servicio continuo, su corriente nominal a una temperatura ambiente de $40 \pm 3^\circ\text{C}$ sin que se dispare.

4.- Las pruebas de calibración pueden hacerse al voltaje -- más conveniente, usando ya sea; corriente directa o alterna. Tomando en consideración las características del interruptor y sus condiciones probables de operación

Para determinar si el interruptor termomagnético cumple con la tabla dada al principio del capítulo anterior, para una -- operación del 200% de la corriente nominal, cada polo sera -- probado separadamente. Para determinar si el interruptor multipolar cumple con estos requerimientos, todos los polos habrán de conducir cargas idénticas

Los conductores utilizados para efectuar las conexiones deben de ser de cobre y de tamaños segun lo indique la tabla -- sig.; con un largo de 70cm. (4 pies). Pudiendo ser RH, RHH, -- RHW, THW, THWN o XHHW.

VALORES NOMINALES
DE CORRIENTE

TAMAÑO DEL
CONDUCTOR

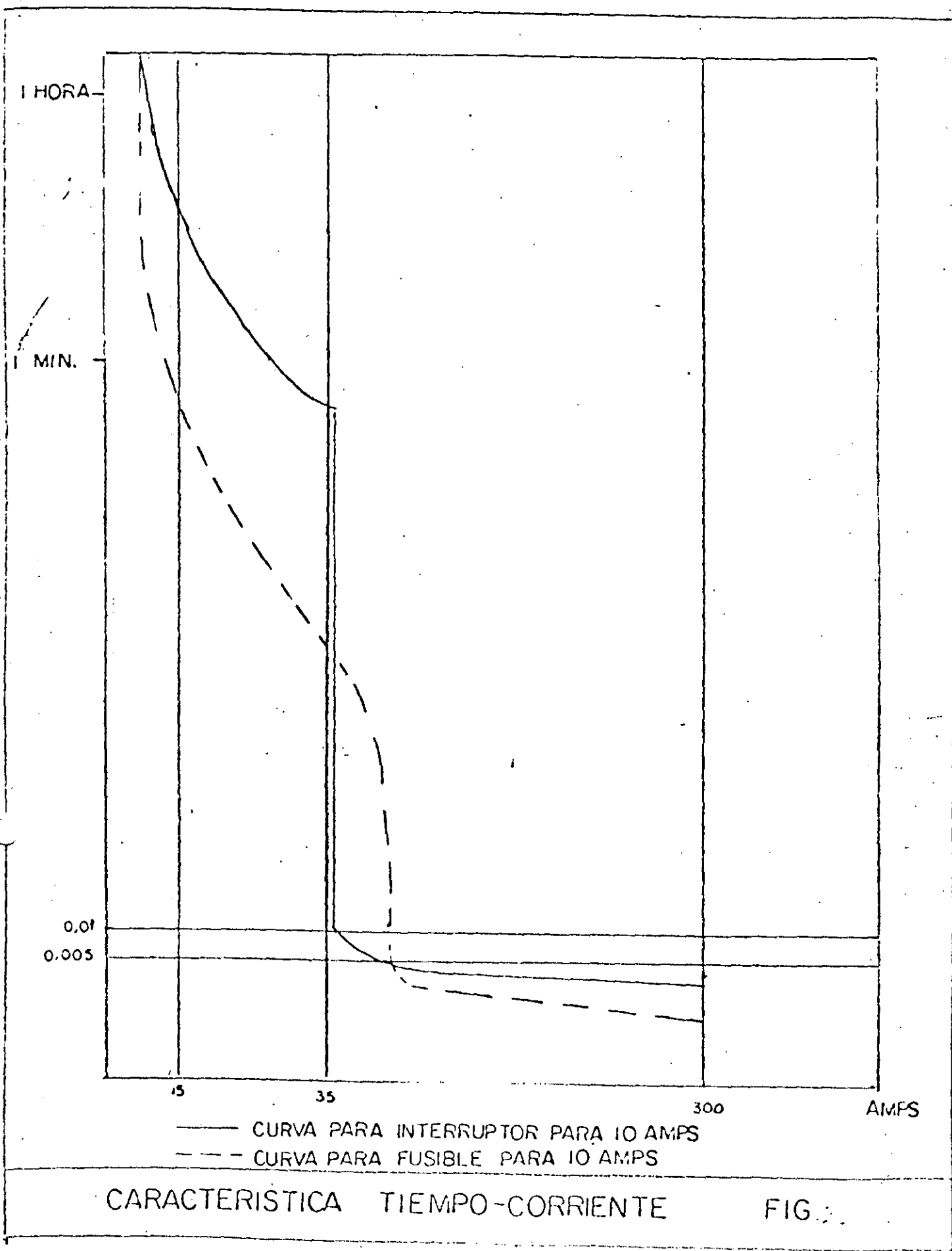
(AMPS)

15 o menos				14 AWG
20				12 "
25				10 "
30				10 "
40				8 "
50				6 "
60				4 "
70				4 "
80				3 "
90				2 "
100				1 "
110				1 "
125				1/00 AWG
150				1/0 "
175				2/0 "
200				3/0 "
225				4/0 "
250				250 MCM
275				300 "
300				350 "
325				400 "
350				500 "
400	2 conductores en paralelo			3/0 AWG
450	2	"	"	4/0 "
500	2	"	"	250 MCM
550	2	"	"	300 "
600	2	"	"	350 "
700	2	"	"	500 "
800	3	"	"	300 "
1,000	3	"	"	400 "
1,200	4	"	"	350 "
	3	"	"	600 "

VALORES NOMINALES DE CORRIENTE (AMPS)		TAMAÑO DEL CONDUCTOR			
1,400	4 conductores en paralelo	500	MCM		
1,600	5 " " "	400	"		
	4 " " "	600	"		
2,000	6 " " "	400	"		
	5 " " "	600	"		
2,500	8 " " "	400	"		
	7 " " "	500	"		
	6 " " "	600	"		
3,000	9 " " "	400	"		
	8 " " "	500	"		
	7 " " "	600	"		
4,000	12 " " "	400	"		
	11 " " "	500	"		
	10 " " "	600	"		

5.- Puesto que la unidad térmica opera debido al hecho de un incremento de temperatura, entonces cualquier componente del interruptor que pueda influenciar es incremento de temperatura podrá también influenciar la calibración del interruptor. Los factores que habrán de influenciar la calibración del interruptor serán:

- a.- La resistencia del bimetálico
- b.- Fricción en el bimetálico
- c.- Flexión del bimetálico
- d.- Corriente de calibración
- e.- Temperatura ambiental



a.- El rango óptimo de calibración habrá de ser entre el 109% y 115% del valor nominal del interruptor con la correspondiente temperatura de disparo de 132°C y 145°C respectivamente. Esto permite una tolerancia de menos de 27°C y más de 11°C de variación en la temperatura de disparo. Con el objeto de permanecer en un plano de seguridad, tanto la construcción como el método de calibración debe ser tal que no permita más de 3° de variación nominal del interruptor.- De cualquier manera no es plausible el que las variaciones causadas por los cinco factores antes mencionados permanezcan en el mismo plano.

Estas tolerancias, entonces, serán divididas en cinco. Esto quiere decir que las tolerancias para cada factor de cambio debe ser tal que no permita más de $\pm 1^\circ\text{C}$ de cambio en el incremento en la temperatura, o más de un $\pm 6\%$ de cambio en el valor nominal del interruptor.

El cambio en la resistencia del bimetálico no afecta la forma de la curva de calibración, pero sí afecta el valor nominal del interruptor en una temperatura ambiental distinta de la ambiental nominal.

b.- Fricción en el bimetálico; si se requiere calibrar el interruptor mecánicamente, la tolerancia para la variación en la fuerza mecánica que se aplica sobre el bimetálico, debe de ser calculada en la fórmula

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{DT_2}{DT_1} = \frac{T-TA_2}{T-TA_1}$$

donde $I_1; I_2$ = Valor de la corriente requerido para disparar el interruptor a una temperatura ambiental (I_1 I_2 , respectivamente)

DT = Incremento de Temperatura 1
DT₂= " " " 2
T = Temperatura de Disparo
TA₁= Temperatura Ambiental Nominal
TA₂= Temperatura Ambiental

Con valor DT= 1°C variación causada por fricción debe de ser mantenida en una tolerancia de ± 6 .

c.- Flexión del bimetal; de manera experimental se ha establecido que un bimetal se flexiona .25 mm/°C. De ahí que la variación en la flexión que se requiere para disparar un interruptor, deba de mantenerse en ± 25 . El radio de giro tomado en la orilla de la barra de disparo debe de mantenerse pequeño de tal manera que la flexión del bimetal no varía en el momento de hacer contacto con el mecanismo de ajuste.

d.- Corriente de calibración; si se requiere mantener el interruptor dentro de tolerancia de .6% del valor nominal, el valor de la corriente debe de mantenerse dentro del .6%

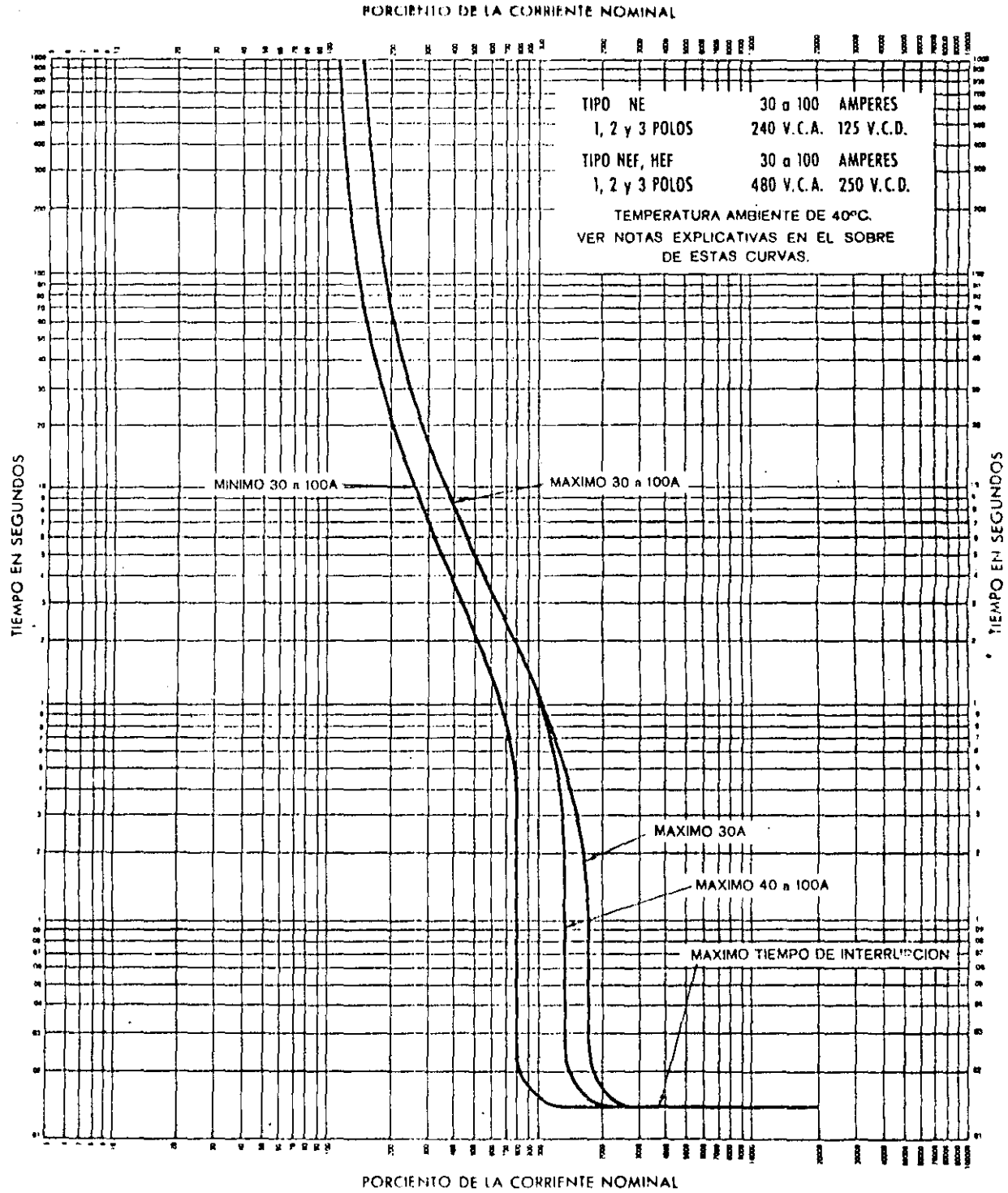
e.- Ambiente; la temperatura nominal ambiental debe mantenerse dentro de 1°C

Interruptores Termomagnéticos en caja moldeada

CLASE 1000

CURVA CARACTERISTICA DE DISPARO

Marco: E. EF



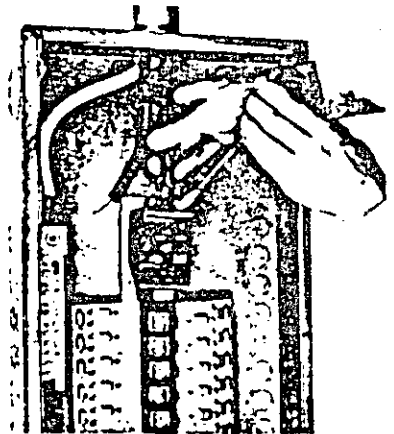
FEDERAL PACIFIC ELECTRIC DE MEXICO, S. A. DE C. V.

ABRIL 1981
Hoja No. 6

C A P I T U L O XI

SELECCION APROPIADA EN LA PRACTICA

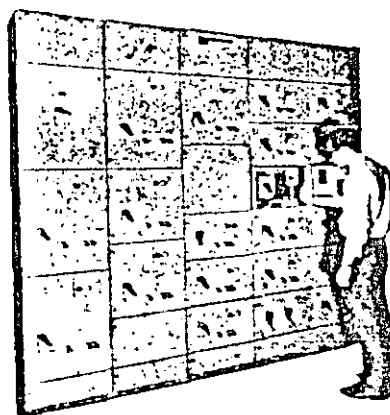
Debemos tomar en consideración que los interruptores termomagnéticos tienen aplicación en aquellos sistemas de distribución con voltaje nominal igual o menor a los 600 volts C.A. y 250 volts C.D. Hasta muy recientemente se habían producido interruptores calibrados para una temperatura nominal ambiental de 25°C. De cualquier manera, la industria eléctrica produce también interruptores calibrados para trabajar a 40°C Esta calibración a 40°C permite las aplicaciones donde el interruptor se encuentra dentro de una caja cerrada.



Un interruptor dentro de la caja, a una temperatura ambiental de 25°C; tendrá su elemento de operación expuesto dentro del gabinete a una temperatura aproximadamente 40°C.

Los interruptores termomagnéticos son instalados en una gran variedad de cajas y gabinetes, tales como tableros tipo panel, tableros de distribución, centros de carga combinaciones de arrancadores e interruptores, en electroducto y en gabinetes individuales.

Debido al diseño compacto, el interruptor termomagnético en caja moldeada es apropiado para su agrupación y con la conservación de espacios reducidos.



Se dijo ya que este tipo de interruptores ha sido diseñado para la protección del conductor. Pero un cable puede alimentar una gran variedad de equipo y es necesario saber las características operacionales del equipo en la selección de la protección. Por ello consideramos en manera general dos tipos de circuitos, aquellos que alimentan cargas constantes, tales como sistemas.

de alumbrado y aquellos que alimentan cargas tales como motores, transformadores, etc.

En cualquier circuito, la selección del interruptor se basa en el voltaje nominal y en la corriente disponible en el punto de la instalación. En los circuitos derivados de alumbrado, la carga es determinada y el tamaño del cable -- que habrá de alimentarla es seleccionado. El interruptor derivado es entonces seleccionado para encontrar los valores de corrientes nominales, utilizando el valor nominal mayor inmediato del interruptor, en caso de que éste no corresponda exactamente con la corriente nominal del circuito.

En los circuitos derivados que alimentan lámparas de 750 WATTS o mayores, es conveniente especificar interruptores de un polo para cargas de lámparas de Tungsteno. Con objeto de eliminar los disparos debidos a las corrientes de energización.

Los circuitos derivados que alimenten lámparas con balastro el cable y el interruptor son seleccionados en base a la corriente nominal de la balastro y no con la potencia de la lámpara. Para aquellos circuitos derivados de alumbrado que son energizados por largos periodos de tiempo, se habrá de considerar 125% de la carga.

En los expendios de gasolina, en que se requiere que todos los circuitos que alimenten o que circulen a través de las bombas de gasolina, sean desconectados simultáneamente. Este tipo de circuitos requiere de un sistema con desconexión del neutro, en donde un interruptor de dos polos interrumpe la línea y el neutro aterrizado o no aterrizado. -

Este interruptor abre ambos polos simultáneamente por medio de una barra de común disparo.

En la alimentación de motores, los interruptores termomagnéticos pueden ser usados efectivamente de dos maneras. Una sirve al motor como medio de desconexión. Otra provee la protección contra corrientes de corto circuito además de alguna protección contra sobrecarga. Considerando ahora la primera selección.

Las dos primeras reglas en la correlación de las características de disparo del interruptor, con aquellas de operación del motor son:

- 1o. El interruptor deberá tener un valor nominal de corriente de por lo menos 115% de la corriente de plena carga del motor (C P G)

- 2o El valor de la corriente nominal del interruptor no debe exceder el máximo valor especificado por las reglas de observación (N.E.C. tabla 430-146) para los tamaños de motores considerados.

Pero cuando se interpreta literalmente, la primera regla no necesariamente asegura que el interruptor conducirá continuamente la corriente plena carta en el ambiente de su aplicación. Esto es comprensible al recordar que la mayoría de los motores tienen temperaturas ambientales nominales de 40°C o más, y que los interruptores termomagnéticos tienen temperaturas ambientales nomiles de 25°C.

Si se instala el interruptor en el mismo gabinete del motor, tendremos dentro, temperaturas de 10°C por encima de aquellas fuera del gabinete. Es por ello que bajo tales condiciones el interruptor debe de ser compensado. - El grado de compensación debe ser el suficiente para evitar los disparos innecesarios.

Aquellos interruptores termomagnéticos montados en tableros de distribución instalados en el punto de mayor corriente de falla disponible Existen para estos casos - interruptores, con caja moldeada de fenol formaldehido, generalmente con capacidades interruptivas de 50,000 amperes en 240 V.A.C. 35,000 Amperes en 480 V.A.C.

Tambien existen casos en los interruptores de alta capacidad interruptiva, generalmente de caja moldeada de -- Poliester insaturado con relleno de Fibra de Vidrio, con capacidades interruptivas de 75,000 amperes en 240 volts 30,000 o 40,000 en 480 volts. Por encima de estos interruptores, existen un tipo que combina el interruptor termomagnético con fusibles limitadores de corriente, que proporcionan capacidades interruptivas demás de 100,000 amperes.

Los interruptores termomagnéticos tienen un valor asimétrico nominal de interrupción en amperes. Este valor es el promedio efectivo de las corrientes de falla en las tres fases, medidas medio ciclo después de ocurrida la falla. La corriente en cada fase tiene un valor distinto con un valor, por lo menos mayor que el promedio. Esto significa que un polo del interruptor tiene que soportar, térmica y mecánicamente una corriente mayor que su valor nominal. Este valor de corriente depende de la relación "X/R" del circuito. Los in--

terruptores termomagnéticos en tres factores de potencia distintos dependiendo de su capacidad interruptiva. En una capacidad interruptiva de 10.000 amperes o menores, al factor de potencia de la prueba estará entre 45% y 50 correspondientes a una relación X/R de 1.984 a 1,732 entre 10.001 y 20,000 -- amperes el valor de factor de potencia correspondientes es -- entre 20 y 30% es decir X/R de 4.90-3.18 por encima de los -- 20,000 amperes el factor de potencia es de 15 a 20% es decir X/R de 6.59 a 4.90. Utilizando 15% de factor potencia el interruptor termomagnético estará sujeto en un polo a un valor térmico y mecánico pico de aproximadamente 46.000 amperes -- teniendo tan solo 25,000 amperes de capacidad interruptiva. Los valores serán distintos de otros factores de potencia.

El artículo 240.25 del Código Nacional Eléctrico (NEC) - estipula:

Cada interruptor termomagnético marcado con un voltaje nominal de 240 volts o menos de 100 amperes o menos, que tenga una capacidad interruptiva mayor a 5000 amperes, tendrá que mostrar en su etiqueta a su capacidad interruptiva. Si el interruptor posee un voltaje nominal superior a 240 volts. o -- más de 100 amperes que tenga además una capacidad interruptiva superior a los 10,000 amperes, deberá mostrar en el interruptor o en su etiqueta.

En la selección y aplicación efectiva de este tipo de protección, es necesario analizar las características del sistema. Un ejemplo de esto seria:

1. Voltaje nominal del circuito
2. Corriente de Carga
3. Corriente disponible de Corto Circuito

4. Temperatura ambiental
5. Frecuencia
6. Condiciones de Operación
7. Accesorios

VOLTAJE NOMINAL

La norma CCONNIE 5.3.1 dicta que " Los interruptores no deben usarse en circuitos que tengan tensiones nominales - mayores al voltaje nominal del interruptor". Por lo que al seleccionar el interruptor se busca que el voltaje nominal de éste sea igual o mayor que el del circuito.

CORRIENTE DE CARGA

El Código Nacional Eléctrico (N.E.C.) menciona lo siguiente: " Se considera como corriente de carga continua a - - aquella que perdura por un lapso mayor de 3 horas".

Más adelante establece que: " La corriente de carga continua suministrada por un circuito derivado no deberá exceder el 80 por ciento de la corriente nominal del interruptor" - a excepción de aquellos interruptores que indiquen claramente que se pueden utilizar al 100 por ciento de su capacidad nominal.

CORRIENTES DISPONIBLES DE CORTO CIRCUITO

Se deberá aplicar el interruptor que tenga una capacidad interruptiva (en amperes simétricos) igual o mayor a la corriente simétrica disponible en el punto de aplicación.

TEMPERATURA AMBIENTAL

Como se dijo ya al principio de este capítulo, la corriente nominal del interruptor está basada en una operación -

a 40°C. de temperatura ambiente, o sea que el interruptor funcionará al 100 por ciento de su capacidad nominal cuando la temperatura circundante sea de 40°C. En caso contrario se recomienda revalorar las capacidades nominales tanto del interruptor como del cable.

FRECUENCIA NOMINAL

La mayoría de los interruptores termomagnéticos pueden aplicarse a sistemas de 50 ó 60 Hz sin que se tengan problemas con los valores de disparo. Para frecuencias distintas a estas es muy recomendable consultar a los fabricantes, ya que las características de disparo pueden variar debido a los calentamientos de los metales del interruptor.

CONDICIONES DE OPERACION

La norma CCONNIE de Octubre de 1973, (5.3-1) establece como condiciones especiales de servicio las siguientes:

- a) Exposición a ambientes o polvos corrosivos.
- b) Exposición a polvos y vapores
- c) Operación a temperaturas ambientales mayores de los 40°C. menores a 0°C
- d) Vibraciones Anormales.
- e) Operación a altitudes mayores de 2400 msnm.
- f) Aplicaciones especiales.

ACCESORIOS

Los fabricantes de interruptores termomagnéticos han desarrollado una gama muy amplia de accesorios, los más comunes en el mercado nacional son los siguientes:

- a) Contactos Auxiliares.- Pueden ser abiertos o cerrados según la posición del mecanismo del interruptor.
- b) Alarma.- Puede ser sonora, visual o ambas; se acciona cuando el interruptor opera automáticamente, anunciando que se ha disparado debido a una sobrecorriente.
- c) Bobina de No- Voltaje.- Su función es la de mantener disparado al interruptor cuando el voltaje de línea se encuentra por debajo de un valor determinado.
- d) Motor accionador del mecanismo.- Se monta por lo general en el exterior del interruptor, acciona el mecanismo a control remoto.
- e) Disparo en derivación.- Básicamente es un solenoide que al ser energizado dispara el mecanismo del interruptor. Esto es de gran utilidad cuando existe la necesidad de disparar el interruptor a control remoto.

Además de lo anterior, se sabe que la selección del tipo de protección en un sistema de distribución en cualquier -- clase de industria, se transforma en una consideración económica de los factores consernientes con las perdidas en la producción debido a fallas en el sistema. Al hacer estas -- evaluaciones se debe recordar que los sistemas de distribución en baja tensión son el eslabón en la cadena de la producción y que deben ser consideradas en su debida perspectiva pues el costo de una falla debe incluir perdidas en la -

9.- CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA :

9.1.- INTRODUCCION :

EN UNA EPOCA EN QUE AUMENTAN CON RAPIDEZ LOS COSTOS DE LA ENERGIA Y ESCASEAN CADA VEZ MAS LOS PUNTOS DE SU PROCEDENCIA, EL REDUCIR SUS PERDIDAS CONSTITUYE NO SOLO UNA LABOR MERITORIA SINO QUE ES UNA URGENTE NECESIDAD. POR LO TANTO EL ANALISIS DE LAS POSIBILIDADES DE AHORRO EN LOS COSTOS DE LA ENERGIA POR CUALQUIER MEDIO, ES SUMAMENTE NECESARIO.

EN EL PRESENTE ESTUDIO NOS OCUPAREMOS DE LA REDUCCION DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA ELECTRICA MEDIANTE EL EMPLEO DE CAPACITORES EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES.

9.2.- BREVES CONSIDERACIONES TEORICAS :

EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES POR LO GENERAL SE PUEDEN DISTINGUIR DOS TIPOS DE CARGAS ELECTRICAS QUE SON LAS CARGAS OHMICAS O RESISTIVAS Y CARGAS REACTIVAS.

LAS CARGAS RESISTIVAS TOMAN CORRIENTES QUE SE ENCUENTRAN EN FASE CON EL VOLTAJE QUE SE APLICA A LAS MISMAS Y POR CONSIGUIENTE LA ENERGIA ELECTRICA QUE CONSUMEN SE TRANSFORMA TOTALMENTE EN TRABAJO MECANICO, EN CALOR O CUALQUIER OTRA FORMA DE ENERGIA NO RETORNABLE DIRECTAMENTE A LA RED ELECTRICA. ESTE TIPO DE CORRIENTES SE DENOMINAN CORRIENTES ACTIVAS. (FIG. 1.9).

POR OTRO LADO, LAS CARGAS REACTIVAS IDEALES TOMAN CORRIENTES QUE SE ENCUENTRAN DEFASADAS 90 CON RESPECTO AL VOLTAJE QUE SE LES APLICA, EN UN CASO ATRASADAS (REACTIVA INDUCTIVA) Y EN OTRO CASO ADELANTADA (REACTIVA CAPACITIVA) Y POR TANTO LA ENERGIA ELECTRICA QUE LLEGA A ELLAS NO SE CONSUME SINO QUE SE ALMACE-

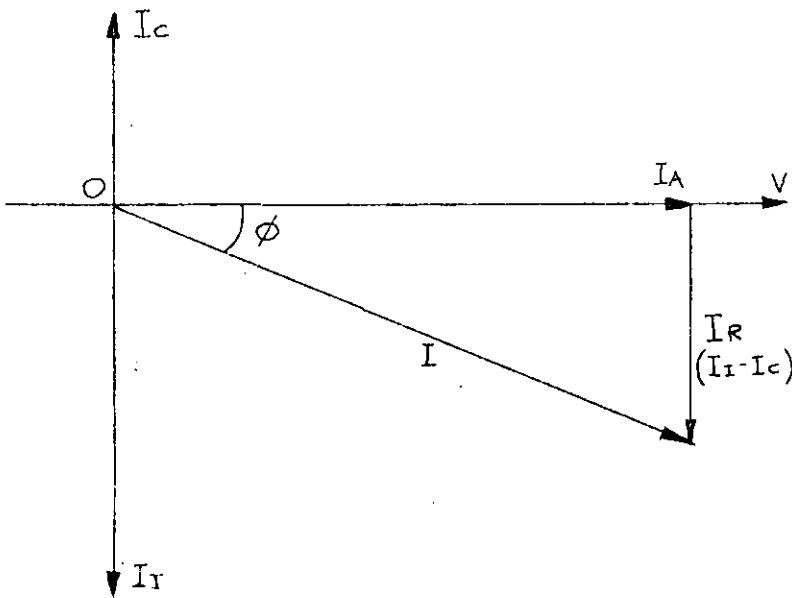
LOS LIMITES DE LOS ANGULOS ϕ SON -90° a $+90^\circ$ CORRESPONDIENDO A INDUCTAN-
CIA Y CAPACITANCIA PURAS, RESPECTIVAMENTE.

SE DEMUESTRA QUE LA POTENCIA ES EL PRODUCTO DE LA TENSION POR SU CORRIEN-
TE ASOCIADA Y EN CORRIENTE ALTERNA DEBE ESPECIFICARSE EL ANGULO QUE FOR-
MAN LOS DOS VECTORES, LLEGANDOSE A LA SIGUIENTE EXPRESION

$$P = VI \cos \phi + JVI \sin \phi \quad (1)$$

EL PRIMER TERMINO REPRESENTA LA POTENCIA ACTIVA Y EL SEGUNDO LA REACTI-
VA.

POR DEFINICION, FACTOR DE POTENCIA ES EL COSENO DEL ANGULO FORMADO POR
EL VECTOR DE POTENCIA ACTIVA Y EL DE LA POTENCIA TOTAL O APARENTE, Y
VARIARA DE 1 A 0 DANDOSE LOS VALORES EN PORCIENTO NORMALMENTE. VER FIG. #
(3.9) Y (4.9)



(FIG. 3.9)

RELACION ANGULAR ENTRE LAS CORRIENTES Y EL VOLTAJE.

I = CORRIENTE TOTAL

I_A = CORRIENTE ACTIVA = $I \cos \phi$

I_R = CORRIENTE REACTIVA = $I \sin \phi$

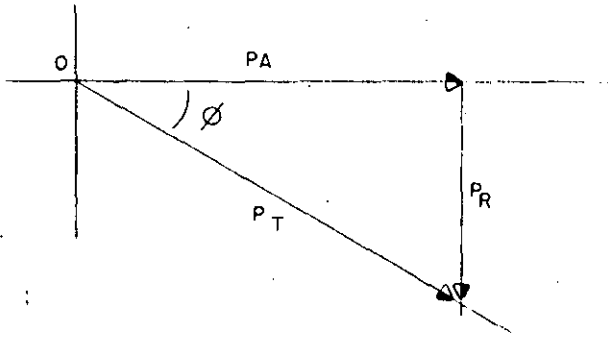


FIG. N° 4.9

RELACION ANGULAR ENTRE LAS POTENCIAS.

P_A = POTENCIA ACTIVA KW

P_R = POTENCIA REACTIVA KVAR

P_T = POTENCIA APARENTE KVA

$$\cos \phi = \text{F.P.} = \frac{P_A}{P_T} = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}} \quad (2)$$

DE LAS FIGURAS 3.9 Y 4.9 PUEDE OBSERVARSE QUE CUANTO MAYOR SEA LA CORRIENTE REACTIVA I_R , MAYOR SERÁ EL ANGULO ϕ Y POR TANTO MAS BAJO EL FACTOR DE POTENCIA R , ESTO IMPLICA UN CONSUMO ELEVADO DE CORRIENTES REACTIVAS QUE LLEVAN EL RIESGO DE INCURRIR EN PERDIDAS EXCESIVAS Y SOBRECARGAS EN EQUIPOS Y LINEAS ELECTRICAS QUE SE TRADUCE EN LA NECESIDAD DE CABLES DE MAYOR CALIBRE, NUEVOS EQUIPOS DE GENERACION Y TRANSFORMACION Y EL PAGO DE LAS PENALIDADES IMPUESTAS POR LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS.

UNA FORMA SENCILLA Y ECONOMICA DE RESOLVER ESTOS PROBLEMAS, ES EL INSTALAR CAPACITORES DE POTENCIA EN ALTA O BAJA TENSION, CONECTADOS EN PARALELO A LA CARGA DE LA INSTALACION INDUSTRIAL DE QUE SE TRATE YA QUE ESTOS REPRESENTAN CORRIENTES REACTIVAS CAPACITIVAS QUE SE ENCUENTRAN DEFASADAS 90° EN ADELANTO RESPECTO DEL VOLTAJE Y POR CONSIGUIENTE EN OPOSICION DE LAS CORRIENTES REACTIVAS INDUCTIVAS, QUE TENDRA POR EFECTO FINAL EL REDUCIR LA CORRIENTE REACTIVA TOTAL (I_R).

LA FIGURA 4A.9 MUESTRA LA MISMA PLANTA INDUSTRIAL DE LA FIGURA 2A.9 PERO CON UN BANCO DE CAPACITORES DE POTENCIA, DE REACTANCIA X_C INSTALADO EN PARALELO CON LA CARGA.

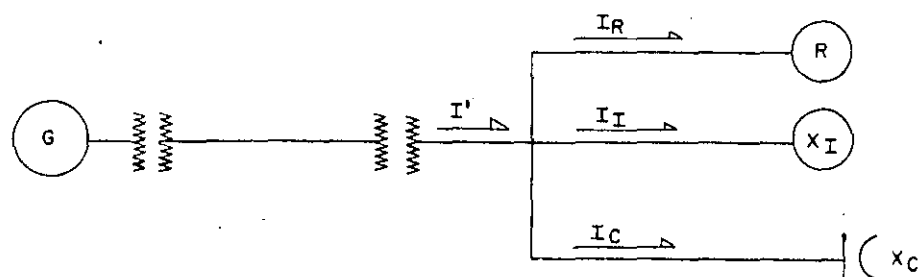


FIG. N° 4A.9

FACTOR DE POTENCIA ATRASADO O ADELANTADO

EL CONCEPTO DE FACTOR DE POTENCIA ATRASADO O ADELANTADO DEPENDE DE LA DIRECCION EN QUE FLUYAN LAS POTENCIAS ACTIVA Y REACTIVA. SE DICE QUE EN UN PUNTO EL F.P. ES ATRASADO SI LAS POTENCIAS FLUYEN EN LA MISMA DIRECCION, COMO SUCEDER EN LOS MOTORES DE INDUCCION. CUANDO LAS POTENCIAS ACTIVA Y REACTIVA FLUYEN EN SENTIDO CONTRARIO, EL F.P. EN EL PUNTO DE REFERENCIA ES ADELANTADO.

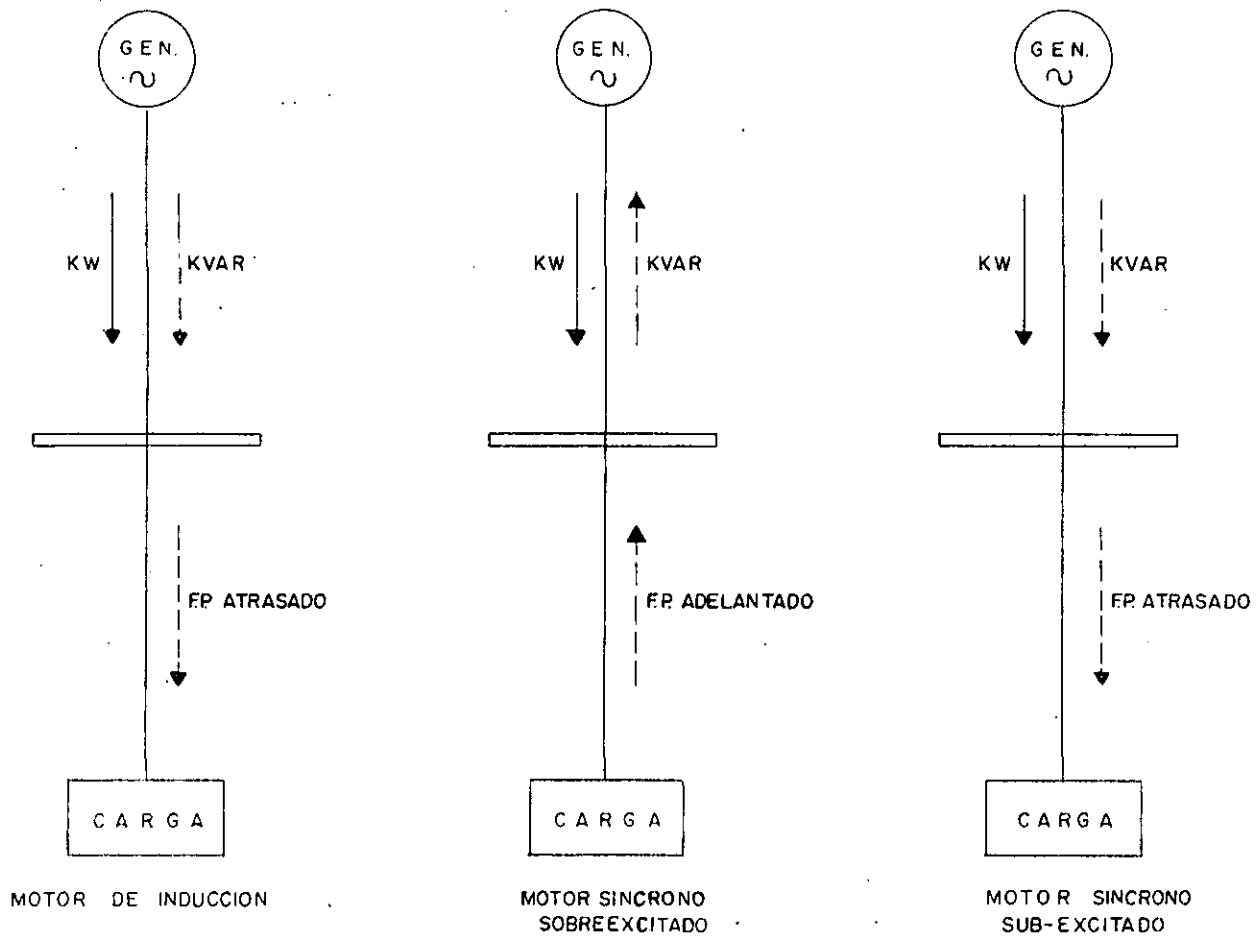


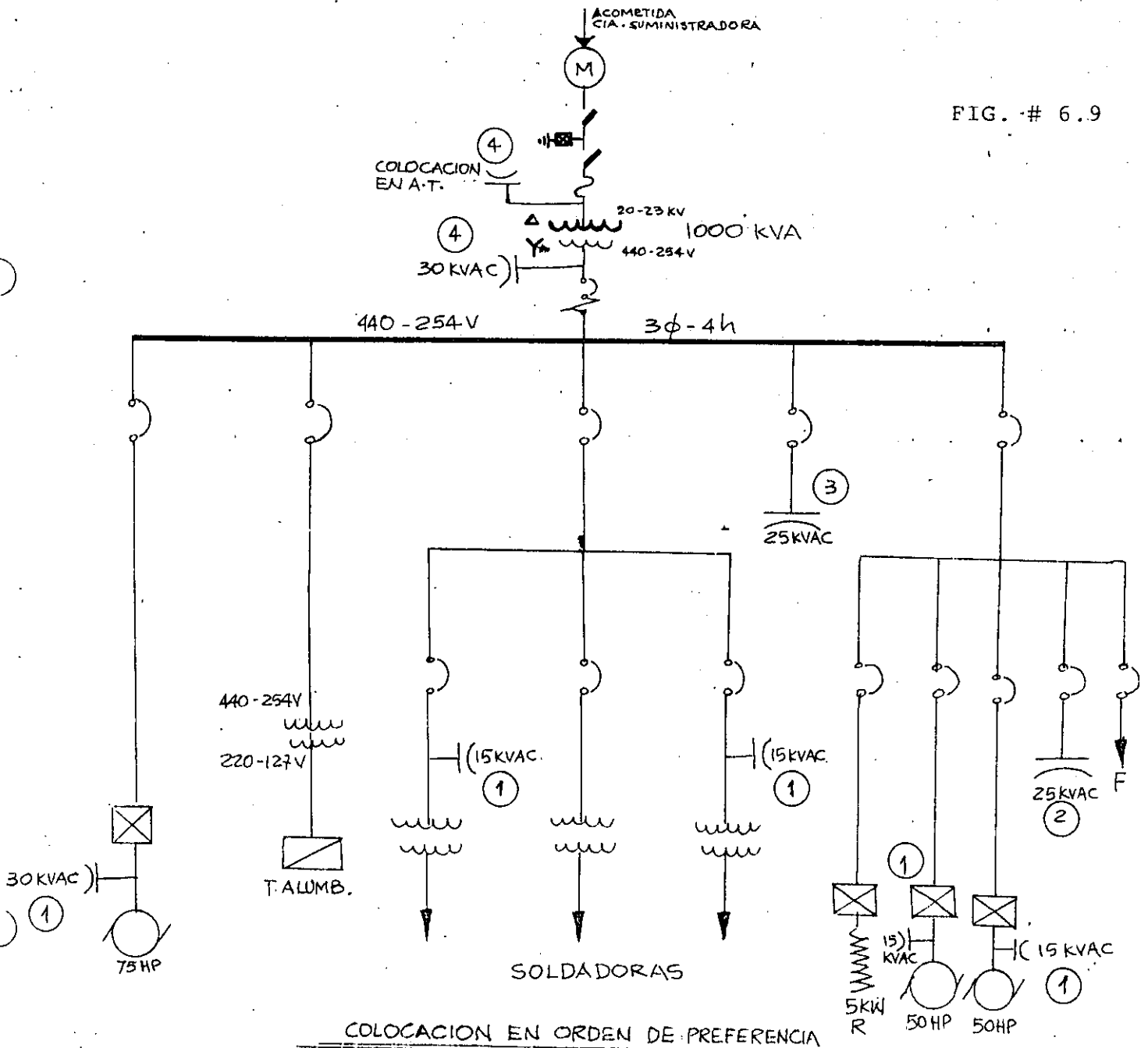
FIG. No. 5.9

9.3.- BENEFICIOS DE LA CORRECCION DEL F. P.

- A).- DISMINUIR LAS PERDIDAS DE ENERGIA POR CALENTAMIENTO (I^2R)
- B).- DISMINUIR LAS PERDIDAS EN VOLTAJE (IR)
- C).- AUMENTAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.
- D).- REDUCCION DE COSTOS POR ENERGIA CONSUMIDA Y ELIMINACION DE MULTAS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA.

COMO SE OBSERVARA A CONTINUACION, LOS BENEFICIOS DE LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA SON MAXIMOS CUANDO LOS CAPACITORES O MOTORES SINCRONOS SE INSTALAN JUNTO A LAS CARGAS INDUCTIVAS.

FIG. # 6.9



LAMPARAS. LAS LAMPARAS FLUORESCENTES Y LAS DE DESCARGA TIENEN F. P. DE APROXIMADAMENTE 70%. SI SE USA EL BALASTRO INDICADO SU F. P. PUEDE LLEGAR HASTA 90%.

HORNOS. LOS HORNOS DE ARCO TIENEN F. P. TIPICOS DE 65-75%. LA CORRECCION DE SU F. P. PUEDE SER PROBLEMA.

LOS HORNOS DE INDUCCION TIENEN UN F. P. DE 30-70% DE CORRECCION DE SU F. P. SE DEBE HACER CONECTANDO Y DESCONECTANDO CAPACITORES PARA MANTENERLO LO MAS CERCANO POSIBLE A LA UNIDAD.

TRANSFORMADORES. ORDINARIAMENTE NO SE CONSIDERAN COMO CARGAS; PERO CONTRIBUYEN A BAJAR EL F. P. DEBIDO A QUE SU CORRIENTE DE EXCITACION ES DEL 1 AL 2% DE LA NOMINAL INDEPENDIENTEMENTE DE SU CARGA Y LAS PERDIDAS EN SUS DEVANADOS SON PROPORCIONALES AL CUADRO DE LA CORRIENTE DE CARGA.

VALORES TIPICOS DE F. P. NO
CORREGIDOS PARA DIFERENTES
INDUSTRIAS

VALORES TIPICOS DE F. P. EN
PLANTAS DE OPERACION

INDUSTRIA	F. P.	OPERACION	F. P.
PARTES AUTOMOTRICES	75-80	COMPRESORES DE AIRE	
CERVECERAS	75-80	MOTORES EXTERNOS	75-80
CEMENTERAS	80-85	MOTORES HERMETICOS	50-80
QUIMICAS	65-75		
MINAS DE CARBON	65-80	METALISTICA	
IND. DE VESTIDOS	35-60	SOLDADURA DE ARCO	35-60
ELECTROPLASTIA	65-70	CON CAPACITORES	70-80
FUNDICION	75-80		
FORJADORAS	70-80	FRESADO	40-65
HOSPITALES	75-80		
MANUFACTURERAS		CRISOLES	
DE MAQUINARIA	60-65	HORNOS DE ACERO	75-90
OFICINAS	80-85	HORNOS DE INDUCCION	100
BOMBEO	40-65		
PLASTICOS	55-70	ESTAMPADO	
ESTAMPADO	60-70	ESTANDARD	60-70
SIDERURGICAS	65-80	ALTA VELOCIDAD	45-60
TEXTILES	65-75		
HERRAMIENTA		PULVERIZADO	60-65
TROQUELADORAS	60-65		

EL SISTEMA POR MEDIDORES DE ENERGIA, QUE COMUNMENTE EMPLEAN LAS COMPANIAS SUMINISTRADORAS, NOS DARA VALORES MAS CORRECTOS, YA QUE ESTOS APARATOS TIENEN LA PROPIEDAD DE INTEGRAR LA ENERGIA CONSUMIDA SUMANDO A CADA INSTANTE LAS VARIACIONES DEL CONSUMO YA SEAN PEQUEÑAS O GRANDES EN UN MOMENTO DADO. ESTAS ENERGIAS SON: LA EFECTIVA KWH Y LA REACTIVA EN KVARH.

POR LO ANTERIOR PODEMOS OBTENER UN VALOR DE F. P. MAS CONCRETO, EXPRESADO COMO SIGUE:

$$\cos \phi = \frac{KWH}{\sqrt{KWH^2 + KVARH^2}} \quad \text{--- (7')}$$

EJEMPLO :

I).- -PARA TENER UN PANORAMA MAS AMPLIO EN EL CALCULO DEL FACTOR DE POTENCIA, SE ACONSEJA ELABORARLO MEDIANTE LOS DATOS DE LAS 3 ULTIMAS LECTURAS MENSUALES COMO - MINIMO, TOMADAS DE LOS MEDIDORES O INTEGRADORES DE ENERGIA DE LA COMPANIA SUMINISTRADORA; Y CONSIDERANDO QUE LA INDUSTRIA TRABAJA 240 HS/MES.

A).- LECTURAS	KWH	KVARH	D. MAX
JULIO 1982	86,500	105,000	425
AGOSTO 1982	59,000	63,000	280
SEP. 1982	71,000	82,500	490

B).- PROMEDIOS 72,166 83,500 398

C).- DEMANDAS MEDIAS
(DIVIDIENDO ENTRE 240 HRS. AL MES.)

300 KW 348 KVAR

D).- COS ϕ_1 Y TANG ϕ_1 :

$$\text{COS } \phi_1 = \frac{300}{\sqrt{300^2 + 348^2}} = \frac{3.0}{\sqrt{3.0^2 + 3.48^2}} = 0.65$$

$$\text{TANG } \phi_1 = \frac{\sqrt{1-0.65^2}}{0.65} = 1.17$$

E).- COS ϕ_2 : SE DECEA EL F. P. = 0.85 MINIMO PERMITIDO POR LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA EN SU CONTRATO.

$$\text{COS } \phi_2 = 0.85$$

$$\text{Y TANG } \phi_2 = 0.61$$

F).- KVAC DE LOS CAPACITORES PARA LA CORRECCION DE F.P.:

$$\text{KVAC} = 300 (1.17 - 0.61)$$

$$= 168$$

LOS CAPACITORES COMERCIALES QUE EXISTEN A LA FECHA TIENEN CAPACIDADES DESDE 5 HASTA 60 KVAR EN MULTIPLOS DE 5 EN 460 V, POR LO CONSIGUIENTE SE SELECCIONARAN LAS CAPACIDADES DE ESTOS DE ACUERDO AL NUMERO DE LUGARES DONDE DEBERAN COLOCARSE Y DE ACUERDO AL ORDEN DE PREFERENCIA SEGUN SE INDICA EN LA FIGURA N^o. 6.9

9.7 VOLTAJE DE OPERACION Y FRECUENCIA:

LOS CAPACITORES DE POTENCIA SE FABRICAN EN MEXICO PARA OPERAR A 60 Hz Y A LAS TENSIONES DE 230 V Y 460 V, SIN EMBARGO NO -- EXISTE NINGUN INCONVENIENTE TECNICO PARA QUE LOS CAPACITORES OPEREN FRECUENCIAS O VOLTAJES MAS BAJOS. LO ANTERIOR IMPLICA UNA DISMINUCION DE LA POTENCIA REACTIVA SUMINISTRADA DE ACUERDO A LAS FORMULAS SIGUIENTES:

CORRECCION DE LA CAPACIDAD POR FRECUENCIA:

$$(\text{KVAC}) \text{ SUMINISTRADOS} = \frac{\text{FRECUENCIA APLICADA}}{60} \times (\text{KVAC}) \text{ NOMINALES}$$

$$\text{KVAC}_S = \frac{FR}{FN}$$

CORRECCION DE LA CAPACIDAD POR VOLTAJE:

ANALOGAMENTE CUANDO LOS CAPACITORES SE OPERAN EN SISTEMAS CON UN VOLTAJE INFERIOR AL NOMINAL, DISMINUYE LA POTENCIA REACTIVA PROPORCIONALMENTE AL CUADRADO DE LA RELACION DE VOLTAJES:

$$(\text{KVAC}) \text{ SUMINISTRADOS} = \left(\frac{\text{VOLTAJE APLICADO}}{\text{VOLTAJE NOMINAL}} \right)^2 \times \text{KVAC NOMINALES.}$$

$$\text{KVAC}_S = \frac{(VR)^2}{(VN)^2}$$

LAS RELACIONES ANTERIORES SON SECUENCIA DE LA EXPRESION.

$$\text{KVAR} = 2 \pi f C (KV)^2 \times 10^{-3}$$

POR LO TANTO LAS CAPACIDADES OBTENIDAS EN EL EJEMPLO ANTERIOR, DEBERAN CORREGIRSE POR VOLTAJE APLICADO, DEBIDO A QUE ESTE ES 440 V, Y EL NOMINAL DEL CAPACITOR ES DE 460 V.

9.8 CALCULO DE LOS KVAR DEL CAPACITOR POR MEDIO DE TABLAS.

PARTIENDO DEL TRIANGULO DE POTENCIAS DE LA FIGURA 4.9 TENEMOS.

$$\text{TANG } \phi_1 = \frac{\text{KVAR}}{\text{KW}} \quad \text{EC. 1"}$$

DESPEJANDO KVAR

$$\text{KVAR} = \text{KW TANG. } \phi$$

DEL EJEMPLO TENEMOS QUE

$$\text{KVAR SISTEMA} = \text{KW} \times \text{TANG } \phi_1 \quad \text{EC. 2"}$$

$$\text{Y} \quad \text{KVAR LINEA} = \text{KW} \times \text{TANG } \phi_2 \quad \text{EC. 3"}$$

RESTANDO LA EC. 3" DE LA EC. 2" TENEMOS

$$\text{CKVAR} = \text{KVAR SISTEMA} - \text{KVAR LINEA} = \text{KW} (\text{TANG } \phi_1 - \text{TANG } \phi_2)$$

$$\text{CKVAR} = \text{KW} (\Delta \text{TANG}) \quad \text{EC. 4"}$$

EN BASE A LA ECUACION 4" LA TABLA 9.1 PROPORCIONA EL "MULTIPLICADOR DE KW" (Δ TANG) PARA DETERMINAR LOS KVAR QUE DEBEN SUMINISTRAR LOS CAPACITORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

LA SOLUCION DE UN EJEMPLO AL RESPECTO POR MEDIO DE LA TABLA 9.1 SERIA :

DATOS NECESARIOS

$$\text{F. P. ORIGINAL} = 0.8$$

$$\text{KW DEL SISTEMA} = 80$$

$$\text{F.P. CORREGIDO} = 0.9$$

EL MULTIPLICADOR DE KW (Δ TANG) PARA CORREGIR EL F. P. DE 0.8 A 0.9. ESTA DADO POR LA TABLA Y ES = 0.266 SUSTITUYENDO EN LA EC. 4"

$$\text{CKVAR} = 80 \times 0.266 = 21.3 \text{ KVAR} \quad \blacktriangleleft$$

9.9.1 METODOS DE COMPENSACION DEL F.P.

A).- COMPENSACION INDIVIDUAL

AUN CUANDO LA SELECCION DE CAPACITORES INSTALADOS DIRECTAMENTE A LOS MOTORES DE INDUCCION RESULTA POCO ECONOMICA, POR EL ALTO COSTO DE LAS UNIDADES EN TAMAÑOS PEQUEÑOS, ESTE METODO ESTA GANANDO POPULARIDAD POR SUS SIGUIENTES VENTAJAS.

- PROPORCIONAN UN BUEN F . P .
- NO NECESITAN ESTUDIO PREVIO DEL F . P .
- SU METODO DE CONEXION ASEGURA QUE EL CAPACITOR ESTE CONECTADO EN LA LINEA SOLO CUANDO SE NECESITA.
- SU LOCALIZACION Y CAPACIDAD ES LA MAS OPTIMA.

EL F . P . EN LOS MOTORES DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA A PLENA CARGA VARIA ENTRE EL 80 Y 90% DEPENDIENDO DE SU VELOCIDAD Y TIPO. PERO CON CARGAS LIGERAS SU F . P . DECRECE RAPIDAMENTE, COMO SE ILUSTRAS EN LA FIGURA 8.9, DEVIDO A QUE SU POTENCIA REACTIVA NO CAMBIA MUCHO CUANDO EL MOTOR TRABAJA EN VACIO O CUANDO TRABAJA EN CARGA PLENA.

ESTA CARACTERISTICA ES PARTICULARMENTE ATRACTIVA EN LA APLICACION DE CAPACITORES YA QUE CON UNA SELECCION APROPIADA DEL CAPACITOR (A UN 95% DE F . P . A PLENA CARGA) SU FACTOR DE POTENCIA A CUALQUIER CARGA SE HACE EXCELENTE (MAYOR DE 95%) .

B).- COMPENSACION EN GRUPO:

ESTE METODO SE EMPLEA CUANDO LO QUE SE REQUIERE UNICAMENTE ES CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA Y NO EL MINIMIZAR LAS PERDIDAS POR EFECTO JOULE QUE SE OCASIONAN EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, SIENDO ESTE EL METODO MAS ECONOMICO.

TAMBIEN ESTE METODO SUELE SER EL MEJOR CUANDO SE PRETENDE AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA ACTIVA DE LOS TRANSFORMADORES Y MEJORAR LOS NIVELES DE VOLTAJE.

CUANDO LA CARGA DE LA INSTALACION INDUSTRIAL NO ESTA SUJETA A VARIACIONES FUERTES, BASTA CON INSTALAR UN BANCO DE CAPACITORES FIJO QUE EN CONDICIONES DE PLENA CARGA MANTENGA UN FACTOR DE POTENCIA GLOBAL LIGERAMENTE SUPERIOR AL MINIMO PERMITIDO.

EN CASO DE CARGAS VARIABLES, RESULTA CONVENIENTE INSTALAR UN BANCO DE CAPACITORES DIVIDIDO EN SECCIONES DESCONECTABLES QUE ENTREN Y SALGAN DE OPERACION ACCIONADAS POR UN CONTROL AUTOMATICO.

EN LA PRACTICA SUELE CONSIDERARSE ENTRE 6 Y 8 EL NUMERO MAXIMO DE SECCIONES DESCONECTABLES, PARA IMPEDIR QUE ENTREN Y SALGAN CON VARIACIONES PEQUEÑAS DE CARGA REACTIVA QUE DETERIORARIAN RAPIDAMENTE LOS CONTACTORES DE ACCIONAMIENTO.

EL ACCIONAMIENTO AUTOMATICO NORMALMENTE CONSTA DE UN CONTROL DE ESCALONAMIENTO MULTIPLE SENSIBLE A KILOVARES O AL MISMO F . P .

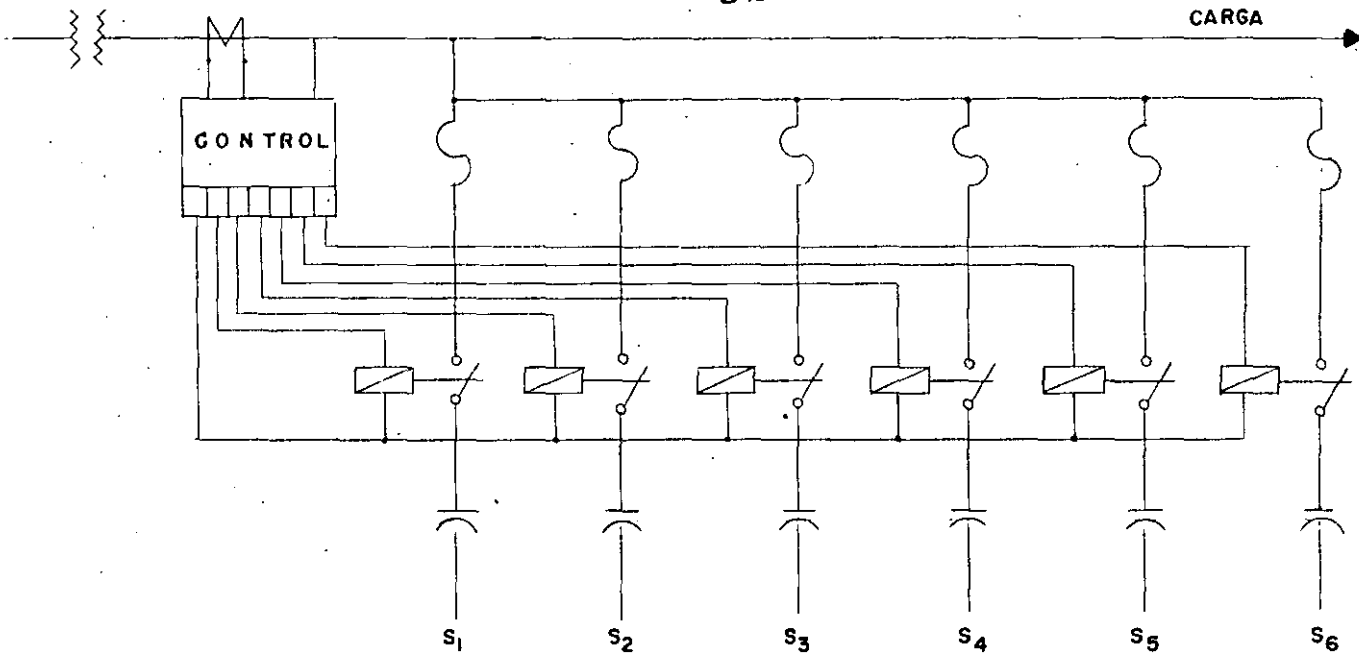
E).- COMPENSACION MIXTA :

EN ALGUNAS INDUSTRIAS SUELEN ENCONTRARSE MOTORES GRANDES O CARGAS QUE CONSUMEN UNA BUENA CANTIDAD DE POTENCIA REACTIVA, EN ESTOS -- CASOS ES CONVENIENTE COMPENSAR EN UNA FORMA MIXTA EL F . P . INSTALANDO CAPACITORES INDIVIDUALES PARA LOS APARATOS DE GRAN CONSUMO DE POTENCIA Y UN BANCO FIJO O DIVIDIDO EN SECCIONES DESCONECTABLES PARA EL RESTO DE LA CARGA.

F).- COMPENSACION DE TRANSFORMADORES :

PARA LA CORRECCION DEL F . P . DE UN TRANSFORMADOR POR MEDIO -- DE CAPACITORES INSTALADOS EN EL LADO DE BAJA TENSION, DEBE PROCURARSE QUE LA POTENCIA REACTIVA DE LOS CAPACITORES NO SEA MAYOR QUE EL 10% DE LA POTENCIA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR. DE ESTA FORMA SE EVITAN PROBLEMAS DE RESONANCIA Y SE REDUCEN LAS PERDIDAS DE ENERGIA EN EL TRANSFORMADOR CUANDO FUNCIONA EN VACIO.

CUANDO SE EFECTUE ESTE TIPO DE INSTALACION SE DEBERAN COLOCAR FUSIBLES PARA CONECTAR LOS CAPACITORES CON LA RED Y SERA PRECISO QUE ESTOS CUENTEN CON RESISTENCIAS PARA EVITAR QUE CUANDO SE PRESENTE LA APERTURA DE UN FUSIBLE SE DESCARGUE EL CAPACITOR A TRAVES DEL TRANSFORMADOR.



ESQUEMA UNIFILAR DE CONEXION ELECTRICA DE UN BANCO DE CAPACITORES DE BAJA TENSION, DIVIDIDO EN SECCIONES DESCONECTABLES OPERADAS AUTOMATICAMENTE

POTENCIA REACTIVA NECESARIA EN CAPACITORES PARA COMPENSAR TRANSFORMADORES. POTENCIA REACTIVA EN KVAR.

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR KVA	VOLTAJE DE LA LINEA EN KV.		
	5/13	15/23	25/34
25	2	2.5	3
50	3.5	5	6
75	5	6	7
100	6	8	10
160	10	12.5	15
250	15	18	22
315	18	20	24
400	20	22.5	28
630	28	32.5	40

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXVI

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF
Normal-Torque, Normal-Starting Current, 3-Phase, 60-Cycle Squirrel-
Cage Motors, 220, 440, 550 Volts

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
1/2	830	0.56	0.64	0.72	0.80	0.56	0.62	0.68	0.81	0.60	0.64	0.68	0.78
	680	0.51	0.59	0.68	0.86	0.55	0.61	0.68	0.83	0.62	0.67	0.72	0.83
1	1125	0.30	0.40	0.52	0.77	0.37	0.44	0.53	0.72	0.45	0.50	0.57	0.69
	855	0.54	0.64	0.77	1.0	0.61	0.69	0.79	0.99	0.69	0.75	0.82	0.97
	660	0.81	0.93	1.1	1.3	0.89	0.98	1.1	1.3	0.96	1.0	1.1	1.2
1	1720	0.12	0.25	0.40	0.71	0.24	0.34	0.45	0.68	0.33	0.39	0.47	0.62
	1135	0.29	0.42	0.57	0.91	0.38	0.48	0.60	0.84	0.53	0.60	0.68	0.84
	855	0.63	0.77	0.93	1.3	0.69	0.80	0.92	1.2	0.83	0.90	0.96	1.2
	690	0.61	0.75	0.90	1.2	0.71	0.82	0.94	1.2	0.83	0.91	0.99	1.2
1 1/2	3500	0.19	0.38	0.60	1.1	0.31	0.45	0.62	0.96	0.50	0.59	0.71	0.95
	1740	0.11	0.32	0.52	0.99	0.28	0.42	0.59	0.93	0.48	0.58	0.69	0.94
	1125	0.19	0.39	0.61	1.1	0.31	0.46	0.63	0.98	0.46	0.56	0.67	0.91
	875	0.78	0.97	1.2	1.6	0.93	1.1	1.2	1.6	1.0	1.1	1.3	1.5
	695	0.89	1.1	1.3	1.8	0.99	1.1	1.3	1.7	1.2	1.3	1.4	1.7
2	3470	0.10	0.36	0.67	1.3	0.30	0.50	0.72	1.2	0.46	0.59	0.75	1.1
	1740	0.05	0.30	0.59	1.2	0.28	0.45	0.66	1.1	0.44	0.57	0.72	1.0
	1140	0.34	0.59	0.89	1.5	0.52	0.71	0.93	1.4	0.67	0.80	0.94	1.3
	865	0.65	0.91	1.2	1.8	0.77	0.96	1.2	1.6	1.0	1.2	1.3	1.6
	690	1.2	1.5	1.8	2.4	1.4	1.6	1.9	2.4	1.5	1.7	1.9	2.2
3	3420		0.39	0.63	1.6	0.17	0.45	0.78	1.5	0.45	0.65	0.87	1.3
	1720		0.23	0.67	1.6	0.16	0.44	0.77	1.4	0.53	0.73	0.95	1.4
	1160	0.29	0.62	1.1	2.0	0.71	0.99	1.3	2.0	1.0	1.2	1.4	1.9
	860	0.84	1.2	1.7	2.6	0.95	1.2	1.6	2.2	1.2	1.4	1.6	2.1
	690	1.2	1.6	2.0	2.9	1.4	1.7	2.0	2.7	1.6	1.8	2.1	2.5
5	3460		0.63	1.4	2.9	0.45	0.92	1.5	2.6	0.79	1.1	1.5	2.2
	1735		0.25	0.94	2.4	0.17	0.62	1.1	2.2	0.59	0.90	1.2	2.0
	1155	0.23	0.84	1.6	3.0	0.70	1.2	1.7	2.8	1.3	1.6	1.7	2.7
	860	0.94	1.5	2.2	3.7	1.3	1.7	2.2	3.3	1.7	2.0	2.4	3.1
	700	2.1	2.7	3.4	4.9	2.3	2.8	3.3	4.5	2.7	3.1	3.4	4.2
	570	3.9	4.5	5.3	6.8	4.1	4.6	5.1	6.3	5.5	5.8	6.2	7.0
7 1/2	1740		0.19	1.2	3.4		0.67	1.4	3.1	0.88	1.3	1.9	3.0
	1155		0.90	1.9	4.1	0.65	1.3	2.1	3.7	1.3	1.8	2.3	3.4
	865	1.0	2.0	3.0	5.2	1.7	2.3	3.2	4.8	2.4	2.9	3.4	4.5
	695	2.5	3.4	4.4	6.0	3.1	3.8	4.5	6.2	3.8	4.3	4.8	6.0
	575	3.6	4.5	5.6	7.9	4.3	5.0	5.8	7.5	5.3	5.8	6.4	7.5

CAPACITORS

TABLE XXVI--Continued

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
10	1745	...	0.25	1.6	4.5	.....	0.89	1.9	4.1	1.2	1.7	2.4	3.9
	1160	...	0.96	2.3	5.2	0.69	1.6	2.6	4.8	1.6	2.2	2.9	4.4
	865	0.91	2.1	3.5	6.3	1.7	2.6	3.6	5.8	2.8	3.4	4.1	5.5
	700	3.0	4.2	5.6	8.5	3.8	4.7	5.8	7.9	5.1	5.6	6.3	7.8
	580	2.8	4.0	5.3	8.2	3.6	4.5	5.6	7.7	5.0	5.6	6.3	7.9
15	1750	.....	.....	1.9	6.2	.....	1.3	2.9	6.1	1.6	2.5	3.5	5.7
	1165	.....	0.88	2.9	7.1	0.50	1.8	3.3	6.4	1.9	2.8	3.8	5.9
	870	0.83	2.6	4.6	8.8	2.2	3.7	5.2	8.4	4.0	4.9	6.0	8.3
	690	3.1	4.9	7.0	11.3	4.0	5.3	6.9	10.1	6.1	7.0	8.0	10.2
	580	4.5	6.2	8.3	12.5	5.7	7.0	8.5	11.7	7.4	8.3	9.4	11.5
20	1760	.....	0.71	3.4	8.9	0.34	2.1	4.1	8.3	2.8	4.1	5.5	8.4
	1170	.....	0.71	3.3	8.9	0.33	2.1	4.0	8.2	2.5	3.7	5.1	7.9
	880	0.86	3.2	5.8	11.4	3.0	4.7	6.7	10.9	4.8	6.0	7.4	10.3
	695	1.8	4.1	6.8	12.4	3.0	4.7	6.7	10.9	5.3	6.5	7.8	10.7
	580	5.4	7.8	10.5	16.2	6.7	8.4	10.4	14.7	8.9	10.0	11.4	14.2
25	1760	.....	.....	3.2	10.1	.....	1.5	3.9	9.1	2.0	3.4	5.1	8.6
	1170	.....	0.88	4.1	11.0	0.41	2.6	5.0	10.3	2.8	4.3	6.0	9.5
	880	.....	2.9	6.2	13.1	2.1	4.2	6.7	11.9	4.4	5.9	7.6	11.2
	695	3.9	6.7	10.0	16.9	5.9	8.0	10.5	15.7	8.3	9.8	11.5	15.0
	580	7.5	10.4	13.8	20.9	10.0	12.2	14.7	19.9	14.0	15.5	17.2	20.8
30	1760	.....	.....	3.2	11.4	.....	0.53	3.5	9.7	1.0	2.8	4.8	9.1
	1175	.....	2.1	6.0	14.3	1.0	3.6	6.8	12.9	3.8	5.6	7.7	12.0
	880	.....	3.4	7.4	15.7	2.5	5.1	8.0	14.3	5.2	7.0	9.0	13.3
	695	4.7	8.2	12.2	20.6	7.7	10.3	13.3	19.7	11.7	13.4	15.5	19.7
	580	6.8	10.3	14.4	22.9	8.9	11.6	14.6	21.0	12.5	14.3	16.4	20.7
40	1765	.....	.....	5.2	16.1	.....	1.4	5.3	13.6	1.4	3.7	6.4	12.1
	1175	.....	1.8	7.0	18.0	0.66	4.1	8.0	16.3	4.5	6.8	9.5	15.1
	865	1.8	6.3	11.5	22.5	5.3	8.7	12.6	20.9	9.3	11.6	14.3	19.9
	695	2.7	7.2	12.5	23.6	5.3	8.7	12.7	21.0	9.5	11.8	14.4	20.1
	580	5.4	10.1	15.4	26.7	9.6	13.1	17.2	25.7	13.2	15.6	18.3	24.1
50	1765	.....	.....	5.3	18.9	.....	0.88	5.7	16.0	1.7	4.6	7.9	14.9
	1160	.....	.....	6.5	20.3	.....	2.6	7.5	17.8	2.8	5.7	9.0	19.0
	870	1.1	6.7	13.2	26.9	5.7	10.0	14.8	25.1	11.7	14.5	17.8	24.8
	695	1.1	6.8	13.4	27.2	6.6	10.9	15.8	26.2	11.1	14.0	17.3	24.4
	580	6.6	12.4	19.0	32.9	11.8	16.1	21.1	31.5	16.3	19.2	22.5	29.7
60	1775	.....	.....	6.3	22.5	.....	2.1	7.9	20.1	3.3	6.8	10.8	19.2
	1170	.....	2.1	9.8	26.1	2.0	7.1	12.9	25.2	10.4	13.9	17.9	26.4
	875	.....	2.8	10.6	27.0	1.0	6.1	11.9	24.3	6.7	10.1	14.0	22.4
	700	1.3	8.0	15.8	32.1	5.8	10.9	16.7	28.9	11.6	15.0	18.9	27.2
	580	4.0	10.8	18.7	35.3	9.9	15.1	21.0	33.4	14.9	18.4	22.4	30.8

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXVI—Continued

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
75	1775			7.8	28.0		2.6	9.9	25.2	4.1	8.5	13.4	23.8
	1175		1.7	11.4	31.9		6.4	13.7	29.1	6.2	11.1	16.1	26.7
	880		3.4	13.0	33.4	1.2	7.5	14.7	29.9	8.2	12.5	17.4	27.7
	700		8.5	18.2	38.7	7.3	13.7	21.0	36.4	14.6	18.9	23.8	34.3
	580	3.3	11.8	21.6	42.2	9.9	16.2	23.6	39.1	17.5	21.8	26.4	37.2
100	1775			10.5	37.5		2.6	12.3	32.7	5.5	11.3	17.9	31.8
	1175			12.8	39.7		6.7	16.4	36.7	8.9	14.6	21.2	35.1
	875			12.8	39.9		6.8	16.5	36.9	7.7	13.4	20.4	33.8
	705		11.2	24.0	51.1	6.5	14.8	24.4	44.8	16.8	22.4	29.0	42.8
	575		9.2	22.3	50.0	6.6	15.2	24.9	45.7	17.1	22.9	29.6	43.7
125	1775			11.5	44.9		2.2	14.1	39.4	5.5	12.5	20.6	37.8
	1175			15.9	49.4		8.4	20.3	45.6	10.9	18.0	26.2	43.3
	880		5.7	21.5	55.1	2.0	12.4	24.4	49.5	15.1	22.2	30.3	47.6
	700		11.4	27.5	61.7	10.2	20.8	33.0	58.8	29.4	36.7	45.0	62.7
	580		11.4	27.5	61.7	8.1	18.6	30.7	56.2	21.2	28.4	36.6	54.1
150	1780			13.7	53.7		1.3	15.6	45.9	3.3	11.8	21.6	42.2
	1185			15.2	54.7		5.0	19.1	48.9	8.0	16.3	25.9	46.1
	880		3.4	22.4	62.6		12.5	26.8	57.1	16.3	24.7	34.4	54.8
	695		6.9	26.2	68.2	4.9	17.6	32.2	63.0	23.6	32.2	42.1	63.0
	580		11.9	31.2	71.9	7.3	19.8	34.2	64.7	25.1	33.6	43.3	64.1
200	1775			18.2	71.3			19.0	59.1	2.2	13.5	26.6	54.1
	1190			20.3	72.8		6.7	25.3	64.8	10.6	21.5	34.2	60.8
	885		4.0	29.9	83.5		6.8	25.8	65.9	10.7	21.9	34.7	61.8
	700		13.4	38.8	92.3	6.4	22.9	41.8	81.9	30.8	42.1	54.9	82.2
	585		17.8	48.2	96.7	15.0	32.4	51.3	91.5	43.0	54.2	67.2	94.3

CAPACITORS

TABLE XXVII

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF
Normal-Torque, Normal-Starting-Current, 3-Phase, 60-Cycle, Squirrel-
Cage Motors, 2200 Volts

Hp.	Full- Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
30	1170	1.7	5.2	9.2	17.7	4.0	6.6	9.6	16.0	7.2	9.0	11.0	15.3
	880	6.8	10.3	14.4	22.9	9.0	11.7	14.8	21.2	12.3	14.2	16.3	20.8
	575	9.3	12.9	17.1	26.0	13.0	15.8	18.9	25.6	15.6	17.5	19.6	24.2
40	1760	.....	0.9	6.2	17.3	.....	2.8	6.8	17.7	2.7	5.1	7.8	13.6
	1175	1.8	6.4	11.6	22.8	5.3	8.7	12.7	21.0	9.6	12.0	14.7	20.5
	865	1.8	6.5	11.8	23.2	5.4	8.9	12.9	21.4	9.6	12.0	14.7	20.5
	690	6.3	11.0	16.4	27.8	9.0	12.5	16.5	25.0	14.6	17.0	19.8	25.7
	580	16.0	20.7	26.2	37.7	19.6	23.1	27.2	35.8	25.3	27.7	30.3	36.3
50	1765	.....	.....	6.5	20.2	.....	1.8	6.7	17.1	2.3	5.2	8.0	15.7
	1160	.....	1.8	8.4	22.4	1.3	5.6	10.7	21.3	7.6	10.7	14.1	19.2
	865	.....	5.8	12.4	26.4	4.2	8.5	13.5	24.0	8.7	11.6	15.0	22.1
	695	5.6	11.3	17.9	31.9	9.3	13.6	18.6	29.1	14.0	16.9	20.3	27.5
	580	4.5	10.4	17.1	31.3	9.3	13.7	18.7	29.3	14.1	17.1	20.5	27.7
60	1775	.....	1.4	9.3	26.0	.....	5.3	11.3	24.0	6.3	9.9	14.1	22.9
	1165	.....	1.4	9.3	26.0	0.51	5.7	11.7	24.3	7.6	11.2	15.3	23.9
	865	.....	5.5	13.5	30.1	5.0	10.2	16.2	23.8	10.4	13.9	18.0	26.5
	700	4.0	10.9	18.9	35.7	10.1	15.3	21.2	33.8	16.8	20.3	24.3	32.9
	580	10.6	17.5	25.4	42.2	17.6	22.8	28.8	41.4	23.5	27.1	31.2	39.8
75	1775	.....	.....	9.8	30.4	.....	3.9	11.3	27.0	6.0	10.5	15.5	26.4
	1175	.....	5.2	14.9	35.5	2.5	9.0	16.4	32.0	10.4	14.9	20.0	30.8
	870	.....	5.2	15.0	35.8	3.7	10.1	17.5	33.1	8.4	12.8	17.8	28.4
	700	3.8	11.8	21.5	42.2	12.4	18.9	26.2	41.8	20.8	25.1	30.1	40.7
	585	11.5	20.1	29.8	50.7	19.1	25.5	32.9	48.6	29.2	33.6	38.7	49.3
100	1775	.....	.....	12.8	39.9	.....	3.5	13.1	33.6	4.4	10.2	16.8	30.7
	1175	.....	2.3	15.2	42.4	.....	8.4	18.1	38.5	10.0	16.7	22.3	36.3
	875	.....	6.9	19.9	47.4	3.3	11.9	21.7	42.4	14.8	20.6	27.3	41.3
	700	.....	11.3	24.2	51.7	9.8	18.3	28.1	48.7	22.3	28.1	34.7	48.8
	585	4.4	15.6	28.6	56.0	13.1	21.5	31.3	51.8	23.6	29.4	36.0	50.2
125	1775	.....	.....	15.9	49.4	.....	3.2	15.3	40.7	4.1	11.2	19.3	36.6
	1175	.....	2.9	16.7	52.2	.....	8.4	20.5	45.8	9.6	16.6	24.8	41.9
	880	.....	5.8	21.9	56.2	2.0	12.6	24.6	50.1	15.3	22.5	30.7	48.2
	700	.....	11.5	27.8	62.3	10.3	21.0	33.3	59.2	26.2	33.4	41.8	59.4
	585	5.4	19.5	35.7	69.8	18.4	28.9	41.1	66.7	31.1	38.3	46.7	64.4
150	1775	.....	.....	15.6	56.0	.....	1.3	15.8	46.5	3.3	11.9	21.8	42.7
	1185	.....	.....	19.0	59.1	.....	7.6	21.8	52.0	8.1	16.5	26.1	46.5
	880	.....	16.8	36.1	76.8	12.2	24.9	39.5	70.3	29.5	38.2	48.2	69.3
	700	.....	10.2	29.5	70.2	4.9	17.5	32.0	62.6	23.5	32.1	41.8	62.7
	585	.....	11.9	31.2	72.0	7.3	19.9	34.5	65.1	25.4	34.0	43.9	64.9
200	1775	.....	.....	18.4	72.2	.....	.....	19.1	59.6	2.2	13.5	26.6	54.1
	1185	.....	.....	25.0	78.0	.....	10.1	29.0	69.1	10.7	21.9	34.7	61.8
	885	.....	4.6	29.8	83.5	.....	13.3	32.3	72.4	10.7	22.0	34.9	62.1
	705	.....	22.1	47.4	101.0	22.5	39.1	58.3	98.7	48.4	59.7	72.7	100.0
	585	.....	22.2	47.7	102.0	19.2	35.8	55.0	95.4	40.9	52.2	65.3	93.0

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXVIII

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF
Normal-Torque, Low-Starting-Current, 3-Phase, 60-Cycle, Squirrel-Cage
Motors, 220, 440, 550 Volts

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
7½	3450	.....	0.38	1.4	3.7	0.13	0.82	1.6	3.3	0.89	1.4	1.9	3.0
	1745	.....	0.37	1.4	3.0	.....	0.42	1.2	2.9	0.27	0.73	1.3	2.4
	1160	0.35	1.3	2.3	4.5	0.65	1.3	2.1	3.8	1.3	1.8	2.3	3.4
	865	1.6	2.5	3.5	5.7	1.8	2.5	3.3	4.9	2.7	3.1	3.7	4.8
	690	2.5	3.5	4.5	6.7	3.1	3.8	4.6	6.3	3.9	4.4	4.9	6.1
	575	3.6	4.5	5.6	7.9	4.3	5.0	5.8	7.5	5.3	5.8	6.4	7.6
10	3470	.....	.....	1.2	4.2	.....	0.19	1.2	3.4	0.35	0.90	1.7	3.1
	1750	.....	1.2	2.6	5.5	0.34	1.2	2.2	4.4	1.2	1.8	2.4	3.9
	1100	.....	1.2	2.6	5.6	0.52	1.4	2.4	4.6	1.2	1.8	2.4	3.9
	875	1.8	3.0	4.3	7.2	2.5	3.4	4.4	6.5	3.4	4.0	4.7	6.2
	700	2.0	4.2	5.6	8.5	3.8	4.7	5.8	7.9	5.0	5.6	6.3	7.8
	580	2.8	4.0	5.3	8.2	3.6	4.5	5.5	7.7	5.0	5.7	6.4	7.9
15	3500	.....	0.75	2.9	7.3	.....	0.82	2.4	5.7	0.70	1.6	2.6	4.9
	1740	.....	1.8	3.8	8.1	.....	1.3	2.8	5.9	0.67	1.5	2.5	4.6
	1165	.....	1.7	3.8	8.0	0.75	2.1	3.5	6.7	1.9	2.8	3.8	5.9
	875	2.7	4.4	6.5	10.7	8.6	4.9	6.4	9.5	4.7	5.6	6.6	8.8
	690	3.1	4.9	7.0	11.4	4.0	5.3	6.8	10.1	6.0	6.9	8.0	10.2
	580	4.5	6.2	8.3	12.5	5.7	7.0	8.5	11.8	7.5	8.4	9.4	11.6
20	3460	.....	0.49	3.2	8.9	.....	0.72	2.7	7.0	0.68	1.9	3.2	6.1
	1760	.....	1.8	4.5	10.0	0.99	2.7	4.7	8.8	3.0	4.1	5.5	8.3
	1170	.....	2.3	4.9	10.5	0.99	2.7	4.7	8.9	2.5	3.7	5.1	8.0
	875	3.1	5.4	8.1	13.6	3.7	5.4	7.4	11.5	5.3	6.4	7.8	10.6
	695	1.8	4.1	6.8	12.4	3.0	4.7	6.7	10.9	5.3	6.5	7.9	10.7
	580	5.4	7.8	10.5	16.2	6.7	8.4	10.4	14.7	8.9	10.1	11.4	14.3
25	3545	.....	0.89	4.2	11.1	.....	0.89	3.4	8.7	1.4	2.9	4.6	8.3
	1760	.....	1.7	5.0	11.9	0.82	2.9	5.4	10.5	2.8	4.2	5.9	9.3
	1170	.....	2.8	6.1	12.9	1.2	3.3	5.8	10.9	3.0	4.5	6.1	9.5
	880	2.2	5.1	8.4	15.3	2.9	5.1	7.4	12.8	4.6	6.0	7.7	11.2
	695	3.9	6.7	10.0	16.9	5.9	8.0	10.5	15.7	8.4	9.8	11.5	15.0
	580	9.5	12.5	16.0	23.3	10.7	13.0	15.5	21.0	13.5	15.0	16.8	20.5
30	3550	.....	.....	3.9	12.2	.....	1.1	4.0	10.3	1.7	3.5	5.6	9.9
	1760	.....	1.0	4.9	13.1	.....	1.5	4.5	10.7	1.3	3.0	5.0	9.2
	1175	.....	3.4	7.3	15.5	1.5	4.0	7.0	13.2	3.7	5.4	7.4	11.6
	880	1.3	4.7	8.7	17.0	3.0	5.6	8.5	14.8	5.2	7.0	9.1	13.4
	700	4.7	8.3	12.8	20.8	6.7	9.4	12.4	18.8	9.4	11.2	13.2	17.6
	585	8.3	11.8	15.9	24.5	10.2	12.8	15.9	22.3	13.6	15.4	17.5	21.8
40	3540	.....	.....	5.2	16.1	.....	0.71	4.6	13.0	.....	2.3	5.0	10.7
	1765	.....	0.47	5.0	16.6	.....	1.4	5.3	13.6	0.90	3.2	5.9	11.5
	1175	.....	3.6	8.8	19.8	0.98	4.4	8.3	16.5	4.0	6.3	8.9	14.5
	875	4.4	9.0	14.2	25.3	6.6	10.0	13.9	22.1	9.3	11.6	14.3	19.9
	700	4.4	9.1	14.4	25.5	6.7	10.2	14.1	22.6	10.5	12.9	15.6	21.2
	580	5.4	10.1	15.4	26.8	9.6	13.1	17.2	25.7	13.2	15.6	18.3	24.1

CAPACITORS

TABLE XXVIII--Continued

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
50	3550	.....	.....	6.4	20.1	.....	0.88	5.7	16.0	0.56	3.4	6.7	13.7
	1765	.....	0.58	7.0	20.0	.....	0.88	5.7	16.0	0.56	3.5	6.8	13.8
	1170	.....	3.5	10.0	23.7	0.83	5.1	10.1	20.5	4.6	7.6	10.9	18.2
	875	3.3	8.9	15.4	29.1	4.9	9.1	14.0	24.3	8.4	11.3	14.6	21.5
	695	2.2	7.9	14.5	28.4	7.4	11.7	16.6	27.0	12.4	15.3	18.7	25.7
	580	6.6	12.4	19.0	32.9	11.8	16.1	21.1	31.5	16.3	19.2	22.6	29.7
60	3540	.....	.....	7.7	24.1	.....	1.0	6.9	19.2	.....	3.4	7.4	15.7
	1775	.....	2.1	9.8	26.0	.....	3.1	8.9	21.1	8.3	6.8	10.8	19.2
	1175	.....	4.1	11.9	28.3	2.0	7.1	13.0	25.4	6.8	10.3	14.3	22.8
	875	2.6	9.5	17.3	33.8	6.4	11.5	17.4	29.7	10.2	13.6	17.6	25.9
	700	5.3	12.1	20.0	36.6	8.9	14.1	19.9	32.4	14.9	18.4	22.4	30.8
	580	4.0	10.8	18.7	35.3	9.9	15.1	20.9	33.4	14.9	18.4	22.4	30.8
75	3540	.....	.....	9.6	30.0	.....	1.3	8.0	23.9	.....	4.3	9.3	19.7
	1775	.....	.....	9.6	30.0	.....	2.6	9.8	25.1	4.1	8.4	13.3	23.7
	1180	.....	6.8	16.5	36.9	2.5	8.9	16.2	31.7	8.4	12.8	17.7	28.3
	875	.....	8.5	18.2	36.7	3.7	10.0	17.3	32.7	12.8	17.2	22.2	32.8
	700	6.6	15.2	25.1	46.0	11.2	17.7	25.1	40.8	18.7	23.1	28.1	38.8
	580	3.3	11.8	21.6	42.2	9.9	16.2	23.6	39.1	17.5	21.8	26.7	37.2
100	3540	.....	.....	12.9	40.2	.....	3.5	13.3	33.9	3.4	9.2	15.8	29.9
	1770	.....	2.3	15.1	42.3	.....	5.1	14.7	35.0	6.5	12.2	18.7	32.4
	1180	.....	4.6	17.3	44.3	.....	8.4	18.0	38.3	7.7	13.5	20.0	33.9
	870	.....	9.1	22.2	49.5	3.3	11.8	21.6	42.2	15.7	21.5	28.0	41.9
	705	9.0	19.8	32.6	59.7	14.6	22.9	32.6	52.9	24.3	29.9	36.4	50.2
	575	.....	9.2	22.3	50.0	6.6	15.1	24.9	45.7	17.1	22.9	29.5	43.7
125	3555	.....	.....	15.9	49.4	.....	4.3	16.3	41.7	5.5	12.5	20.7	37.9
	1770	.....	1.4	17.3	50.8	.....	4.3	16.2	41.5	6.8	13.9	22.0	39.2
	1180	.....	5.7	21.5	55.1	2.0	12.6	24.6	50.2	13.9	21.0	29.3	46.7
	890	.....	14.1	30.3	64.5	8.1	18.7	30.7	56.2	20.9	28.0	36.1	53.4
	705	5.4	19.5	35.7	69.8	14.3	24.9	37.0	62.7	27.8	35.0	43.3	61.0
	580	.....	11.4	27.5	61.7	8.1	18.7	30.7	56.2	21.2	28.3	36.6	54.0
150	3555	.....	.....	19.0	59.1	.....	5.1	19.4	49.6	8.2	16.7	26.4	47.1
	1770	.....	.....	19.0	59.1	.....	5.1	19.5	49.8	6.5	15.0	24.7	45.2
	1175	.....	3.4	22.4	62.5	.....	10.0	24.3	54.4	11.5	20.0	29.7	50.4
	875	.....	16.8	36.1	71.8	9.7	22.4	36.9	67.6	25.1	33.6	43.4	64.1
	700	6.5	23.3	42.6	83.3	17.1	29.8	41.4	75.3	32.9	41.5	51.4	72.3
	580	.....	11.9	31.2	72.0	7.3	19.8	34.3	64.8	25.1	33.6	43.4	64.1
200	3550	.....	.....	25.1	78.0	.....	3.4	22.4	62.5	.....	11.2	24.1	51.3
	1770	.....	.....	25.3	79.0	.....	6.8	25.7	65.8	10.8	22.0	34.9	62.1
	1180	.....	2.3	27.3	80.3	.....	12.3	32.3	72.4	15.2	26.5	39.4	66.8
	885	.....	4.6	29.8	83.5	.....	6.8	25.7	65.8	10.7	21.9	34.7	61.8
	705	.....	22.2	47.7	102.0	12.8	29.5	48.6	89.1	33.3	44.6	57.5	85.0
	585	.....	17.8	43.2	96.8	15.9	32.4	51.3	91.5	43.0	54.2	67.1	94.4

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXIX

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF Normal-Torque, Low-Starting-Current, 3-Phase, 60-Cycle, Squirrel-Cage Motors, 2200 Volts

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
30	1170	1.7	5.2	9.2	17.7	4.0	6.6	9.7	16.0	7.2	9.0	11.0	15.3
	575	9.3	13.0	17.3	26.0	13.0	15.8	18.9	25.5	15.6	17.5	19.6	24.2
40	1760		2.8	8.1	19.2	0.67	4.1	8.1	16.5	4.1	6.5	9.3	15.1
	1175	4.9	9.4	14.7	25.9	8.1	11.5	15.5	23.9	12.5	14.9	17.5	23.3
	875	4.5	9.3	14.7	26.2	6.9	10.4	14.5	23.1	9.9	12.3	15.1	21.1
	690	0.3	11.0	16.4	27.8	8.9	12.5	16.5	25.1	14.6	17.0	19.8	25.7
	580	10.0	20.7	26.2	37.6	16.6	23.1	27.3	35.8	25.3	27.7	30.5	36.3
50	1765		2.3	8.8	22.5		3.4	8.4	18.7	2.8	5.8	9.1	16.3
	1165	2.2	8.0	14.7	28.7	5.1	9.4	14.4	25.1	8.9	11.9	15.3	22.6
	865	4.5	10.2	16.9	30.9	7.5	11.9	16.8	27.4	10.6	13.5	16.9	24.1
	695	6.7	12.5	19.1	33.1	9.2	13.6	18.5	29.1	15.6	18.6	21.9	29.2
	580	4.5	10.4	17.1	31.2	9.3	13.7	18.7	29.4	14.1	17.1	20.5	27.7
60	3540		4.2	12.0	28.6	1.0	6.2	12.2	24.9	7.0	10.6	14.8	23.5
	1775		2.8	10.5	27.0		5.1	11.0	23.5	4.1	7.6	11.6	20.2
	1170	1.3	8.2	16.1	32.8	5.0	10.2	16.1	28.7	10.5	14.1	18.2	26.5
	865	5.3	12.3	20.2	37.1	9.0	14.2	20.1	32.7	12.7	16.2	20.3	28.8
	695	5.4	12.5	20.5	37.7	9.2	14.5	20.5	33.3	15.5	19.1	23.3	32.0
	580	10.6	17.5	25.4	42.2	17.6	22.7	28.7	41.3	23.5	27.1	31.2	39.8
75	3540		3.5	13.3	33.9		6.5	13.9	29.6	6.0	10.4	15.5	26.2
	1775		1.7	11.4	31.9		5.1	12.5	27.9	5.1	9.4	14.5	25.0
	1180		0.9	16.6	37.3	2.5	9.0	16.5	32.2	9.5	14.0	19.1	29.9
	870	2.5	11.1	21.0	41.9	10.0	16.4	23.8	39.5	17.9	22.2	27.3	38.0
	700	7.6	16.3	26.3	47.4	12.6	19.2	26.6	42.4	20.2	24.6	29.7	40.6
	585	11.5	20.1	29.9	50.7	19.1	25.5	32.0	48.7	29.2	33.0	38.6	49.4
100	3540			12.9	40.2		3.5	13.3	33.9	3.4	9.2	15.8	29.9
	1765		2.3	15.2	42.5		6.8	16.5	36.9	7.7	13.5	20.1	34.0
	1180		5.7	18.5	45.6	1.6	10.0	19.7	40.1	11.1	16.9	23.5	37.4
	875	2.2	13.6	26.7	54.4	8.2	16.8	26.6	47.3	22.4	28.2	35.0	49.8
	700	9.9	21.3	34.4	62.1	16.6	25.1	34.9	55.7	26.5	32.9	39.0	53.3
	585	4.4	15.6	28.6	56.0	13.1	21.5	31.2	51.8	23.5	29.3	35.9	50.0
125	3555			15.9	49.4		4.3	16.3	41.7	5.5	12.0	20.7	37.9
	1775		2.9	18.7	52.2		6.4	18.4	43.7	8.3	15.5	23.7	41.1
	1180		8.4	24.3	67.8	4.1	14.6	26.7	52.2	17.0	24.2	32.5	50.1
	880	2.7	16.8	33.0	67.2	10.2	20.9	33.1	58.9	26.2	33.4	41.8	59.4
	705	8.1	22.2	38.4	72.7	16.3	26.9	39.1	64.8	29.1	36.3	44.5	62.0
	585	5.4	19.5	35.7	69.8	18.4	29.0	41.1	66.8	31.1	38.3	46.7	64.3

CAPACITORS

TABLE XXIX--Continued

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
150	3555	.....	.....	19.0	59.1	.....	5.1	19.5	49.7	8.2	16.7	26.5	47.1
	1770	.....	3.4	22.6	63.0	.....	7.0	22.1	52.6	9.9	18.4	28.3	49.0
	1175	.....	6.8	25.7	65.8	.....	12.5	26.8	57.1	16.5	25.1	34.9	55.7
	850	3.3	20.2	39.6	80.7	14.7	27.4	42.0	72.8	31.4	40.1	50.2	71.3
	705	6.5	23.5	42.8	84.0	17.0	29.7	44.2	74.9	32.8	41.3	51.2	71.9
	585	.....	11.9	31.2	72.0	7.3	19.9	34.5	65.2	25.4	34.0	43.9	64.0
200	3550	.....	.....	25.1	78.0	.....	6.8	25.7	65.8	10.7	22.0	34.9	62.2
	1770	.....	2.3	27.8	81.8	.....	10.1	29.3	69.7	13.1	24.5	37.5	65.0
	1180	.....	9.0	34.2	87.4	.....	16.5	35.5	75.6	22.0	33.3	46.4	73.9
	885	.....	4.6	29.9	83.5	.....	13.3	32.3	72.4	10.8	22.0	34.9	62.2
	705	.....	22.1	47.4	101.0	16.0	32.7	51.8	92.3	41.0	52.2	65.3	92.9
	585	.....	22.2	47.7	102.0	19.2	35.9	55.0	95.4	41.0	52.2	65.3	92.9

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXX

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF
High-Torque, Low-Starting-Current, 3-Phase, 60-Cycle, Squirrel-Cage
 MOTORS, 220, 440, 550 Volts

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
3	1720	0.23	0.67	1.0	0.16	0.45	0.75	1.1	0.52	0.71	0.93	1.4	
	1140	0.59	0.96	1.4	2.3	0.72	1.0	1.3	2.0	1.0	1.2	1.4	1.9
	855	1.1	1.5	1.9	2.9	1.3	1.6	1.9	2.6	1.5	1.7	1.9	2.4
5	1730	0.12	0.73	1.4	2.9	0.53	0.99	1.5	2.6	0.95	1.2	1.6	2.3
	1140	0.49	1.1	1.9	3.4	0.73	1.2	1.7	2.9	1.2	1.5	1.9	2.6
	870	2.1	2.7	3.4	5.0	2.3	2.7	3.3	4.4	2.7	3.0	3.4	4.2
7 1/2	1730	0.18	1.1	2.2	4.4	0.53	1.2	2.0	3.7	1.2	1.6	2.2	3.3
	1140	0.71	1.6	2.7	4.9	1.1	1.8	2.6	4.2	1.6	2.0	2.6	3.7
	860	2.3	3.2	4.3	6.5	2.4	3.1	3.9	5.5	2.8	3.3	3.8	4.9
10	1750	0.47	1.7	3.1	6.0	1.0	1.9	3.0	5.1	1.5	2.1	2.8	4.2
	1150	1.2	2.6	5.0	8.2	1.4	2.5	4.7	7.4	1.2	1.8	2.5	4.0
	870	3.0	4.2	5.6	8.5	3.6	4.5	5.5	7.7	4.9	5.5	6.2	7.6
15	1735	1.8	3.9	8.2	1.3	2.9	6.1	0.86	1.8	2.8	4.9		
	1160	0.68	2.4	4.4	8.7	1.5	2.5	4.3	7.4	2.6	3.5	4.5	6.6
	865	4.1	5.9	7.9	12.2	5.1	6.4	7.9	11.1	5.9	6.8	7.9	10.0
20	1755	1.3	3.6	6.3	11.9	2.3	4.0	6.0	10.2	3.9	5.1	6.4	9.3
	1170	0.67	3.0	5.6	11.2	2.0	3.7	5.7	9.9	3.4	4.6	5.9	8.8
	865	4.0	6.4	9.1	14.7	5.5	7.3	9.3	13.5	7.5	8.7	10.0	12.9
25	1765	1.6	4.5	7.7	14.0	2.9	5.0	7.4	12.6	4.9	6.3	8.0	11.4
	1170	2.9	6.1	13.1	1.2	3.4	5.8	11.0	3.1	4.5	6.2	9.7	
	875	3.9	6.8	10.1	17.1	5.5	7.7	10.2	15.4	7.7	9.2	10.8	14.4
30	1760	2.7	6.6	14.8	1.5	4.0	6.9	13.1	4.0	5.7	7.7	11.9	
	1170	3.3	7.1	15.0	1.5	4.1	7.1	13.3	3.7	5.5	7.5	11.7	
	875	4.6	8.0	12.0	20.3	6.5	9.1	12.1	18.3	9.2	10.9	12.9	17.2
40	1765	2.7	7.9	18.8	0.65	4.0	7.9	16.1	4.5	6.8	9.4	15.0	
	1170	4.5	9.7	20.6	2.0	5.3	9.2	17.4	4.9	7.2	9.9	15.5	
	885	5.8	10.0	15.3	26.4	7.4	10.9	14.8	23.8	11.1	13.4	16.1	21.8
50	1770	1.2	7.6	21.1	3.4	8.2	18.4	2.7	5.0	8.8	15.7		
	1150	3.5	10.2	24.3	0.84	5.2	10.1	20.7	4.5	7.4	10.7	17.7	
	885	6.6	12.4	19.0	32.9	9.2	13.5	18.4	28.9	13.1	16.0	19.4	26.4
60	1760	3.5	11.3	27.3	4.1	10.0	22.5	3.4	6.8	10.8	19.3		
	1165	5.5	13.3	29.8	3.0	8.1	13.9	26.3	8.0	11.5	15.4	23.7	
75	1765	3.5	13.1	33.6	5.2	12.5	28.0	4.2	8.6	13.6	24.1		

2200 Volts

60	1760	1.3	8.2	16.0	32.6	5.0	10.2	16.2	28.8	10.5	14.1	18.2	26.8
	1150	1.4	8.4	16.4	33.4	5.1	10.4	16.4	29.2	10.5	14.1	18.2	26.8
70	1755	8.5	18.3	38.9	3.7	10.2	17.6	33.3	13.0	17.4	22.5	33.2	

CAPACITORS

TABLE XXXI

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF CONSTANT- AND ADJUSTABLE-VARYING-SPEED, 3-PHASE, 60-CYCLE, Wound-Rotor INDUCTION MOTORS, 220, 440, 550 VOLTS

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
1	1675	0.32	0.47	0.64	1.0	0.38	0.49	0.61	0.88	0.46	0.54	0.62	0.83
	1995	0.86	1.0	1.2	1.5	0.95	1.1	1.2	1.5	1.0	1.1	1.2	1.4
	835	1.0	1.2	1.4	1.7	1.1	1.2	1.4	1.6	1.1	1.2	1.3	1.5
1 1/2	1675	0.33	0.55	0.80	1.3	0.45	0.61	0.80	1.2	0.58	0.70	0.83	1.1
	1080	1.3	1.5	1.7	2.2	1.3	1.5	1.7	2.1	1.5	1.6	1.7	2.0
	830	0.89	0.89	1.1	1.6	0.90	1.1	1.2	1.6	0.98	1.1	1.2	1.5
2	1715	0.16	0.45	0.78	1.5	0.32	0.55	0.80	1.3	0.54	0.68	0.80	1.2
	1095	1.2	1.5	1.8	2.5	1.3	1.5	1.8	2.3	1.4	1.5	1.7	2.1
	830	1.1	1.4	1.7	2.4	1.3	1.5	1.8	2.3	1.5	1.7	1.8	2.2
3	1695	0.45	0.85	1.3	2.3	0.70	0.99	1.3	2.1	0.98	1.2	1.4	2.0
	1115	0.78	1.2	1.7	2.6	1.1	1.4	1.7	2.4	1.3	1.5	1.7	2.2
	845	1.1	1.5	1.9	2.9	1.3	1.6	1.9	2.6	1.5	1.7	2.0	2.5
	565	3.3	3.7	4.2	5.2	3.8	4.2	4.5	5.3	5.5	5.8	6.0	6.6
5	1690	0.45	1.1	1.9	3.4	0.92	1.4	1.9	3.1	1.5	1.8	2.2	3.0
	1135	0.72	1.4	2.1	3.6	1.1	1.6	2.1	3.3	2.0	2.3	2.7	3.5
	845	2.3	2.9	3.7	5.2	2.3	2.7	3.3	4.4	2.6	2.9	3.3	4.1
	685	3.6	4.2	5.0	6.5	3.9	4.4	4.9	6.1	5.6	5.9	6.3	7.1
7 1/2	1690	0.53	1.5	2.5	4.7	1.2	1.9	2.7	4.4	1.8	2.3	2.8	4.0
	1125	0.73	1.7	2.8	5.1	1.4	2.1	2.9	4.6	1.9	2.4	3.0	4.2
	845	3.1	4.0	5.1	7.3	3.1	3.8	4.6	6.3	3.6	4.1	4.6	5.8
	685	4.3	5.2	6.3	8.6	5.1	5.8	6.6	8.2	6.8	7.3	7.9	9.0
10	570	5.2	6.2	7.3	9.7	6.1	6.9	7.7	9.5	10.0	10.5	11.1	12.4
	1705	0.74	2.1	3.5	6.4	1.4	2.3	3.3	5.6	2.1	2.7	3.4	5.0
	1150	0.92	2.1	3.5	6.4	1.4	2.3	3.3	5.6	2.1	2.7	3.4	5.0
	845	2.4	3.6	5.0	7.9	3.3	4.2	5.3	7.5	4.4	5.1	5.8	7.3
	685	3.6	4.8	6.2	9.2	5.3	6.3	7.3	9.6	7.2	7.9	8.6	10.2
15	575	5.6	6.8	8.2	11.2	6.6	7.5	8.6	10.9	8.2	8.9	9.6	11.2
	1705	0.74	2.8	4.7	8.7	1.3	2.9	4.1	6.1	1.2	2.1	3.1	5.3
	1155	0.66	2.5	4.5	8.9	2.1	3.4	4.9	8.1	3.7	4.6	5.6	7.8
	850	2.4	4.2	6.3	10.7	3.4	4.8	6.4	9.6	5.2	6.1	7.2	9.4
	690	4.4	6.2	8.2	12.4	4.2	5.5	7.0	10.2	6.5	7.4	8.4	10.6
20	575	6.6	8.5	10.6	15.1	7.3	8.7	10.2	13.6	9.6	10.6	11.7	14.1
	1730	0.97	3.7	6.4	11.8	1.8	3.8	5.1	8.1	2.1	3.3	4.7	7.7
	1160	1.3	3.7	6.4	12.0	3.4	5.1	7.1	11.4	5.4	6.6	8.0	10.9
	855	2.8	5.1	7.9	13.7	4.2	6.0	8.0	12.3	7.0	8.2	9.6	12.5
	690	3.6	6.0	8.6	14.3	4.4	6.2	8.2	12.4	7.9	9.1	10.5	13.4
25	570	7.7	10.2	13.0	18.9	10.8	12.7	14.8	19.4	13.2	14.6	16.1	19.3
	1735	0.89	4.2	7.2	13.3	2.2	4.7	6.1	10.1	2.6	4.1	5.8	9.5
	1170	1.7	4.5	7.8	14.8	4.2	6.4	8.9	14.2	6.4	7.9	9.6	13.2
	870	0.56	3.4	6.7	13.7	2.1	4.2	6.7	11.9	4.4	5.8	7.5	11.1
	685	4.0	6.9	10.3	17.5	6.1	8.3	10.9	16.3	10.9	12.4	14.1	17.8
575	8.3	11.3	14.7	22.0	10.8	13.1	15.7	21.2	14.5	16.0	17.8	21.6	

CAPACITANCE REQUIRED FOR MOTORS

TABLE XXXI—Continued

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
30	1755	1.1	5.0	13.4	3.0	2.6	5.6	11.9	3.1	4.9	7.0	11.4	
	1170	3.4	7.3	15.6	3.0	5.6	8.5	14.8	6.8	8.5	10.5	14.8	
	870	2.0	5.4	9.4	17.7	4.5	7.1	10.0	16.3	8.4	10.1	12.2	16.5
	690	5.5	9.0	13.1	21.7	9.0	11.6	14.7	21.1	14.8	16.6	18.7	23.0
	575	5.2	8.8	12.9	21.0	7.4	10.1	13.2	19.7	10.7	12.6	14.7	19.2
40	1750	0.94	6.1	17.2	2.6	2.8	6.7	15.1	3.2	5.6	8.3	14.1	
	1170	3.6	8.5	19.7	2.6	6.0	9.9	15.1	6.8	9.1	11.7	17.4	
	865	2.7	7.3	12.7	23.9	7.4	10.9	14.0	23.3	11.4	13.7	16.5	22.3
	680	2.7	7.3	12.7	23.9	5.3	8.8	12.9	21.3	9.7	12.1	14.8	20.6
	575	9.7	14.5	20.0	31.0	13.0	16.7	20.8	29.6	16.9	19.3	22.2	28.1
50	1745	1.2	7.7	21.3	3.4	3.4	8.3	18.6	3.9	6.8	10.3	17.2	
	1160	4.6	11.2	25.0	4.1	8.5	13.4	23.9	8.7	11.6	15.0	22.1	
	865	3.3	9.1	15.7	29.7	9.3	13.6	18.6	29.1	13.3	16.2	19.6	26.8
	685	2.8	8.6	15.2	29.2	6.8	11.3	16.4	27.1	12.0	15.0	18.4	25.6
	575	9.0	14.9	21.6	35.8	12.9	17.3	22.3	33.0	17.2	20.1	23.6	30.8
60	1750	1.4	9.2	25.6	2.1	2.1	8.0	20.3	2.0	5.4	9.4	17.7	
	1170	4.6	7.7	24.1	4.1	4.1	9.9	22.2	10.2	13.6	17.5	25.9	
	865	4.9	12.9	29.7	3.0	8.2	14.2	26.8	8.9	12.5	16.5	25.1	
	690	2.0	9.0	17.0	33.9	6.5	11.8	17.8	30.5	11.9	15.4	19.5	28.0
	575	6.0	12.9	20.9	37.7	9.0	13.5	20.2	32.8	14.3	17.8	21.8	30.4
75	1755	0.88	10.5	31.0	1.9	1.9	9.2	24.5	0.82	5.1	10.0	20.3	
	1165	6.9	16.6	37.3	8.7	10.2	17.6	33.3	8.6	13.1	18.2	29.0	
	870	5.2	15.0	35.7	3.7	10.1	17.5	33.0	12.1	16.5	21.5	32.2	
	695	3.3	11.9	21.7	42.4	8.6	15.0	22.4	37.9	17.7	22.1	27.1	37.7
	575	8.3	16.9	26.8	47.7	13.8	20.3	27.7	43.3	20.9	25.3	30.4	41.1
100	1755	10.6	37.9	1.8	11.5	32.2	1.1	6.9	13.6	27.6			
	1170	4.6	17.4	44.5	1.6	10.0	19.7	40.1	11.1	16.8	23.4	37.3	
	875	6.9	20.0	47.4	4.9	13.4	23.2	43.8	15.9	21.7	28.4	42.4	
	695	9.1	22.1	49.4	8.1	16.6	26.3	46.8	23.3	33.2	35.5	49.5	
	575	9.3	22.4	50.3	5.0	13.6	23.5	44.3	16.0	21.9	28.5	42.7	
125	1755	10.0	43.8	12.2	37.8	7.3	15.7	33.4					
	1170	4.2	20.3	54.2	2.0	12.6	24.6	50.2	13.9	21.1	29.8	46.7	
	870	14.1	30.3	64.4	10.1	20.6	32.7	58.2	26.2	33.4	41.8	59.4	
	700	14.1	30.3	64.4	12.3	22.9	35.1	60.9	32.8	40.1	48.4	66.1	
	575	14.8	15.6	31.9	66.4	10.2	20.8	33.1	58.8	21.4	25.7	37.0	54.7
150	1755	12.1	52.8	14.5	45.2	8.6	18.5	39.4					
	1170	19.0	59.1	17.6	31.9	52.2	8.1	16.5	26.2	46.6			
	875	13.5	32.8	73.6	9.7	22.4	30.9	62.5	20.1	28.7	38.6	59.4	
	695	13.5	32.8	73.6	12.2	24.9	39.5	70.3	34.9	43.5	53.3	74.3	
	580	16.8	36.1	76.8	9.8	22.5	37.1	67.9	25.4	34.0	43.9	64.9	
200	1760	4.6	30.1	84.0	10.2	29.5	70.2	10.9	22.2	35.3	62.6		
	1170	25.0	78.0	10.1	29.0	69.1	10.7	21.8	34.5	61.5			
	880	9.1	34.6	88.5	16.7	35.8	76.2	13.0	24.2	37.1	64.3		
	700	22.2	47.7	102.0	16.2	32.9	52.2	93.0	46.1	57.3	70.4	98.0	
	585	4.3	26.5	52.0	106.0	19.3	35.9	55.0	65.4	33.5	44.8	57.8	85.6

CAPACITORS

TABLE XXXII

APPROXIMATE KV-A. IN CAPACITORS NEEDED TO IMPROVE THE POWER FACTOR OF CONSTANT- AND ADJUSTABLE-VARYING-SPEED, 3-PHASE, 60-CYCLE, WOUND-ROTOR INDUCTION MOTORS, 2300 VOLTS

Hp.	Full-Load R.P.M.	Full Load				3/4 Load				1/2 Load			
		85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%	85%	90%	95%	100%
30	1155	.....	2.9	7.0	15.7	1.8	4.5	7.6	14.2	5.5	7.3	9.5	14.0
	570	10.9	14.6	18.9	27.9	11.9	14.7	17.9	24.6	15.6	17.5	19.7	24.3
40	1735	.....	2.4	7.7	10.0	0.68	4.2	8.2	16.8	4.7	7.1	9.8	15.7
	1155	.....	2.9	8.3	10.7	3.4	6.9	10.9	19.5	6.2	8.0	11.4	17.3
	860	6.4	11.1	16.5	28.0	10.5	14.1	18.2	26.9	16.0	18.4	21.2	27.0
	685	7.4	12.2	17.6	29.3	9.8	13.4	17.6	26.3	18.6	16.1	18.9	24.9
	570	16.4	15.2	20.8	32.0	13.2	16.9	21.0	29.9	16.6	19.0	21.9	28.0
50	1735	.....	2.3	8.9	22.8	.....	4.4	9.4	19.9	4.0	7.0	10.4	17.6
	1155	.....	2.4	9.0	23.1	0.85	5.3	10.3	21.0	5.9	8.9	12.4	19.8
	865	5.6	11.4	18.1	32.3	11.2	15.6	20.6	31.3	17.2	20.1	23.6	30.8
	685	8.0	13.9	20.6	35.0	12.2	16.6	21.7	32.4	16.0	19.1	22.5	29.8
	575	15.2	21.1	28.0	42.5	18.2	22.7	27.8	38.7	23.6	26.6	30.0	37.3
60	1750	.....	6.8	14.6	31.2	5.0	10.1	16.0	28.6	9.8	13.3	17.4	26.1
	1160	.....	2.8	10.7	27.4	1.0	6.2	12.2	24.9	6.9	10.5	14.5	23.2
	860	.....	7.0	15.1	32.1	3.1	8.3	14.4	27.2	9.2	12.8	16.9	25.6
	695	6.8	13.8	21.8	38.8	14.4	19.7	25.7	38.5	23.9	27.5	31.6	40.4
	580	10.8	17.8	25.9	42.9	14.5	19.8	25.9	38.7	20.6	24.4	28.3	36.9
75	1755	.....	5.2	14.9	35.4	1.2	7.6	15.0	30.4	7.6	12.0	17.0	27.6
	1165	.....	8.6	18.5	39.4	6.3	12.8	20.3	36.1	13.5	18.0	23.3	34.4
	870	1.7	10.3	20.3	41.2	8.8	15.3	22.8	38.7	17.3	21.8	27.0	37.9
	695	6.7	15.3	25.2	46.3	16.5	23.0	30.4	46.2	25.8	30.2	35.4	46.2
	580	16.9	25.6	35.5	56.6	23.5	30.0	37.6	53.4	30.9	35.4	40.4	51.2
100	1755	.....	1.2	14.2	41.8	.....	6.9	16.8	37.7	7.9	13.8	20.5	34.7
	1170	.....	6.9	19.8	47.2	3.3	11.9	21.7	42.4	12.7	18.6	25.4	39.8
	875	2.2	13.7	26.9	54.8	8.3	17.0	26.9	47.9	18.6	24.4	31.2	45.5
	695	.....	11.5	24.7	52.6	8.3	16.9	26.8	47.7	17.3	23.2	29.9	44.2
	575	6.7	18.2	31.4	59.4	15.1	23.8	33.8	55.0	23.1	29.1	35.9	50.6
125	1755	.....	1.5	17.7	51.8	.....	8.6	20.8	46.0	9.9	17.3	25.8	43.7
	1170	.....	8.6	24.8	58.9	4.1	14.7	26.8	52.4	15.3	22.5	30.7	48.1
	880	.....	10.1	26.4	60.9	6.2	16.9	29.2	55.2	21.4	28.7	37.0	54.7
	700	.....	8.7	25.0	59.5	4.1	14.8	27.1	53.1	15.7	23.0	31.4	49.2
	580	8.3	22.6	39.1	74.0	18.7	29.6	42.0	68.2	28.1	35.4	43.8	61.7
150	1755	.....	.....	19.3	60.1	.....	6.4	20.9	51.5	8.3	16.9	26.8	47.7
	1165	.....	3.4	22.6	63.0	.....	7.6	22.0	52.4	8.2	16.7	26.4	47.1
	880	.....	10.2	29.5	70.2	7.3	20.0	34.6	65.5	25.4	34.0	43.9	64.9
	700	.....	10.2	29.5	70.2	4.9	17.4	31.8	62.2	20.0	28.6	38.4	59.1
	575	9.9	27.1	46.8	88.7	19.8	32.6	47.3	78.0	33.5	42.3	52.4	73.7
200	1760	.....	.....	25.7	79.9	.....	8.6	27.9	68.7	11.0	22.5	35.7	63.6
	1170	.....	2.3	27.7	81.3	.....	6.8	26.0	66.4	10.7	22.0	34.9	62.2
	880	.....	13.5	39.0	92.8	9.7	26.5	45.8	86.6	33.5	44.8	57.9	85.5
	705	.....	13.5	39.0	92.8	9.7	26.5	45.8	86.6	26.8	38.3	51.5	79.3
	580	13.0	35.5	61.3	116.0	26.1	43.1	62.5	103.6	44.0	55.5	68.7	96.6

Table 53
Suggested Capacitor Ratings, in Kilo-var, for NEMA Class C, D, and Wound-Rotor Motors

Induction Motor Rating (hp)	Design C Motor		Design D Motor	Wound-Rotor Motor
	1800 and 1200 r/min	900 r/min	1200 r/min	
15	5	5	5	5.5
20	5	6	6	7
25	6	6	6	7
30	7.5	9	10	11
40	10	12	12	13
50	12	15	15	17.5
60	17.5	18	18	20
75	19	22.5	22.5	25
100	27	27	30	33
125	35	37.5	37.5	40
150	37.5	45	45	50
200	45	60	60	65
250	54	70	70	75
300	65	90	75	85

Applies to three-phase, 60 Hz motors when switched with capacitors as a single unit.

TABLE XXXIV

WIRE, SWITCH AND FUSE SIZES FOR 460-VOLT CAPACITORS

Kv-A.	2-Phase, 4-Wire *				3-Phase			
	Amp.	Wire	Switch	Fuses	Amp.	Wire	Switch	Fuses
5	5	No. 12	30-a.	S-a.	6	No. 12	30-a.	10-a.
10	11	12	30	20	13	12	30	20
15	16	10	30	25	19	8	30	30
20	22	8	60	35	25	6	60	40
25	27	6	60	40	31	6	60	50
30	33	6	60	50	38	4	60	60
35	38	4	60	60	44	4	100	70
40	43	4	100	65	50	2	100	75
45	49	2	100	75	57	2	100	85
50	54	2	100	80	63	1	100	95
55	60	2	100	90	69	0	200	110
60	65	1	100	100	75	0	200	120
65	71	0	200	110	82	0	200	125
70	76	0	200	120	88	00	200	150
75	82	0	200	125	94	00	200	150
80	87	00	200	150	101	000	200	150
85	92	00	200	150	107	000	200	175
90	98	00	200	150	113	000	200	175
95	103	000	200	150	119	200,000	200	200
100	109	000	200	175	126	200,000	200	200

* Current in common conductor of 3-wire circuit = 1.41 times values given.

INSTALLATION DATA

TABLE XXXIII

WIRE, SWITCH AND FUSE SIZES FOR 230-VOLT CAPACITORS

Kv-A.	2-Phase, 4-Wire *				3-Phase			
	Amp.	Wire	Switch	Fuses	Amp.	Wire	Switch	Fuses
5	11	No. 12	30-a.	20-a.	13	No. 10	30-a.	20-a.
10	22	8	60	35	25	6	60	40
15	33	6	60	50	38	4	60	60
20	44	4	100	70	50	2	100	75
25	54	2	100	80	63	1	100	95
30	65	1	100	100	75	0	200	120
35	76	0	200	120	88	00	200	150
40	87	00	200	150	100	00	200	150
45	98	00	200	150	113	000	200	175
50	109	000	200	175	126	200,000	200	200
55	120	200,000	200	200	138	0000	400	225
60	130	200,000	200	200	151	250,000	400	225
65	141	0000	400	225	163	250,000	400	250
70	152	250,000	400	225	176	300,000	400	275
75	163	250,000	400	250	189	350,000	400	300
80	174	300,000	400	275	201	350,000	400	300
85	185	350,000	400	275	214	400,000	400	325
90	196	350,000	400	300	228	500,000	400	350
95	206	400,000	400	325	239	500,000	400	375
100	217	400,000	400	325	251	500,000	400	375

* Current in common conductor of 3-wire circuit = 1.41 times value given.

INSTALLATION DATA

TABLE XXXV

WIRE AND FUSE SIZES FOR 2300, 4000-VOLT CAPACITORS

Kv.-A.	2-Phase, 2300-Volt 4-Wire			2-Phase, 2300-Volt 3-Wire Common Conductor			3-Phase 2300-Volt			3-Phase, 4000-Volt		
	Amp.	Fuses (amp)	Wire No.	Amp.	Fuses (amp)	Wire No.	Amp.	Fuses (amp)	Wire No.	Amp.	Fuses (amp)	Wire No.
20	4	10	8	6	10	8	5	10	8	3	5	8
30	7	15	8	9	15	8	8	15	8	4	10	8
40	9	15	8	12	20	8	10	15	8	6	10	8
50	11	20	8	15	25	8	13	20	8	7	15	8
60	13	20	8	18	30	8	15	25	8	9	15	8
70	15	25	8	21	40	8	18	30	8	10	15	8
80	17	25	8	25	40	6	20	30	8	12	20	8
90	20	30	8	28	50	6	23	40	6	13	20	8
100	22	40	8	31	50	6	25	40	6	15	25	8
110	24	40	6	34	60	4	28	50	6	16	25	8
120	26	40	6	37	60	4	30	50	6	17	30	8
130	28	50	6	40	60	4	33	50	6	19	30	8
140	30	50	6	43	75	4	35	60	4	20	30	8
150	33	50	6	46	75	4	38	60	4	22	40	8
160	35	60	4	49	75	2	40	60	4	23	40	6
170	37	60	4	52	100	2	43	75	4	25	40	6
180	39	60	4	55	100	2	45	75	4	26	40	6
190	41	75	4	58	100	2	48	75	2	28	50	6
200	43	75	4	61	100	1	50	75	2	29	50	6
210	46	75	4	64	100	1	53	100	2	30	50	6
220	48	75	2	67	100	1	55	100	2	32	50	6
230	50	75	2	71	125	0	58	100	2	33	50	6
240	52	100	2	74	125	0	60	100	1	35	75	4
250	54	100	2	77	125	0	63	100	1	36	75	4

Expulsion-type primary cutouts, only, may be used wherever the capacitors are to be in constant service. Where the capacitor service will be intermittent or where required by the Underwriters, a non-automatic oil switch should be used in conjunction with the expulsion-type cutouts. In every case it will be necessary to consult the utility to learn what the short-circuit capacity of the equipment should be. Also consult utility about connections of 4000-volt equipment. Fuses are not required but may be used in the common conductor of a 2-phase, 3-wire circuit.

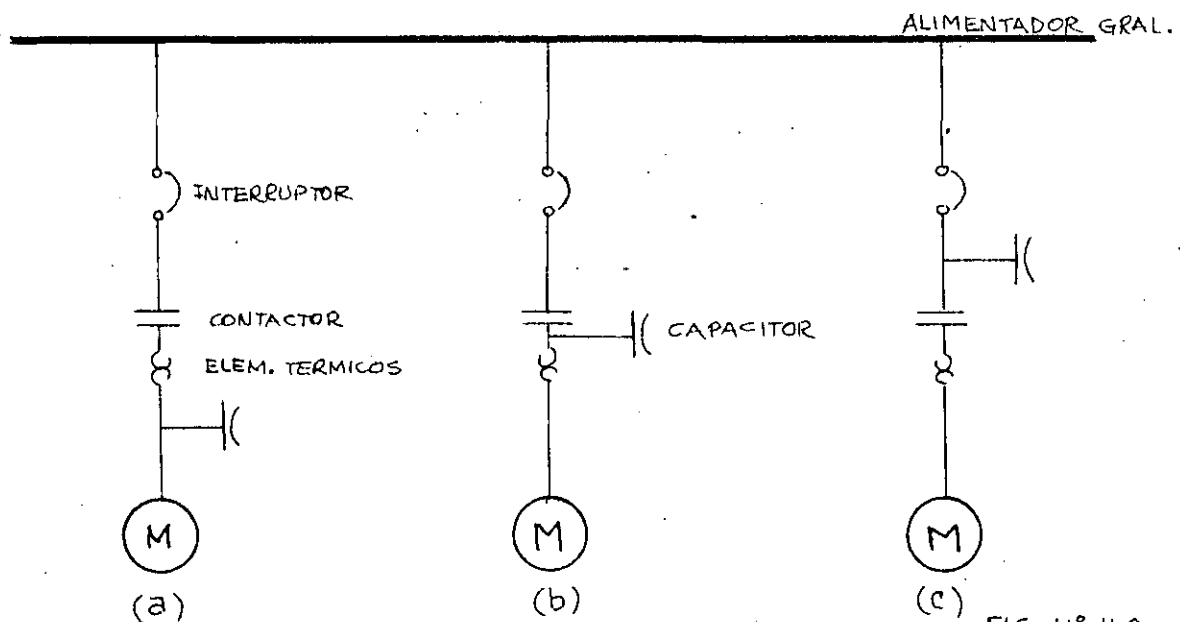
9.9-2 LOCALIZACION DE CAPACITORES PARA MOTORES

LOS CAPACITORES, PUDEN SER CONECTADOS A CADA MOTOR Y SER OPERADOS CON EL COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 11.9 (a) O (b) O PUEDEN CONECTARSE PERMANENTEMENTE AL ALIMENTADOR.

LA CONEXION "a" SE EMPLEA PREFERENTE, EMTE EN LAS INSTALACIONES NUEVAS CUANDO LOS ELEMENTOS TERMICOS PUEDEN SELECCIONARSE EN EL TIEMPO DE COMPRA EN BASE A LA REDUCCION DE LA CORRIENTE DE LINEA DEBIDA A LA INSTALACION DEL CAPACITOR.

LA CONEXION ("b") ES PREFERIDA EN LAS INSTALACIONES EXISTENTES PARA NO CAMBIAR LOS ELEMENTOS TERMICO, YA QUE LA CORRIENTE ATRAVES DE ELLOS ES LA DEL MOTOR.

EL ARREGLO PRESENTADO EN LA FIGURA 11.9 (c) SE USA CUANDO SE DESEA TENER EL CAPACITOR PERMANENTEMENTE CONECTADO AL SISTEMA, SU PRINCIPAL VENTAJA ES LA ELIMINACION DE UN APARATO DE DESCONEXION PARA EL CAPACITOR.



CUANDO SE INSTALAN LOS CAPACITORES DE ACUERDO A LA FIGURA 11.9(a) LA CORRIENTE A TRAVES DE LOS ELEMENTOS TERMICO ES MENOR QUE LA DEL MOTOR. ESTA REDUCCION PUEDE SER ENTRE EL 10 Y 25%.

EL PORCIENTO DE REDUCCION DE CORRIENTE PUEDE CALCULARSE DE UNA MANERA APROXIMADA CON LA SIGUIENTE ESPRESION.

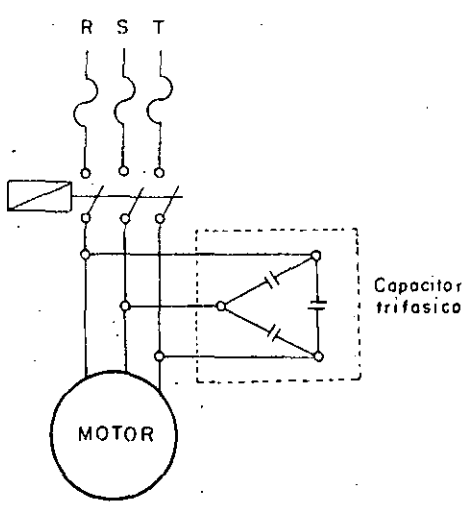
$$\% \Delta I = 100 \left(1 - \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \right)$$

9-9.3 GUIA DE ASIGNACION DE CAPACITORES A MOTORES

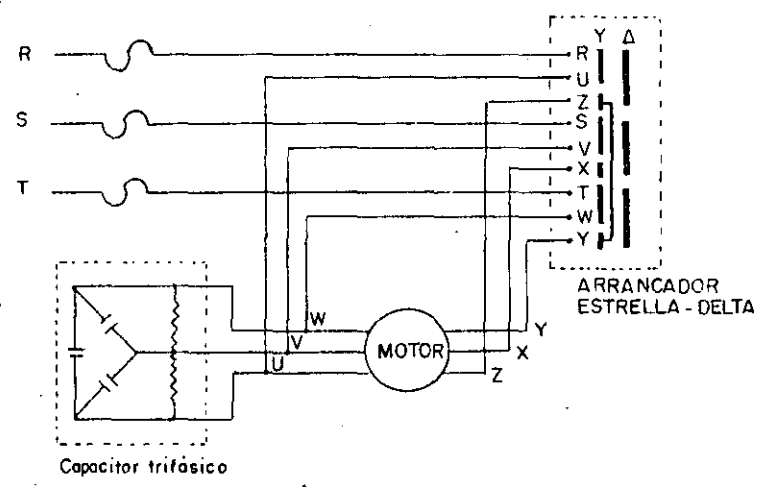
- 1.- DETERMINAR LA CAPACITANCIA TOTAL NECESITADA.
- 2.- LISTAR LOS MOTORES POR SECCIONES.
- 3.- DETERMINAR POR MEDIO DE UN ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO, DE ACUERDO A LA OPERACION DE LA PLANTA Y AL FACTOR DE POTENCIA DESEADO, EL TAMAÑO MINIMO DEL MOTOR CON CAPACITOR ACOPLADO QUE RESULTE ECONOMICO.
- 4.- ASIGNAR CAPACITORES A LOS MOTORES EN ORDEN DESCENDENTE DE CAPACIDAD HASTA LLEGAR A LA CAPACITANCIA REQUERIDA. CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES PUNTOS:
 - A).- SELECCIONAR LOS MOTORES QUE SE UTILICEN MAS PARA QUE CADA CAPACITOR INSTALADO TENGA UN ALTO FACTOR DE UTILIZACION.
 - B).- LIMITAR LOS RANGOS DE LOS CAPACITORES A LOS VALORES RECOMENDADOS POR LOS FABRICANTES DE MOTORES Y REGLAMENTOS O NORMAS LOCALES.
 - C).- EVITAR LA ASIGNACION DE CAPACITORES A LOS SIGUIENTES MOTORES.
 - I.- LOS MOTORES NO DEBEN ESTAR SUJETOS A MARCHAS REVERSIBLES.
 - II.- LOS MOTORES NO DEBEN SER RECONECTADOS MIENTRAS ESTAN GIRANDO Y GENERANDO UN SUBSTANCIAL VOLTAJE.
 - III.- LOS CAPACITORES NO DEBEN USARSE CON MOTORES DE GRUAS O ELEVADORES CUANDO LA CARGA PUEDE CONTROLAR AL MOTOR O EN MOTORES DE MULTIVELOCIDADES.

IV.- CON ARRANCADORES DE TRANSICION ABIERTA A VOLTAJE REDUCIDO. (VER FIGURAS SIGUIENTES)

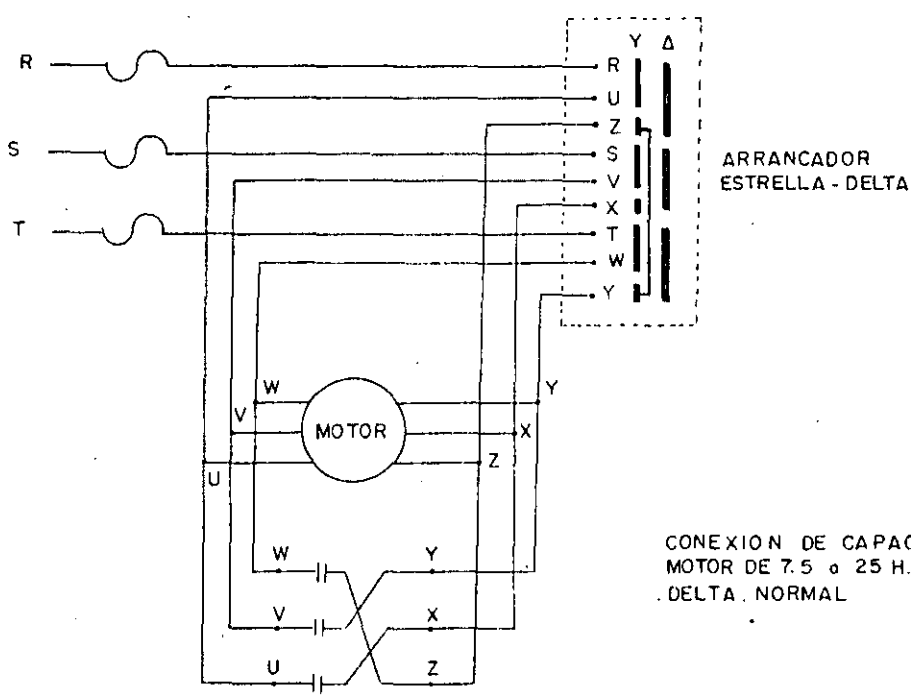
D).- LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS MOTORES PEQUEÑOS Y DEL PUNTO "C" SE DEBE HACER POR MEDIO DE CAPACITORES EN LOS PUNTOS DE DISTRIBUCION. ESTOS CAPACITORES USUALMENTE SON CONECTADOS PERMANENTEMENTE A LA LINEA A TRAVES DE SU EQUIPO DE DESCONEXION.



CONEXION DE UN BANCO DE CAPACITORES, ACOPLADO A UN MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO CON CONTACTOR TRIPOLAR



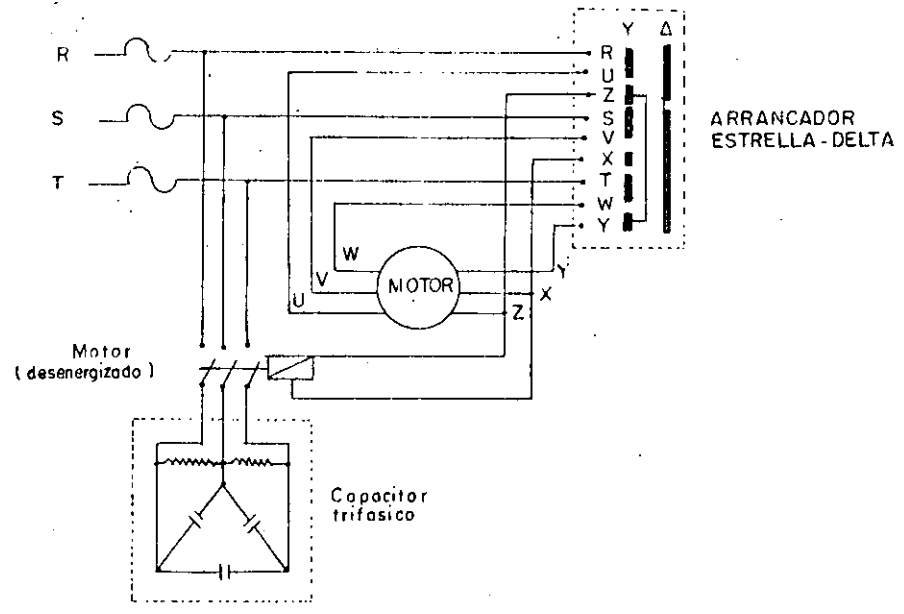
CONEXION DE CAPACITORES EN PARALELO CON UN MOTOR DE POTENCIA INFERIOR A 7.5 H.P. CON ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA NORMAL



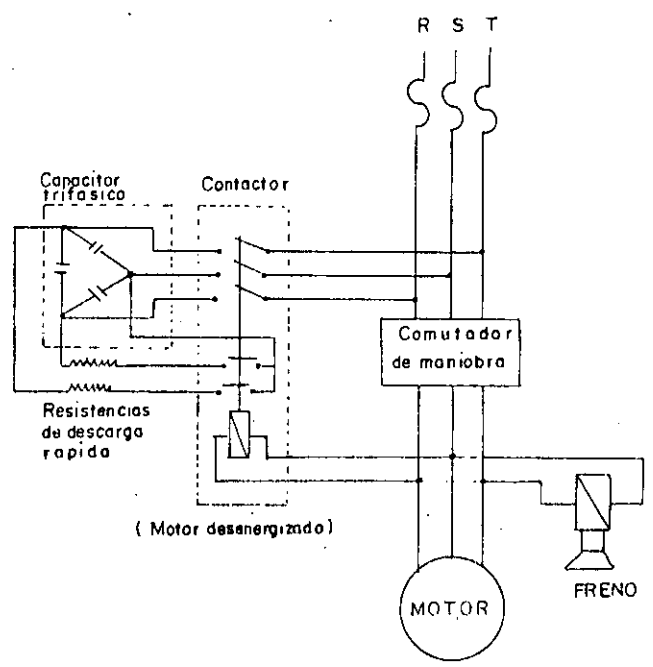
CONEXION DE CAPACITORES EN PARALELO CON UN MOTOR DE 7.5 a 25 H.P. CON ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA NORMAL

CAPACITORES MONOFASICOS

53



CONEXION DE CAPACITORES EN PARALELO CON UN MOTOR DE MAS DE 25 H.P. CON ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA NORMAL.



INSTALACION DE CAPACITORES EN PARALELO CON EL MOTOR DE UN EQUIPO DE ELEVACION

9.9.4 SELECCION DE EQUIPO DE DESCONEXION EN BAJO VOLTAJE.

EN LOS CIRCUITOS DE BAJO VOLTAJE, RARA VEZ SE TIENEN PROBLEMAS EN LA INTERRUPCION, CONEXION U OPERACION REPETITIVA DE LOS TERMOMAGNETICOS, CONTACTORES, ETC.

SI LA SELECCION DE SU CAPACIDAD SE EFECTUO CON UN MINIMO DEL 135 % DE LA CORRIENTE NOMINAL DEL CAPACITOR Y SU CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE ACUERDO A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN EL PUNTO DE LOCALIZACION.

LA TABLA ES UNA REFERENCIA CONVENIENTE EN LA SELECCION DE ESTE EQUIPO.

Table 54
Capacitor Rating Multipliers to Obtain Switching-Device* Rating

Type of Switching Device	Multiplier to Obtain Equivalent Capacitor Rating	Equivalent Current per kvar		
		240 V	480 V	600 V
Magnetic-type power circuit breaker	1.35	3.25	1.62	1.30
Molded-case circuit breakers				
magnetic type	1.35	3.25	1.62	1.30
others	≈ 1.5	≈ 3.61	≈ 1.8	≈ 1.44
Contactors, enclosed†	1.5	3.61	1.8	1.44
Safety switch‡	1.35	3.25	1.62	1.30
Safety switch (fusible)‡	1.65	3.98	1.98	1.58

*Switching device must have a continuous-current rating that is equal to or exceeds the current associated with the capacitor kvar rating times the indicated multiplier. Enclosed switch ratings at 40°C (104°F) ambient temperature.

†If contactor manufacturers give specific ratings for capacitors, these should be followed.

‡This requirement is given in NEMA CP1-1976, Section 4.09, page 15.

9.10 EQUIPO AUTOMATICO DE CONTROL.

EL EQUIPO AUTOMATICO DE CONEXION DE CAPACITORES RARA VEZ SE USA EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES, PERO CUANDO SE USAN ES POR UNA O MAS DE LAS SIGUIENTES RAZONES.

- 1) PARA CONTROLAR CIRCUITOS CARGADOS.
- 2) PARA REDUCIR EL VOLTAJE DURANTE LA CONEXION DE CARGAS DE ALUMBRADO Y PARA MEJORAR LA REGULACION DEL VOLTAJE EN CUALQUIER CONDICION DE CARGA.
- 3) PARA CUMPLIR CON LAS CONDICIONES DE CARGA CONTRATADAS.

LOS TIPOS DE CONTROL MAS COMUNES SON:

* CONTROL DE CORRIENTE	DE UN SOLO PASO (ON U OFF)
CONTROL DE VOLTAJE	GENERALMENTE DE UN SOLO PASO. (CON UNO O MAS CAPACITORES)
CONTROL DE POTENCIA REACTIVA	GENERALMENTE DE VARIOS PASOS. (USUALMENTE A SERIES DE BLOQUES DE CAPACITORES)
CONTROL DE TIEMPO	

9.10.1 PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

LA PROTECCION PARA SOBRECORRIENTE POR MEDIO DE FUSIBLES EN LOS CAPACITORES, NO ES UNA PROTECCION DE SOBRECARGA COMO SE USA EN LOS APARATOS ELECTRICOS, TALES COMO MOTORES.

DEBIDO A QUE ES NECESARIO SELECCIONAR SU RANGO (DE LOS FUSIBLES) ENTRE EL 165 Y 250% DE LA CORRIENTE NOMINAL DEL CAPACITOR, PARA PERMITIR EL FLUJO DE LA CORRIENTE DE INRUSH.

LA SELECCION DEL FUSIBLE DEBERA HACERSE EN BASE A LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE DE CAPACITORES. YA QUE LAS CARACTERISTICAS TIEMPO - CORRIENTE DEL FUSIBLE SON EL FACTOR MAS IMPORTANTE EN SU COMPORTAMIENTO Y NO ASI LOS VALORES DE CORRIENTE NOMINALES, QUE SE ESTABLECEN PARA CADA TIPO DE FUSIBLE EN PARTICULAR.

9.3.A.- PERDIDAS EN EL SISTEMA

UNO DE LOS BENEFICIOS QUE NOS APORTA LA INSTALACION DE CAPACITORES ES LA REDUCCION DE PERDIDAS POR EFECTO JOULE EN LOS TRAMOS DE ALIMENTADORES QUE VAN DESDE LA CONEXION DEL SERVICIO HASTA EL PUNTO DONDE ESTAN INSTALADOS LOS CAPACITORES.

LAS PERDIDAS POR CALOR EN LOS ALIMENTADORES PROVIENEN TANTO DE LAS CORRIENTES ACTIVAS COMO DE LAS REACTIVAS Y REPRESENTAN ENERGIA PERDIDA QUE DEBERA PAGARSE COMO SI SE HUBIESE TRANSFORMADO EN TRABAJO PRODUCTIVO.

LA REDUCCION DE PERDIDAS EN EL SISTEMA POR CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA POCAS VECES ES SUFICIENTE PARA JUSTIFICAR POR SI SOLA LA INSTALACION DE CAPACITORES.

LAS PERDIDAS EN LOS CONDUCTORES POR EFECTO JOULE SON PROPORCIONALES AL CUADRADO DE LA CORRIENTE, POR TANTO SI LA REDUCCION DE CORRIENTE ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA CORRECCION DEL F.P., LAS PERDIDAS SON INVERSAMENTE PROPORCIONALES AL CUADRADO DEL F.P.:

$$\% \text{ PERDIDAS} = 100 \left(\frac{\text{F.P. ORIGINAL}}{\text{F.P. CORREGIDO}} \right)^2$$

$$\% \text{ REDUCCION DE PERDIDAS} = 100 \left[1 - \left(\frac{\text{F.P. ORIGINAL}}{\text{F.P. CORREGIDO}} \right) \right]$$

9.3.B. - REGULACION DE VOLTAJE

AUNQUE EL AUMENTO DE VOLTAJE POR SI SOLO NO JUSTIFICA EL EMPLEO DE CAPACITORES ES IMPORTANTE TOMARLO EN CUENTA COMO UN BENEFICIO ADICIONAL.

LA SIGUIENTE EXPRESION MUESTRA LA IMPORTANCIA DE LA REDUCCION DE LA CORRIENTE REACTIVA EN LA CAIDA DE VOLTAJE.

$$AV \doteq RI, \cos \phi + XI, \text{SEN } \phi \quad \text{EC. 9.5}$$

$$AV \doteq R \text{ (CORRIENTE ACTIVA) } + X \text{ (CORRIENTE REACTIVA) } \quad \text{EC. 9.6}$$

$$AV \doteq (R, \cos \phi + X, \text{SEN } \phi)$$

EL FACTOR $R, \cos \phi$ ES LA CONTRIBUCION DE LA POTENCIA ACTIVA A LA CAIDA DEL VOLTAJE POR AMPER DE CORRIENTE TOTAL.

$X \text{SEN } \phi$ ES LA CONTRIBUCION DE LA POTENCIA REACTIVA A LA CAIDA DE VOLTAJE POR AMPER DE CORRIENTE TOTAL.

AL FACTOR $X \text{SEN } \phi$ ES TÍPICAMENTE DE 5 A 10 VECES MAYOR QUE EL FACTOR $R \cos \phi$ POR TANTO LA CAIDA DE VOLTAJE PRODUCIDO POR EL FLUJO DE LA POTENCIA REACTIVA ES VARIAS VECES MAYOR QUE LA PRODUCIDA POR LA POTENCIA ACTIVA.

LA ECUACION 9.6 PUEDE SER REESCRITA DE LA SIGUIENTE FORMA PARA DETERMINAR EL CAMBIO DE VOLTAJE EN LOS TRANSFORMADORES DEBIDO A LA ADICION DE CAPACITORES.

$$\% \Delta V = \frac{\text{KVAR DE LOS CAPACITORES X \% IMPEDANCIA DEL TRANS.}}{\text{KVA DEL TRANSFORMADOR}}$$

LA REGULACION DEL VOLTAJE POCAS VECES ES MAYOR AL 2%

CIÓN A UNA PLANTA INDUSTRIAL, Y DONDE LA CARGA TOTAL DE ELLA SE-
 HA DESCOMPUESTO EN LA PARTE RESISTIVA (R) Y LA PARTE REACTIVA-
 INDUCTIVA (XI), ASIMISMO SE INDICAN LAS CORRIENTES (IA) E --
 (II) RESPECTIVAS Y LA CORRIENTE (I) TOTAL CONSUMIDA POR LA -
 PLANTA.

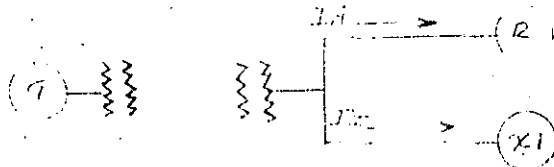


FIG. N° 2A-9

ESTAS MAGNITUDES ESTAN REPRESENTADAS EN LAS FIGURAS 1.9, 1A.9 Y-
 2.9 JUNTO CON EL VOLTAJE, TANTO EN FORMA VECTORIAL COMO EN ONDAS
 SENOIDALES.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA II

CONTROL E INSTRUMENTACION

ING. HORACIO BUITRON

SEPTIEMBRE, 1985.

CONTROL E INSTRUMENTACION

PARTE I. CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS

PARTE II. APLICACION DE LOS CIRCUITOS LOGICOS
A CIRCUITOS DE CONMUTACION.

I CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS

1. INTRODUCCION
2. CONTROLADORES
3. SIMBOLOGIA
4. DIAGRAMAS
5. CIRCUITOS BASICOS
6. ARRANCADORES
7. PROTECCION DE MOTORES

1. INTRODUCCION

El motor eléctrico juega un papel preponderante en el progreso industrial, pues constituye la fuerza principal que impulsa las máquinas y procesos en las fábricas e instalaciones industriales.

Dependiendo de la versatilidad buscada para mover un determinado equipo, la industria puede escoger entre los siguientes tipos de motor eléctrico:

- a) Motores de Corriente Contínua
- b) Motores Sincrónicos
- c) Motores de Inducción o Asincrónicos
 - Tipo Jaula de Ardilla
 - Tipo Rotor Devanado

En cualquier accionamiento con motores eléctricos, existen -- elementos de conexión y gobierno, mediante los cuales son operados, de acuerdo a las necesidades del trabajo. Por esta razón los dispositivos de control, son tan importantes en la instalación como las máquinas accionadas. Todo el servicio depende de su buen funcionamiento y de la seguridad de su operación.

Originalmente el control de motores se enfocaba a las operaciones de arranque y paro, pero la evolución de los accionamientos, en los que aumentó el número y la variedad de operaciones que habían de realizarse, trajo como consecuencia el desarrollo de nuevas funciones y esquemas de control.

2. CONTROLADORES

Un sistema de control o controlador para un motor eléctrico podría definirse como un dispositivo o conjunto de estos, que sirve para gobernar de alguna manera predeterminada la operación del motor y que además proporciona algún tipo de protección que asegure su funcionamiento.

Los controladores pueden ser muy sencillos o extremadamente complicados, desde arrancadores manuales del tipo volquete, hasta esquemas de control que contengan una gran cantidad de elementos.

Hoy en día, computadoras y una gran variedad de sofisticados componentes son empleados en procesos automatizados para controlar el arranque, el paro y muchas otras funciones de control.

TIPOS DE CONTROLADORES.

Dependiendo de su operación pueden clasificarse en: manuales, semiautomáticos y automáticos.

Manuales.

El elemento humano interviene durante toda la operación, como sucede cuando se utiliza un reóstato para el arranque de un motor de c.c.

Semiautomáticos.

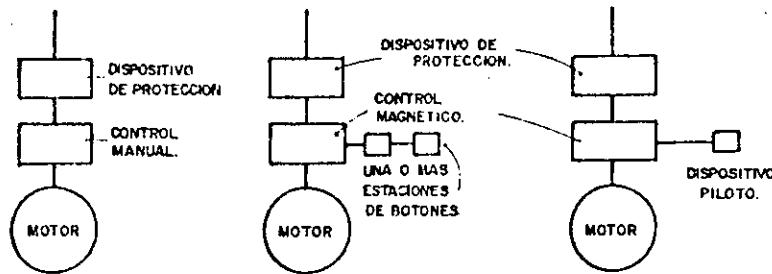
En este tipo de controladores, el operador interviene para -- iniciar un cambio en la condición de operación; por ejemplo, pulsado un botón que permita se energicen contactores y relevadores que realicen una secuencia predeterminada.

Automáticos.

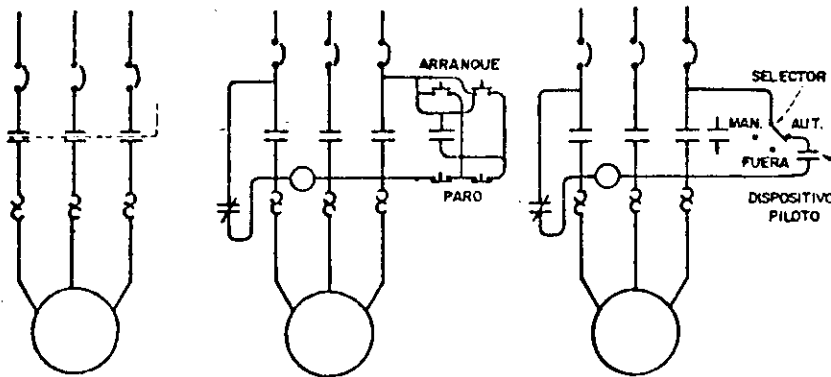
En estos casos el controlador cambia por si mismo su estado de operación, sin la intervención del elemento humano; por ejemplo, los equipos de control para sistemas de bombeo, en donde una secuencia puede iniciarse al operar un interruptor flotador, cuya acción depende de un determinado nivel del líquido.

Otros dispositivos empleados para controlar automáticamente un motor, pueden ser: interruptores de presión, de flujo, de límite, termostatos, etc.

Se habla de control remoto cuando se controla un motor desde un punto alejado; como sucede en las modernas instalaciones, en donde desde un centro de control, se operan motores que pueden no encontrarse en el local donde se realiza el control.



DIAGRAMAS DE BLOQUES.



DIAGRAMAS DE CONEXIONES.

MANUAL
EL CONTROLADOR DEBE SER OPERADO MANUALMENTE.

SEMIAUTOMATICO
EL CONTROLADOR DEBE SER MANDADO DESDE LA ESTACION DE BOTONES LA CUAL PUEDE SER REMOTA.

AUTOMATICO
EL CONTROLADOR ES MANDADO AUTOMATICAMENTE DESDE EL DISPOSITIVO PILOTO.

Fig. 1 Tipos de Controladores

TIPOS DE ELEMENTOS.

De una manera general, los elementos que forman un controlador se pueden clasificar, según su función, en las siguientes categorías: mando, básicos, de salida y auxiliares.

Elementos de Mando.

Son dispositivos que miden y/o convierten una acción, condición o cantidad física en señales eléctricas.

Elementos Básicos.

Son aquellos que efectúan la parte de control del sistema. Reciben información de los elementos de mando y la procesan de tal manera, que la señal de salida sea la adecuada en la secuencia de operación del proceso.

Elementos de Salida.

Toman la información de los elementos básicos y la amplifican al nivel adecuado de potencia para la operación de las máquinas.

Elementos Auxiliares.

Los más usuales: dispositivos de protección y de señalización, reóstatos, reactancias, transformadores y autotransformadores, etc. los cuales se emplean para realizar funciones específicas en la operación y que son propios de diseños particulares.

En la tabla 1 se tienen varios ejemplos de los tipos de elementos.

3. SIMBOLOGIA

Para la correcta interpretación de proyectos de instalaciones y circuitos de control, es necesario el conocimiento de los símbolos empleados en los mismos. Las unidades representadas por estos símbolos, no pueden tener la misma apariencia física, que cuando se representan por medio de un dibujo o una fotografía, debiéndose memorizar a fin de poder reconocerlas.

Tabla 1 Tipos de Elementos

FUNCION	ELEMENTOS	USO
Mando	Estación de botones, interruptores de presión de límite, de flotador, termostatos, etc.	Sensor o fuente de información.
Básicos	Relevadores, tubos, transistores, válvulas hidráulicas y neumáticas, etc.	Actúan con la información de los elementos de mando. Toman decisiones y proporcionan señales adecuadas de salida.
Salida	Contactores electromagnéticos y electrónicos, solenoides, etc.	Amplifican la información básica al nivel deseado de potencia.
Auxiliares	Reóstatos, reactores, transformadores, autotransformadores, luces piloto, alarmas, dispositivos de protección, etc.	Realizan funciones específicas en el control.

En la figura 2 se presentan símbolos típicos usados en los diagramas de control. Esta simbología cumple las normas de la NEMA y fué adoptada, con algunas modificaciones, por el Subcomité de Tableros del CONNIE. Sin embargo su uso no se ha generalizado completamente, sobre todo entre las compañías fabricantes de dispositivos y tableros de control.

4. DIAGRAMAS

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos pudiendo tomar diferentes formas para resolver diferentes tipos de necesidades.

La mayoría de los circuitos de control, se muestran de tres maneras:

- a) Diagrama Esquemático
- b) Diagrama de Conexiones
- c) Diagrama de Interconexión o de Haces.

Diagrama Esquemático.

La mayor ventaja de esta representación, se encuentra en el hecho de que muestra el circuito de control, en la secuencia eléctrica apropiada. Cada componente se presenta en el lugar preciso del circuito eléctrico, sin importar la localización física. Este tipo de diagramas, requieren de un tiempo mínimo para su trazo, además que permiten fácilmente entender la operación del circuito y detectar fallas en el mismo.

Dentro del diagrama esquemático se distinguen el circuito de fuerza, o de carga y el circuito de control.

Interrupedores																																																	
Desconexión	Interruptor de circuitos	Contactor con elemento térmico de sobrecarga	Contactor con elemento magnético de sobrecarga	Contactor con elementos térmicos y magnéticos de sobrecarga	Interruptores de límite		Interruptores de palán																																										
					Normalmente abierto	Normalmente cerrado	N.O.	N.C.																																									
					Posición cerrada	Posición abierta																																											
Interruptores de presión y vacío		Interruptor para nivel de líquidos		Interruptor accionado por temperatura		Interruptor de flujo (aire, agua, etc.)																																											
N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.																																										
Fusible	Selector para trabajo normal		Selector para servicio pesado																																														
	Dos posiciones		Dos posiciones		Tres posiciones		Interruptor de 2 posiciones																																										
			<table border="1"> <tr><td>A1</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A2</td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Bajo</td><td>Alto</td><td></td></tr> </table>		A1	X			A2		X			Bajo	Alto		<table border="1"> <tr><td>A1</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A2</td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Manual</td><td>Abri.</td><td>Auto.</td></tr> </table>		A1	X			A2		X			Manual	Abri.	Auto.	<table border="1"> <tr><td>A1</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A2</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td>Libre</td><td>Oprimido</td><td>Libre</td></tr> <tr><td></td><td>Basculante</td><td></td><td>Marcha</td></tr> </table>			A1	X			A2		X	X		Libre	Oprimido	Libre		Basculante		Marcha
	A1	X																																															
A2		X																																															
	Bajo	Alto																																															
A1	X																																																
A2		X																																															
	Manual	Abri.	Auto.																																														
A1	X																																																
A2		X	X																																														
	Libre	Oprimido	Libre																																														
	Basculante		Marcha																																														

El primero muestra los componentes de control y protección a través de los cuales el motor es conectado a la fuente de potencia. En tanto que el diagrama de control contiene los elementos que van a poner en funcionamiento los componentes del circuito de fuerza.

En la figura 3 se muestra el diagrama esquemático de un arrancador reversible para un motor trifásico de inducción.

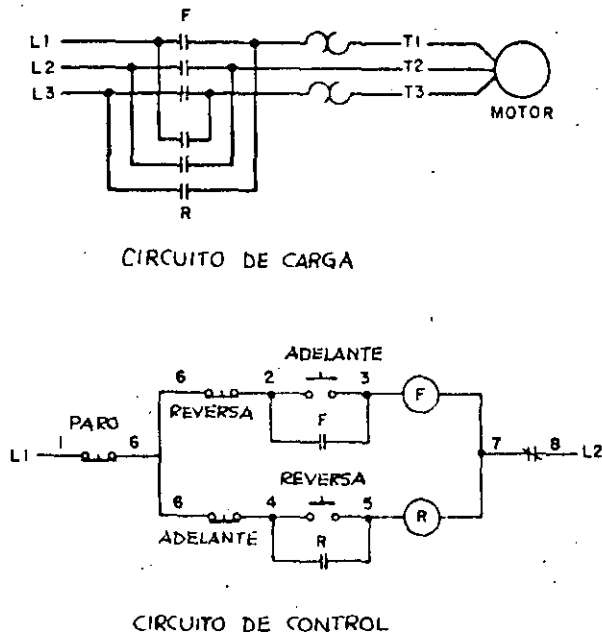


Fig. 3 Diagrama esquemático de un arrancador reversible para un motor trifásico de inducción.

Diagrama de Conexiones.

Este tipo de diagrama se elabora dibujando los símbolos del equipo usado, distribuidos en la misma forma en que se encuentran físicamente. Todas las fases, terminales, bobinas etc. se muestran en lugar adecuado de cada equipo. Su mayor ventaja es que ayuda a identificar los componentes y cableado del control. Se usa cuando se alambra un sistema o si se quiere seguir el circuito físico para descubrir algunas fallas. La figura 4 muestra el diagrama de conexiones del arrancador mostrado en la figura 3.

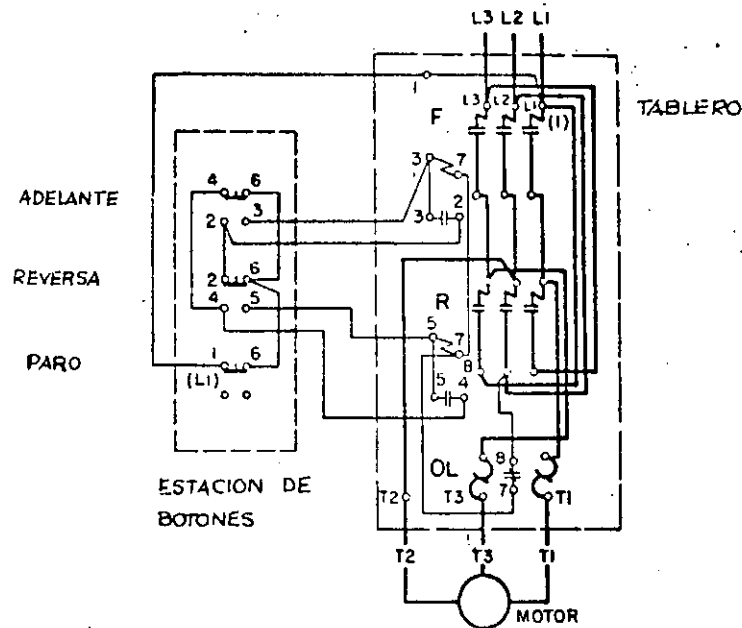


Fig. 4. Diagrama de conexiones de un arrancador reversible para un motor trifásico de inducción

Diagrama de Interconexión.

Este diagrama es una forma especial del diagrama de conexiones, el cual muestra solamente las conexiones externas entre los distintos equipos que forman un controlador.

En el diagrama de interconexión en lugar de unir los diferentes componentes de los dispositivos, como contactos y bobinas uno a uno a través de líneas independientes, se utiliza un haz de hilos numerados y rotulados con una línea que va de dispositivo a dispositivo.

En la figura 5 se muestra un diagrama de interconexión para el mismo arrancador mostrado en la figura 3.

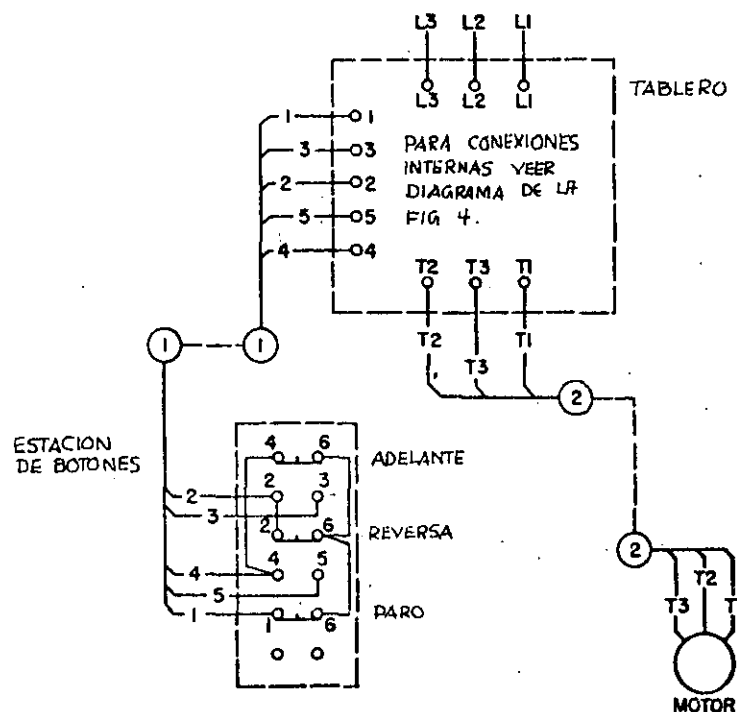


Fig. 5. Diagrama típico de Interconexión.

5. CIRCUITOS BASICOS.

El primer paso para analizar o diseñar un circuito de control; es investigar tanto como sea posible las funciones que realiza la máquina o dispositivo a controlar; así como también, los diferentes equipos que dicha máquina accione. De esta manera las funciones del circuito pueden ser interpretadas fácilmente.

Dentro de los circuitos de control magnético se distinguen dos tipos básicos:

- a) Circuito de Dos Hilos
- b) Circuito de Tres Hilos

Circuito de Dos Hilos.

En estos circuitos se usa un elemento de mando de acción sostenida, como por ejemplo: interruptor flotador, interruptor de límite, interruptor de presión, etc.

Con referencia a la figura 6, cuando el contacto del elemento de mando se cierre, la bobina M se excitará cerrando los contactos en el circuito de carga accionados por ella.

Si se llega a presentar una baja tensión o falta de esta, a pesar de estar cerrado el contacto del dispositivo de mando, la bobina no produce el campo necesario para mantener cerrados los contactos y el motor se desconecta. Debido a esta característica el circuito de dos hilos se conoce también, como de liberación por baja tensión.

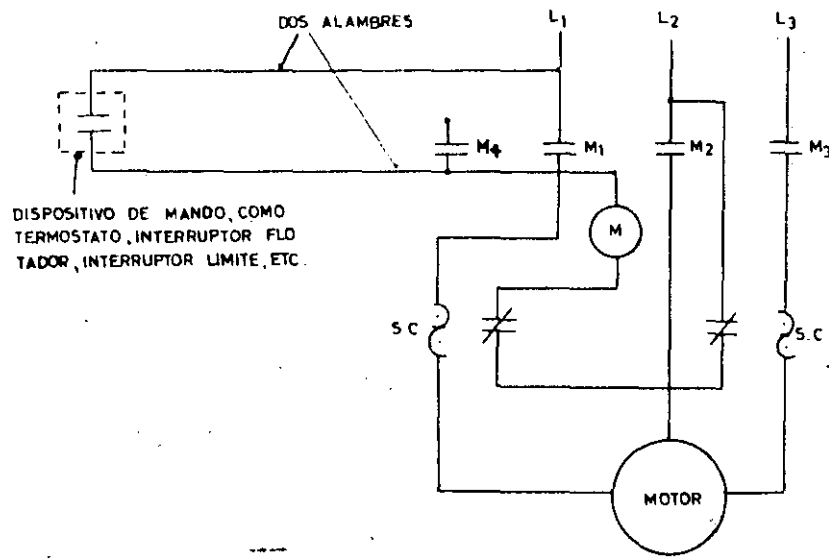


Fig. 6. Diagrama de conexiones para un arrancador con dos hilos al dispositivo de mando.

Este tipo de circuitos se utiliza en el control de equipos de bombeo, de presión compresores, etc. Sin embargo, hay otros muchos procesos en donde un arranque inesperado al regresar la tensión a la línea, puede presentar la posibilidad de dañar la máquina, al mismo proceso o inclusive al operador.

Circuito de Tres Hilos

Este tipo de circuitos de control, se conoce como de pro-

tección contra falta de tensión y/o contra baja tensión. Como el circuito de dos hilos, es un circuito básico de control.

Se caracteriza porque cuando la bobina se desconecta por baja o falta de tensión, no se energizará cuando esta regrese. Con esto se obtiene protección contra el arranque espontáneo de las máquinas al restablecerse la alimentación. Un operario tendrá que oprimir el botón de arranque para reanudar la operación.

En la figura 7 se muestra el diagrama de conexiones para un arrancador con tres hilos al dispositivo de mando, que en este caso es una estación de botones con contactos de acción momentánea.

En este caso cuando la bobina se desconecta por baja o falta de tensión, no se energizará cuando esta regrese. Con esto se obtiene protección contra un arranque espontáneo del motor al restablecerse la alimentación. Un operario tendrá que oprimir el botón de arranque para reanudar la operación.

Se podrá notar en la figura el contacto M_4 que no se emplea en el circuito de dos hilos. Este es el contacto de retención también conocido como de enclave.

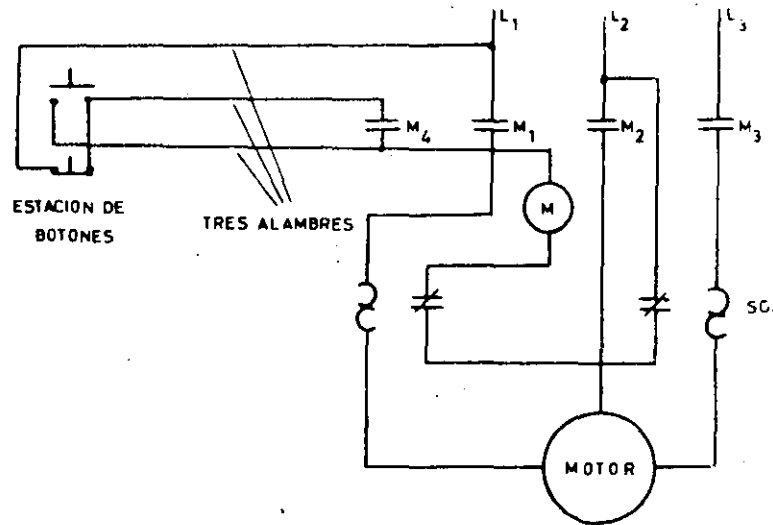


Fig. 7. Diagrama de conexiones para un arrancador con tres hilos al dispositivo de mando.

6. ARRANCADORES.

El arrancador constituye el importante enlace entre el motor y la fuente de alimentación y puede ser definido como un controlador eléctrico que permite acelerar un motor desde el reposo hasta su velocidad de operación.

En motores de capacidades pequeñas es frecuente el empleo de arrancadores manuales, sobre todo si las operaciones de arranque y paro no son frecuentes. Estos arrancadores se suministran en diferentes rangos, hasta $7\frac{1}{2}$ HP en 440 V para motores trifásicos y 5 HP en 230 V para motores monofásicos.

Si bien los arrancadores manuales son una solución a bajo costo para el arranque y paro de motores, la tendencia actual es hacia el empleo de arrancadores magnéticos, que permiten no solo la operación remota del motor, sino también la operación automática, respondiendo a señales de dispositivos piloto, tales como interruptores de flujo, de límite, de presión, etc.

Con frecuencia los arrancadores de motores asociados a un proceso particular, son agrupados con el equipo de protección en una unidad compacta, que puede incluir también señalización y mediciones, constituyendo un centro de control de motores.

CLASES DE ARRANCADORES.

La NEMA ha agrupado los arrancadores en cinco clases, que son descritas a continuación.

Clase A

En la Clase A se agrupan los arrancadores para corriente alterna manuales y magnéticos, en los cuales la operación de los contactos es en aire o en aceite. Especificados para servicio en 600 V o menos, deben ser capaces de interrumpir corrientes de sobrecarga de hasta 10 veces la corriente nominal del motor. Esto no incluye corrientes de cortocircuito.

Clase B

La Clase B es similar a la anterior solo que los arrancadores son para servicio en corriente directa.

Clase C y D

Las Clases C y D corresponden respectivamente a arrancadores para corriente alterna y corriente directa, capaces de interrumpir corrientes mayores que las de sobrecarga.

Clase E

La Clase E agrupa los arrancadores en corriente alterna, para servicio en voltajes desde 2400 hasta 4600 volts y que son capaces de interrumpir corrientes mayores que las de sobrecarga; esto es, cortocircuitos y fallas a tierra.

En el caso de motores que operan a voltajes mayores que los especificados o cuya capacidad exceda de 2500 HP para motores de inducción y 3000 HP para motores síncronos operando con factor de potencia unitario, el arranque se realiza a través de interruptores de potencia que si bien no está diseñados para operación repetida, proveen protección contra cortocircuito.

ARRANQUE DE MOTORES JAULA DE ARDILLA

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estatórico, que permite su conexión directa a la red sin peligro de destruir sus devanados. Sin embargo, la corriente demandada en el arranque, si bien no perjudica al motor, si puede ocasionar perturbaciones en la red de alimentación, tanto por su intensidad como por el bajo factor de potencia con que es absorbida.

Esta situación y el hecho de que el par pueda tener efectos no deseados en la carga accionada, trae como consecuencia el empleo de métodos de arranque, en los cuales la conexión del motor ya no se hace de manera directa, sino a través de equipos con los que se reduce la tensión aplicada durante la aceleración.

En el arranque a tensión reducida se disminuye la corriente y el par durante el período de arranque. La corriente, en proporción directa con la reducción de la tensión, en tanto que el par lo hace con el cuadrado de esta reducción. Esto es:

$$I_{\text{reducida}} = \frac{V_{\text{reducida}}}{V_{\text{nominal}}} I_{\text{arranque normal}}$$

$$T_{\text{reducido}} = \left(\frac{V_{\text{reducido}}}{V_{\text{nominal}}} \right)^2 T_{\text{arranque normal}}$$

Existen varias formas o métodos de arranque a tensión reducida, entre los cuales se tienen:

- a) Autotransformador
- b) Resistencias Primarias
- c) Reactancias Primarias

d) Estrella - Delta

e) Devanado Partido

En el último de los métodos mencionados, la disminución de la corriente y el par no se logra reduciendo la tensión al arranque, pero se acostumbra incluirlo en este grupo por los resultados obtenidos.

Es necesario tomar en cuenta, que cuando se trata de reducir la corriente, aparejada, aparece una reducción del par que la máquina puede entregar. Independientemente de cual sea la magnitud a regular, la otra siempre estará presente.

En el caso en que se desee reducir el par para lograr una aceleración más suave de la carga, el arranque a tensión reducida esta sin discusión, pero cuando se desea reducir la corriente, por restricciones de las compañías suministradoras, puede suceder que la aparejada disminución del par ocasione problemas al impulsar la carga. Sin embargo, entre los métodos mencionados, se puede encontrar algunos como el de autotransformador cuya reducción del par por amper reducido no es tan crítica.

Una comparación de los métodos empleados para el arranque de motores de inducción jaula de ardilla se tiene en la tabla 2

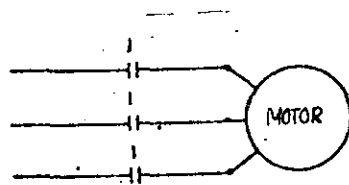
Arranque a Tensión Plena.

El método más sencillo y económico de arranque para los motores de inducción jaula de ardilla, es conectando la máquina directamente a la red, para lo cual se pueden emplear dispositivos de arranque manuales o magnéticos. En este método se tiene el máximo par de arranque y el mínimo tiempo de aceleración, pero también se produce el máximo disturbio en el sistema de distribución.

Tabla 2. Comparación de los Métodos de Arranque Para Motores de Inducción Jaula de Ardilla.

TIPO	VOLTAJE MOTOR	CORRIENTE MOTOR	CORRIENTE LINEA	PAR	EFICIENCIA PAR
Voltaje Pleno	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Autotransformador :					
Derivación 80%	0.8	0.8	0.64	0.64	1.0
Derivación 65%	0.65	0.65	0.42	0.42	1.0
Derivación 50%	0.5	0.5	0.25	0.25	1.0
Resistencias Primarias :					
Paso 80 %	0.8	0.8	0.8	0.64	0.8
Paso 65 %	0.65	0.65	0.65	0.42	0.65
Paso 50 %	0.5	0.5	0.5	0.25	0.5
Reactancias Primarias	Los valores son los mismos que para el anterior				
Estrella - Delta	1.0	0.33	0.33	0.33	1.0
Devanado Partido 50% :					
Mot. Baja Veloc.	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0
Mot. Alta Veloc.	1.0	0.7	0.7	0.5	0.7
Devanado Partido 75% :					
Mot. Baja Veloc.	1.0	0.75	0.75	0.75	1.0

- Notas:
- 1) Todos los valores están expresados por unidad
 - 2) La eficiencia del par se obtiene dividiendo el par entre la corriente en el motor
 - 3) Motores de baja velocidad se consideran de 514 rpm y menores.



ARRANQUE:
CERRADOS 1-1-1
MARCHA:
NO CAMBIA

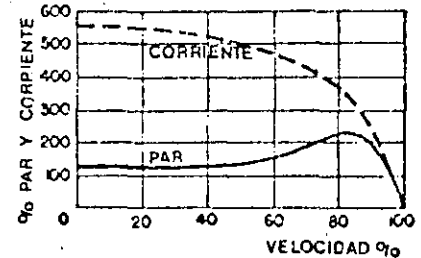


Fig. 8. En la figura se muestra la conexión del motor y curvas típicas par corriente contra velocidad durante el arranque a tensión plena.

Arranque con Autotransformador.

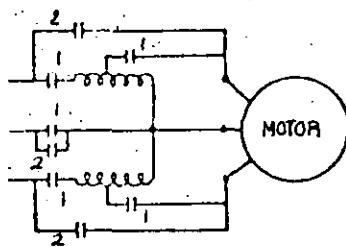
El arranque con autotransformador es generalmente el más costo de los métodos de arranque a tensión reducida, pero tie ne la ventaja de proporcionar un mayor par por amper reduci do.

En el arranque, la corriente que toma el motor es proporcio nal a la tensión aplicada en sus terminales; sin embargo, por la acción transformadora, la corriente de línea se redu ce en proporción con el cuadrado de la reducción de tensión.

Una vez que el motor se ha acelerado, el autotransformador es removido del circuito, aplicándose la tensión completa en las terminales del motor.

Durante esta última operación el motor puede quedar por un instante desconectado de la fuente de alimentación. En este caso se dice que el arranque es de transición abierta y tie-

ne la desventaja de un posible pico de corriente al momento de conectar el motor a la red. Para evitarlo se pueden emplear arrancadores con transición cerrada, en los cuales el motor nunca queda desconectado del sistema. En las figuras 9 y 10 se muestran los arreglos para el arranque con transición abierta y transición cerrada.



ARRANQUE;
CERRADOS 1-1-1-1
MARCHA;
ABIERTOS 1-1-1-1
CERRADOS 2-2-2

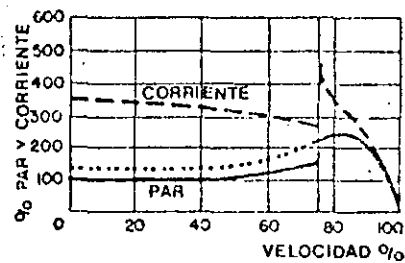
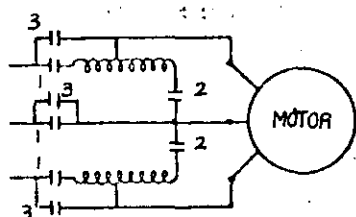


Fig. 9. En la figura se muestra la secuencia para la conexión del motor durante el arranque con autotransformador con transición abierta. También se tienen curvas típicas par-corriente contra velocidad en donde se puede observar el pico de corriente durante la transición.



ARRANQUE:
 CERRADOS 1-1-1
 CERRADOS 2-2
 TRANSICION:
 ABIERTOS 2-2
 MARCHA:
 CERRADOS 3-3-3
 ABIERTOS 1-1-1

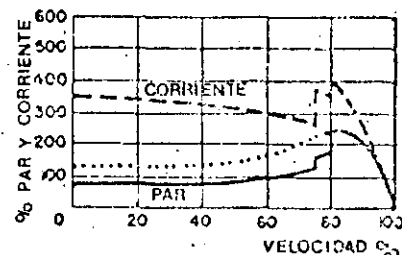


Fig. 10. Diagrama de conexiones del motor y curvas típicas par-corriente contra velocidad durante el arranque con autotransformador con transición cerrada.

El uso de autotransformadores conectados en delta abierta, está muy difundido, pero esta conexión puede ocasionar durante el arranque, disturbios en la línea que como consecuencia disminuyen el par ya reducido. Esta disminución no suele ser tan crítica en la mayoría de las aplicaciones, sin embargo, cuando se prefiere tener el par máximo se completa el autotransformador, conectándose en estrella.

Los autotransformadores son usualmente suministrados con dos o tres derivaciones, lo que permite hacer ajuste de las condiciones de arranque. Su capacidad acorde con la capacidad del motor, también toma en cuenta el ciclo de servicio de acuerdo con la aplicación a la que esté destinada.

Arranque con Resistencias Primarias.

En este método de arranque se emplean resistencias en serie con cada fase del motor, cuyo valor se va reduciendo en uno o

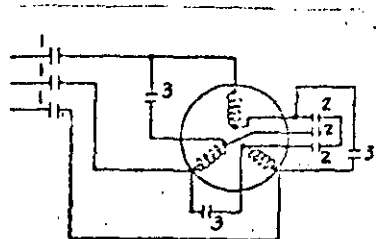
Arranque Estrella-Delta

Este método de arranque es aplicable a motores diseñados para funcionar normalmente en conexión delta y consiste en conectar los devanados del motor en estrella durante el arranque para pasarlos a conexión en delta una vez que el motor se ha acelerado.

La eficiencia del par obtenido es unitaria, como en el caso del autotransformador, se reduce en la misma proporción de la reducción de la corriente, pero la magnitud es baja, de un tercio del que se obtendría si se arrancara a tensión plena. Por esta razón no es recomendable cuando se tengan cargas de alta inercia o donde se requiere un par elevado durante la aceleración.

Los arrancadores estrella-delta se fabrican para transición abierta y para transición cerrada. Estos últimos incluyen resistencias a través de las cuales el motor se conecta durante la transición.

Los arrancadores en transición abierta son normalmente más económicos que los de autotransformador o de resistencias; sin embargo, los de transición cerrada, pueden llegar a ser más costosos en algunos rangos que los de autotransformador.



ARRANQUE:
 CERRADOS 1-1-1
 CERRADOS 2-2-2
 MARCHA:
 ABIERTOS 2-2-2
 CERRADOS 3-3-3

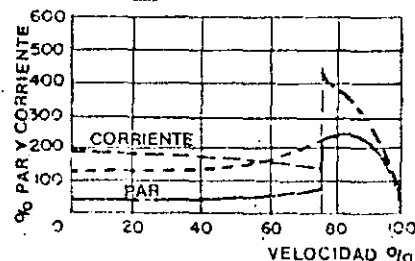


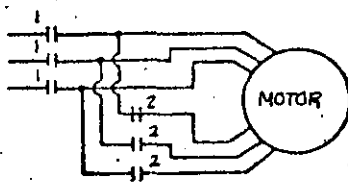
Fig. 13. Diagrama de conexión del motor y curvas típicas par-corriente contra velocidad durante el arranque estrella-delta.

Arranque con Devanado Partido.

El arranque por devanado partido es el más sencillo y generalmente el más económico de los métodos empleados para reducir la corriente en el arranque de motores de inducción.

Se aplica en motores con su devanado seccionado en dos partes que se conectan en paralelo, como los motores diseñados para operar a dos tensiones. Básicamente consiste en conectar una sección del devanado durante el arranque y una vez que el motor se ha acelerado, conectar la segunda sección.

La eficiencia del par es baja para motores de alta velocidad, arriba de 514 rpm, y aproximadamente unitaria a velocidades menores, si bien la magnitud del par es baja durante la aceleración, particularmente a la mitad de la velocidad, cuando está operando con solo una parte del devanado. Por este razón no es recomendable cuando se tengan cargas de alta inercia.



ARRANQUE:
CERRADOS 1-1-1
MARCHA:
CERRADOS 2-2-2

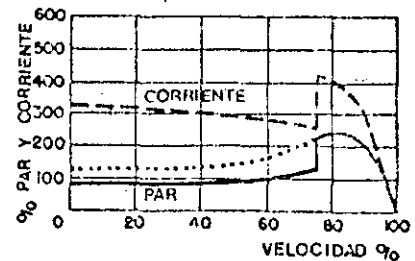


Fig. 14. Diagrama de conexión del motor y curvas típicas par-corriente contra velocidad durante el arranque por devanado partido.

Cálculo de la Caída de Tensión.

La caída de tensión en la instalación de un motor puede ser dividida en dos categorías: caída de tensión en estado estable y caída de tensión durante el arranque. En particular es de interés determinar esta última, pues de los valores obtenidos depende en gran medida el empleo de arrancadores a tensión reducida.

Normalmente la CFE permite hasta un 10% de caída de tensión, dependiendo de las condiciones locales, obligando a empleo de arrancadores a tensión reducida, cuando este valor se rebasa con objeto de evitar perturbaciones en la red de distribución.

Para realizar un cálculo rápido y determinar si es necesario un arrancador a tensión reducida o no, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\% \Delta V = \frac{KVA_{RB}}{KVA_{RB} + KVA_{CC}} \times 100$$

Donde: ΔV = caída de tensión
 KVA_{RB} = Potencia aparente de arranque
 KVA_{CC} = Potencia interruptiva en las terminales del motor

Para aplicar esta fórmula es necesario conocer la potencia interruptiva y la potencia aparente de arranque. Esta última se puede calcular en base a la letra de código con la que se indican los motores y que proporciona los KVA/ HP a rotor bloqueado o bien aplicando las fórmulas de cálculo de la potencia aparente en base a la tensión y a la corriente.

EJEMPLOS DE CALCULO

1. Motor Jaula de Ardilla: 500 HP
 Corriente nominal: 120 A
 Tensión nominal: 2.4 KV
 Letra Codigo F: 5.59 KVA/HP a rotor bloqueado
 Potencia interruptiva: 103 MVA de la red.

$$\begin{aligned} \text{KVA}_{\text{RB}} &= 500 \times 5.59 \\ &= 2795 \text{ KVA} \end{aligned}$$

$$\text{KVA}_{\text{CC}} = 103,000 \text{ KVA}$$

$$\begin{aligned} \Delta V\% &= \frac{2795 \times 100}{103,000 + 2795} \\ &= 2.64 \% \end{aligned}$$

Resulta arranque directo.

2. Motor Jaula de Ardilla: 1500 HP
 Corriente nominal: 360 A
 Tensión nominal: 2.4 KV
 Letra Codigo: No marcado
 Potencia interruptiva: 60 MVA de la red.

$$\begin{aligned} I_{\text{ARRANQUE}} &= 6 \times 360 \\ &= 2160 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KVA}_{\text{RB}} &= \sqrt{3} \times 2.4 \times 2,160 \\ &= 9860 \text{ KVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V\% &= \frac{9,860}{60,000 + 9,860} \times 100 \\ &= 14\% \end{aligned}$$

Resulta arranque a tensión reducida

ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO

Debido a la complejidad de la construcción del rotor y al -- equipo necesario para su operación, la instalación de un motor de rotor devanado es más costosa, en comparación con la de un equivalente jaula de ardilla. Sin embargo, la baja corriente y el alto par que se obtienen con este tipo de máquinas, así como también la suavidad en su aceleración, lo hacen ideal para muchas aplicaciones y su empleo debe tenerse en consideración.

En contraste con los motores de inducción jaula de ardilla, en los motores de rotor devanado, las corrientes y el par son limitados mediante la inserción de resistencias en el circuito del rotor. En la figura 15 se muestran curvas típicas de par y corriente durante la aceleración con diferentes valores de resistencia. Como se puede observar, el bajo par de arranque y la corriente elevada que se tiene al no insertar ninguna resistencia hacen que el motor raramente sea arrancado con el rotor cortocircuitado.

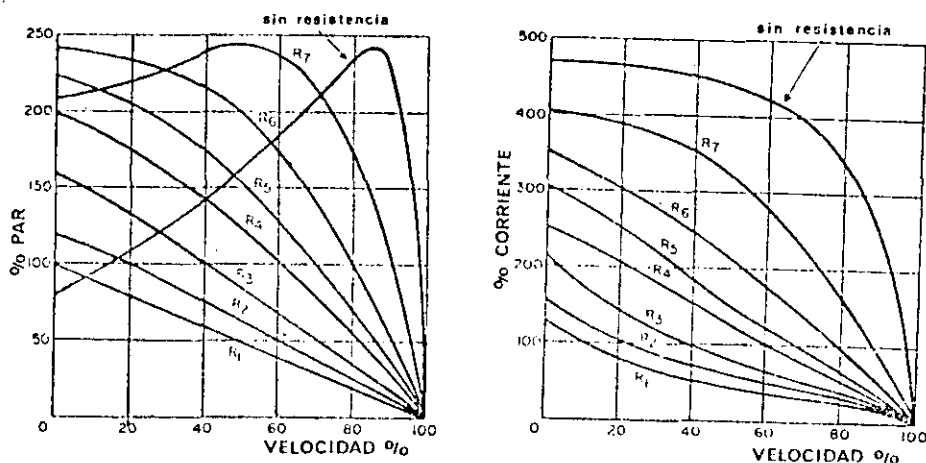


Fig. 15 Par y corriente durante la aceleración de un motor de rotor devanado, para varios valores de resistencia en el circuito del rotor. En la figura R_1, R_2, \dots, R_7 .

En los arrancadores para motores de rotor devanado se pueden identificar dos partes, una que conecta el estator a la línea conocida como control primario y otra que gobierna las resistencias introducidas en el rotor, conocida como control secundario.

Las condiciones para el control primario son similares a las de los motores jaula de ardilla arrancados a tensión completa. En el control secundario se encuentran diferencias que definen diversos métodos de aceleración. Sin embargo en todos ellos se acostumbra mantener la corriente de arranque en un 200% de la corriente nominal y que no exceda en promedio de 150% durante la aceleración.

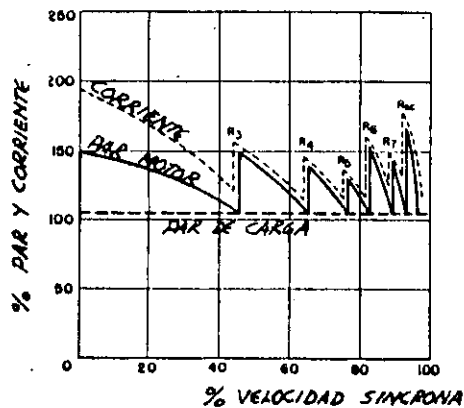


Fig. 16 La figura muestra la variación del par y la corriente durante la aceleración de un motor de rotor devanado

Aceleración Manual

El empleo de reóstatos conversionales de operación manual, -- como el mostrado en el diagrama de la fig. 17, es frecuente -- sobre todo en motores cuyas capacidades no excedan de 30 HP.

Los reóstatos pueden ser diseñados para utilizarse únicamente durante la aceleración desconectándose completamente al terminar la operación. También pueden fabricarse para uso continuo pudiéndose dejar en alguna posición intermedia, lo que permite emplearlos para el control de la velocidad

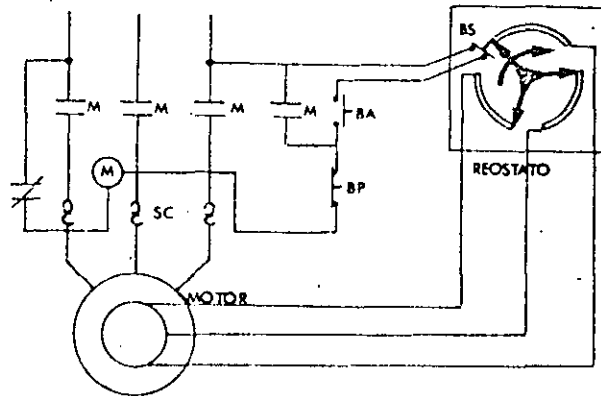


Fig. 17 Diagrama simplificado de un arrancador magnético para un motor de rotor devanado de contactos deslizantes

Aceleración Automática.

La aceleración de los motores de rotor devanado puede efectuarse con arreglos de dispositivos de control magnético, en donde solo basta pulsar un botón para que toda la operación de arranque se realice. En estos circuitos, el control primario y el secundario, se mandan con el mismo dispositivo de entrada.

La aceleración automática puede ser realizada por tres métodos:

- a) Aceleración por corriente
- b) Aceleración por frecuencia
- c) Aceleración a tiempo fijo

como su nombre lo indica cada método utiliza diferentes variables para iniciar los pasos de cambio de resistencia.

En la aceleración por corriente se emplean relevadores serie o de mínima corriente es el circuito del rotor, requiriéndose que la corriente disminuya a un determinado valor para -- realizar la desconexión de cada paso de resistencia.

En la aceleración por frecuencia, se utilizan relevadores de frecuencia en el rotor para determinar la velocidad a la que deben desconectarse los pasos de resistencia.

La aceleración a tiempo fijo es quizás el más utilizado de - los métodos por el menor costo que representa. En este mé^odo la desconexión de los pasos de resistencia está determina^{da}, por tiempos preestablecidos, sin importar la velocidad - del motor o la corriente demandada, requiriéndose una coordiⁿnación adecuada con el ciclo de arranque para prevenir pares elevados y picos de corriente durante la aceleración. En la figura 18^a se muestra el diagrama simplificado de un arranca^ddor con aceleración a tiempo fijo

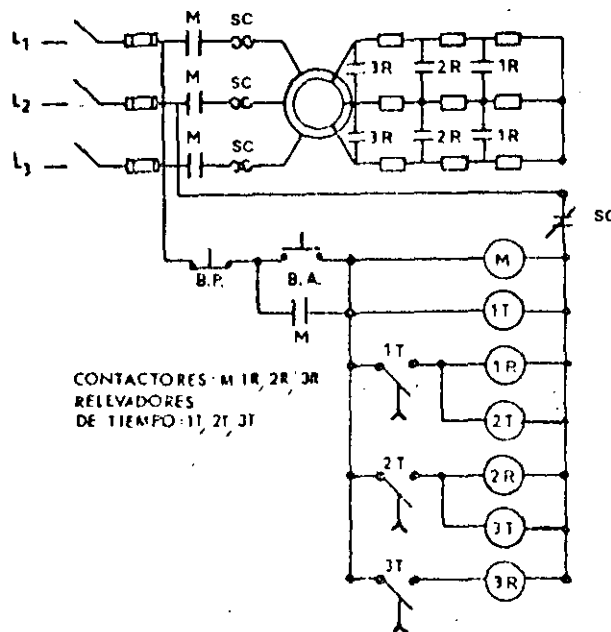


Fig. 18 Diagrama simplificado de un arrancador con tres pasos de resistencia para un motor de rotor devanado en donde la aceleración es a tiempo fijo

ARRANQUE DE MOTORES SINCRONOS

Un motor síncrono convencional no es capaz de arrancar por sí mismo y requiere de medios auxiliares, tal como devanados amortiguadores o de arranque que se instalan al rotor en las caras polares y que puestos en corto constituyen -- propiamente una jaula de ardilla.

Básicamente se tienen tres métodos de arranque de los motores sincronicos:

- a) Arranque con una Máquina Auxiliar
- b) Arranque a Baja Frecuencia
- c) Arranque Asincrono

El arranque con una máquina auxiliar se aplica a motores que carecen de devanados amortiguadores. Para arrancar, se emplea un motor acoplado a la flecha del motor síncrono, que lo lleva a su velocidad nominal. En ese momento se conecta la fuente de corriente directa y se le da al motor la excitación necesaria para que, operando como alternador, produzca la tensión de la red. La conexión a la red se realiza -- de manera similar a un alternador, y una vez efectuada, se desacopla el motor auxiliar, quedando el motor como tal, -- con su alimentación de CA al estator y la CC de excitación aplicada al rotor.

Una alternativa de arranque para motores sin jaula de ardilla para el arranque a baja frecuencia consiste en alimentar el estator a una frecuencia aproximadamente del 0.5% de la frecuencia nominal, manteniendo la excitación dentro de los valores óptimos. Con esto se produce un par que permite a bajas velocidades sincronizar al motor. Una vez el motor -- en sincronía, la frecuencia de la fuente se va acelerando -- poco a poco hasta alcanzar la nominal.

El arranque asincrono merece especial atención. Consiste --

en acelerar el motor síncrono como si fuera de inducción - por medio de la jaula de ardilla que se instala en el rotor. La conexión a la fuente de CA se realiza de manera directa o a través de algún método a tensión reducida que ya han sido descritos. Una vez acelerado, se aplica la excitación para que el motor se sincronice.

La sincronización se realiza mediante el empleo del relevador de frecuencia de campo polarizado Fig. 19 que permite no solo aplicar la excitación en el momento más apropiado, sino que es caso de que la máquina salga de paso la renueve y si las condiciones lo permiten efectuar nuevamente la sincronización.

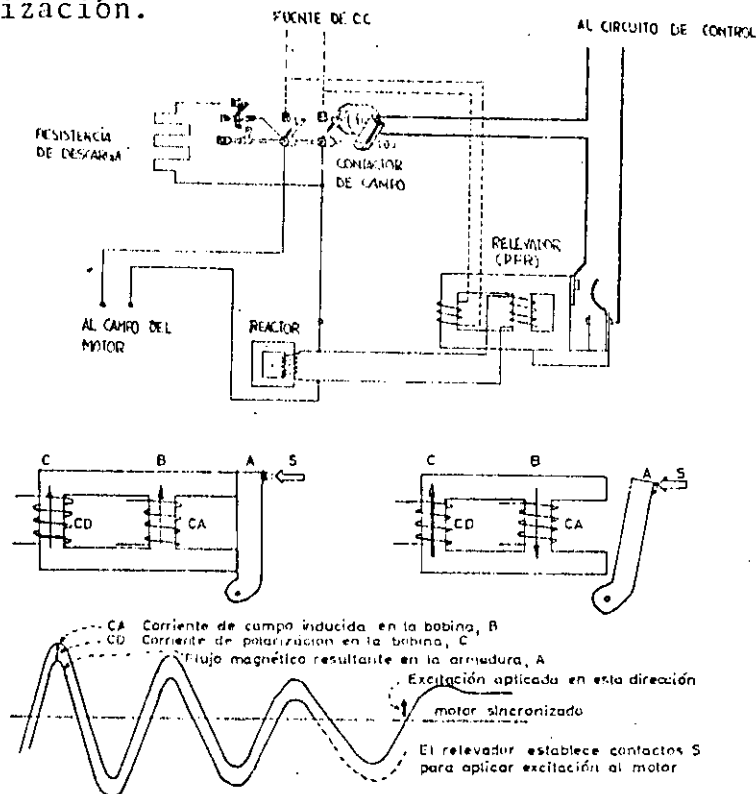


Fig. 19 Componentes y operación del Relevador de Frecuencia de Campo Polarizado ,

En la Fig. 20 se muestra el diagrama de un arrancador en el cual se emplea un relevador de frecuencia de campo polarizado para la aplicación de la excitación. El relevador está dotado de dos bobinas, una conectada a la fuente de CC y la otra a través de una reactancia en el circuito de descarga del motor. R es una resistencia llamada de descarga, cuyo valor oscila entre 5 y 15 veces la resistencia del campo del motor y que tiene por objeto limitar las altas corrientes, inducidas en el campo durante la aceleración.

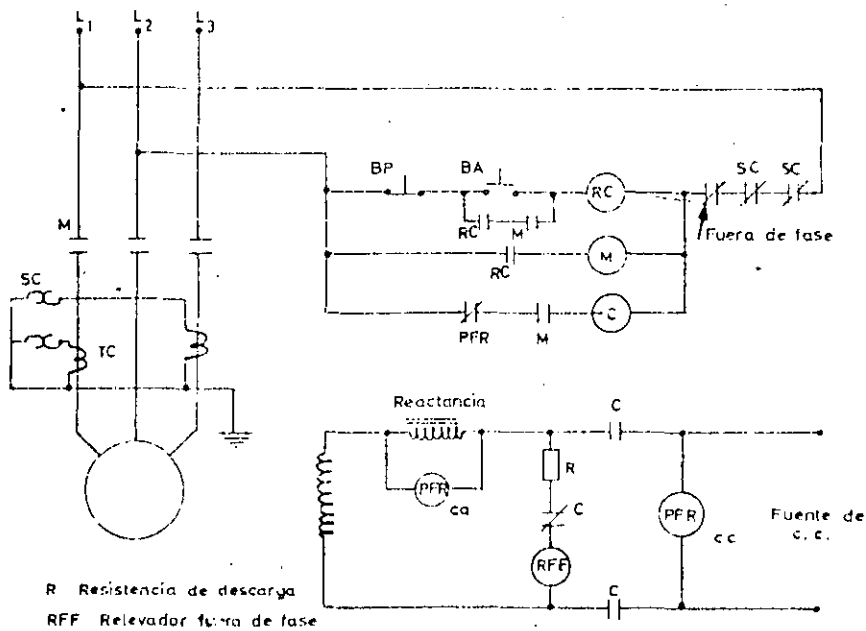


Fig. 20 Diagrama de un arrancador a tensión plena para un motor síncrono, con un relevador de frecuencia de campo polarizado.

ARRANQUE DE MOTORES DE CC

Excepto en tamaños muy pequeños, 2 HP máximo a 230 v, los motores de cc requieren ser arrancados a tensión reducida. Usualmente para esto se emplean resistencias insertadas en el circuito de armadura que limitan la corriente durante el arranque y que son eliminadas por pasos conforme se va acelerando el rotor.

El valor y el número de pasos de resistencia está de acuerdo, entre otros, a la necesidad de una buena conmutación, así como también una aceleración suave, esto es, que el par tenga una mínima variación conforme se va acelerando el movimiento de la carga. Sin embargo el valor de la resistencia aceleradora debe ser tal que permita tener como máximo del 125 al 200% de la corriente nominal.

La aceleración se puede realizar manual o automáticamente.

En la fig. 21 se tiene el diagrama de un arrancador manual, que utiliza un reóstato plano, consistente en una resistencia de varias tomas o derivaciones que se conectan a unas terminales dispuestas en forma circular sobre la placa del arrancador. La resistencia es eliminada por medio de una palanca o manivela.

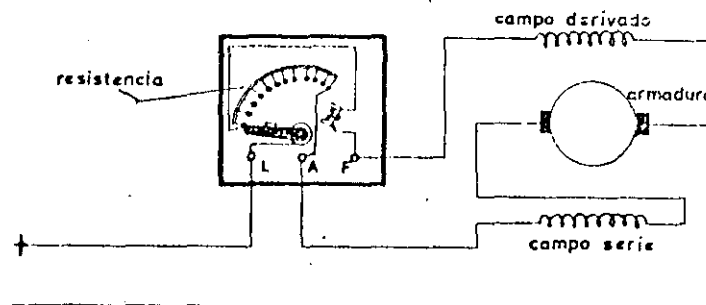


Fig. 21 Arrancador Manual de tres puntos conectado a un motor compuesto

La aceleración automática puede ejecutarse aplicando los siguientes métodos:

- a) A Límite de Tiempo
- b) A Límite de Corriente

En los arrancadores a límite de tiempo se emplean temporizadores con los cuales se establece una secuencia en la eliminación de los pasos de resistencia. Esta secuencia depende de los tiempos de ajuste de los relevadores de tiempo. En la figura 22 se tiene el diagrama simplificado de un arrancador de este tipo con tres pasos de resistencia.

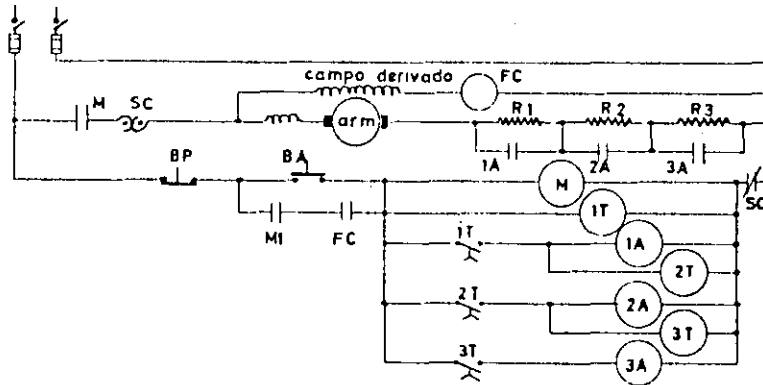


Fig. 22 Diagrama esquemática de un arrancador a límite de tiempo para un motor derivado de velocidad constante con protección por falla de campo (FC)

En los arrancadores a límite de intensidad se emplean relevadores de corriente o de tensión, los cuales convenientemente colocados en el circuito del motor, van accionando dependiendo de las condiciones de la aceleración. Así mientras que en los arrancadores a límite de tiempo la secuencia se realiza a tiempos fijos, en los de a límite de intensidad, los pasos se ajustan, de tal manera que si la carga es ligera el motor alcanzará su velocidad de régimen

más rápidamente que si se arrancara con una carga pesada.

En la Fig. 23 se muestra el diagrama lineal de un arrancador para un motor de c.c. en derivación, que utiliza relevadores serie o de mínima corriente para la aceleración. - Estos relevadores requieren que la corriente disminuya a un predeterminado valor en cada paso de resistencia, para continuar con la aceleración

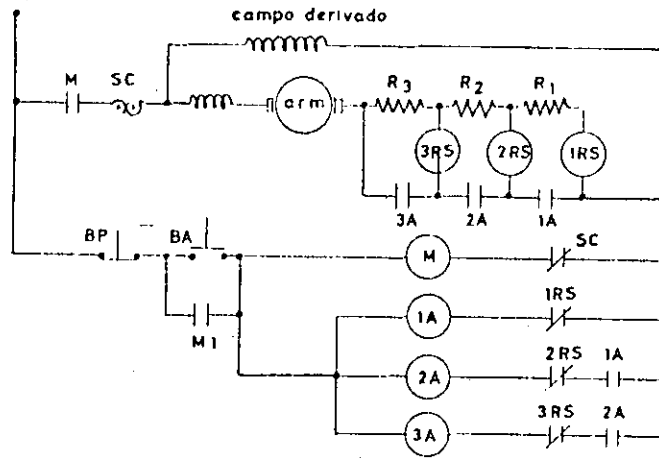


Fig. 23 Diagrama de un arrancador para un motor derivado a límite de intensidad con relevadores serie.

En los motores en derivación en donde el flujo es constante, la fuerza contra electromotriz generada en la armadura es una medida de la velocidad y puede ser empleada para iniciar los pasos de reducción de la resistencia. En la Fig. 24 se muestra el diagrama de un arrancador a límite de corriente que emplea relevadores de tensión en paralelo con la armadura, ajustados para operar al 40, 60 y 80% de la tensión de alimentación. De esta manera al acelerarse el motor y con esto aumentar el valor de la tensión en las terminales de armadura, los relevadores de tensión van operando, desconectando las resistencias.

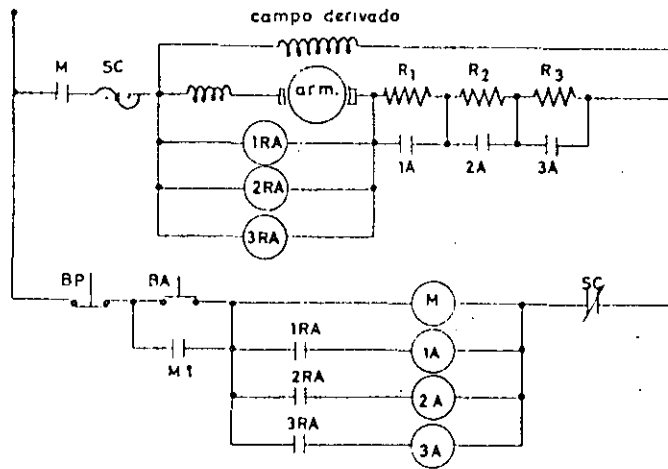


Fig. 24 Diagrama simplificado de un arrancador a fuerza contraelectromotriz, conectado a un motor en derivación.

Los motores de corriente continua pueden ser arrancados desde una fuente de voltaje variable. En este caso el voltaje se va incrementando conforme el motor se acelera manteniendo la corriente y el par dentro de valores apropiados. Este método elimina la necesidad de resistencias en el circuito de armadura para el arranque

7 PROTECCION DE MOTORES

Todos los componentes de un motor eléctrico requieren de alguna protección. El grado de protección dependerá de las condiciones de servicio y de la importancia de la aplicación y comienza con una selección apropiada del motor.

La protección puede ser en forma de una cubierta, una señal auditiva o luminosa de alarma o bien la desconexión del motor de la línea para prevenir una falla de las componentes mecánicas o eléctricas que pueden dar como resultado el deterioro del motor.

Los controladores usualmente incluyen equipos de protección para el motor y los circuitos asociados a él, principalmente contra sobrecargas y cortocircuitos.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Una sobrecarga se identifica con una sobrecorriente que si bien no alcanza valores elevados, como los de una corriente de cortocircuito, si ocasiona un incremento en la temperatura de operación, que puede llegar a afectar de manera importante los aislamientos del motor.

Aunque una corriente de sobrecarga puede tener efectos mecánicos o magnéticos, los cuales pueden ser considerados en el esquema de protección, generalmente los dispositivos de protección contra sobrecarga se emplean para prevenir una sobretemperatura en el motor.

La causa principal de una corriente de sobrecarga es una sobrecarga mecánica en la flecha del motor, originada en-

tre otros por cargas de alta inercia que retarden la aceleración o bien por fallas en los componentes mecanicos del motor o de la carga accionada, que pueden inclusive llegar a detenerlo.

Fluctuaciones en el voltaje y la frecuencia de la fuente de alimentacion pueden provocar también que un motor tome mayor corriente que la nominal. Por ejemplo en un motor asin crono, para una potencia constante de salida, al presentarse una disminución en el voltaje, el motor toma una corriente mayor para compensarla.

Una sobretemperatura puede también ser resultado de frecuentes arranques y paros, cuyo efecto se va acumulando hasta alcanzar valores de temperatura peligrosos para el motor. A esto podría agregarse fallas en el sistema de ventilación y una alta temperatura del medio ambiente.

La protección contra sobrecarga puede ser provista por dispositivos que midan la corriente en las líneas que llegan al motor o por sensores de temperatura instalados en sus devanados que responden directamente a los cambios en la misma.

Los dispositivos de protección que responden a una corriente de sobrecarga pueden ser aparatos que interrumpan el circuito de alimentación del motor, como los fusibles de acción retardada (doble elemento) o bien formados por sensores en las líneas que detectan una sobrecarga y mandan una señal para activar alarmas o circuitos de contactores, a través de los cuales se efectúa la desconexión. Por ejemplo, relevadores térmicos o magnéticos.

Los relevadores térmicos responden al calentamiento producido por la corriente en sus unidades sensoras, bimetales o

pastillas de aleación fusible. En tanto que los magnéticos responden al campo magnético producido por la corriente en su bobina de disparo.

Generalmente los relevadores de sobrecarga tienen características de operación de tiempo inverso. Actúan en un tiempo menor cuanto mayor sea la corriente de sobrecarga. Esta característica se puede observar en la figura 25.

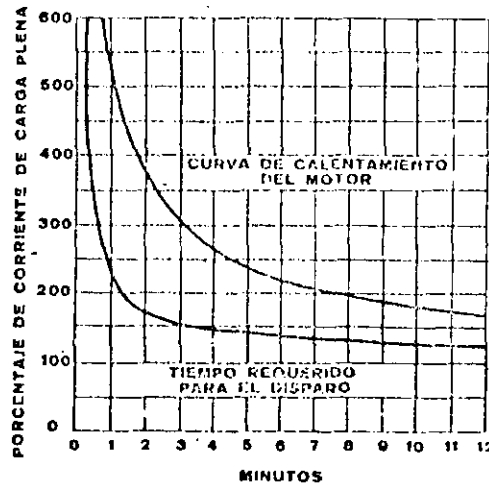


Fig. 25 En la figura se muestran curvas típicas del calentamiento de un motor y de un relevador de sobrecarga.

En la figura 26 se tiene un ejemplo de aplicación de un rele_vador térmico, donde las unidades sensoras se conectan a tra_vés de transformadores de corrie_nte. La apertu_ra del contac_to SC en serie con la bobina del contactor origina la desco_nexión del motor al presentarse una sobrecarga

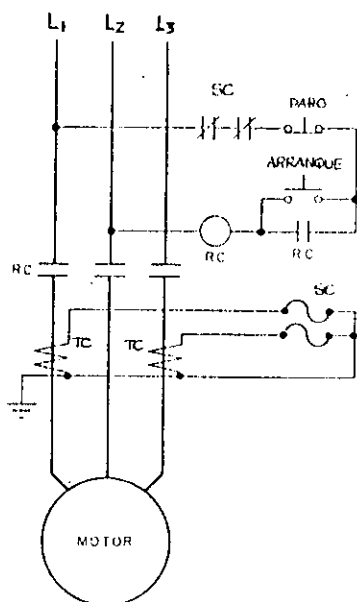
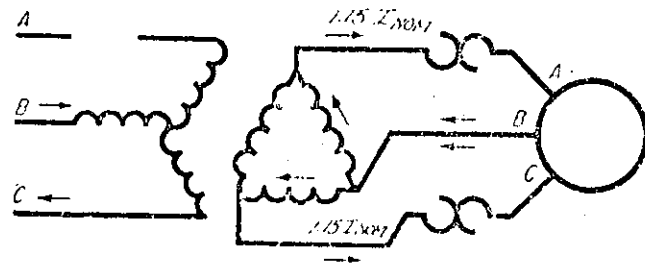
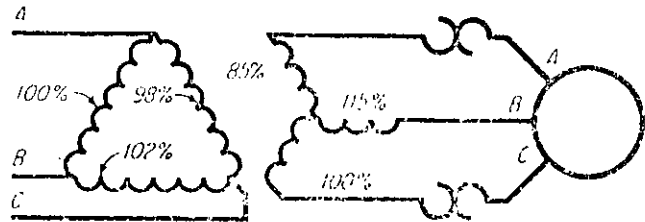


Fig. 26 Diagrama simplificado de un arran_cador a voltaje pleno de un motor jaula de ardilla con protecci_ón térmica contra sobrecarga

Con referencia al arrancador mostrado en la fig. 26 una prác_tica generalizada, es la de instalar unidades sensoras en so_lo dos de las líneas que llegan al motor. Sin embargo se -- pueden presentar condiciones como la mostrada en la fig. 27- en el cual un exceso de corriente fluye por una sola de las -- líneas con la posibilidad de que sea la no protegida.



APERTURA DE UNA FASE EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR



DESBALANCE DEL VOLTAJE PRIMARIO DE AUMENTACION

Fig. 27 Situaciones en que dos elementos de proteccion no son suficientes

Cuando los motores son alimentados de transformadores conectados en delta-estrella o estrella-delta con su neutro aislado, la apertura de un circuito en el primario puede causar un severo desbalance en la corriente en el secundario.

Una condición similar se puede presentar con las mismas conexiones de transformadores, si el voltaje en el primario está desbalanceado. Como se muestra en la figura, un 2% de desbalance en el voltaje primario, puede causar un 15% de desbalance en la corriente del motor.

En muchas ocasiones los sistemas de distribución operan con desbalances mayores que el indicado.

De esta manera en el caso de motores trifásicos es recomendable el uso de una tercera unidad de sobrecarga para proteger en forma completa al motor.

En el caso de motores monofásicos o de corriente continua - basta utilizar una unidad, en cualquiera de los conductores activos.

Se recomienda que los dispositivos de protección contra sobrecargas para motores con un factor de servicio igual o mayor de 1.15 o bien con un aumento de temperatura que no exceda 40°C , deben tener un ajuste de 125% de la corriente nominal del motor. En todos los demás motores el ajuste será de 115%.

Para motores mayores de 1500 HP es necesario el empleo de detectores de temperatura, localizados en los devanados del motor, que de manera directa midan la temperatura y actúen sobre un esquema de relevadores para desconectarlo de la red al presentarse un calentamiento excesivo. En la figura 28, se muestra un diagrama donde la protección se logra mediante el empleo de termistores. Estos dispositivos tienen un coeficiente de temperatura positivo, tal que en condiciones normales de los devanados, su resistencia es baja y prácticamente constante, sobre un valor crítico. Sin embargo un pequeño incremento de temperatura origina un aumento en la resistencia, equivalente a la apertura de unos contactos.

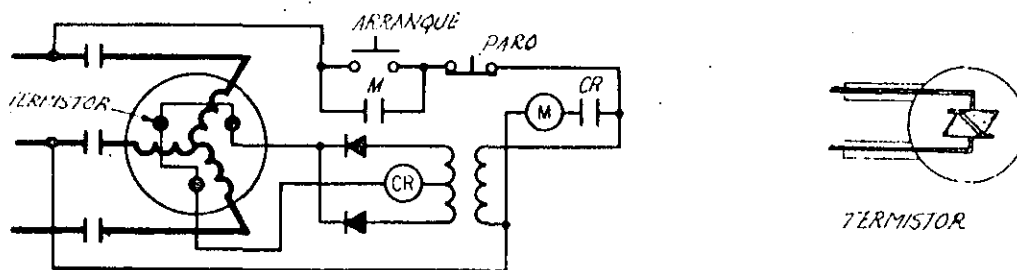


Fig. 28 Diagrama simplificado de un arrancador en donde se incluyen termistores para proteger al motor por sobret temperatura

En motores cuya operación no sea continua, como por ejemplo en accionamiento de válvulas, rodillos, máquinas para tratamiento de materiales, etc. Se consideran protegidos contra sobrecargas por el dispositivo de protección contra cortocircuito del circuito derivado en que se instalen.

PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS Y FALLAS A TIERRA

En toda instalación de motores se requiere de un aparato de interrupción que proteja al motor, conductores y equipo de control de las sobrecorrientes debidas a cortocircuitos y fallas a tierra.

A diferencia de la corriente normal y que depende básicamente de la carga accionada, la corriente de cortocircuito en un motor está determinada por la cantidad de corriente que el sistema puede entregar en el punto de falla. Esta corriente está sujeta a tres factores: (1) capacidad de las líneas que alimentan la falla; (2) la capacidad de la fuente de alimentación; (3) otros motores en la línea y que actúan momentánea como generadores y contribuyen a la falla.

Determinar la capacidad interruptiva requerida y proveer un medio adecuado para manejar las corrientes de cortocircuito, es una de los factores más importantes en la selección de un controlador.

Los contactores de los arrancadores están generalmente diseñados con una capacidad de interrupción de hasta 10 veces la corriente normal, lo cual les permite interrumpir corrientes de sobrecarga y a rotor bloqueado. Sin embargo para interrumpir corrientes de falla, que rebasan esta capacidad se requiere de otros medios, como fusibles é interruptores automáticos que deben ser capaces de soportar la corriente de arranque sin desconectar al motor.

Cada uno de estos aparatos presenta ciertas ventajas sobre el otro. Los fusibles tienen un costo inicial bajo. Sencillos y compactos se tienen disponibles en rangos mayores de interrupción que los interruptores. Por otro lado, los fusibles requieren ser reemplazados después de cada operación y la falla de uno de ellos puede originar una operación bifásica en el caso de motores trifásicos. Además la coordinación de fusibles con otros dispositivos de protección -- puede ser complicado.

La protección de circuitos derivados o ramales, en donde se tiene instalado un motor, se puede realizar de acuerdo a las tablas que se muestran a continuación.

En caso de que el ajuste previsto no corresponda a un valor normalizado de los dispositivos, se puede seleccionar el inmediato superior.

Para el alimentador de varios motores, la capacidad o ajuste no debe exceder la capacidad del mayor de los dispositivos de protección que se tenga en los circuitos derivados más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores del grupo. En el caso de que los motores de mayor capacidad sean dos o más de igual potencia, se considerará uno solo de los motores para el cálculo.

Tabla 3

Capacidad máxima de los dispositivos de protección en los circuitos derivados, para motores no marcados con letras de código, indicando los KVA con rotor bloqueado.

TIPO DE MOTOR	POR CIENTO DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	FUSIBLES		INTERRUPTORES	
	TIPO INSTANTANEO	DOBLE ELEMENTO (CON RETARDO)	TIPO INSTANTANEO	CON LIMITE DE TIEMPO
Todos los motores monofásicos, polifásicos, jaula de ardilla y síncronos, con arranque a tensión plena o a tensión reducida con resistencias o con reactancias.....	300	175	700	250
Todos los motores jaula de ardilla y síncronos con arranque con autotransformador:				
No más de 30 amperes.....	250	175	700	200
Más de 30 amperes.....	200	175	700	200
Motores Jaula de Ardilla de alta reactancia				
No más de 30 amperes.....	250	175	700	200
Más de 30 amperes.....	200	175	700	200
Motores de rotor devanado.....	150	150	700	150
Motores de corriente continua.				
No más de 50 HP.....	150	150	250	150
Más de 50 HP.....	150	150	175	150

Tabla 4

Capacidad máxima de los dispositivos de protección en los circuitos derivados, para motores marcados con letras de código, indicando los KVA con rotor bloqueado.

TIPO DE MOTOR	POR CIENTO DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	FUSIBLES		INTERRUPTORES	
	TIPO INSTANTANEO	DE DOBLE ELEMENTO (CON RETARDO)	TIPO INSTANTANEO	CON LIMITE DE TIEMPO
Todos los motores monofásicos, polifásicos, jaula de ardilla y síncronos, con arranque a -- tensión plena o a tensión reducida con resistencias o con -- reactancias:				
Letra de código A	150	150	700	150
Letra de código B a E.....	250	175	700	200
Letra de código F a V.....	300	175	700	250
Todos los motores jaula de ardilla y síncronos con arranque con autotransformador:				
Letra de código A.....	150	150	700	150
Letra de código B a E.....	200	175	700	200
Letra de código F a V.....	250	175	700	200

REFERENCIAS

1. Charles S. Siskind "Electrical Machines" Mc. Graw-Hill Book Company, New York, N.Y. 1959.
2. Charles S. Siskind. "Electrical Control Systems in Industry" Mc Graw-Hill Book Company, New York, N.Y. 1963.
3. P.B. Harwood "Control of Electric Motors" John Wiley & Sons Inc. New York, 1965.
4. Walter N. Alerich. "Electric Motor Control" Delmar P. Inc. New York, N.Y. 1965.
5. Robert W. Smeaton "Motor Application and Maintenance Hand book" Mc Graw-Hill Book Company, New York, N.Y. 1969.
6. M. Ketnezov. "Fundamentos de Electrotecnia" Mir, Moscú 1972.
7. S. Veshereoski "Características de los Motores en el Accionamiento Eléctrico" Mir, Moscú, 1972.
8. Gerhart W. Heumann, "Magnetic Control of Industrial Motors" John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y. 1961.
9. R.L. Mc Intyre. "Electric Motor Control Fundamentals" John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y. 1967.
10. G.L. Oscarson "A.B.C. of Application for Large A - C Motors & Control" E. M Synchronizer 200 - SYN - 47, Minneapolis, Minn. 1957.
11. G.L. Oscarson "A.B.C. of Large Motor and Control" E-M Synchronizer, 100 - SIN - 70, Minneapolis, Minn. 1971.
12. G.L. Oscarson "A.B.C. of Motor Starting" E - M Synchronizer 200 - SYN - 59, Minneapolis, Minn. 1961.
13. M. Canay. "Methods of Starting Synchronous Machines" 3392E-11.6 (1.68) Brown - Boveri & Col. Ltd. Baden, Switzerland, 1968.
14. NEMA. "Motors and Generators" National Electrical Manufacturers Association, New York, N.Y. 1976.
15. NEC. "National Electric Code" National Fire Protection Association Boston, Mass. 1975 y 1978.
16. SEPAFIN - DGN. "Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas" Parte 1. Instalaciones para el uso de Energía Eléctrica, México 1981.

II APLICACION DE LOS CIRCUITOS LOGICOS
A CIRCUITOS DE CONMUTACION

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- ALGEBRA BOOLEANA
- 3.- OPERACIONES LOGICAS
- 4.- APLICACION DE LOS CIRCUITOS
LOGICOS

1. INTRODUCCION

De los circuitos de control eléctricos, los circuitos de conmutación son de los más utilizados en el control de las operaciones y procesos industriales. Están diseñados para responder a señales numéricas o dígitas, como pulsos de definición precisa y duración limitada, a diferencia de los controles analógicos - cuyas señales son funciones continuas de la variable tiempo t . El nombre de conmutación les viene dando porque sus componentes "abren" o "cierran" circuitos, como es el caso de los relevadores magnéticos que abren y cierran sus contactos cuando su bobina es excitada, o los semiconductores que conducen o no conducen dependiendo de la polaridad de la tensión que se aplica entre sus terminales.

El relevador magnético que se ha mencionado ha sido durante mucho tiempo uno de los componentes fundamentales de los circuitos de conmutación, basado en este dispositivo electromecánico una gran parte de sus operaciones. Sin embargo los avances en la electrónica han traído como consecuencia que los controles convencionales estén siendo reemplazados por controles estáticos, contruidos con dispositivos del estado sólido (diodos, transistores, circuitos integrados, etc.) que se caracterizan entre otras por la ausencia de partes móviles, además de su mayor sensibilidad y velocidad de operación, menor espacio y una larga vida con prácticamente nulo mantenimiento.

Los circuitos de conmutación ya sea se implementen con relevadores dispositivos del estado sólido o cualquier otra tecnología, pueden proyectarse de manera intuitiva. Esta es, ir agregando o quitando elementos hasta encontrar el circuito que realice la -

función de control buscada. Sin embargo conforme aumenta la complejidad de los sistemas, el diseño se vuelve más difícil. Además el diseño no solo consiste en encontrar el circuito que realice una función deseada, sino que se trata de que lleve el menor número de elementos, lo que va a redundar en una mayor economía. Afortunadamente se han desarrollado técnicas para el diseño de los circuitos de conmutación, las cuales no solo conducen a circuitos más simples sino que pueden reducir considerablemente el tiempo para encontrar una solución.

2. ALGEBRA BOOLEANA

Los circuitos de conmutación siguen las reglas del algebra booleana. Esta parte de las matemáticas modernas que se dice es una abstracción de la teoría de los conjuntos, permite establecer un nexo entre ésta y la lógica formal y como los circuitos de conmutación realizan funciones lógicas, constituyen una herramienta poderosa para su proyecto y simplificación.

El algebra booleana llamada también lógica cuando se aplica al diseño de los circuitos que se tratan, maneja variables binarias que solo pueden tomar dos estados o valores opuestos, descritos usualmente como cierto o falso. Estos estados llegan a identificarse como alto y bajo refiriéndose a la presencia o polaridad de pulsos, o bien como cerrado y abierto cuando se tienen contactos. Estas variables se representan con las letras del alfabeto. Por ejemplo, la letra A puede representar una variable lógica que tiene un solo valor, esto es, no puede ser simultáneamente cierta o falsa. La inversa o complemento de A, que puede representarse como \bar{A} indica el valor opuesto de la

variable. Así A es falsa \bar{A} es cierta y viceversa. A menudo se emplea un "1" (lógico) para indicar que una variable es cierta y un "0" (lógico) para indicar el caso contrario. En la Tabla 1 se muestra un resumen de la forma de notación que se emplea en el algebra de booleana.

Tabla 1. Notación del Algebra Booleana

NOTACION	DESCRIPCION
\cdot, \cap, \wedge, X	Y
$+, \cup, \vee$	O
$\bar{A}, \sim A, A-, A'$	A negada
\oplus	O exclusiva
\ominus	NO-O exclusiva
I, A	NO-Y
\downarrow, \forall	NO-O
$A \cdot B$	A y B
$A + B$	A + B
$A \oplus B$	A exclusiva - o B
1	Elemento verdadero
0	Elemento falso
=	Equivalencia
$A = B$	A igual a B, condicionalmente
$A \equiv B$	A es identica a B
$A \supset B$	A incluye a B
$A \rightarrow B$	A implica B
$A \subset B$	A pertenece a B
$A \cup B$	A unión B
$A \cap B$	A intersección B

POSTULADOS Y AXIOMAS.

La operación de las funciones lógicas se podría resumir en los postulados del algebra booleana que se muestran en la Tabla siguiente. Estos postulados son muy importantes, pues a partir de ellos se pueden establecer axiomas y teoremas que son de gran ayuda en el manejo y simplificación de las expresiones lógicas, que se emplean para representar los circuitos de conmutación.

Tabla 2 Postulados del Algebra Booleana

A = 1	o bien	A = 0
1.1 = 1		0 + 0 = 0
1.0 = 0.1 = 0		0 + 1 = 1 + 0 = 1
0.0 = 0		1 + 1 = 1
$\bar{1} = 0$		$\bar{0} = 1$

3. OPERACIONES LOGICAS

Existen tres operaciones básicas empleadas en el algebra lógica: Y, O y NO. Las cuales se combinan para dar otras operaciones entre las cuales de particular interés son: NO-Y ó NY y NO-O. Las operaciones descritas pueden realizarse por dispositivos físicos llamados compuertas o funciones, por la relación funcional que se establece entre su entrada y su salida. A partir de estas funciones más otra no lógica de retardo de tiempo se puede elaborar cualquier circuito de conmutación por complicado que éste sea.

Tabla 3 Axiomas del Algebra Booleana

Operaciones con 0 y 1	
$0.A = 0$	$1 + A = 1$
$1.A = A$	$0 + A = A$
Axiomas de Tautología	
$A.A = A$	$A + A = A$
Axiomas de Complementación	
$A.\bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$
$\bar{\bar{A}} = A$	
Axiomas de Absorción	
$A.(A+B) = A$	$A + A.B = A$
Axiomas de Conmutación	
$A.B = B.A$	$A + B = B + A$
Axiomas de Asociación	
$A.(B.C) = (A.B).C$	
$A + (B + C) = (A + B) + C$	
Axiomas de Distribución	
$A.(B + C) = A.B + A.C$	
$A + B.C = (A + B).(A + C)$	
Axiomas de MORGAN	
$\overline{A.B} = \bar{A} + \bar{B}$	$\overline{A+B} = \bar{A}.\bar{B}$

LOGICA POSITIVA Y LOGICA NEGATIVA.

Los circuitos con relevadores con que se implementan las funciones, trabajan con señal de tensión o si ella, que constituyen el "1" y el "0" lógicos respectivamente. Sin embargo en la implementación estática el "0" no necesariamente corresponde a un nivel de tensión cero, sino que puede tener otro valor. Por ejemplo, en un circuito el "1" podría corresponder a una tensión de +12V y el "0" a una tensión de -12V. Ahora bien como los cir

circuitos estáticos pueden funcionar con fuentes de tensión positivas o negativas, es necesario definir si el circuito de lógica será positivo o negativo. De esta manera si en el ejemplo anterior la designación del "1" y del "0" es la mencionada, se dice que trabaja con lógica positiva; en el caso contrario, si el "1" y el "0" corresponden a $-12V$ y a $+12V$ respectivamente, se dice que el circuito trabaja con lógica negativa. Hay que aclarar -- que cuando se trabaja con lógica positiva o negativa no es forzoso que el "1" corresponda a tensiones absolutamente positivas o negativas. Considérese otro circuito, el cual va a trabajar con $-12V$ y $-24V$, en lógica positiva $-12V$ corresponderá al "1" y $-24V$ al "0", ya que el primer valor de tensión es más positivo que el segundo. En lógica negativa sería el caso contrario. Con esto se quiere indicar que la lógica con que trabajan las funciones, se refiere a los niveles relativos que guardan las dos tensiones de operación. Figura 1.

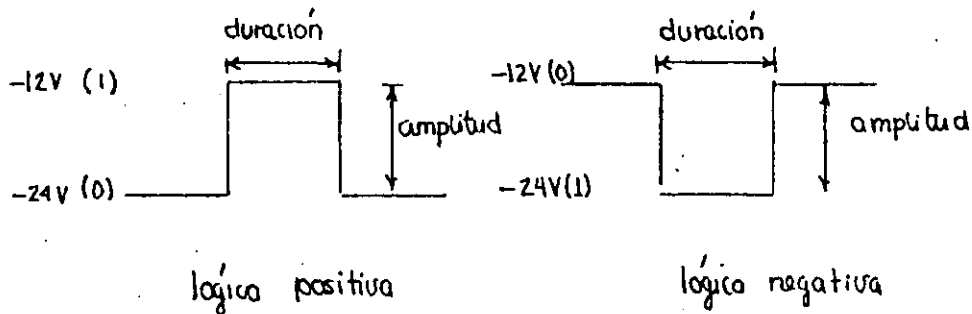
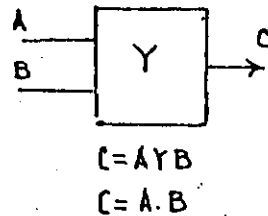


Fig. 1 Definición de pulsos.

FUNCION LOGICA.

Esta función se caracteriza porque todas sus entradas deben estar presentes para tener señal de salida. Esto es, todas las señales de entrada deben tener valor "1" para que a su salida se -

recoja un "1". La falla de cualquiera de sus entradas hará que la salida sea "0". En la figura siguiente se puede observar su representación, la relación funcional y su tabla de verdad que es una herramienta sencilla y conveniente para analizar su funcionamiento.



A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

tabla lógica de verdad

Fig. 2 Función lógica Y

La función Y se puede representar con otra simbología, diferente de la empleada en la figura anterior. Algunos de los símbolos más comunes se muestran en la figura 3. En todos ellos se han considerado dos entradas, pero su número puede ser mayor.

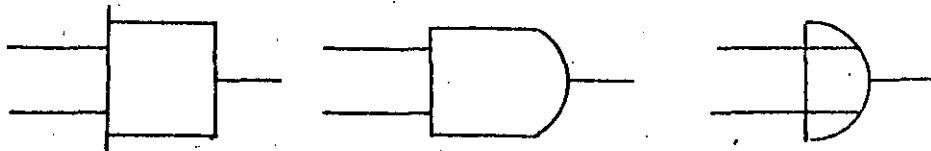
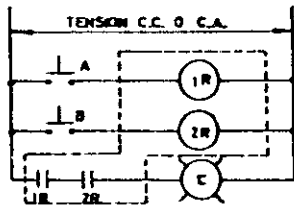
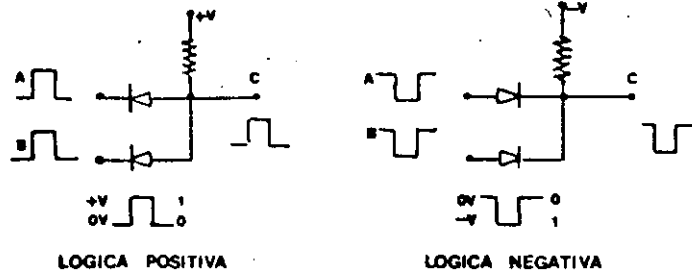


Fig. 3 Simbología de la función Y.

La función Y al igual que todas las funciones mencionadas, se puede implementar con diferentes tecnologías. En particular para los circuitos de conmutación eléctricos, se va a describir la implementación con relevadores magnéticos y con dispositivos del estado sólido.



Con Relevadores

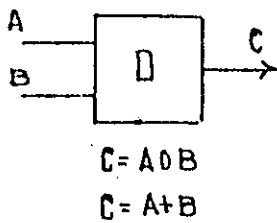


Estática.

Fig. 4 Implementación de la función Y.

FUNCION LOGICA O

En la figura siguiente se puede observar que para que exista señal de salida, al menos una de sus entradas debe de estar presente. Esto es, cuando al menos una de sus variables de excitación es igual a "1", a la salida se tendrá un "1". En la figura 6 se muestra su diferente simbología y en la figura 7 su implementación con relevadores y semiconductores.



A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

tabla lógica de verdad.

Fig. 5 Función lógica O.

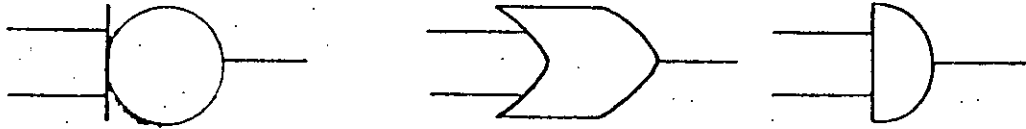
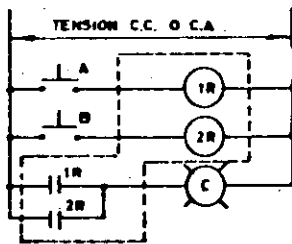
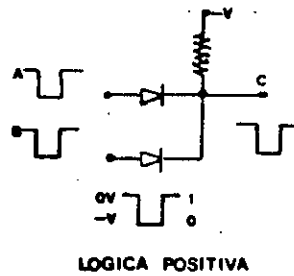


Fig. 6 Simbología de la función 0.



Con Reletores.



Estática

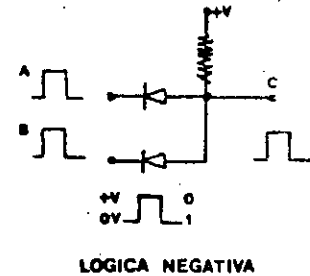
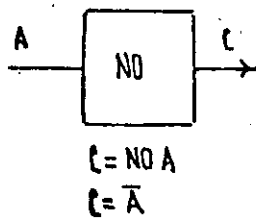


Fig. 7 Implementación de la función 0.

FUNCION LOGICA NO

Esta función se caracteriza porque habrá señal de salida solamente cuando no hay señal de entrada. La función es igual a "1" -- cuando su entrada es cero y viceversa. Su operación, descripción, simbología e implementación se puede observar en las siguientes figuras.



A	C
0	1
1	0

tabla lógica de verdad.

Fig. 8 Función lógica NO

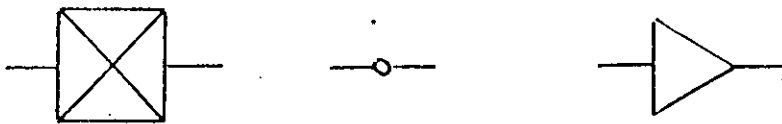
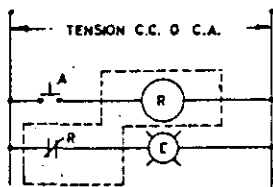
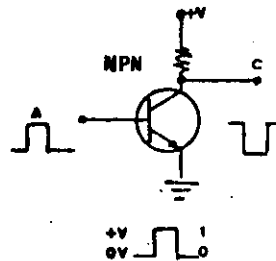


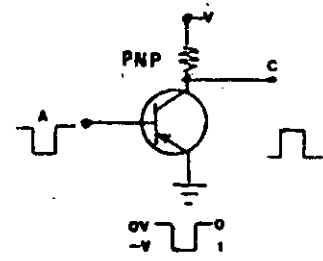
Fig. 9 Simbología de la función NO



Con Reléadores



LOGICA POSITIVA



LOGICA NEGATIVA

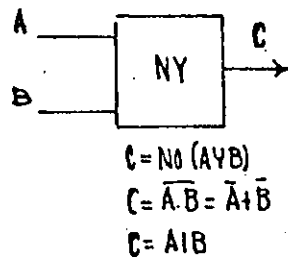
Estática

Fig. 10 Implementación de la función NO

FUNCION LOGICA NO-Y

La función lógica NO-Y ó NY no es más que una Y negada. Para tener una señal a su salida, necesita que al menos en una de --

sus entradas no haya señal. Se tiene un "1" a la salida si al menos una de sus entradas es cero.



A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla lógica de verdad.

Fig. 11 Función lógica NY

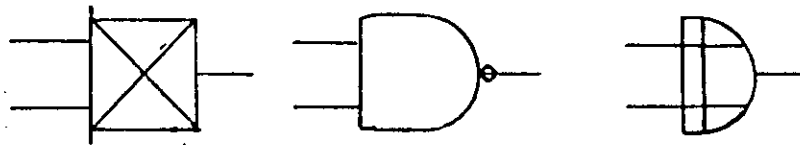
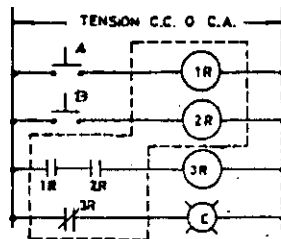
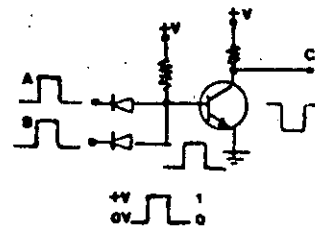


Fig. 12 Simbología de la función NY



Con Reladores



Estática.

Fig. 13 Implementación de la función NY

Función Lógica NOO.

Esta función es una 0 negada que requiere que todas las señales a la entrada sean nulas para tener salida. De esta manera para tener un "1" a la salida todas las entradas deben ser "0", figura 14.

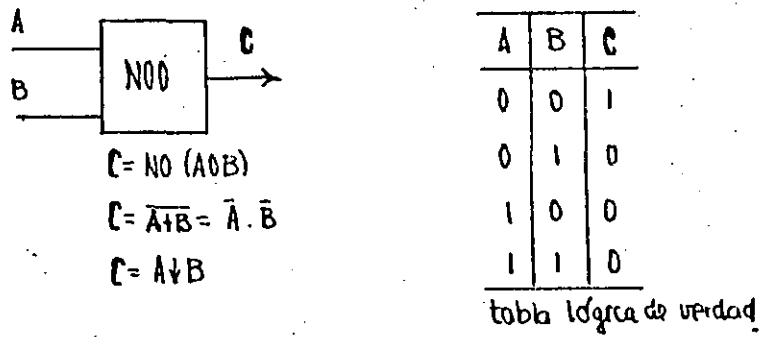


Fig. 14 Función lógica NOO

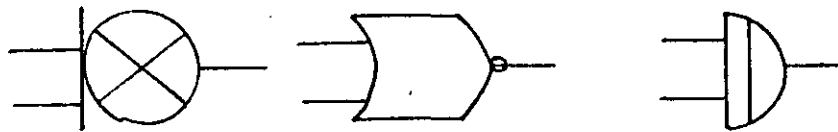


Fig. 15 Simbología de la función NOO

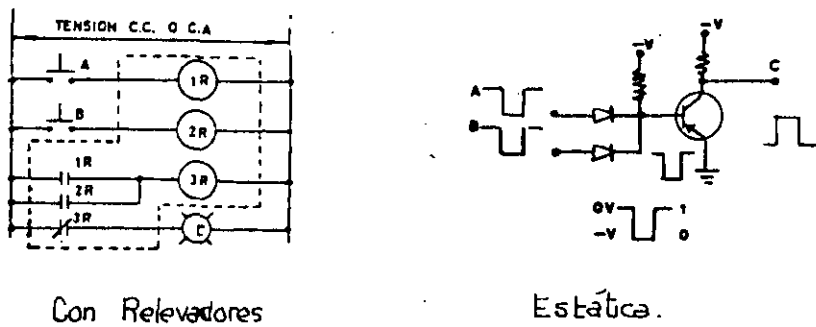


Fig. 16 Implementación de la función NOO.

FUNCION LOGICA O EXCLUSIVA.

La función O exclusiva es un tipo especial de la función O. Esta función no tendrá señal a la salida si en su entrada ninguna o todas las señales están presentes. A continuación se presenta su símbolo y su tabla lógica de verdad.

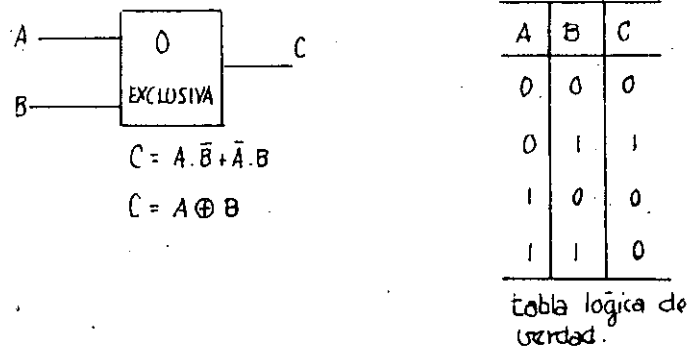


Fig. 17 Función Lógica O Exclusiva.

FUNCION LOGICA NO- O EXCLUSIVA.

Esta función opera de la misma manera que la anterior, excepto que se invierte la salida final. Es decir, cuando se tengan todas la entradas o no se tenga ninguna, se tendrá señal a la salida.

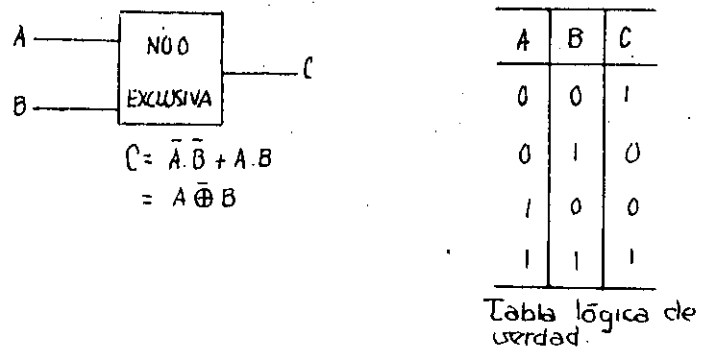


Fig. 18 Función lógica NO-O exclusiva.

MEMORIA.

En la figura 19 se encuentra representada la función memoria, la cual puede ser de dos tipos: de Retorno y Retentiva. Ambas funcionan de la siguiente manera. Si existe una señal momentánea en A, la memoria proporcionará una salida. Esta salida continuará (será recordada) una vez que se haya suprimido A. Una entrada posterior B, suprimirá la salida. Los términos de Retorno y Retentiva, se refieren al siguiente hecho: En caso de fallar la energía eléctrica, la unidad de memoria Retentiva, recordará su último estado de salida (conectada o desconectada), no sucediendo lo mismo con la memoria NO Retentiva, la cual siempre pasa a la condición de "desconectada" en caso del fallo mencionado.

Estos conceptos se aclararán mejor, si se analizan los circuitos análogos que se muestran en las figuras.

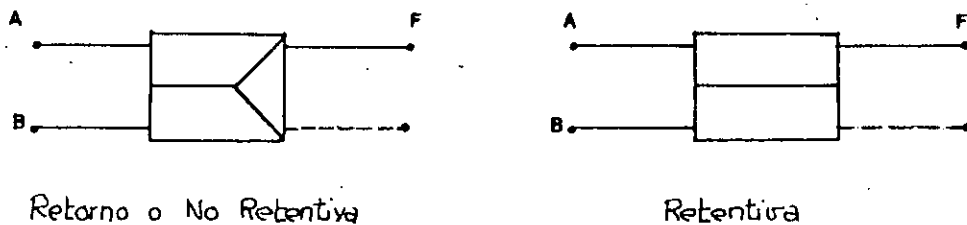


Fig. 19 Símbolo de la Memoria.

En la figura 20, se puede observar que si por algún motivo falla la tensión de alimentación, el circuito regresará a su condición inicial, desconectado. De ahí el nombre de memoria NO RETENTIVA.

La memoria RETENTIVA, puede implementarse simplemente con un interruptor manual de palanca, el cual mecánicamente recuerda el estado al cual se le ha llevado. En la figura 21 se ilustra su implementación con relevadores magnéticos. El funcionamiento --

del circuito es el siguiente: pulsando el botón A, se energiza la bobina R-L, cerrando el contacto R_1 , en serie con la lámpara 1L y abriendo el contacto R_2 en serie con la lámpara 2L. Para que los contactos regresen a su posición original, es necesario que se pulse el botón B, que permite energizar a la bobina R-UL la cual elimina el enclavamiento de R-L. En el caso de falla en la alimentación, este arreglo conserva su estado anterior a la falla, ésto es, los contactos permanecen en la posición antes establecida.

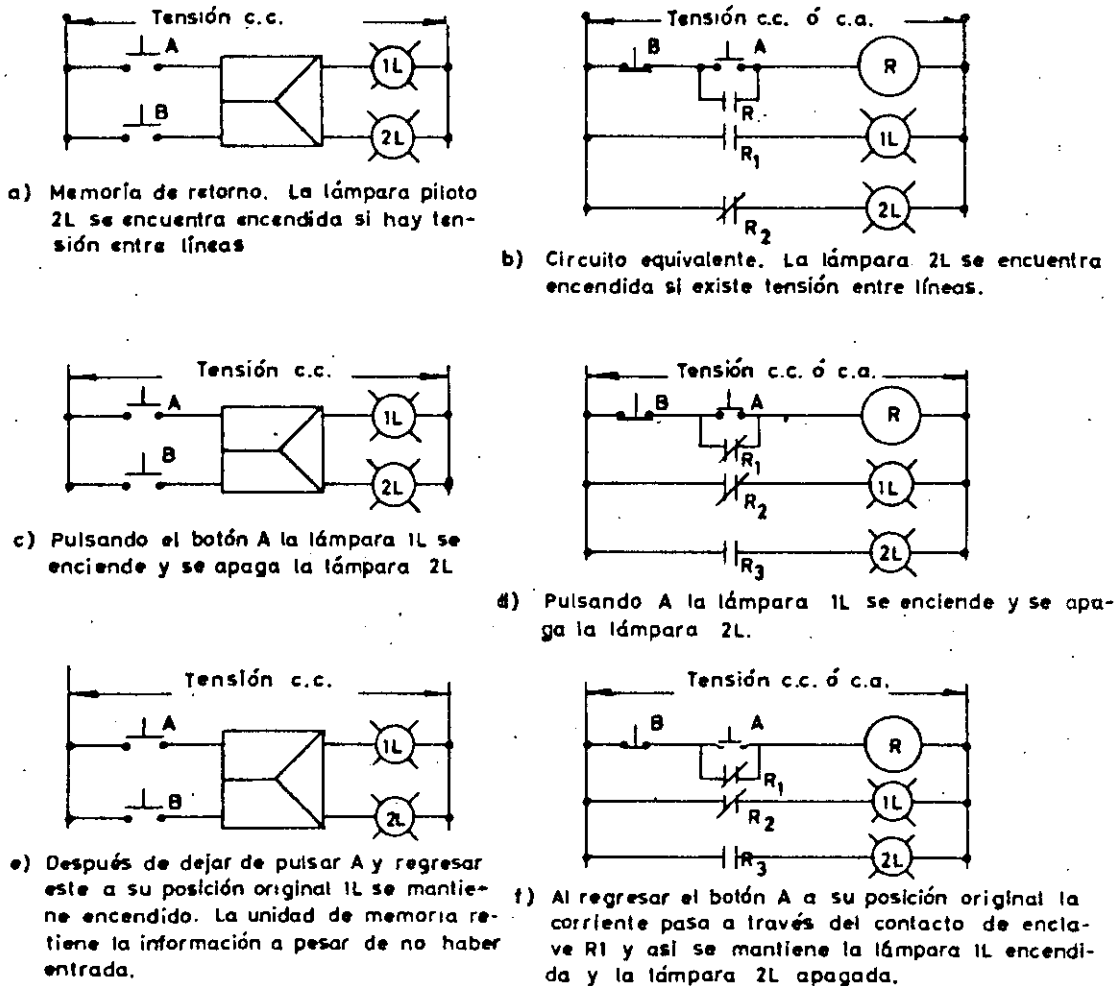


Fig. 20 Memoria no Retentiva y su circuito equivalente con relevadores.

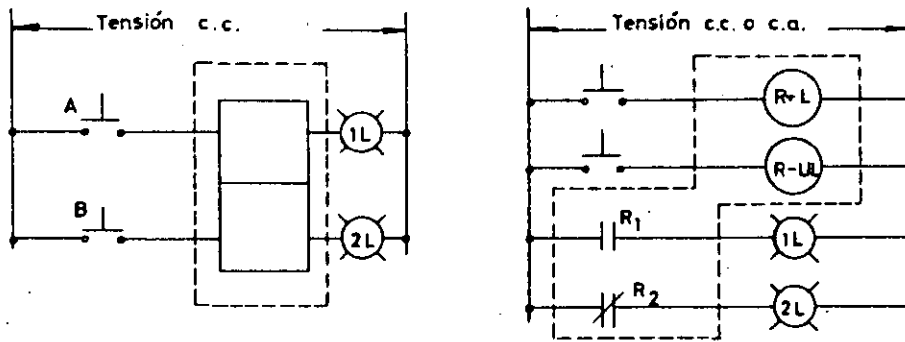


Fig. 21 Memoria Retentiva y su circuito equivalente con relevadores.

RETARDO DE TIEMPO.

Los símbolos elementales de los temporizadores o unidades de retardo de tiempo, se muestran en la figura 22. Estos van a proporcionar dos operaciones básicas: retardo de tiempo al energizar y retardo de tiempo al desenergizar. En el primer caso el elemento proporciona una señal de salida un tiempo después de que se ha aplicado la señal de entrada. En el segundo caso el elemento retiene la señal de salida cierto tiempo, aunque la señal de entrada haya sido eliminada.

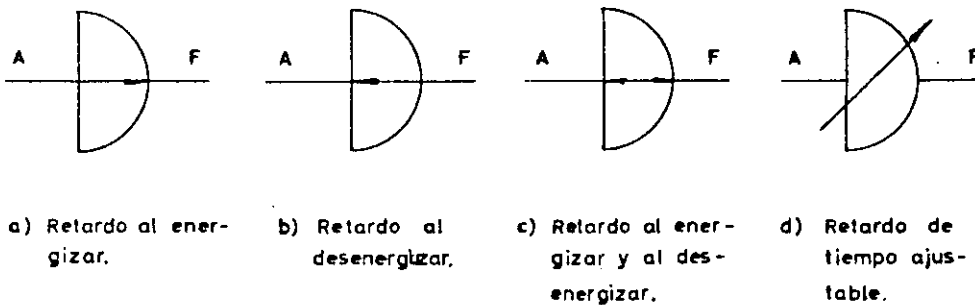


Fig. 22 Simbología de los temporizadores.

En las figuras 23 y 24 se describen las operaciones anteriores por medio de circuitos con relevadores.

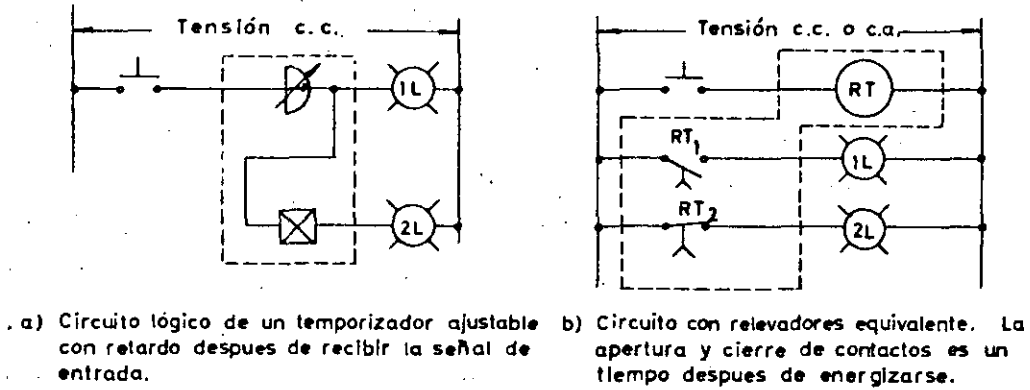


Fig. 23 Temporizador con tiempo ajustable después de recibir la señal.

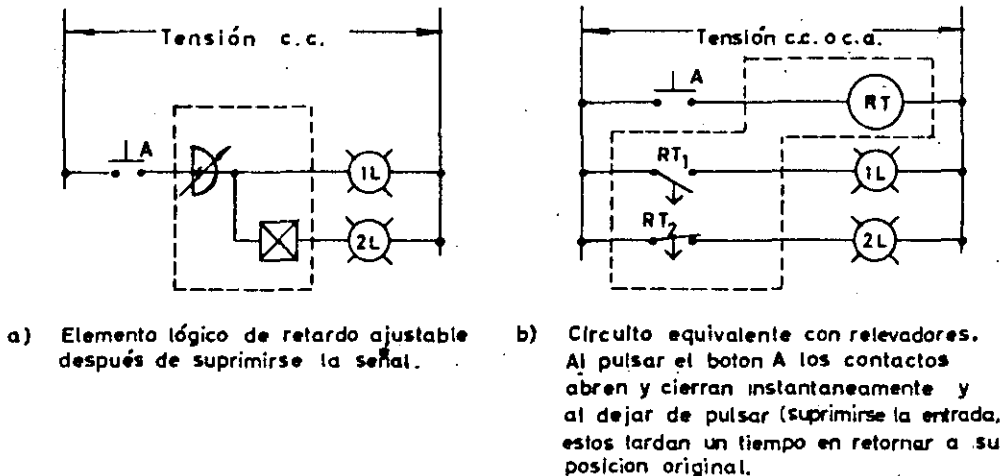


Fig. 24. Temporizador con retardo ajustable después de suprimirse la señal de entrada.

CONVERTIDORES Y AMPLIFICADORES.

Algunas de las funciones que se han visto se han implementado con circuitos elementales de diodos y transistores, sin embargo

La primera dice que la bomba debe operar cuando el nivel llegue a N_1 . Esto implica que el tanque se ha llenado y el detector N_2 se ha cubierto, por lo tanto para que la bomba opere, se debe tener señal N_1 y en N_2 . Aparentemente esta parte del circuito se resolvería empleando una función "Y", ya que teniendo cubierto N_1 "Y" N_2 la bomba se arranca. Sin embargo, se menciona que la bomba, una vez que está operando, debe seguir en este estado, hasta que el agua baje del nivel N_2 , aún cuando N_1 haya quedado descubierto. Como se ve, la solución propuesta no es la adecuada porque si se empleara una función "Y" en el instante en que el nivel bajara de N_1 , la bomba se pararía, lo cual contradice la secuencia planteada.

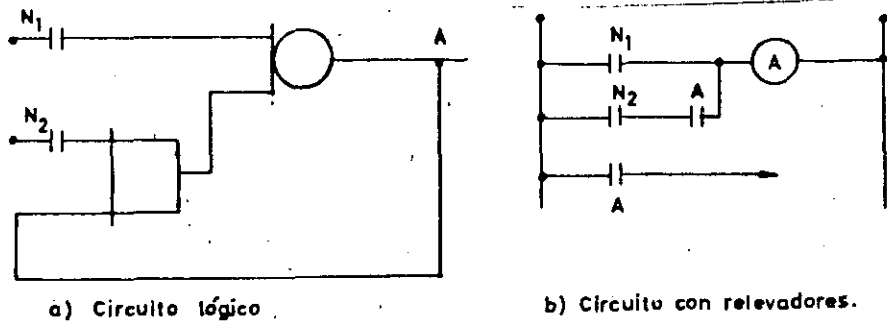


Fig. 28 En la figura se ilustra la primera condición de operación del ejemplo 1.

La figura 28, muestra una posible solución de la secuencia planteada.

Como se observa en el circuito lógico, la señal A que manda la conexión del motor de la bomba, se tiene a la salida de una función "O".

La función "O", tiene dos entradas, una que viene de N_1 y otra de una función "Y", la cual para tener señal a su salida necesita que N_2 se cubra con el agua y que la bomba esté operando, pues la otra entrada de la función "Y", es una retroalimentación de la salida. Así cuando el nivel del agua cubre a N_2 , a la salida de la función "Y" no hay señal y como N_1 todavía no

está cubierto, la bomba no trabaja. Al llegar el nivel a N_1 a la salida de la función "O", ya se tiene señal, conectándose el motor a la red.

A la salida de la función "Y", aparece señal, ya que N_2 está cubierto por el agua y se tiene señal de retroalimentación. Cuando el nivel del agua comienza a bajar y se descubre el electrodo N_1 , el sistema sigue operando por que a la función "O" sigue llegando la señal de la función "Y", la cual se interrumpe cuando el nivel baja de N_2 , parando todo el sistema.

La figura muestra también el circuito con relevadores equivalentes, en donde la señal de retroalimentación es un contacto normalmente abierto de A, en serie con N_2 que permite el sistema "recuerde" la señal de entrada.

De manera similar que para la condición (a), para la condición (b), se puede elaborar un circuito lógico, como el mostrado en la figura 29; el cual al combinarse con el anterior forman el circuito completo que se muestra en la figura 30 con su equivalente con relevadores.

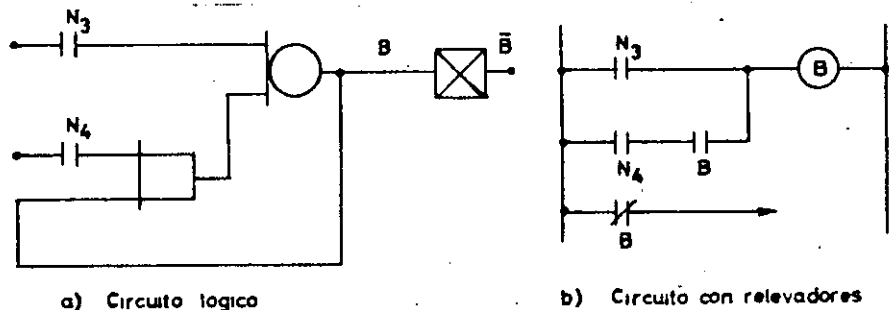


Fig. 29 En la figura se ilustra la segunda condición de operación del problema del ejemplo 1.

Como puede observarse en la figura 30, la bobina del contactor M, que conecta el motor de la bomba, se instala a la salida de una función "Y", a la cual llegan la señal A y la señal B, esta última negada. Este arreglo en el circuito con relevadores, está implementado por los contactos A (normalmente

abierto) y B (normalmente cerrado) en serie con la bobina del contactor M. Para que el motor de la bomba opere, se debe tener señal A, "1" lógico y no tener en B, "0" lógico, la cual al negarse antes de entrar a la función "Y" cambia su estado a "1" lógico. Esto permite que a la salida de esta función se tenga la señal que excita la bobina del contactor. De esta manera, cuando el nivel en los detectores N_1 y N_2 , sea tal que la salida A esté presente, la bomba trabaja, elevando el líquido al tanque alto, que empieza a llenarse. Al cubrirse el detector N_4 , no se tiene señal de tensión B, puesto que se requiere señal en la retroalimentación que junto con N_4 entra en una función "Y"

Cuando el nivel llegue a N_3 , aparece una señal de tensión B, -- que al negarse cancela la tensión a la entrada de la función "Y" que excita a la bobina del contactor M, deteniendo la bomba.

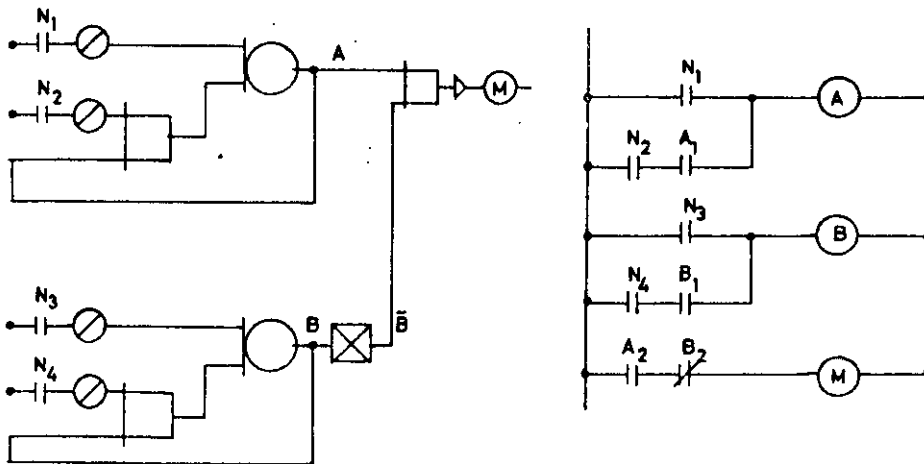


Fig. 30 Circuito lógico y su equivalente con relevadores para el problema del ejemplo 1.

En el circuito mostrado en la figura anterior, las retroalimentaciones de señal que permiten que las unidades "recuerden", su gieren que las unidades del circuito se combinen formando unida

des de memoria.

En la figura 31, se muestra un circuito con unidades de memoria que satisface los requerimientos planteados.

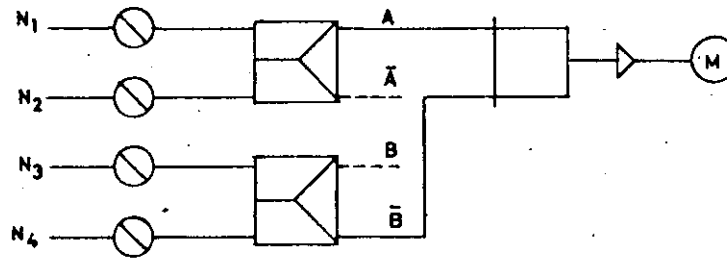


Fig. 31 Circuito con unidades de memoria para el problema del ejemplo No. 1.

El símbolo con que cada uno de los detectores de nivel va conectado a las unidades lógicas, representa un convertidor de señal, y a la salida del circuito se tiene un amplificador, que permite tener un nivel adecuado de potencia para excitar a la bobina del contactor M. El circuito lógico en lugar de emplear los relevadores A y B, emplea un conjunto de unidades estáticas para realizar las mismas funciones que éstos, con las ventajas ya mencionadas.

EJEMPLO 2.

Se tiene una máquina herramienta accionada por dos motores eléctricos. El primero de ellos se conecta a la red a través del contactor 1M, y el segundo a través del contactor 2M con las siguientes condiciones de operación.

- a) Pulsando un botón o cerrando un interruptor de límite, el contactor 1M, se va a excitar, permaneciendo en este estado aún cuando la señal en el botón y el pulsador haya desaparecido.

- b) Una vez que se ha excitado el contactor 1M, el contactor 2M se excita, pero un tiempo después que el primero, manteniéndose en operación hasta que se desconecte 1M ó bien que se accionen un interruptor de límite ó un interruptor de flotador.
- c) Pulsando otro botón, se desconecta todo el sistema, lo cual ocurre también en el caso de que se presente una sobrecarga en cualquiera de los dos motores.

De las condiciones planteadas para que el 1M se excite, se debe pulsar un botón (1P) o cerrarse un interruptor de límite (1IL), además los contactos de los relevadores de sobrecarga de los motores deben estar cerrados de la misma manera que el botón de paro (2P), si cualquiera de estos últimos se abriera, el contactor se desconectaría. La figura 32, muestra un circuito lógico y su equivalente con relevadores que satisfacen las condiciones del problema.

El primero con una unidad de memoria y el segundo con un contacto de enclave, para mantener la bobina excitada, aún cuando la señal del pulsador 1P ó del interruptor de límite 1IL haya desaparecido. Como se observa en el circuito lógico de la figura, para tener la señal R, o se pulsa 1P ó bien se cierra 1IL, manteniéndose la señal hasta que se pulse 2P, ó se abran 1SC ó 2SC.

Para la conexión del contactor 2M, se necesita que 1M, esté ya excitado y que un interruptor de límite (2IL) y un interruptor de flotador se mantengan cerrados. Además la conexión se hará un tiempo después que 1M se ha desconectado. La figura 33, muestra un circuito lógico y su equivalente con relevadores para la conexión del contactor 2M.

Los circuitos de las figuras 32 y 33 se combinan para formar el circuito completo mostrado en la figura 34. En este circuito se han sustituido las funciones "Y" a la cual entran las señales 1SC, 2SC y 2P y la función "NO" que el sigue por una función "NO-Y" combinación de las anteriores.

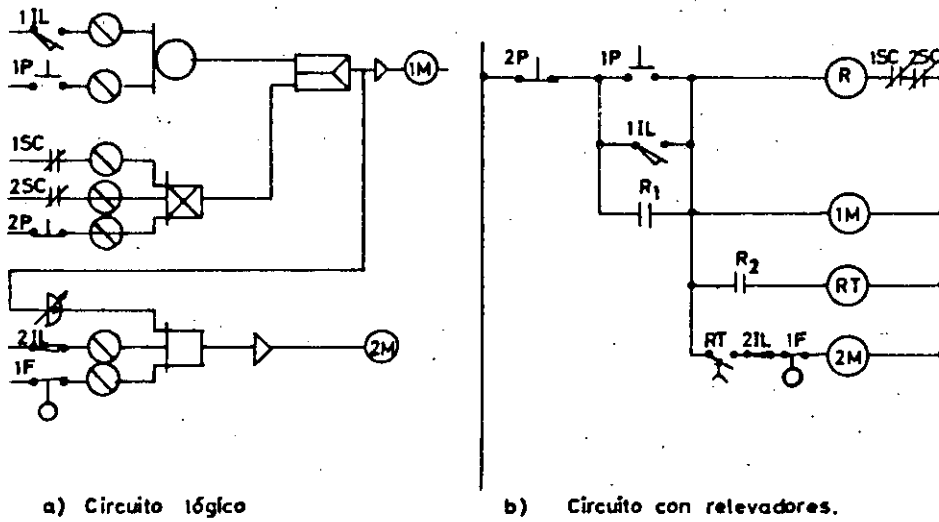


Fig. 34 Circuito lógico y su equivalente con relevadores del ejemplo No. 2. Obsérvese los convertidores y los amplificadores en el circuito lógico.

REFERENCIAS

1. H. Buitrón "Operación Control y Protección de Motores Eléctricos", 3a. Edición. HP Editor, México, 1984.
2. C. Siskind "Electrical Control Systems in Industry" ; Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1963.
3. G. Ertell "Control Numérico" Limusa-Wiley, S.A. México, 1972.
4. J. Lenk "Manual de Circuitos de Lógica", Editorial Diana, México, 1972.
5. R. L. Mc Intyre "Electric Motor Control Fundamentals", Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1967.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA 51

PRUEBAS ELECTRICAS DE CAMPO DE EQUIPOS

ING. GENARO GARCIA CASTRO

SEPTIEMBRE, 1985.

I N D I C E .

- I.- INTRODUCCION
- II.- TEORIA Y EQUIPOS DE PRUEBA.
 - 2.1.0 PROBADOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
 - 2.1.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.
 - 2.1.2 ABSORCION DIELECTRICA.
 - 2.1.3 INDICES DE ABSORCION Y POLARIZACION.
 - 2.1.4 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (CONTAMINACION).
 - 2.1.5 EFECTO DE LA HUMEDAD.
 - 2.1.6 EFECTO DE LA TEMPERATURA.
 - 2.1.7 POTENCIAL DE PRUEBA APLICADO.
 - 2.1.8 DURACION DEL VOLTAJE APLICADO DE PRUEBA.
 - 2.1.9 UTILIZACION DE LA CONEXION DE GUARDA.
 - 2.1.10 INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGGER.
 - 2.1.11 METODOS DE MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

 - 2.2.0 PROBADOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.
 - 2.3.0 PROBADOR DE RESISTENCIA DE CONTACTOS "DUCTER".
 - 2.4.0 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.
 - 2.5.0 RELACION DE TRANSFORMACION.
 - 2.6.0 RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.
 - 2.7.0 TIEMPO DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.
- III.- GUIA DE APLICACIONES Y PRUEBAS.
 - 3.1.0 PRUEBAS A SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION.
 - 3.2.0 PRUEBAS A CIRCUITOS DE BAJA TENSION.
 - 3.3.0 PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO.
 - 3.3.1 BATERIAS Y CARGADORES.
 - 3.3.2 INTERRUPTORES.
 - 3.3.3 TRANSFORMADORES.
 - 3.3.4 CABLES DE POTENCIA.
 - 3.3.5 CUCHILLAS DESCONECTADORAS.

- 3.3.6 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.
- 3.3.7 PARARRAYOS:
- 3.3.8 RELEVADORES
- 3.3.9 INSTRUMENTOS DE MEDICION
- 3.3.10 MOTORES Y MAQUINAS ROTATORIAS.
- 3.3.11 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.
- 3.3.12 TABLEROS DE DISTRIBUCION.

IV.- RECOMENDACIONES TECNICAS PARA PRUEBAS.

- 4.1.0 PRUEBAS A SUBESTACIONES COMPACTAS.
- 4.2.0 PRUEBAS A TRANSFORMADORES
- 4.3.0 PRUEBAS A INTERRUPTORES.
- 4.4.0 PRUEBAS A MAQUINAS ROTATORIAS.
- 4.5.0 PRUEBAS A CAPACITORES.

V.- APENDICE

- 5.1.0 EJEMPLOS DE RESULTADOS DE PRUEBA.
- 5.2.0 NORMAS CCONNIE USUALES EN PRUEBAS.

VI.- BIBLIOGRAFIA.

Pruebas eléctricas de campo a equipos y materiales en instalaciones eléctricas industriales.

1.- INTRODUCCION:

Las pruebas en campo son necesarios en varias etapas de una -- construcción, o para mantenimiento eléctrico.

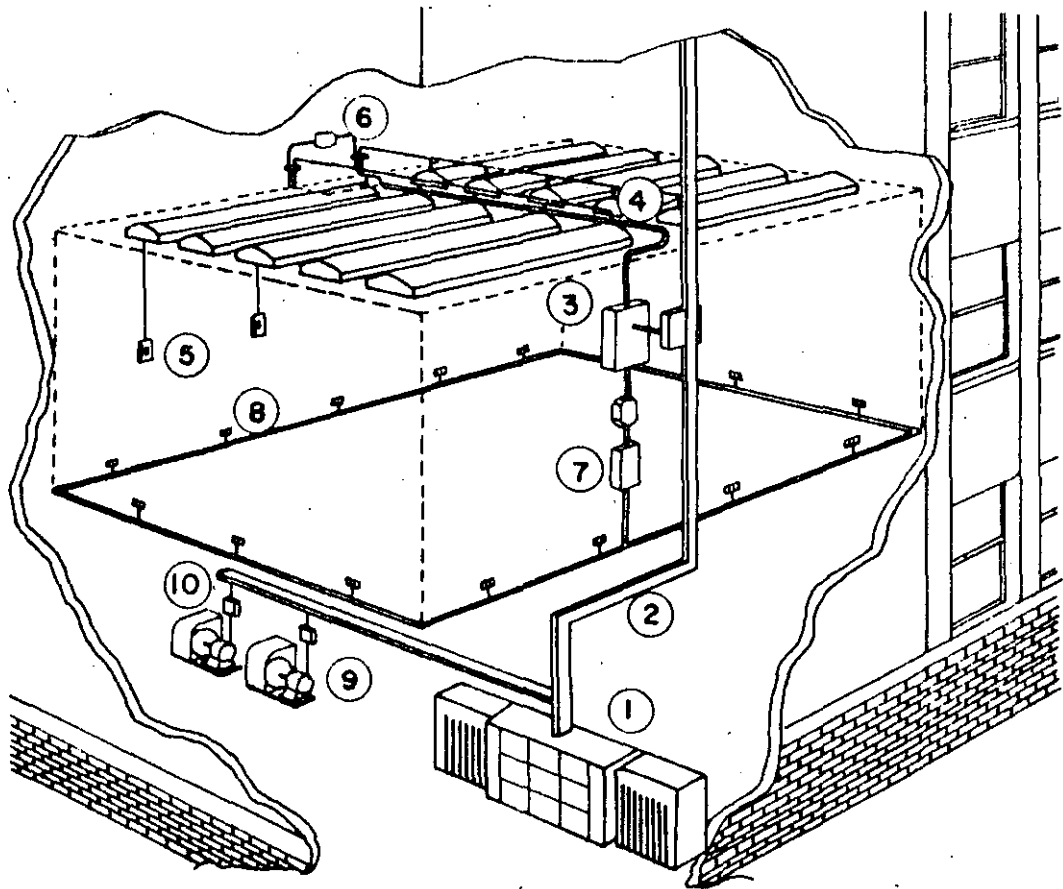
Es de suponer que todo equipo eléctrico es probado en fábrica, lo cual da una garantía al comprador., pero muchas veces es necesario desarmar parte del equipo para su transporte al lugar de su instalación y las condiciones de los aislamientos cambian a los presta blecidos en fábrica por lo cual, todo equipo eléctrico deberá ser - revisado al llegar al sitio de su instalación y realizarle las pruebas necesarias sobre todo a los aislamientos, a los cuales les afecta directamente la humedad y algunos no deben ser expuestos directamente al ambiente.

Conforme se está ensamblando, se van realizando pruebas, hasta que está listo para entrar en servicio, una vez conectado al siste- ma donde va a funcionar se le realizan pruebas (de puesta en servi- cio) para estar seguros que no sufrirá ningún daño o exista algún - riesgo durante la puesta en servicio.

Todos los valores de las pruebas con las cuales entró en servi- cio, son registrados y entregados al departamento de Mantenimiento para que periódicamente al realizar sus pruebas, compare las condi- ciones actuales y pueda detectar una falla de aislamiento antes de que ocurra y poder corregirla.

Normalmente, en todas las fábricas se cuenta con personal de - mantenimiento, que nunca ha sido capacitado para desarrollar una -- especialidad eléctrica, sobre todo se concreta a realizar un mante- nimiento cien por ciento correctivo, por no conocer las pruebas ne- cesarias a cada equipo ó componentes eléctricos ó carecer de los -- equipos de pruebas necesarios.

EQUIPO ELECTRICO EN UNA INSTALACION ELECTRICA INDUSTRIAL



- 1.- SUBESTACION COMPACTA.
- 2.- DUCTOS O BARRAS AISLADAS.
- 3.- TABLEROS DE ALUMBRADO.
- 4.- LAMPARAS PARA ALUMBRADO GENERAL.
- 5.- APAGADORES.
- 6.- TUBERIAS CANALIZACIONES Y ACCESORIOS.
- 7.- TABLEROS DE DISTRIBUCION
- 8.- CONTACTOS
- 9.- MOTORES
- 10.- ARRANCADORES Y SEÑALIZACION

Fig. Nº 1

Para poder realizar un mantenimiento eléctrico predictivo y preventivo, es necesario realizar las pruebas más completas, con el equipo adecuado a cada una de los componentes eléctricos de una Instalación Eléctrica Industrial (fig. 1).

Los equipos mínimos necesarios con que deberá contar un departamento de pruebas o de mantenimiento son:

- a) Multímetro
- b) Ampérmetro de gancho
- c) Megger
- d) Ducter
- e) Medidor de factor de Potencia de Aislamientos
- f) T. T. R.
- g) Probador de Rigidez Dieléctrica del Aceite
- h) Cronógrafo
- i) Termómetro.

A continuación analizaremos un resumen donde se justifican los beneficios de un buen programa planeado de Inspección y pruebas, necesarios para Mantenimiento.

1.- Varios Millones de pesos son perdidos anualmente a causa de incendios causados por fallas eléctricas (corto circuitos)

2.- Un alto porcentaje de Interruptores, Fusibles y equipo de Protección en plantas industriales cuando son probados se encuentra que están inoperantes y no son confiables como equipo de protección.

3.- También varios Interruptores que tienen más de cuatro años de instalados están completamente inoperantes.

4.- Los Gerentes o Administradores no le dan importancia y es desatendida toda la instalación eléctrica.

5.- Varias plantas duplican o triplican su carga sin tomar en cuenta la capacidad y diseño de la instalación existente.

6.- El equipo original es modificado o cambiado, si no es capaz de controlar el incremento de carga.

7.- El equipo para producción (Maquinaria) está normalmente bajo supervisión y mantenimiento, pero el Mantenimiento del equipo de distribución y Subestación General no es una función del electricista de planta.

8.- El mantenimiento de este equipo requiere mayores conocimientos y saber utilizar los aparatos de pruebas, se deberá entrenar a un electricista de la planta para servicios en campo.

9.- La evaluación de los resultados de pruebas es el mejor diagnóstico conocido para evitar fallas imprevistas en los aparatos., probando se revelan varios peligros en la instalación.

10.- El costo de la inspección, pruebas y mantenimiento, es normalmente menor al 1 % del valor del equipo involucrado, esto es un pequeño precio a pagar por una gran confiabilidad.

11.- El trabajo puede hacerse en el momento que haya una interrupción programada, que no afecte la producción.

12.- Recuerde la responsabilidad de las compañías Suministradoras de energía eléctrica termina, donde se conecta la instalación de la planta.

Toda instalación eléctrica, deberá probarse cuando se termine la instalación completa o la reparación y quede libre de cortos circuitos y de contactos a tierra (salvo la conexión a tierra del sistema para fines de protección). Consecuentemente la resistencia de aislamiento en la instalación deberá conservarse dentro los límites adecuados de acuerdo a sus características.

II.- TEORIA Y EQUIPOS DE PRUEBAS.

En este capítulo veremos la teoría aplicable a equipos de pruebas, definiciones, principios básicos, y forma de interpretar los -- resultados obtenidos.

AISLAMIENTO.- El propósito de un aislamiento en un circuito -- eléctrico, es confinar el campo eléctrico y la corriente a áreas y -- trayectorias previamente establecidas.

Todo aislamiento tiene dos características principales que son:
a) La Capacitancia del aislamiento, (cuyo valor en un buen material dieléctrico debe ser pequeño y en el dieléctrico ideal su valor sería cero). b) La resistencia de aislamiento, (cuyo valor en un buen material dieléctrico debe ser grande y en el dieléctrico ideal su valor -- sería infinito).

RIGIDEZ DIELECTRICA DE UN AISLAMIENTO.- Se define como la capacidad del material para soportar la tensión eléctrica, sin que se presente la ruptura dieléctrica ó también es la tensión eléctrica que soporta un material por unidad de longitud en el instante en que se presente la ruptura.

RESISTENCIA ELECTRICA DE LOS MATERIALES AISLANTES.- Se define como la resistencia que ofrece un material para que circule a través de él una corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial con C. D.

PERDIDAS DIELECTRICAS.- Se produce por la corriente que circula a través de la resistencia del dieléctrico cuando se somete a un gradiente de potencial, el efecto principal de éstas pérdidas es que se transforma en calor y empobrece la disipación de calor producido por la corriente que circula a través del conductor.

11.1 PROBADOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO "MEGGER".- La resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de C. D. durante un tiempo dado, medido a partir de la aplica---

REPORTES MUNDIALES QUE DAN UNA IDEA A LAS ESTADISTICAS DE LAS FALLAS EN LAS DISTINTAS PARTES DEL SISTEMA.

1.- LINEAS DE TRANSMISION	50%
2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA	15%
3.- TRANSFORMADORES DE POTENCIA	12%
4.- TRANSFORMADORES DE MEDICION	5%
5.- EQUIPOS MISCELANEOS, DERIVADORES DE VOLTAJE, TABLEROS, APARTARRAYOS, TRAMPAS DE ONDA.	15%
6.- EN BARRAS DE SUBESTACIONES O BASES	3%

ción del mismo, y como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

II.1.2 Absorción Dieléctrica.- La Resistencia de aislamiento varia directamente con el espesor del aislamiento e inversamente con el área del mismo, cuando repentinamente se aplica un voltaje de C. D. a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

A la curva obtenida cuando se grafican los valores de resistencia de aislamiento contra tiempo, se le denomina curva de absorción dieléctrica y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento.

Si el aislamiento está húmedo o sucio se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

II.1.3 INDICES DE ABSORCION Y POLARIZACION.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la prueba. A la relación de 60 segundos a 30 segundos se le conoce como INDICE DE ABSORCION y a la relación de 10 minutos a 1 minuto se le conoce como INDICE DE POLARIZACION.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del aislamiento de devandos de generadores y transformadores y es indispensable que se obtenga antes de efectuar la prueba de alta tensión en máquinas rotatorias.

INDICE DE POLARIZACIONCLASIFICACION

	1		Peligroso
	1.5		Pobre
1.5	a	2	Dudoso
2	a	3	Aceptable
3	a	4	Bueno
>	4		Excelente

II.1.4 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

La contaminación.- Tales como partículas de carbón, polvo o aceite depositados en las superficies aislantes, pueden bajar la resistencia de aislamiento. Este factor es particularmente importante cuando se tiene superficies aislantes relativamente grandes expuestas al medio ambiente contaminante.

El polvo depositado sobre las superficies aislantes, ordinariamente no es conductor cuando está seco. Pero cuando se expone a la humedad se vuelve parcialmente conductor y baja la resistencia de aislamiento, por lo que se deberá eliminar toda materia extraña que esté depositada sobre el mismo antes de efectuar la prueba.

II.1.5 La Humedad.- Influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son aceite, papel, cartón y algunas cintas por ser materiales higroscópicos capaces de absorber humedad ocasionando una reducción de la Resistencia de Aislamiento.

II.1.6 Temperatura.- La Resistencia de aislamiento, varía inversamente con la temperatura en la mayoría de los materiales aislantes.

Normalmente todas las pruebas de resistencia de aislamiento, se refieren a una temperatura estandar llamada temperatura base.

Las temperaturas base recomendadas por los comités de Normas ---

son:

40°C Para Máquinas Rotatorias

20°C Para Transformadores

15.6°C Para Cables.

Para los demás equipos como interruptores, apartarrayos, boquillas oasamuros, etc. No existe temperatura base, ya que la -- variación de la resistencia de aislamiento con respecto a la temperatura no es notable.

Al realizar pruebas de resistencia de aislamiento, es muy -- importante la medición de la temperatura en los equipos ya sea -- por medio de termopares o detectores de temperatura.

II.1.7 Potencial de Prueba Aplicado:

La Medición de resistencia de aislamiento es una prueba de -- potencial y debe restringirse a valores apropiados dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y -- de las condiciones en que se encuentre su aislamiento ya que si -- la tensión de prueba es alta se puede provocar fatiga en el aisla -- miento.

Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de -- 500 a 5000 V. C. D.

Las lecturas de resistencia de aislamiento, disminuyen al uti -- lizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en bue -- nas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy -- próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no sobre -- pasen el valor nominal de operación del equipo que se está proban -- do.

C. D.	C. A.
Voltaje de Prueba del Megger	Voltaje del Equipo a Probar
100 y 250 V.	Hasta 100 V. incluyendo algunos -- tipos de equipo de señalización y control.

500 V.	De 160 V. en adelante hasta 400 V.
1000 V.	De 400 V. en adelante hasta 1000 V.
2500 V.	De 1000 V. en adelante.

Estos valores representan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable.

II.1.8 Duración del Voltaje Aplicado de Prueba.

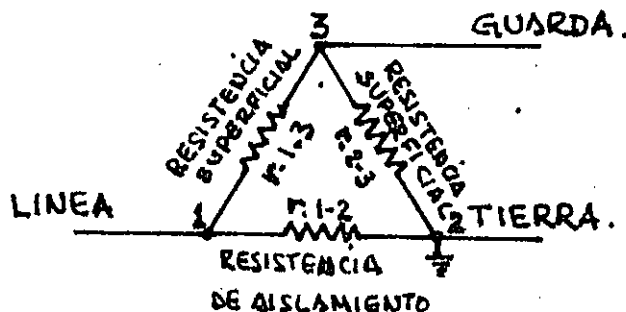
Este efecto tiene una importancia notable en el caso de las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia con aislamiento en buenas condiciones. Sin embargo en el caso de los interruptores, apartarrayos y cables de pequeña longitud, este efecto carece de importancia y por lo tanto es recomendable efectuar las pruebas a un minuto.

II.1.9 UTILIZACION DE LA CONEXION DE GUARDA.

Todos los Megger con rango mayor de 1000 Megohms están equipadas con una terminal de guarda., El propósito de ésta terminal, es al contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de toda componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.

Así en el caso de la siguiente figura, usando las conexiones indicadas, se medirá la resistencia R-1-2 directamente ya que las otras dos no entran en la medición por estar conectada la terminal 3 a guarda.



**COMPARACION DE VALORES DE RESISTENCIA
DE AISLAMIENTO.**

CLASE DE AISLAMIENTO KV	MΩ REGLA IMΩ/KV^{0.75}	MΩ SEGUN FABRI- CANTE	MΩ PRUEBAS Y C. DE CALIDAD
.220	11	6	37
6	288	162	300
23	1104	621	1000
85	4080	2295	3100
230	11040	6210	8500
400	19200	10800	15000
	K = 48	K = 27	K = 37.5

II.1.10. INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGOHMETRO.

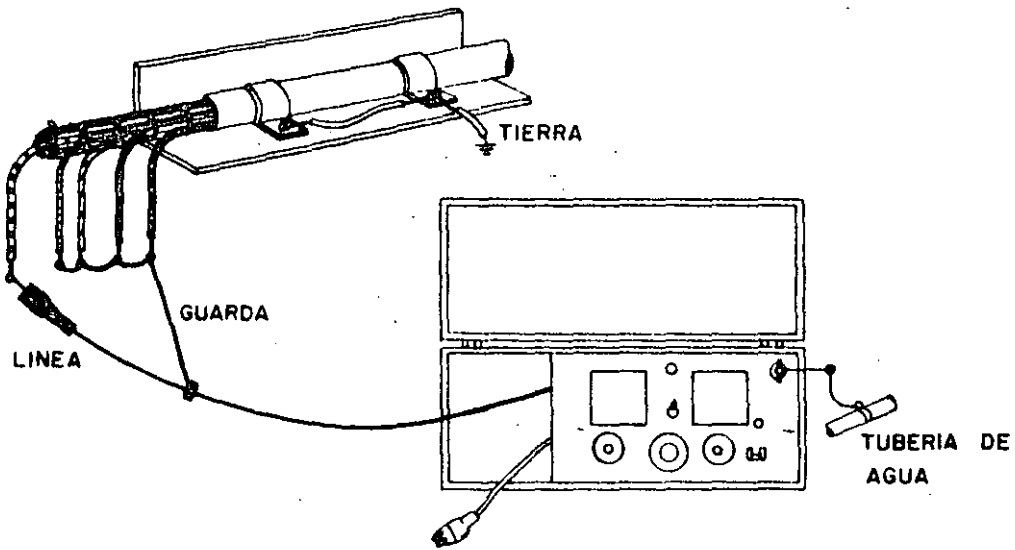
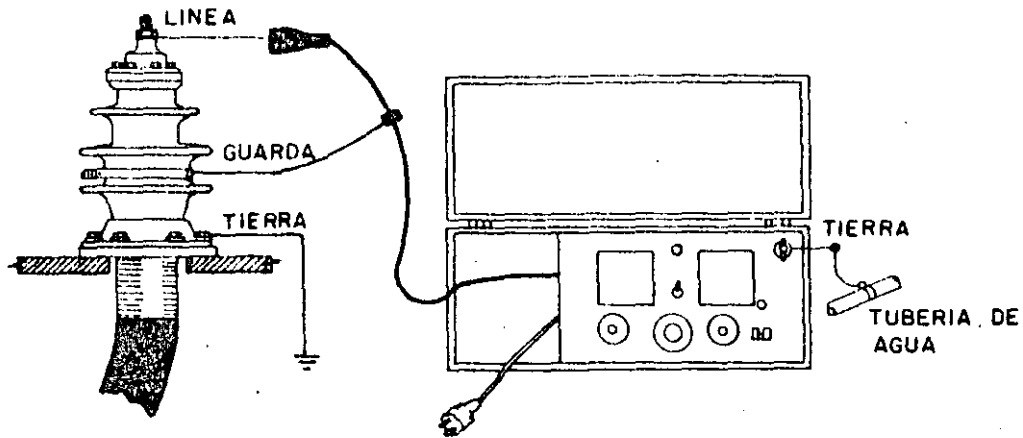
- 1.- Coloque el aparato en una base bien nivelada.
- 2.- Seleccione y ajuste el voltaje de prueba a utilizar.
- 3.- Verifique el infinito del aparato operandolo en Vacío o -
ajustandolo con el tornillo de ajuste.
- 4.- Corto circuite las terminales línea y tierra para verifi--
car dos cosas:
 - a). Que los cables no esten abiertos.
 - b). Ajuste del cero en su aparato (con el potenciómetro de --
ajuste).
- 5.- En caso de haber desernigizado el equipo a probar, se de--
berá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para elimi--
nar toda carga capacitiva que pueda afectar la Medición.
- 6.- Registre la temperatura del equipo bajo prueba, anotándola
en el formato de Prueba.
- 7.- Al efectuar pruebas de absorción en equipos con un volumen
grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de -
descargo de toda corriente capacitiva y de absorción des--
pués de la prueba y antes de remover las terminales de --
prueba.

II.1.11. Métodos de Medición de Resistencia de Aislamiento.

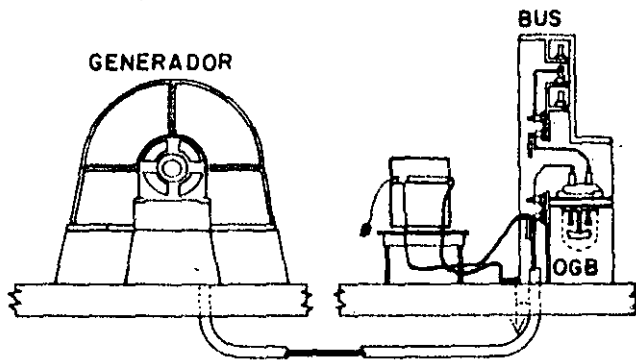
Existen 3 métodos prácticos para medir la resistencia de -
aislamiento mediante un Megóhmetro (MEGGER):

- 1). Método de Tiempo Corto.- Este método es bueno para la prue-
ba de rutina rápida, para fines de normalización recomien-
da aplicar voltaje de prueba durante 60 segundos, con obje-
to de efectuar comparaciones bajo la misma base con los da-
tos de prueba existentes y futuros.

Este método se aplica principalmente a equipos pequeños y
en aquellos que no tienen una característica notable de -



CONEXIONES GUARDA PARA PRUEBAS TIPICAS A CABLES



COLOCACION DE ARREGLO PARA GENERADORES C. A.

absorción como son los interruptores, cables, apartarrayos.

2). Método Tiempo-Resistencia, ó Absorción Dieléctrica.

Este método consiste en aplicar el voltaje de prueba durante un período de 10 minutos tomando lecturas a intervalos de un minuto.

Proporciona una buena referencia para evaluar el estado de aislamientos en aquellos equipos con características de absorción notable, como son las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia, sobre todo cuando no existe historia de pruebas anteriores.

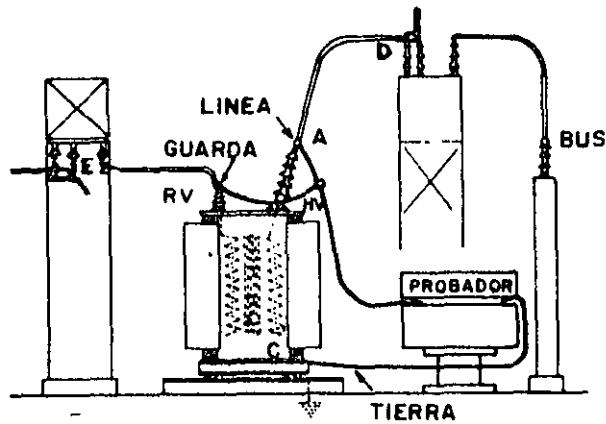
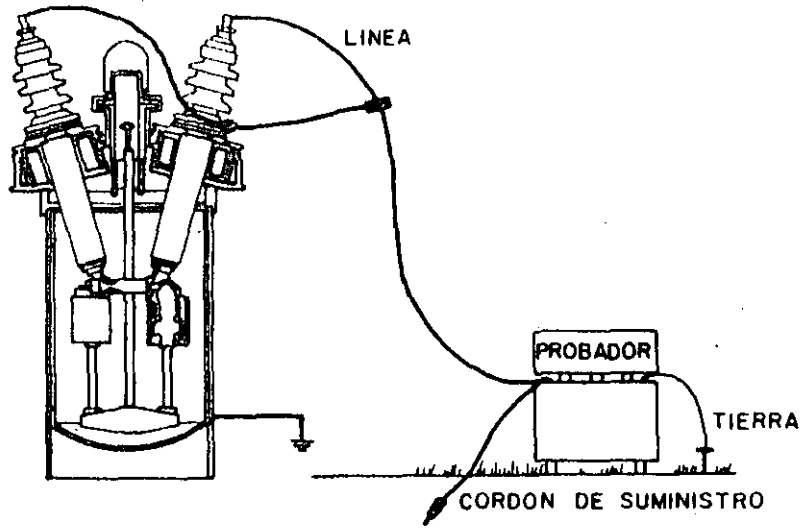
3). Método de Voltajes Múltiples.

Este método tiene su principal aplicación en la evaluación de aislamiento de las máquinas rotatorias y en menor grado para el de los transformadores.

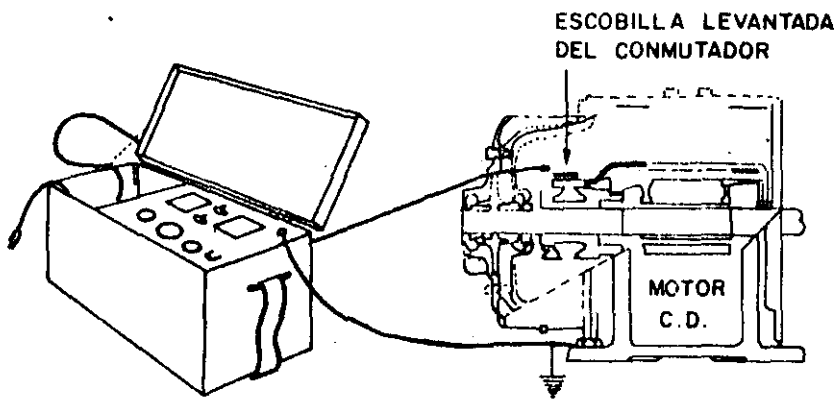
Su aplicación requiere el uso de un instrumento con varios voltajes para poder aplicar dos o más voltajes en pasos por ejemplo 500 volts y después con 1000 V.

Este método se apoya en el hecho de que conforme se aumenta el voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, al aproximarse o superar las condiciones de operación. La influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de Resistencia adquirirá mayor importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite, cuando esto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.

De preferencia los voltajes aplicados deben estar en la relación de 1 a 5 o mayor (por ejemplo 500 y 2500 V.) Según la experiencia un cambio de 25 % en el valor de la resisten



CONEXIONES GUARDA PARA PRUEBAS TÍPICAS A APARATOS



COLOCACION DE ARREGLOS PARA MOTORES Y GENERADORES C. D.

cia de aislamiento para una relación de voltaje de 1 a 5 generalmente se debe a excesiva humedad u otros contaminantes en los aislamientos. La prueba se realiza aplicando cada paso de voltaje durante el tiempo necesario para que desaparezca la corriente de absorción descargando el aislamiento en cada paso.

La interpretación es muy sencilla, ya que se considera que el aislamiento está en buenas condiciones si la relación entre resistencia y voltaje permanece constante.

II.2.0 PROBADOR DE RESISTENCIA DE TIERRA "MEGGER DE TIERRAS".

Las instalaciones deben contar medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico a otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores, también tiene como objeto, "limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el propio circuito ó a contactos accidentales con líneas de mayor tensión; así como limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal. Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos, de protección, como la protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra. Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores ó equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestos a tierra con el objeto de evitar que éstas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representan riesgos para las personas.

Resistencia de Electrodo Artificial.

El valor de la resistencia a tierra de los electrodos artificiales, no debe ser mayor a 25 ohms en las condiciones más -

desfavorables.

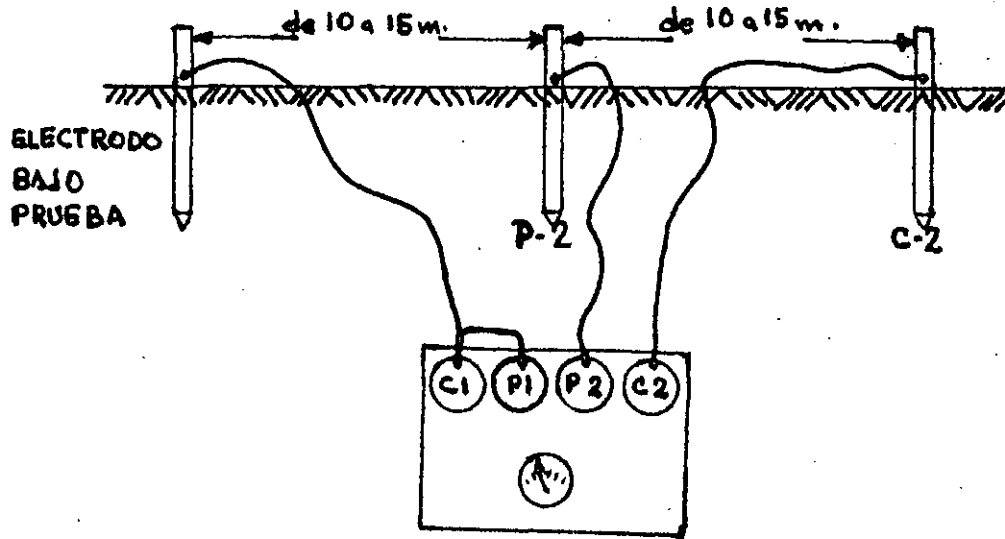
Los sistemas de tubería metálica continua y subterránea para la conducción de agua, tienen en general, una resistencia a tierra menor de 3 ohms. La estructura de edificios tienen en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 ohms. Se recomienda probar la resistencia a tierra de los electrodos al instalarlos y repetir la prueba periódicamente. En subestaciones, la resistencia eléctrica total del sistema de tierras deberá conservar el valor más bajo posible (los valores aceptables van desde 10 ohms hasta 1 ohms). Incluyendo todos los elementos que forman el sistema de tierras, esto es la malla, los electrodos y los conductores de puesta a tierra, para reducir la resistencia total del sistema se puede aumentar el área total de la malla, reduciendo los espaciamientos entre los conductores de ésta ó bien usar un mayor número de electrodos.

Existen varios tipos de Megger de tierras para medir la resistencia del sistema de tierra, por su funcionamiento puede ser manual o electrónico (de baterías). El caso más común es el manual ó de manivela el cual describimos a continuación.

Principio General.- El probador contiene un generador de C. A. impulsado a mano, el cual hace circular una corriente a través de la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales C.1 y C.2.

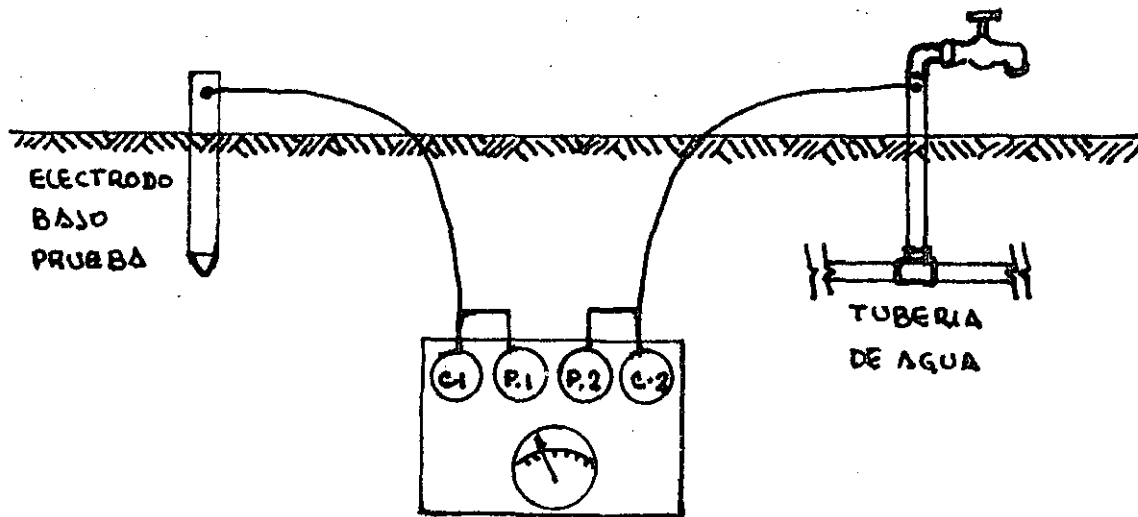
La caída de potencial en la resistencia, se aplica a las terminales P.1 y P.2 provocando una deflexión del Galvanómetro. Esta caída de potencial se contraresta con otra igual y opuesta que se produce en una resistencia variable contenida en el aparato, de manera que en condiciones de balance no fluye corriente en el circuito de potencial.

Prueba. - El aparato tiene 4 bornes (C.1, P1 y C2, P2).
conectandose de la siguiente manera:



Conectando los electrodos cortos a las terminales P.2 y C.2 - como se muestra en la fig. anterior, el aparato deberá conectarse a una distancia media entre C.1 y P.2.

Para una medición de un sistema de tierras más complejo, se deberá aumentar bastante las distancias marcadas anteriormente cuando se dispone de "tierras muertas". En áreas construidas (Zonas urbanas) en donde es imposible colocar los electrodos P.2 y C.2, se utiliza alguna tierra de baja resistencia, por ejemplo una tubería de agua como se indica en la siguiente figura. Esta prueba, nos da la resistencia de tierra del electrodo de prueba, más la resistencia de la tubería y si ésta última es despreciable, entonces las lecturas se toman como la de resistencia a tierra del electrodo.



Si la tubería está muy cerca del electrodo de prueba, los resultados no son buenos, por lo cual es más conveniente el método anterior.

II.3 PROBADOR DE RESISTENCIA DE CONTACTOS "DUCTER"

La finalidad del Ducter es poder medir bajas resistencias por el método de caída de tensión con C. D., tienen varios usos - como medición de juntas de rieles, juntas soldadas, resistencias de contacto, microresistencias, etc. Nosotros los usamos para medir resistencias de contacto en interruptores y cuchillas desconectoras., tiene cinco rangos para medición desde 20 ohms hasta 1 microhms.

Están equipados con una fuente (interna o externa) la cual se recarga continuamente a través de su cargador, las terminales ó pincks deberán colocarse de la siguiente manera al efectuar la prueba:



Las terminales de los extremos -- siempre serán las corrientes, y los potenciales hacia adentro.

La prueba de resistencia de contactos, en interruptores y -
cuchillas, es muy variable su valor con respecto a la marca
o tipo, actualmente no existe ninguna norma que nos indiquen
los valores máximos permisibles por punto de contacto, pero
una regla convencional para pruebas en campo se ha adoptado
con un valor máximo permisible de 30 microhms por punto de -
contacto todos los fabricantes de Interruptores y Cuchillas,
entregan su protocolo de pruebas especificando el valor de
resistencia de contactos total obtenido en fábrica, lo cual
hay que comprobar en campo con estas pruebas.

La secuencia y precauciones que se deben seguir al realizar
una prueba es la siguiente:

- 1). Los circuitos a probar deben estar desenergizados y desconec-
tados de la fuente de alimentación o de cualquier otro apa--
rato.
- 2). Colocar el ducter sobre una base nivelada, impidiendo que el
instrumento quede cerca de campos magnéticos fuertes.
- 3). Checar que las terminales duplex esten bien conectadas donde
las terminales de corriente (C1 y C2) y las terminales rojas
conectadas a terminales de potencial (P1 y P2).
- 4). Si el valor de resistencia bajo prueba no se conoce, selec--
cionar el rango mayor (20 ohms) y después ir ajustando hasta
obtener su valor real.
- 5). Colocar las terminales de prueba en los lugares a medir y -
presionarlas hacia abajo para obtener un buen contacto, to--
mando la lectura obtenida y anotarla en su reporte.

Circuitos Inductivos.- Cuando se trabaje con circuitos induc-
tivos es muy importante desconectar primero, las puntas de -
las terminales de potencial y después las de corriente, con
el objeto de evitar un alto voltaje en las terminales de --

potencial del instrumento y después retire las terminales de corriente.

II.4. FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

El factor de potencia es en la actualidad, la principal --- herramienta para juzgar con mayor criterio, las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, - siendo particularmente recomendada para la detección de la - degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos, - pudiéndose afirmar que por estas características, es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba, es detectar fallas piligrosas - en aislamientos por el método no destructivo, antes de que - la falla ocurra, lo cual de ésta manera previene pérdidas de la continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de ésta prueba no destructiva, es la detección de algunos cambios medibles en las características - de un aislamiento que puede asociarse, con los efectos de -- agentes destructivos como la humedad, el agua, el calor, el efecto corona y en general, un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en C. A. de Volts-Amperes ó factor de potencia de un aislamiento, es una indicación clara de deterioro.

Para ejecutar una prueba de factor de Potencia con un probador de la doble Engineering, es necesario en primer lugar, - conectarle sus cuatro terminales que son:

- a). Cable de Alimentación al probador
- b). Interruptor de mano para seguridad
- c). Cable de Alta Tensión (Gancho)
- d). Cable de baja Tensión (Guarda)

Por seguridad, siempre debe estar aterrizado el aparato, con una tierra firme ya que está previsto en cada equipo.

Estando conectado el probador, deben conectarse las terminales de prueba al aparato a probar, el gancho al devanado por probar para energizarlo y la guarda al devanado o devanados por aterrizar ó guardar.

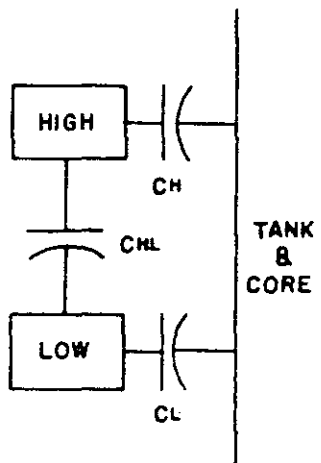
Antes de operar el interruptor general, debe verificarse que el reostato para elevar tensión esté en cero, el selector en la posición check, los rangos en los más altos para MVA y MW el selector de baja tensión en la posición tierra (GROUND) y el interruptor reversible en la posición "ON" dentro.

Comprobando lo anterior, se procede a energizar el equipo a probar, para lo cual es necesario cerrar el interruptor de mano primero, al hacer esto la luz verde se apaga y prende la luz roja. Si no sucede esto, significa que la polaridad de la alimentación al equipo está invertida, debiendo invertir la clavija de alimentación.

Por medio del reostato de tensión, se va elevando el voltaje hasta obtener el voltaje requerido ajustando al mismo tiempo la escala del medidor de MVA y MW por medio de su perilla de ajuste (Meter Adjustment.).

El selector se pone en la posición MVA y selecciona el rango más legible y se toma la lectura obtenida, esta se comprueba con el interruptor reversible (Reversin Switch) en ambas posiciones.

En seguida el selector se pasa a la posición MW y se selecciona el rango más legible, se registra y se comprueba con el interruptor reversible en ambas posiciones. Con esto queda terminada la medición debiendo regresarse todos los controles a su posición original.



TEST	ENERGIZED	GROUNDING	GUARDED	UST	MEASURE
1	H	L	—	—	CH + CHL
2	H	—	L	—	CH
3	L	H	—	—	CL + CHL
4	L	—	H	—	CL
5		Test 1 minus Test 2			CHL ·
6		Test 3 minus Test 4			CHL ·
7	H	—	—	L	CHL ·
8	L	—	—	H	CHL ·

Por tratarse de una medición de aislamiento, los parámetros - por medir en los devanados, son exactamente los anteriores, - sin embargo las conexiones de prueba presentan ciertas variaciones, debido a que este probador tiene únicamente dos terminales externas y un selector con el que se está en condiciones de tener tres posiciones en la terminal de baja tensión, la terminal de alta tensión siempre tendrá como función energizar el devanado bajo prueba.

El hacer una prueba de factor de potencia, representa efectuar la medición de las pérdidas de un aislamiento dado y por lo tanto, no es necesario dar un periodo determinado de tiempo más que el necesario para hacer las lecturas.

Con este aparato se obtienen lecturas de milivoltamperes y Milliwatts, con las cuales basta únicamente dividir las para obtener el factor de potencia correspondiente.

$$\% \text{ f.p.} = \frac{\text{MW}}{\text{MVA}} \times 100$$

11.5 RELACION DE TRANSFORMACION.

El analizador "TTR" está diseñado para determinar con exactitud la relación de vueltas de los devanados de los transformadores de tipo convencional, de potencia y distribución, así como de los autotransformadores, en los que la relación de las tensiones nominales de placa sea la misma que la relación real de vueltas. Los Nucleos de los transformadores a probar deben ser normales y todo el nucleo de hierro activo debe estar colocado en su lugar correspondiente (Laminación apretada y sin salientes).

La capacidad del TTR para probar transformadores es de una relación máxima de 130, sin embargo utilizando equipo auxiliar, es posible medir transformadores que tengan relación hasta 330, en

lectura directa.

Durante la prueba de relación, se determina la polaridad y se detectan fácilmente espiras abiertas ó en corto circuito.

Por su facilidad de transportación el TTR por ser de poco peso y compacto, se facilita su uso en los lugares de utilización - como plantas Generadoras, Subestaciones, industrias, etc.

Cuando el devanado de baja tensión no se pueda usar como primario durante la prueba, debido aquella corriente magnetizante es muy alta, y la tensión de excitación indicada en el voltmetro no alcanza la nominal (9 volts) porque de hacerlo el ampermetro revasaría su escala, en estos casos devanado de alta tensión puede conectarse como, primario.

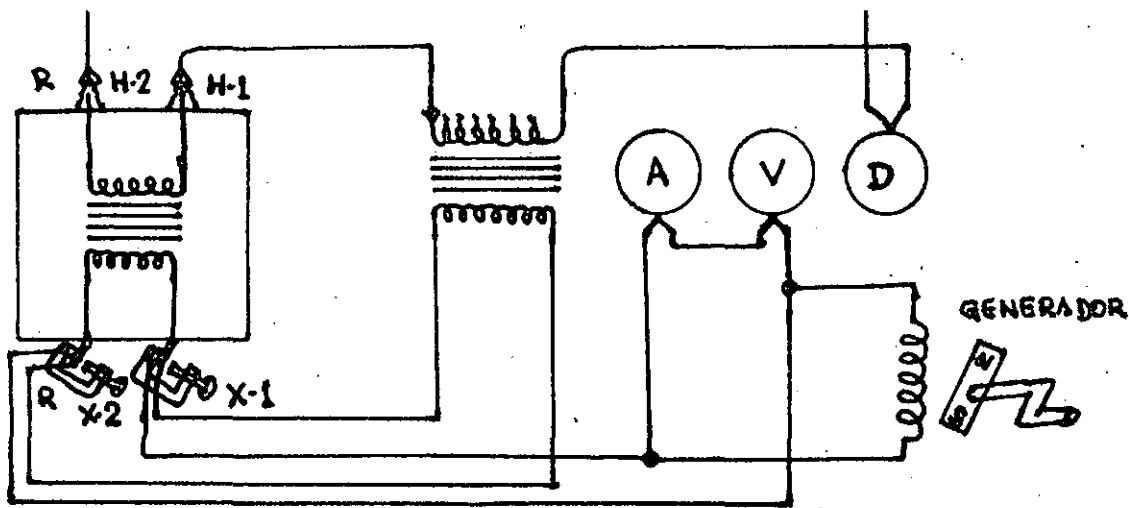
Si el TTR se utiliza de ésta manera, la lectura sera inversa - de la relación de vueltas, hasta con tres cifras decimales de aproximación.

Tambien se utiliza el equipo para pruebas de contraste o de comparación en transformadores especiales, tales como:

Transformadores de Potencial, Transformadores de Corriente, Transformadores para anuncios luminosos, etc. en tales transformadores el TTR no determinará con precisión la relación de vueltas de sus devanados.

MODO DE EMPLEO:

- 1). Desconecte y aisle el transformador bajo prueba, observando siempre las precauciones de seguridad.
- 2). Conecte como se muestra en el siguiente diagrama cerciorandose que las conexiones hagan buen contacto con las terminales del transformador bajo prueba.



- 3). La prensa X-2 y la pinza H-2 (Marcadas con rojo) tienen la misma polaridad instantanea. En transformadores que tienen polaridad substractiva, las conexiones rojas deben de estar en el mismo lado opuestas una a otra y cuando la polaridad es aditiva -- deben de estar cruzadas (diagonalmente).
- 4). Coloque los 4 conmutadores giratorios en la posición de cero - (0.000) gire la manivela muy lentamente de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ vuelta. La -- aguja del detector (instrumento de la derecha) deberá de flexio -- nar bruscamente hacia la izquierda indicando que la polaridad -- es substractiva, si la aguja deflexiona hacia la derecha, las -- conexiones están invertidas, esto indica que el transformador -- tiene polaridad invertida es decir polaridad aditiva, y es neces -- ario intercambiar las conexiones H1 por H2, manteniendo los con -- mutadores giratorios en cero durante ésta prueba.
- 5). Mientras gira la manivela muy lentamente, incrementa la relación en el primer conmutador giratorio (izquierdo), hasta que la agu -- ja del detector deflexione hacia la derecha. Regrese el conmu -- tador a la posición más alta en donde la aguja deflexione a la izquierda.
- 6). De la misma manera incrementa la relación sucesivamente en los conmutadores segundo y tercero.
- 7). Incremente la relación en el cuarto conmutador, ajustando hasta alcanzar un equilibrio en cero en el detector, mientras la velo

cidad se eleva y se mantiene a un valor tal que se obtengan - aproximadamente 8 volts de excitación.

- 3). La relación de vueltas del transformador bajo prueba se lee directamente en las mirillas que indican la posición de cada conmutador.

II.6.0 RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

Los dielectricos líquidos se utilizan como aislantes ó refrigerantes en transformadores, interruptores, seccionadores, reactores, reguladores, cable de energía, capacitores, boquillas, etc.

La finalidad del aceite aislante utilizado en el equipo eléctrico es:

- a). Proveer un aislamiento eléctrico adecuado.
- b). Conducir y disipar el calor generado en el equipo.
- c). Extinguir el arco eléctrico y arrastrar las partículas que se forman durante el mismo.
- d). Proteger a los aislamientos solidos contra la humedad y el aire

El aceite aislante usado en transformadores e interruptores debe poseer ciertas propiedades, que deben mantenerse durante la operación para que cumpla con su múltiple función aislante eléctrico. Como agente que transfiere calor al medio ambiente y extinguir el arco eléctrico, debe tener adecuada rigidez dieléctrica que lo haga soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación.

La rigidez dieléctrica es una de las características principales del aceite aislante, se define como el máximo gradiente de potencial que puede soportar el aceite aislante sin que se produzca la descarga disruptiva.

En la practica se mide la tensión de ruptura dieléctrica, que se define como el gradiente de potencial, en el cual se produce

la descarga disruptiva en el aceite aislante.

Los principales factores que influyen en el cálculo de la Rigidez dieléctrica en un aceite aislante son:

- 1). Forma, tamaño y distancia de separación de los electrodos.
- 2). Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- 3). Efecto del contenido de gases.
- 4). Influencia de la temperatura.
- 5). Influencia de la presión.
- 6). Efecto de la frecuencia.
- 7). Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- 8). Efecto de las ondas de impulso.
- 9). Efecto de la dispersión de los resultados.

La prueba de Rigidez Dieléctrica del Aceite, se realiza con el probador de aceite marca Baur siguiendo los pasos siguientes:

- 1). Checar la calibración entre electrodos y ajustarse si es necesario, la calibración depende de las Normas Aplicadas, los electrodos, la celda y tiempos entre prueba y prueba y N° de pruebas.
- 2). La muestra de aceite a probar, se toma de válvula inferior del tanque (del transformador ó interruptor) que en esa parte inferior es donde se encuentran las impurezas, llenando la copa.
- 3). Se deja reposar el aceite que no contenga espuma ni burbujas de aire por lo menos 3 minutos.
- 4). El siguiente paso es aplicar voltaje que parte desde cero hasta el valor de rompimiento.

En el instante que sucede el rompimiento, la lectura de tensión máxima queda indicada en el voltmetro la cual se anotara en el protocolo de pruebas.

- 5). Posteriormente se agitará el aceite y se deja reposar otro minuto (cuidando que no existan burbujas).

6). El valor final de Rigidez Dieléctrica del Aceite en Kilovolts será el promedio de las 5 lecturas efectuadas.

A continuación mostramos una tabla con las características principales de las normas ASTM-877 y 1816 en la cual se basa la norma nacional CONNIE 3.3.1 .

II.7 TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.

El objetivo de ésta prueba, es la determinación de los tiempos de operación de interruptores de potencia, en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

Tiempos de Apertura.- Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo, hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado en todos los polos.

Tiempo de Cierre.- Es el intervalo de tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de cierre, hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos.

Tiempo de arqueo en un polo.- Es el intervalo de tiempo entre el instante de la iniciación del arco hasta el instante de su extinción final en ese polo.

Tiempo de arqueo en un interruptor.- Es el intervalo de tiempo entre el instante en que se inicia el primer arco y el instante de la extinción final del arco en todos los polos.

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños como:

Gran Volumen de aceite.

Pequeño Volumen de aceite.

Aire Comprimido.

Hexafluoruro de Azufre.

Soplo Magnético, etc.

RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

NORMA	FORMA Y DIMENSION DE ELECTRODOS	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS mm(inch)	ELEVACION DE TENSION KV/sec.	REPOSO ENTRE LLENADO Y 1ª PRUEBA	NUMERO DE PRUEBAS EFECTUADAS	REPOSO ENTRE PRUEBA Y PRUEBA	TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA	TEMPERATURA MINIMA DE LA MUESTRA
ASTM 577	TIPO DISCO DE 1" DE DIAMETRO	2.54 mm. (0.099)	3KV \pm 20%	3 MINUTOS	5	1 MINUTO	30 KV MIN.	20°C, 68° F.
ASTM 1816	SEMIESFERICOS 25 mm RADIO	2.04 mm. (0.081) 1.02 mm (0.04)	0.5KV \pm 20%	3 MINUTOS	6 LA 1ª NO CUENTA	1 MINUTO	35 KV MIN. 20 KV MIN.	20°C, 68° F.
COOINIE 6.6.1.	CONTEMPLA LAS DOS NORMAS ANTERIORES							

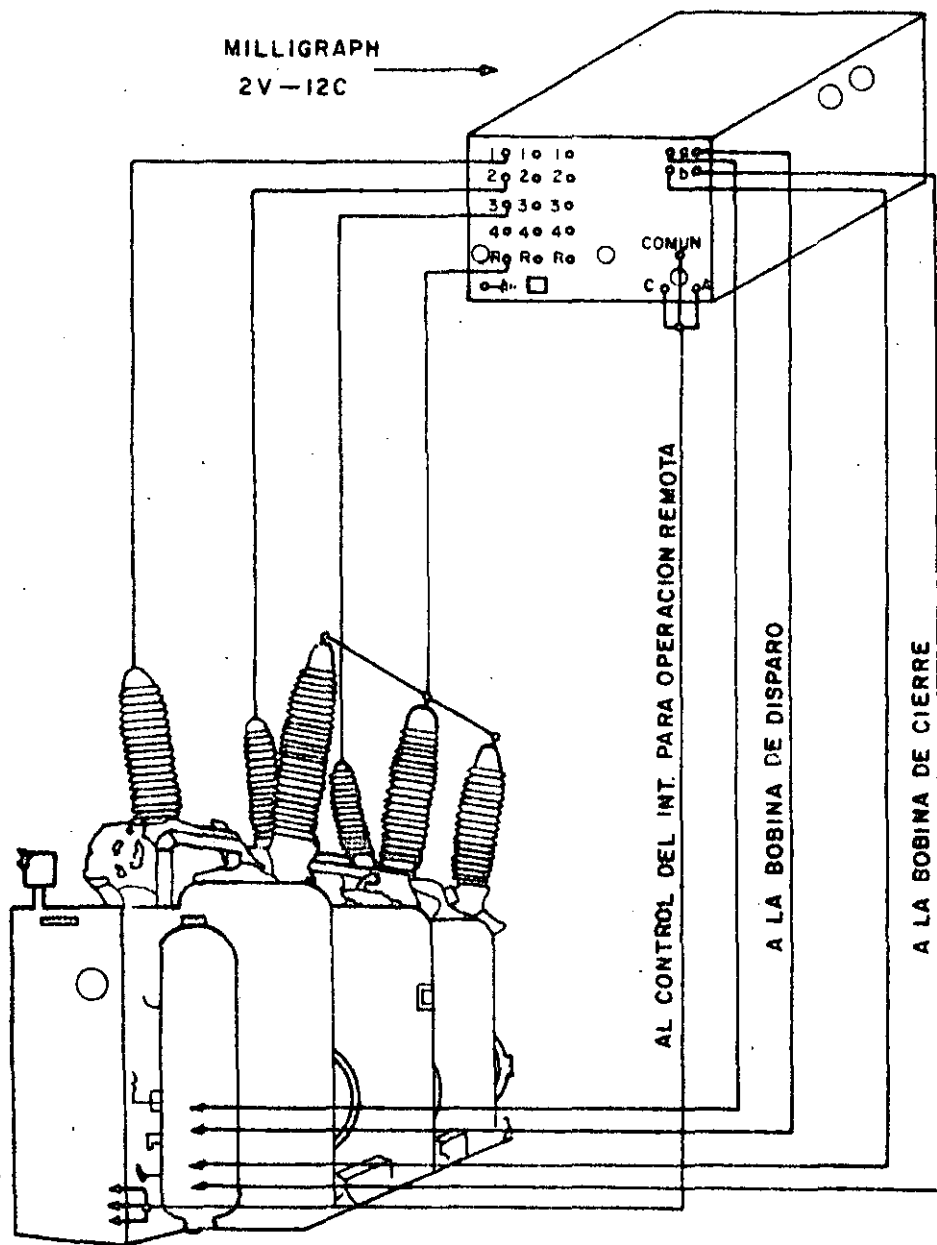


DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO MILLIGRAPH
A UN INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

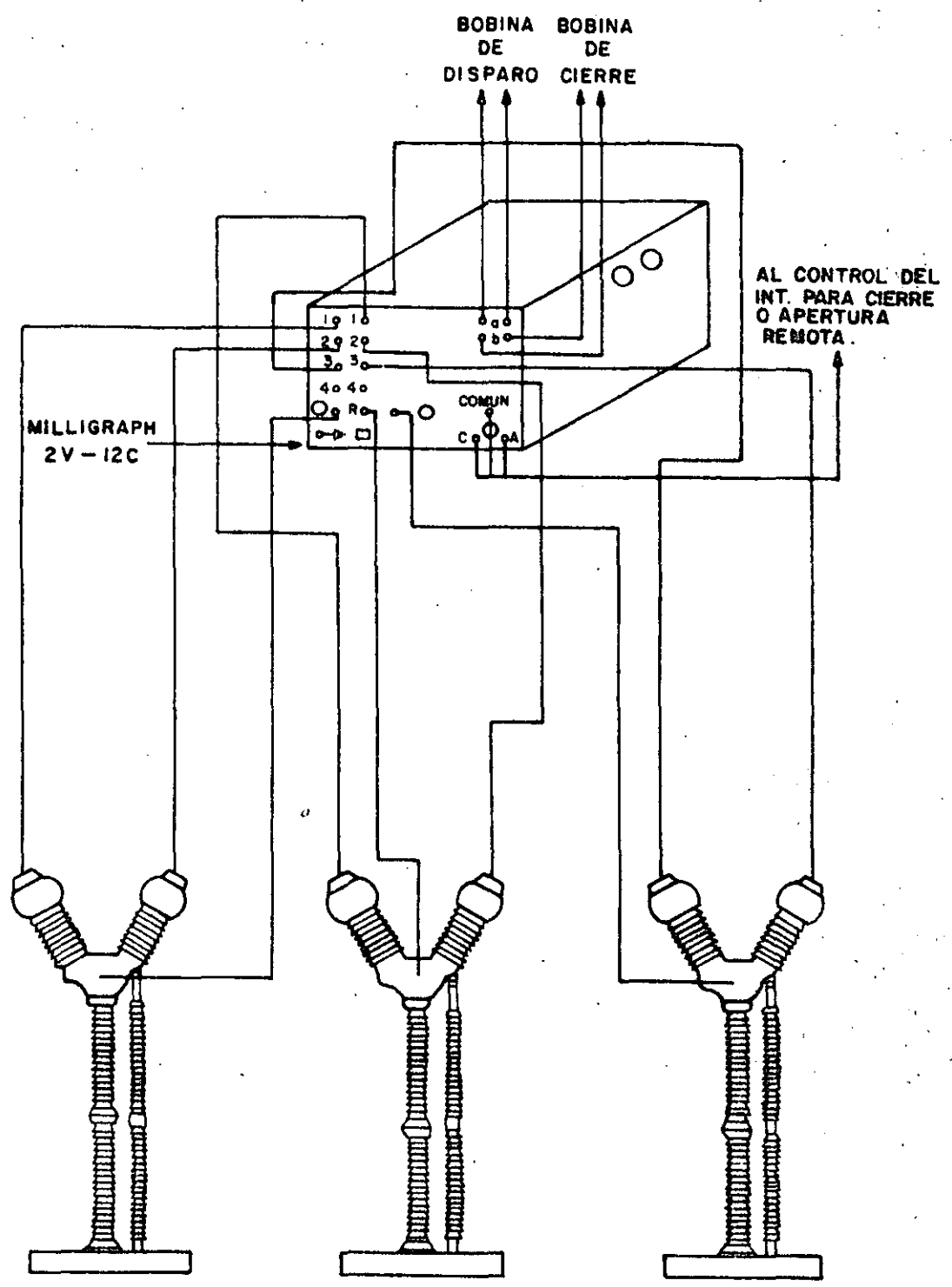


DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO MILLIGRAPH A UNA FASE DE UN INTERRUPTOR MULTICAMARA.

Las siguientes recomendaciones y condiciones son para la mejor ejecución de las pruebas y una mayor seguridad.

Se probará el interruptor totalmente desenergizado o sea sin potencial de línea o bus en sus terminales.

Por seguridad deberán mantenerse abiertas las cuchillas desconectadoras en ambos lados del interruptor.

Cada prueba deberá realizarse a los valores nominales del interruptor en lo que se refiere a presión de operación en sus cámaras y mecanismos (acumuladores de presión) y voltaje de control para cierre ó disparo.

Se tomará la precaución de verificar los voltajes nominales del equipo de prueba. (Milligraph ó favac) aterrizándolo.

Las pruebas ó mediciones que se consideran normales para la puesta en servicio de un interruptor son:

- a). Determinación del tiempo de apertura.
- b). Determinación del tiempo de cierre.
- c). Prueba de Antibombeo.

Las pruebas de tiempo de apertura y cierre quedarán grabados en panel metálico en el caso de milligraph y en papel encerado en caso del favac., donde se tienen graficadas cada fase, la bobina al energizarse, y la referencia de tiempo para su cálculo.

Cada aparato, tiene diferentes números de canales existen desde 4, 8, y 12 canales para graficar al mismo tiempo.

III. APLICACIONES Y PRUEBAS.

III.1 PRUEBAS A SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION.

En la siguiente tabla, se muestran las pruebas que se realizan a una subestación de Distribución completa tipo Cía. De Luz, con todo el equipo que utiliza y sus pruebas, así como los aparatos utilizados.

TABLA (1)
RELACION DE PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO
S. E. NORMALIZADA

	DESCRIPCION	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	FACTOR DE POTENCIA	RELACION DE TRANSF.	RIGIDEZ DIELECTRICA	RESISTENCIA DE CONTACTOS	TIEMPOS DE OPERACION	PERDIDAS DIELECTRICAS	HUMEDAD RESIDUAL	CONTINUIDAD	VOLTAJES MINIMOS
6	INTERRUPTOR 230 KV.	*	*	-	*	*	*	*	*	-	*
12	CUCHILLAS 230 KV.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	TRANSF. CORRIENTE 230 KV.	*	*	*	-	-	-	-	-	*	-
16	TRANSF. POTENCIAL	*	*	*	-	-	-	-	-	*	-
2	CONDENSADOR DE ACOP. 230 KV.	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TRAMPA DE ONDA	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-
12	APARTARRAYOS DE 230KV.	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
6	BUSHINGS 230 KV.	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
2	TRANSF. DE POTENCIA 60 MVA 230/23 KV.	*	*	*	*	-	-	*	*	-	-
6	BUSHINGS 23 KV.	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
14	INTERRUPTORES 23 KV.	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*
26	CUCHILLAS 23 KV.	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-
4	CUCHILLAS FUSIBLE 23 KV.	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-
94	TRANSF. CORRIENTE 23 KV.	*	*	*	-	-	-	-	-	*	-
6	TRANSF. DE POTENCIAL	*	*	*	-	-	-	-	-	*	-
2	TRANSF. DE DISTRIBUCION	*	*	*	*	-	-	-	-	*	-
6	APARTARRAYOS DE 23 KV	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
2	REACTORES	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-
2	BANCO DE CAPACITORES	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*	PRUEBAS EFECTUADAS										
	EQUIPO UTILIZADO	MEGER MOTORIZ O'ELECT.	MEU MH M2H	TTR	BAUR	DUCTER PILAS O'ELECT.	MILIBRAF FABAB ANALIZ	MEU MH M2H	PANAME TRIC	MEGER MULTIME TRO	

III.2. PRUEBAS A CIRCUITOS DE BAJA TENSION.

La Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, ha editado el nuevo Reglamento NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS en la cual menciona las reglas y requisitos que deberán cumplir las instalaciones eléctricas.

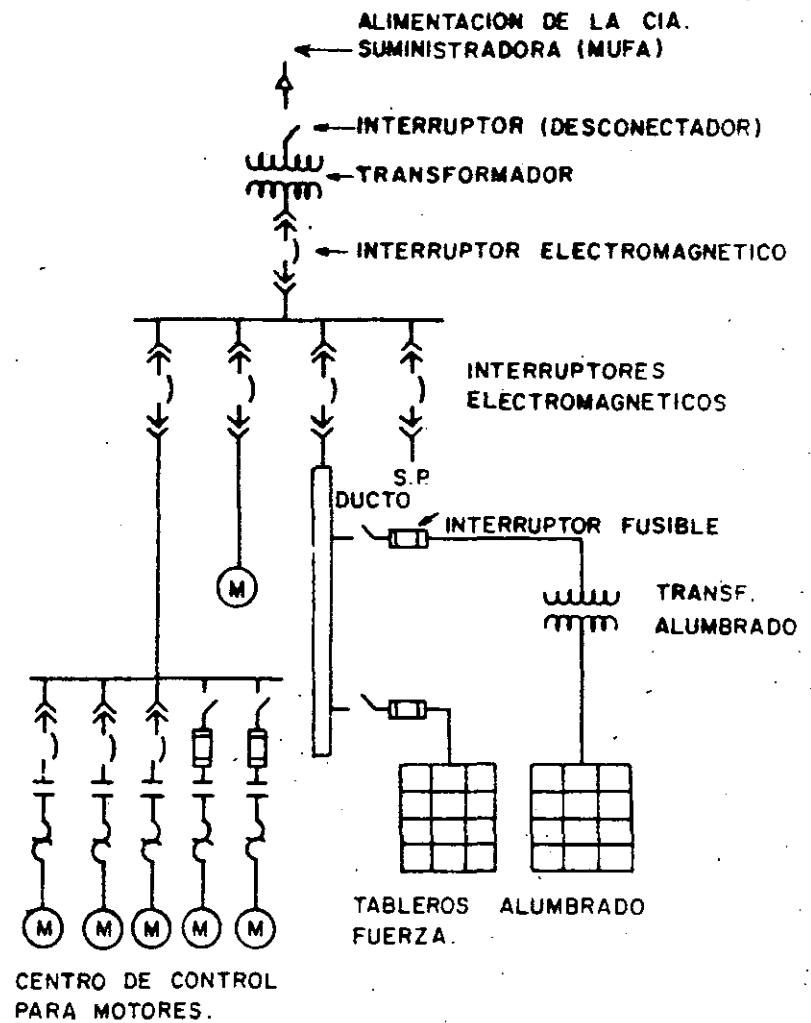
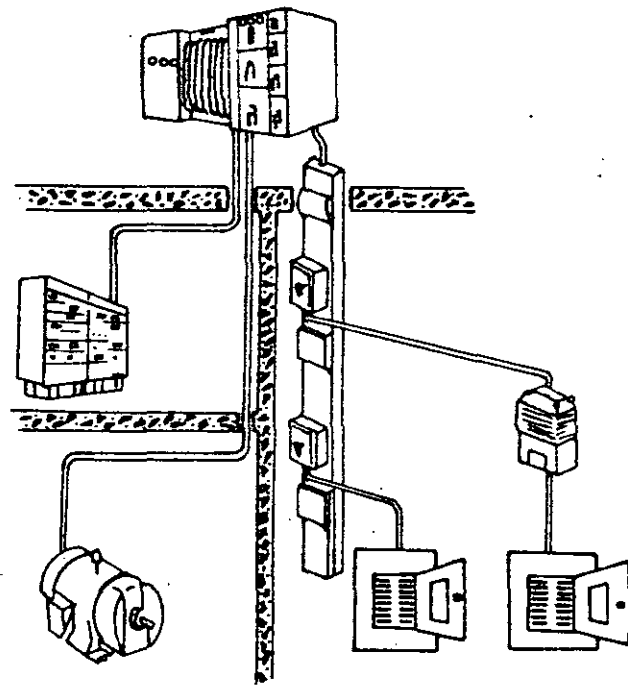
La siguiente tabla 1.5 nos da LOS VALORES MINIMOS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO RECOMENDADOS PARA INSTALACIONES DE 1000 VOLTS Ó MENOS.

INSTALACION	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN (OHMS)
Para Circuitos con conductores Nº 14 ó Nº 12 AWG .	1 000 000 = 1 M
Para Circuitos con conductores Nº 10 AWG o mayores y con capacidad de conducción de corriente de:	
25 a 50 amperes	250,000
51 a 100 amperes	100,000
101 a 200 amperes	50,000
201 a 400 amperes	25,000
401 a 800 amperes	12,000
Más de 800 amperes	5,000

Nota 1.- Los valores de ésta tabla deben medirse, con todos los equipos que normalmente forman parte de los circuitos, tales como tableros, porta-fusibles, medios de desconexión y dispositivos de protección contra sobrecorriente instalado en su lugar y conectados.

Nota 2.- Cuando estén conectados a los circuitos derivados las lámparas y los aparatos de utilización, la resistencia mínima de aislamiento de los circuitos, pueden tomarse como la mitad de los valores de ésta tabla.

SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA INDUSTRIAL



Nota 3.- Donde las condiciones del ambiente sean tales que las canalizaciones o equipo estén expuestos a humedad excesiva, puede ser necesario considerar valores diferentes a los de ésta -- tabla.

III.3 PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO.

A continuación daremos un listado de las principales pruebas que se efectúan a cada uno de los elementos o equipos eléctricos.

III.3.1.- BATERIAS Y CARGADORES.

- a). Pruebas al alumbrado de emergencia.
- b). Pruebas de aislamiento al cargador.
- c). Pruebas de control a los circuitos del cargador.
- d). Pruebas al electrolito de las baterías.
- e). Pruebas al detector de tierras.
- f). Prueba de operación a la protección del banco de baterías.
- g). Prueba de resistencia de aislamiento a los circuitos de C. D.

III.3.2.- INTERRUPTORES.

- a). Pruebas de aislamiento a los circuitos primarios y secundarios.
- b). Prueba y medición de resistencia de contactos primarios.
- c). Prueba del mecanismo de operación.
- d). Prueba y medición de tiempos de operación.
- e). Pruebas dieléctricas del aceite aislante.
- f). Pruebas y medición de factor de potencia en aislamientos.
- g). Prueba de voltajes mínimos de operación.

III.3.3.- TRANSFORMADORES.

- a). Medición de la resistencia de aislamientos.
- b). Medición de la relación de transformación.
- c). Medición de la resistencia ohmica de los devanados.
- d). Verificación de la polaridad.
- e). Secado de los embobinas.
- f). Pruebas dieléctricas al aceite.
- g). Medición de factor de potencia en aislamientos.

III.3.4.- CABLES DE POTENCIA.

- a). Verificar la protección de los extremos libres.
- b). Medir la resistencia de aislamiento antes de conectarlos.
- c). Prueba de alta tensión (High Pot).
- d). Faseo teórico y verificación de la conexión.
- e). Medición de la resistencia de aislamiento después de la conexión
- f). Medición de factor de potencia.

III.3.5.- CUCHILLAS DESCONECTADORAS.

- a). Verificar la operación manual.
- b). Prueba de mecanismos motorizados.
- c). Prueba de resistencia de contactos.

III.3.6.- TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.

- a). Medición de la resistencia de aislamiento.
- b). Medición de la continuidad de los devanados
- c). Verificar la polaridad.
- d). Secado de embobinados.
- e). Medición de la relación de transformación.
- f). Prueba dieléctrica del aceite.
- g). Prueba dieléctrico del embobinado.
- h). Medición del factor de potencia.

III.3.7.- PARARRAYOS.

- a). Verificar las conexiones primarias.
- b). Verificar la conexión a tierra.
- c). Medición del factor de potencia.
- d). Medición de la resistencia de aislamiento.

III.3.8.- RELEVADORES.

- a). Verificar el montaje del tablero de control, protección y medición.
- b). Verificar continuidad en aparatos y circuitos.
- c). Verificar la operación de los relevadores.
- d). Verificar la calibración y ajuste.

III.3.9.- INSTRUMENTOS DE MEDICION.

- a). Verificar la continuidad de aparatos y circuitos.
- b). Calibración y ajuste.

III.3.10.- MOTORES O MAQUINAS ROTATORIAS.

- a). Medición de la resistencia de aislamiento de armadura y campo.
- b). Verificar la continuidad de los embobinados de armadura y campo.
- c). Secado de los embobinados.
- d). Pruebas dieléctricas a los embobinados.
- e). Verificar las conexiones.
- f). Verificar la rotación.
- g). Medición de la corriente de arranque y de carga.

III.3.11.- INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

- a). Prueba de resistencia de aislamiento.
- b). Verificación de las conexiones y aprietes.
- c). Prueba de la resistencia de contactos.
- d). Prueba de disparo por sobrecarga.
- e). Prueba de operaciones mecánicas.

III.3.12.- TABLEROS DE DISTRIBUCION.

- a). Verificar el tablero completamente.
- b). Checar todos sus bloqueos (Diagramas).
- c). Prueba de medición de resistencia de aislamiento, abriendo los interruptores o fusibles del control ó instrumentación, probando todas las barras.

IV. RECOMENDACIONES TECNICAS PARA PRUEBAS.

Como complemento del capítulo II donde se habló ampliamente del objetivo de cada prueba, la norma aplicada, la forma de realizar se la prueba, ahora veremos su aplicación directa a cada equipo.

IV.1 PRUEBAS A SUBESTACIONES COMPACTAS.

Una subestación compacta tipo cliente, está formada por tres gabinetes principales donde se alojan los siguientes equipos:

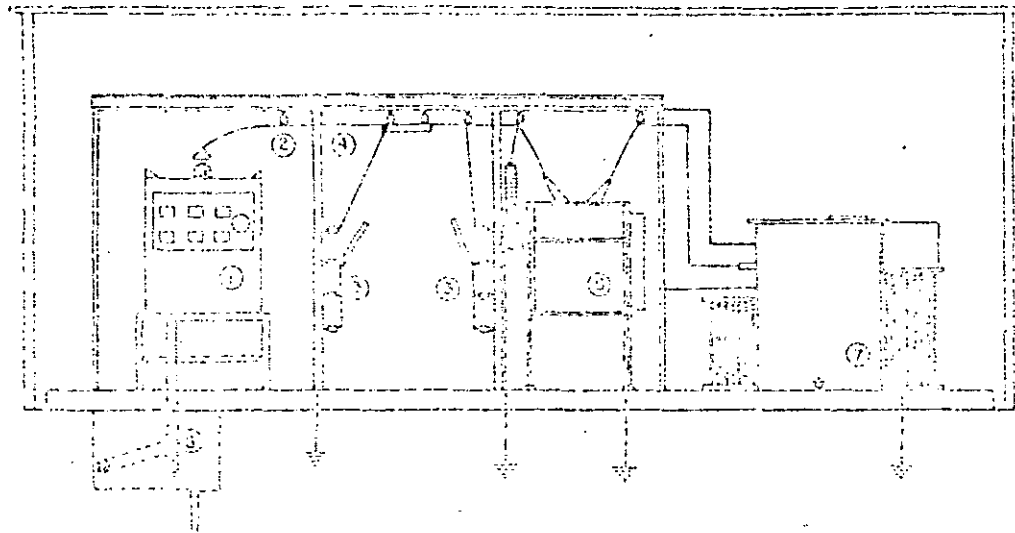
- a). Equipo de Medición de la Cía. Suministradora.
- b). Cuchillas desconectoras operadas en grupo para intercalar el equipo de Medición.
- c). Pararrayos autovalvulares e interruptor en pequeño volumen de aceite.

Las tres secciones están interconectadas por medio un bus de barras de cobre montandas sobre aisladores soportes.

Las pruebas que se realizan en campo a estos gabinetes son para comprobar que durante el transporte de la fábrica al lugar de su instalación no sufrierón daños checando:

- 1.a). Al bus.- Con Megger se checa entre fases y fase a tierra con el mayor rango de voltaje que tenga el aparato, dando valores de aislamiento mayores a los 1000 Megohms.
- 1.b). A las cuchillas desconectoras.- Además de involucrarlas en la prueba de megger, se deberá checar su resistencia de contactos que como ya se dijo antes, no debe ser mayor de 30 Micrones por punto de contacto.
- 1.c). A los Apartarrayos.- Además de involucrarlos en la prueba de Megger, se deberá realizar una prueba de pérdidas dieléctricas ó factor de potencia para determinar si no tienen humedad, o están directos a tierra.
- 1.d). Al Interruptor.- Se le deberán realizar las siguientes pruebas: Voltajes mínimos de operación (deberán operar con un voltaje menor al nominal hasta el 70% del voltaje nominal).

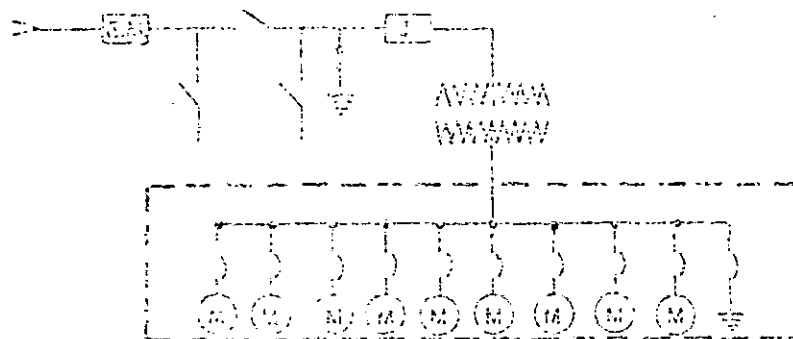
SUBESTACION COMPACTA



MATERIA Y EQUIPO

- 1- EQUIPO DE MEDICION 01 CIA DE LIT.
- 2- AISLADOR SOPORTE
- 3- CUCHILLAS DESCONECTORAS
- 4- BARRAS DE SOLERA DE CU
- 5- PARARAYOS AUTOVALVULAR 23 KV
- 6- INTERRUPTOR 23 KV.
- 7- TRANSFORMADOR 23 KV / 220-127 V.
- 8- LAMPARAS SUBTERRANEAS

DIAGRAMA UNIFILAR

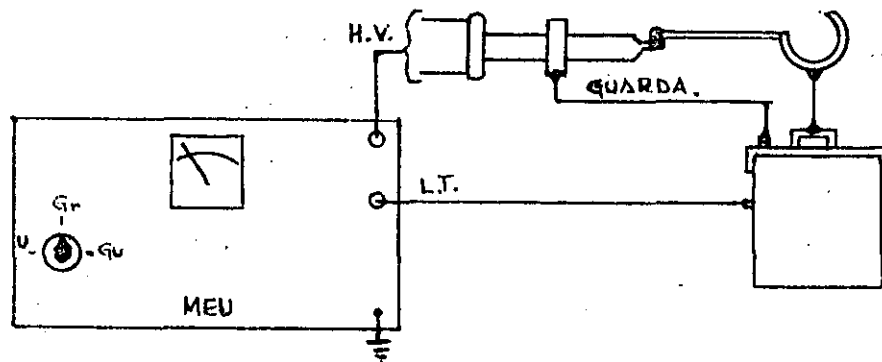


Hacerle Megger en la posición cerrado de cada fase contra tierra (estructura ó tanque) si hay problemas, discriminar polo - por polo.

Hacer una prueba de resistencia de contactos con ducter fase - por fase.

Medir con un cronógrafo los tiempos de apertura y cierre y -- comparar con los marcados en el reporte de pruebas en fábrica.

Realizar pruebas de Rigidez dieléctrica al aceite conforme se menciona anteriormente, de acuerdo a la NORMA y realizar una - prueba de factor de potencia al aceite en la forma siguiente:



Utilizando un probador tipo MEU aplicando 2.5 KV a una copa - especial para prueba de aceite.

Un aceite nuevo tiene un $\text{fp} = 0.05\%$ hasta 0.5% .

IV.2 PRUEBAS A TRANSFORMADORES.

Dentro de una instalación eléctrica, el equipo de mayor importancia es el transformador, conocido como el corazón de la instalación eléctrica, por lo cual hacen muy importantes sus pruebas.

2.1. Prueba de Resistencia de Aislamiento.

Para un transformador de dos devanados se le hacen las siguientes pruebas:

Alta	Vs.	Baja	+	Tierra
Baja	Vs	Alta	+	Tierra
Alta y Baja	Vs			Tierra
Alta	Vs	Baja		

Para transformadores de tres devanados se le hacen las siguientes pruebas:

Alta Vs Baja + Terciario + Tierra
 Baja Vs Alta + Terciario + Tierra
 Terciario Vs Alta + Baja + Tierra
 Alta y Baja Vs Terciario + Tierra
 Alta y Terciario Vs Baja + Tierra
 Baja y Terciario Vs Alta + Tierra
 Alta, Baja y Terciario Vs Tierra...

Si la resistencia de aislamiento es medida con el transformador sin aceite, el valor equivalente a con aceite será de la $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ del valor obtenido sin aceite.

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA LECTURAS DE MEGGER

TEMPERATURA	MAQUINAS ROTATORIAS		TRANSFORMADORES CON ACEITE.
	CLASE "A"	CLASE "B"	
0	.21	.40	0.3
5	.31	.50	0.4
10	.45	.63	0.54
15.6	.71	.81	0.73
20	1.00	1.00	1.00
25	1.48	1.25	1.3
30	2.20	1.58	1.8
35	3.24	2.00	2.5
40	4.80	2.5	3.3
45	7.10	3.15	4.5
50	10.45	3.99	6.0
55	15.50	5.00	8.1
60	22.80	6.30	11.0
65	34.	7.90	14.8
70	50.	10.00	20.0
75	74.	12.60	26.8

Debido a la diversidad de aislamiento en transformadores, no es posible establecer en forma exacta una relación entre la resistencia de aislamiento y la clase de aislamiento.

La siguiente tabla, nos muestra los valores promedio, tomados de experiencias en pruebas a diferentes clases de aislamiento.

RESISTENCIA MINIMA DE AISLAMIENTO A TRANSFORMADORES EN ACEITE A 20°C

CLASE DE AISLAMIENTO KV.	MEGOHMS	CLASE DE AISLAMIENTO KV.	MEGOHMS
1.2	32	92	2480
2.5	68	115	3100
5.0	135	138	3720
8.7	230	161	4350
15.	410	196	5300
25.	670	230	6200
34.5	930	287	7750
46.	1240	345	9300
69.	1860	400	10800

La resistencia de aislamiento de un transformador sin aceite pero con aislamientos solidos impregnados, es 20 veces mayor que los valores indicados en la tabla.

Otra consideración que debe tenerse en cuenta es el valor de resistencia de aislamiento de un transformador decrece al aumentar la temperatura. Se recomienda hacer estas mediciones en un rango entre 0 y 40°C.

2.2 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia de los aislamientos de un transformador, depende de la naturaleza y cantidad de los dieléctricos empleados en su diseño.

La humedad residual de los aislamientos de celulosa secos, impregnados de aceite, son del orden de 0.5%, dichos aislamientos, --

tienen un factor de potencia de 1.0 % a 20°C.

El aceite aislante con 20 p.p.m. de agua, tiene un factor de potencia de 0.05 % a 20°C.

El factor de potencia de los aislamientos de un transformador sin aceite pero con aislamientos solidos impregnados es de 0.25 a 0.5 del valor de dicho factor, cuando el transformador tiene aceite.

Los factores de corrección por temperatura, del factor de potencia de los aislamientos, están dados en la siguiente tabla.

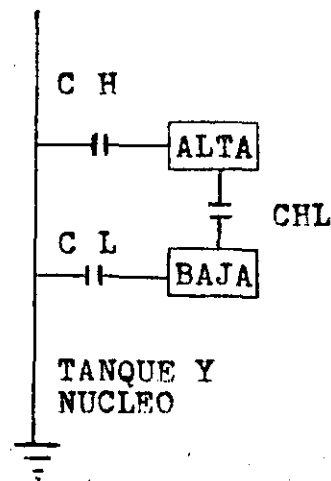
FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

TEMPERATURA PROMEDIO EN °C	FACTOR DE CORRECCION	TEMPERATURA PROMEDIO EN °C	FACTOR DE CORRECCION
10	0.8	45	1.75
15	0.9	50	1.95
20	1.0	55	2.18
25	1.12	60	2.42
30	1.25	65	2.70
35	1.40	70	3.0
40	1.55		

Las conexiones utilizados para la prueba de factor de potencia son:

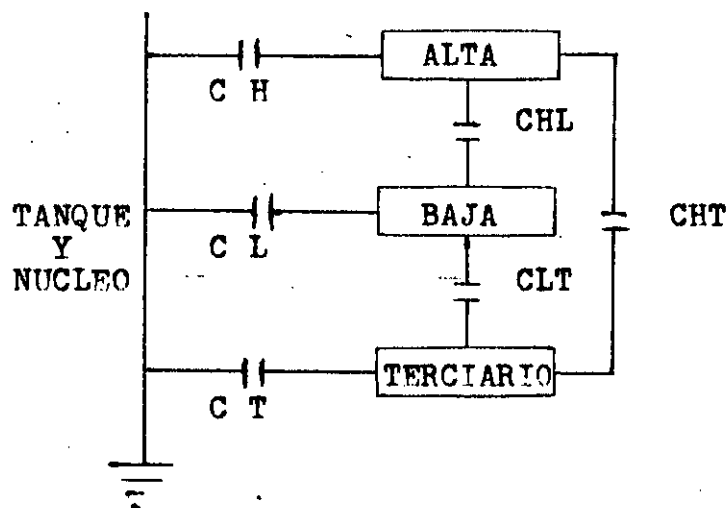
a). Transformadores de dos devanados.

DEVANADO ENERGIZADO	DEVANADO ATERRIZADO	DEVANADO GUARDADO	AISLAMIENTO MEDIDO
1- ALTA	BAJA		
2- ALTA		BAJA	CH
3- BAJA	ALTA		
4- BAJA		ALTA	CL



b). Transformador de tres Devanados.

DEVANADO ENERGIZADO	DEVANADO ATERRIZADO	DEVANADO GUARDADO	AISLAMIENTO MEDIDO
ALTA	BAJA	TERCIARIO	-
ALTA	---	BAJA Y TERCARIO	CH
BAJA	TERCIARIO	ALTA	-
BAJA	---	ALTA Y TERCARIO	Cl
TERCIARIO	ALTA	BAJA	-
TERCIARIO	---	ALTA Y BAJA	Ct
TODOS	---	---	CH + Cl + Ct



Tambien se deberá determinar el factor de potencia de los Bushing antes de montarlos y una vez probados cerciorandose que no se encuentren humedos, de lo contrario se deberán secar.

IV.2.3 PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE.

Como ya se menciono anteriormente, en campo antes de meter el -
aceite al transformador, se le hacen dos pruebas principalmente:

- a). Rigidez Dieléctrica del Aceite.- Basada en el procedimiento y la Norma adecuada detalladas en el capítulo 11.
- b). Factor de Potencia.- Basado en el procedimiento mencionado anteriormente en el capítulo 11 con equipo de la doble C.

Cuando por ningún medio se logre subir el valor de la rigidez --
dieléctrica de un aceite, se puede considerar que dicho aceite -
está envejecido.

Un valor alto de factor de Potencia en un aceite, indica degrada-
miento y contaminación con humedad, carbón ó algunas otras par-
tículas conductoras.

IV.2.4 RELACION DE TRANSFORMACION.

Se deberá medir la relación de transformación, en todas las posi-
ciones del cambiador de derivaciones y en todas las posibilida--
des de conexión de los devanados.

La relación medida, deberá estar dentro de los límites con res--
pecto a la relación teórica con un margen de $\pm 0.5 \%$.

Si una vuelta del devanado en el que está conectado el cambiador
representa más del 0.5 % de su número total de vueltas, la to--
lerancia admnita en la relación medida es de \pm una vuelta.

IV.3.0 PRUEBAS A INTERRUPTORES.

En los interruptores se esta comprobando lo siguiente:

- a). La resistencia de aislamiento y el factor de potencia.
- b). Que el aceite esté en buen estado.
- c). Los tiempos de operación de cierre y apertura.
- d). La resistencia de contactos.
- e). La operación simultanea de los contactos.
- f). Voltajes mínimos de operación.

Todas estas pruebas, ya se han comentado en el capítulo anterior para interruptores de potencia en alta tensión.

IV.3.1 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICO.

Una prueba en campo, que deberá hacerse es la de resistencia de aislamiento, el voltaje recomendado para ésta prueba, deberá ser cuando menos el 50 % mayor que el nominal del aparato, un mínimo de 500 V es permitido para equipos en general. Las pruebas deberán probarse entre la entrada y la salida del interruptor en la posición "fuera".

Valores de resistencia abajo de un Megohm, son considerados peligrosos y deberán ser investigados por posibles contaminaciones en las superficies de la caja del interruptor.

Debido al N° de operaciones con carga, los contactos se van deteriorando, para lo cual es necesario hacer pruebas de resistencia de contactos en cada polo del interruptor, una diferencia entre los polos del interruptor o Interruptores similares de dos a uno indica que los contactos deberán limpiarse.

IV.4.0 PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A MAQUINAS ROTATORIAS.

La medición de resistencia de aislamiento, ha sido recomendada y utilizada durante más de medio siglo, en la evaluación de las condiciones del aislamiento de las máquinas rotatorias, con esta prueba se determinan la presencia de humedad, aceite, polvo, --- corrosión, etc.

Esta prueba, no debe tomarse como criterio exacto ya que tiene varias limitaciones como:

- a). La resistencia de aislamiento de un devanado no tiene una relación directa con su rigidez dieléctrica y por tanto es imposible predecir el valor de la resistencia a la que fallará.

b). Aun cuando en base a la experiencia se han definido valores mínimos recomendables, existen máquinas que tienen una superficie de aislamiento extremadamente grande, que pueden tener valores de resistencia inferiores a los mínimos recomendados aun cuando sus devanados estén en buenas condiciones.

c). Una medición aislada de resistencia de aislamiento a un voltaje desado, no indica si la materia extraña, responsable de la baja resistencia está concentrada ó distribuida.

La conexión para la medición de resistencia de aislamiento de un motor, equipo de arranque y cables de alimentación, es preferible desconectar las componentes y probarlas separadamente, para poder determinar cual es la parte más débil ó dañada.

Para el motor se deberá probar los devanados contra tierra, se puede tomar de las conexiones de entrada separando los devanados ó conectandose directamente a las escobillas.

El arrancador y el interruptor por separado cada uno probando -- contra tierra.

CABLES TRIFASICOS.

Se efectuan tres pruebas, cada fase contra las otras dos a tierra y en caso de tener forro ó chaqueta de cobre, se conecta la chaqueta a tierra, las otras dos fases a guarda y la línea a la fase a probar.

CABLES DE CONTROL.

Se deberá seguir el mismo procedimiento anterior o sea cada cable contra el resto a tierra.

Todos los cables deberán estar desconectados y aislados en ambos extremos.

BUSES.

Para la prueba de buses se deberá probar una fase con respecto a las otras dos corto circuitadas, y despues cada una a tierra.

IV.5: PRUEBAS A CAPACITORES.

Antes de instalar o poner en servicio un capacitor, se deberán realizar algunas pruebas para cerciorarse del estado en que se encuentran los capacitores, dichas pruebas son:

- a). Rigidez Dieléctrica.- El capacitor se somete a un voltaje entre bornes que no sobrepase el 75 % del doble de su voltaje nominal durante 10 segundos.
- b). Capacidad.- Puede determinarse satisfactoriamente la capacidad de cualquier capacitor, midiendo la corriente que toma el capacitor cuando se le somete a un voltaje y frecuencia conocidos - (los valores nominales). La capacidad calculada en esta forma, - debe estar comprendida, en un rango de 0 a 15 % de la capacidad nominal del capacitor.

$$C = \frac{I}{2 \pi \cdot f \cdot V}$$

$$KVAR = 2 \pi f C (KV)^2 \times 10^{-3}$$

- c). Resistencia entre bornes.- La resistencia entre bornes puede -- medirse por medio de un Megóhmetro o bien calcularse sometiendo el capacitor a un voltaje de C. D. conocido y midiendo la corriente que toma. Si el capacitor lleva resistencias internas de -- descarga, el valor obtenido coincidirá prácticamente con el valor de dichas resistencias, ya que la resistencia de aislamiento del dieléctrico es del orden magnitud mucho mayor, que dichas resistencias de descarga.

Cada fabricante nos da los límites especificados de resistencia de descarga para cada capacidad en KVAR de capacitores.

- d). Resistencia entre bornes y el tanque.- Es importante medir esta magnitud, para comprobar es estado de los aisladores que forman los bornes del capacitor y el estado del aislamiento del interior a tierra. La resistencia medida debe ser mayor de 1000 excepto los capacitores de un solo aislador ya que el otro borne está conectado al tanque con resistencia de descarga

interna. En este caso, el valor medido debe coincidir con el de la resistencia de descarga.

- e). Prueba de Fugas del Dieléctrico.- La hermeticidad del tanque puede probarse limpiando cuidadosamente el capacitor y sometiendo a una temperatura de 75°C durante 4 horas aproximadamente esto creará una presión interna, debido a la dilatación del líquido impregnante que tendrá a poner de manifiesto la fuga. Es conveniente - colocar el capacitor sobre un papel limpio y tendido horizontalmente del lado donde se sospeche que existe la fuga.
- f). Factor de Disipación.- El factor de disipación medido con precisión, puede dar una idea del buen estado o el grado de deterioro del dieléctrico del capacitor, sin embargo es una medida algo más difícil de efectuar, si no se cuenta con el equipo adecuado. Para obtener resultados precisos, el factor de disipación debe medirse a la frecuencia nominal del capacitor y a un voltaje que no sea inferior al 25 % de su voltaje nominal.

IMPORTANTE.- Al efectuar cualquier tipo de pruebas, deben tomarse las medidas de seguridad adecuadas, en previsión de un fallo violento del capacitor.

PRUEBAS DE MANTENIMIENTO.

Después de haberse instalado un nuevo banco de capacitores, se deberá checar 2 ó 4 horas después:

- 1). Que los voltajes de las fases estén balanceados.
- 2). Que la potencia reactiva del banco, no exceda la nominal.
- 3). Que todas sus protecciones estén correctamente.
- 4). Hacer una inspección ocular a todos los capacitores.

IMPORTANTE.- Antes de tocar las terminales de un capacitor que previamente ha sido energizado, deberá dejarse transcurrir 5 minutos para su descarga interna y después de descargarlos, es preciso --- cortocircuitarlos de las partes vivas y ponerlos a tierra.

Los capacitores pueden dañarse si se cortocircuitan las partes vivas antes de que haya transcurrido, por lo menos un minuto de descarga.

En las inspecciones normales de mantenimiento debe comprobarse la ventilación de los capacitores, el estado de los fusibles, la temperatura de operación y las condiciones de voltaje.

Las porcelanas de los bornes deben limpiarse periódicamente, con la mayor frecuencia cuando más severas sean las condiciones de servicio.

Si los capacitores están expuestos a unas condiciones atmosféricas muy adversas, es conveniente volver a pintarlos periódicamente, a fin de impedir la corrosión y mantener una buena superficie radiadora de calor.

V. _ A P E N D I C E

5.1 .0 EJEMPLOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS.

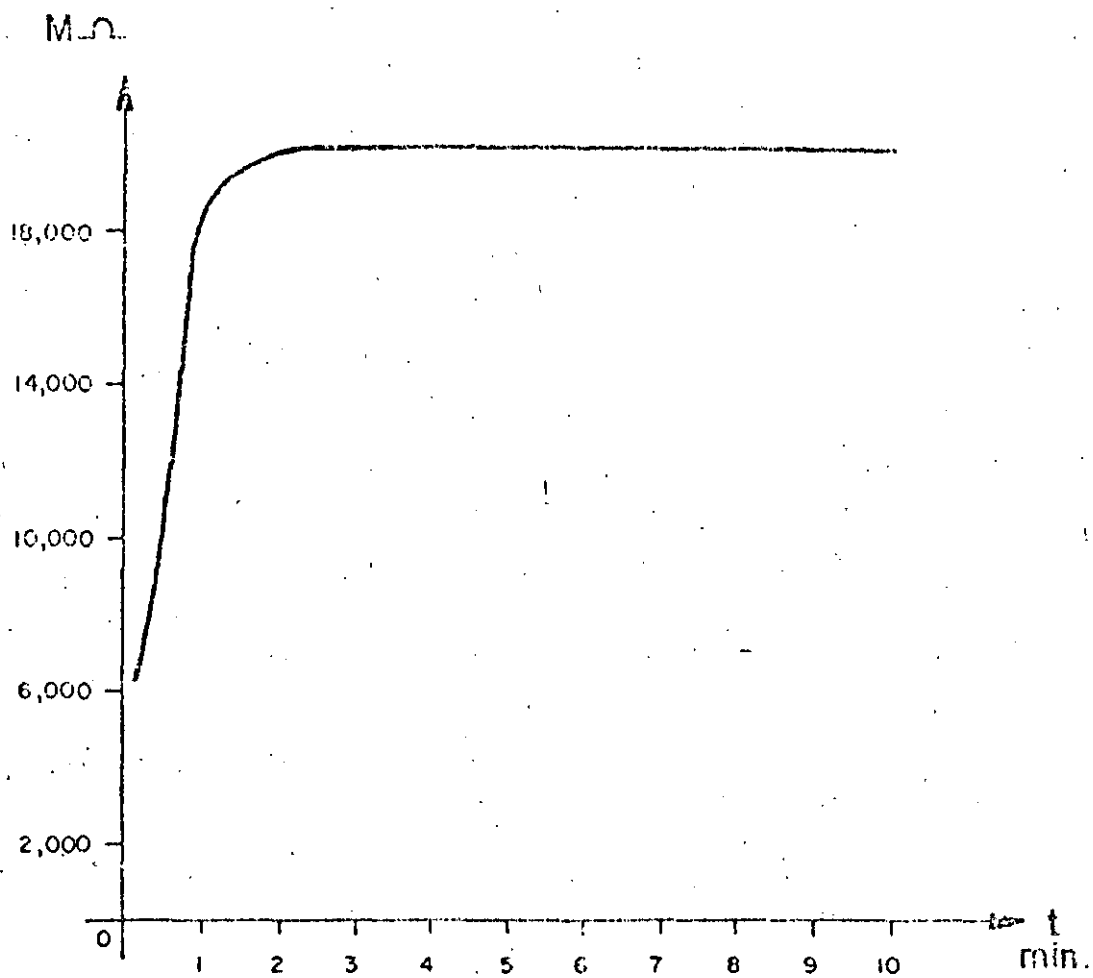
5.2.0 NORMAS CCONNIE USUALES EN PRUEBAS.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

TIEMPO	M E G O H M S			
	H - X + T	X - H + T	H - X	
15 seg.	7,000			
30 "	10,000			
45 "	13,000			
60 "	19,000			
2 min	20,000			
3 "	20,000			
4 "	20,000			
5 "	20,000			
6 "	20,000			
7 "	20,000			
8 "	20,000			
9 "	20,000			
10 "	20,000			
INDICE DE ABSORCION (60/30 seg)				
INDICE DE POLARIZACION (10/1 min)				
AISLAMIENTO				

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

H - X + T



INTERRUPTOR O CUCHILLA

RESISTENCIA ELECTRICA ENTRE TERMINALES

INSTRUMENTO DE PRUEBA

MARCA		DUCTER		CORRIENTE <u>10</u> AMP.		ESCALA	
POLO 1	POLO 2	POLO 3	TEMP. AMB. °C	EFECTUO LA PRUEBA			
				NOMBRE	FIRMA	FECHA	
114	72	102	20 °C	G. G. C.		12 - IV - 83	

TRANSFORMADOR

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A LOS AISLAMIENTOS

CORRECCIONES PARA PRUEBA			KV PRUEBA	MILI VOLTAMPERES			MILI WATTS			% f. p.	
ENERGIA A TIERRA	GUARDA			LECTURA	MULTIPLICADOR	mVA	LECTURA	MULTIPLICADOR	mW	MECIDO °C	CORREGIDO 20°C
ALTA	BAJA	—	2.5	76	100	7600	29.5	2	59	0.77	
ALTA	—	BAJA	2.5	56	20	1120	30.5	1	30.5	2.7	
BAJA	ALTA	—									
BAJA	—	ALTA									
ALTA	BAJA EN UST		2.5	66	100	6600	13.5	2	27	0.4	
BAJA	ALTA EN UST										

RESULTADO _____

TRANSFORMADOR

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

ALTA TENSION		BAJA TENSION		RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA			RELACION TEORICA	RELACION TEORICA
POSICION	VOLTAJE	POSICION	VOLTAJE		Ø A	Ø B	Ø C	x 0.995	x 1.005
1	23000		127						
2	21500		127	84.645	84.651	84.660	84.651	84.221	85.088
3	20000		127	78.746	78.728	78.730	78.727	78.346	79.133

RESULTADOS DE PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

PRUEBA No.	KV. MUESTRA 1	KV. MUESTRA 2	KV. MUESTRA 3
1	40	47	39 *
2	42	42	37
3	38	38	29
4	38	39	34
5	34	44	38
6	—	—	32
PROMEDIO	38.4	42	34
TEMPERATURA °C.	22	20	24
NORMA	ASTM	CCONNIE	ASTM
No. NORMA	877	8.81	1816

CRITERIO DE CONSISTENCIA ESTADISTICA

VALOR MAYOR	42	47	38
VALOR MENOR	34	38	29
DIFERENCIA X 3	$8 \times 3 = 24$	$9 \times 3 = 27$	$9 \times 3 = 27$
VALOR SUPERIOR AL MENOR	36	39	32
RESULTADO	BIEN	BIEN	BIEN

N O R M A S C C O N N I E D E C O N S U L T A

<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
2.1.3.	Métodos de prueba de transformadores de Distribución y Potencia.
2.1.4.	Transformadores de Distribución Subterranea tipo pedestal.
4.2.1.	Métodos de prueba y funcionamiento de acumuladores - Eléctricos Industriales tipo plomo acido.
5.6.1.	Definición de Vocablos Técnicos usados en Interruptores de Potencia.
5.6.2.	Características Nominales de Interruptores de alta Tensión para C.A.
6.3.1.	Métodos de Prueba de fusibles y corto circuitos.
8.3.4.	Aisladores de porcelana tipo alfiler para media y baja tensión.
8.4.2.	Métodos de prueba para la Determinación de la Rigidez Dieléctrica de Materiales aislantes Eléctricos.
8.8.1.	Aceite aislante no inhibido para Transformadores.
14.1.1.	Norma de calidad para Tableros Eléctricos de Distribución.
14.1.3.	Norma de Nomenclaturas, abreviaturas, Números y Símbolos usados en Planos y Diagramas Eléctricos.
14.1.7.	Métodos de prueba para tableros Eléctricos.
14.2.1.	Tableros de alta Tensión.

VI.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Procedimiento para pruebas de Resistencia de Aislamiento en equipo eléctrico "MEGGER...", C. F. E.
- 2.- Inspection and test of. Electrical Equipment.
Westinghouse Electric Service División.
- 3.- Instalation Maintenance of. Power Transformers
Westinghouse Electric Co.
- 4.- Annual Book of. ASTM Standards. D-1816 y D-877
Electrical Insulating Materials.
- 5.- Normas técnicas para instalaciones Electricas.
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
Dirección General de Normas.
- 6.- National Electrical Code. 1978.
National Fire Protección Associa.
- 7.- Testing and. Maintenance of. Molded case circuit Breakers.
General Electric.
- 8.- Instructivo "TTR" Biddle. (transformer Turn Ratio Test. Sets)
James. G. Biddle Co.
- 9.- Instrucción Book. MEU.
Doble Electrical Equipment.
- 10.- Instalation and Maintenance Instructions.
AV-Line. SEITCHBO ARDS GENERAL ELECTRIC.
- 11.- Capacitores de Potencia
Balnec S.A.
- 12.- IEEE Standart test Code For Distribution, Power and
Regulating Transformer C57-90-1973



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 2 MANTENIMIENTO ELECTRICO

Ing. Jesús Avila Espinosa
Ing. Andrés D. Chávez Sañudo

SEPTIEMBRE, 1985

GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

ING. JESUS AVILA ESPINOSA

Presidente de la Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A. C.

Profesor Titular de Instalaciones Electromecánicas
Facultad de Ingeniería UNAM

Director de Ingeniería Electromecánica e Industrial de IPESA

1. DEFINICION.

Mantenimiento es el conjunto de actividades desarrolladas con objeto de conservar los bienes físicos (tabla 1.1.1) de una empresa en condiciones de funcionamiento económico. Lo anterior incluye conceptos tales como: eficiencia, seguridad y confiabilidad.

Es indispensable que se conozca la inversión que representa el bien a -- quien se realiza el mantenimiento; como referencia ver tabla 1.1.2.

2. CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

- Mantenimiento correctivo.

Corrección de fallas a medida que se presentan. Las actividades que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son: reparación y reemplazo.

La reconstrucción (overhaul) es el mantenimiento de rehabilitación total de las propiedades físicas al término de su vida -- útil. Este mantenimiento se debe justificar técnica y económicamente, lo cual es frecuente en aquellos casos en que es difícil la adquisición del reemplazo.

- Mantenimiento preventivo.

Detección de posibles fallas y su corrección antes del tiempo en que se habría presentado, o bien se encuentren en su fase -- inicial. En el mantenimiento preventivo las actividades son de sarrolladas en el momento oportuno con base a un programa establecido.

Dentro de este tipo de mantenimiento se pueden incluir algunos tipos considerados en otras clasificaciones, tales como:

• Mantenimiento predictivo, en el cual, mediante la "inspec--- ción", estadísticas y análisis de ingeniería se establecen -- previamente el tiempo y condiciones en que se presentarían -- las fallas. Es un concepto teórico.

• Mantenimiento rutinario. Es la actividad de "servicio" dentro del mantenimiento. También puede considerarse como la -- parte del mantenimiento preventivo dentro de un sistema co-- rrectivo.



T A B L A 1.

BIENES FISICOS DE UNA EMPRESA

- EDIFICIOS
 - . Oficinas
 - . Planta (s)
 - . Servicios
 - . Talleres
 - . Almacenes.
- AREAS ABIERTAS
 - . Patios
 - . Libres
 - . Recreo
 - . Estacionamiento
 - . Accesos
- EQUIPO
 - . Producción
 - . Maniobras
 - . Servicios
- INSTALACIONES

T A B L A 2.

DISTRIBUCION DE COSTOS DE INVERSION

CONSTRUCCION	OBRA NEGRA	CIVIL ACABADOS	INSTALACIONES	MAQUINARIA Y EQUIPOS
Fábricas	30%	10%	30%	30%
Centros sociales	30%	40%	20%	10%
Oficinas	35%	45%	15%	5%
Vivienda	40%	50%	8%	2%



- Premantenimiento es el trabajo realizado antes de que se presente la falla sin previa detección.

Otra clasificación del mantenimiento es en función de su ejecución, pudiendo clasificarse en función de la relación de dependencia de los ejecutores con el usuario, es decir si el personal que efectúa el mantenimiento labora o no en la empresa que recibe los servicios del bien físico. Esta clasificación es:

- Interna.
Es aquella que se efectúa con personal de planta de la empresa.
- Externa.
Es aquella en que se contratan los servicios del personal independiente/u otra empresa para efectuar el mantenimiento.
- Mixta.
Es con la participación de personal de planta de la empresa y externo.

En general, se recurre a la ejecución externa del mantenimiento, cuando:

- Requiere maquinaria, personal y/o equipo especial.
- Premura de tiempo
- Su realización representa una carga pico, es poco frecuente y/o es de gran volumen.
- Su realización requiere personal adicional y existen limitaciones de contratación.

Cuando el mantenimiento se realiza en forma externa o mixta, la responsabilidad para el personal de mantenimiento de la empresa que contrata no se elimina generalmente, ya que se le encomienda la supervisión. Para realizar ésta es necesario comprender el diagrama de flujo de actividades para la realización de una obra (ver fig. 1.1.1)

3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

Las actividades de mantenimiento son:

3.1 Servicio.

Objetivo.

Mantener la apariencia y adecuado funcionamiento de los bienes físicos, la higiene del personal y seguridad de la empresa. Por el carácter de esta actividad se le considera como Mantenimiento Rutinario y se presenta tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo.

Dentro de esta actividad se considera:

- Limpieza.



DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

OBRA:
FOJA:
FECHA:

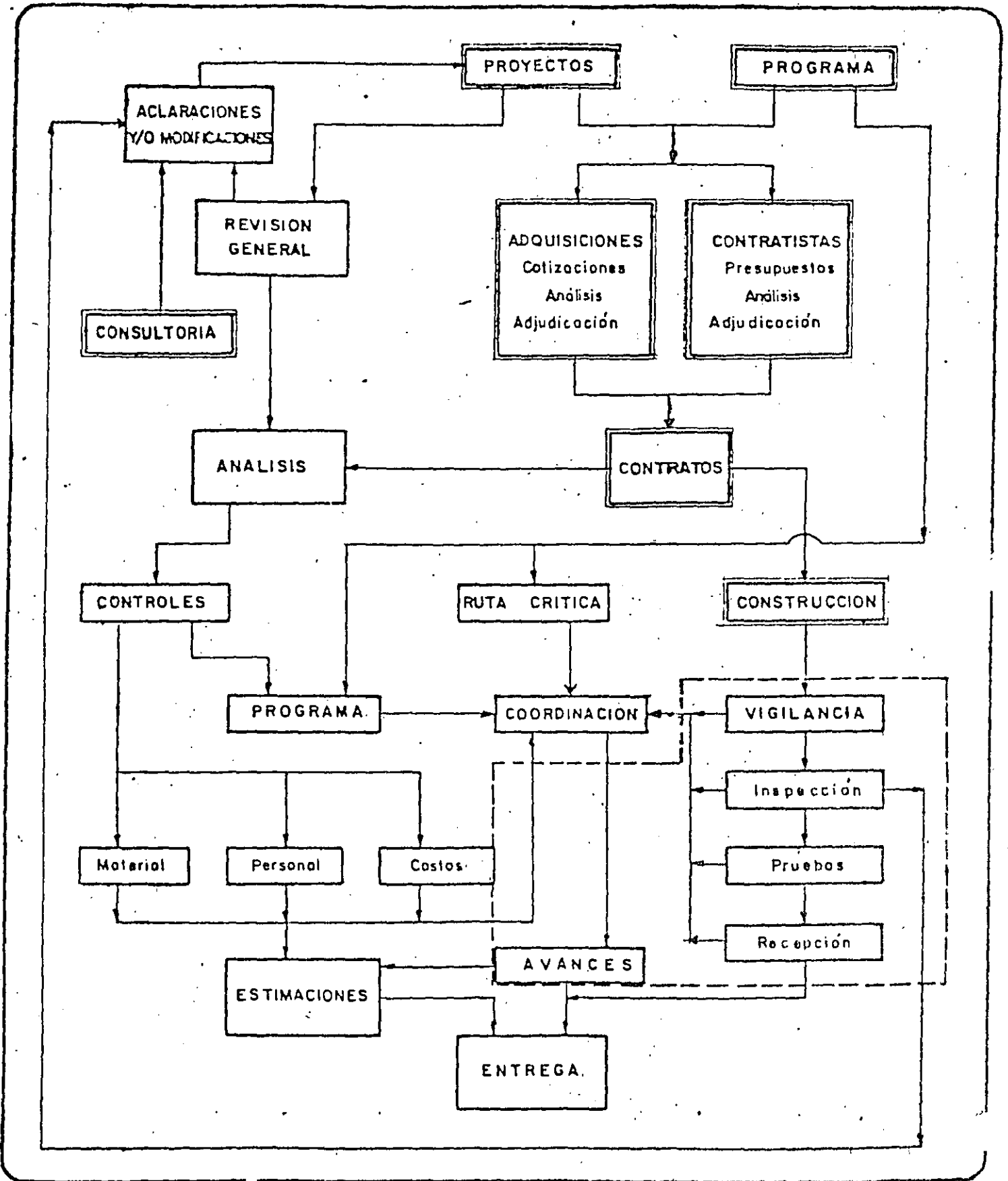


FIG. 1

- Pintura
- Protección contra la corrosión
- Desinfección
- Lubricación
- Carga de fluidos
- Calibración
- Ajuste

3.2 INSPECCION

Objetivo. Detectar las posibles fallas.

Dentro de esta actividad se considera el control supervisorio, monitoreo y/o verificación manual o automático. En general se pueden clasificar - los elementos a inspeccionar en función del tipo de fallas. A continuación se presenta una clasificación:

- Falla mecánica
 - . Desgaste
 - . Corrosión
 - . Vibración
- Falla por acumulación.
 - . Filtros
 - . Separadores
 - . Resumideros
 - . Trampas
- Falla por fugas.
 - . Hidráulicos
 - . Neumáticos
 - . Eléctricos
 - . Sistemas de combustible.
- Falla por variación.
 - . Niveles de depósito de abastecimiento
 - . Niveles y concentración de electrolitos
- Fallas por regulación.
 - . Fuerza
 - . Presión
 - . Temperatura
 - . Tensión mecánica
 - . Holgura
 - . Voltaje, amperaje, resistencia.
- Fallas químicas.

3.3 REPARACIONES

Objetivo. Reestablecer el adecuado funcionamiento de los bienes físicos mediante la corrección de fallas.

Rehabilitar es una reparación que consiste en una reconstrucción parcial.



3.4 REEMPLAZO O CAMBIO

Objetivo. Reestablecer el adecuado funcionamiento de los bienes físicos al sustituir las partes o componentes que han fallado, están defectuosas y/o su vida útil y/o su vida económica ha concluido.

Clasificación de partes para su reemplazo:

- . No reparables
- . Reparables
- . Rotación

En ocasiones es necesario subsistir totalmente el bien físico por diferentes razones técnicas (ver tabla 1.3), lo cual generalmente es responsabilidad de Mantenimiento.

3.5 MODIFICACION

Objetivo. Reducir o eliminar fallas repetitivas mediante la alteración del diseño original.

Dentro de esta actividad se considera el reacondicionamiento.

Reacondicionar es restablecer el funcionamiento de un bien físico, alterando su diseño original para adecuarlo a nuevas condiciones de operación.

Restaurar es restablecer el funcionamiento y/o presentación de un bien físico, conservando el diseño original e incluso, en ocasiones, materiales y tecnología. Esta actividad se requiere en los trabajos de obras de arte y/o piezas de colección.

Cuando se requiere de una modificación de importancia, es necesario realizar un proyecto, el cual debe encomendarse al departamento de ingeniería de diseño o a una empresa proyectista. Sin embargo, es frecuente -- que Mantenimiento lo supervise y/o realice por lo cual se sugiere revisar la secuencia básica general de un proyecto (ver tabla 1.1.4)

Las modificaciones y/o sustituciones, no siempre obedecen a razones técnicas (tabla 3), pudiendo ser por conceptos ajenos a una decisión de Mantenimiento. Las razones pueden ser:

- . Técnicas
- . Económicas
- . Financieras
- . Sociales
- . Comerciales
- . Otras

J. AVILA ESPINOSA

T A B L A 3

RAZONES TECNICAS PARA SUBSTITUIR UN BIEN FISICO

A - Incremento de producción.

B - Reducción de costos.

- Operación y mantenimiento.
 - . Incremento en el consumo de energía.
 - . Incremento en los costos de mantenimiento (por intensidad y frecuencia).
 - . Reducción en el respaldo de refacciones y servicio.
 - . Peligrosidad en su operación.
 - . Falta de garantía en el funcionamiento.
 - . Reparación incosteable.

- Obsolescencia.
 - . Menor beneficio en relación a la nueva disponible en el mercado debido a:
 - . Exceso de personal
 - . Exceso de desperdicios
 - . Exceso de espacio
 - . Equipo actual más rápido, versátil, eficiente, seguro y cómodo.
 - . Desplazamiento tecnológico.
 - . Cambio de las características del mercado:
 - . Modificación del gusto del consumidor.
 - . Fuera de tolerancias.
 - . Nuevas disposiciones legales del control de la contaminación.

- Producción.
 - . Saturación que impide el aumento de producción.
 - . Rendimiento (u/h) no afines a la línea de producción.
 - . Falta de flexibilidad y/o versatilidad.



T A B L A . . . 4

SECUENCIA DE UN PROYECTO

1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

- Análisis de la situación actual
 - . Capacidad instalada
 - . Rendimiento (u/h)
 - . Eficiencia de la instalación
 - . Incentivos fiscales
 - . Posible localización regional
 - . Afectaciones ambientales
 - . Reglamentación oficial
- Mercado
 - . Oferta:
 - Producción actual
 - Distribución
 - Capacidad instalada
 - Rendimientos
 - Capacidad de operación
 - Utilidades
 - Pronóstico y su distribución
 - . Demanda:
 - Factores que la definen
 - Demanda actual satisfecha y derivada
 - Pronóstico de la demanda
- Métodos y procesos
 - . Análisis de métodos y procesos actuales
 - . Modificación para su aplicación
 - . Creación de nuevos métodos
 - . Curvas de economías de escala
 - . Definición de planes de producción
- Análisis económico
 - . \$/h de una máquina:
 - Costo inicial, transporte, instalación.
 - Depreciación
 - Impuestos, seguros
 - Mantenimiento, refacciones
 - Consumos de energía, lubricantes, filtros, etc.
 - M.O., vacaciones, IMSS, Infonavit, 1% educación, etc.
 - . u/h
 - . \$ materia prima
 - . \$ administración, espacio (útil, maniobras), servicios, supervisión, etc.
 - . \$/u
- Análisis financiero
 - . Interno - con capital propio (reversión de utilidades, acciones, fondo de depreciación, valor de rescate del equipo).
 - . Externo
 - Créditos - corto plazo
 - Bonos - largo plazo

2. ANTEPROYECTO

Este es un análisis técnico preliminar que permite definir la factibilidad de la obra y es base para realizar su justificación económica y financiera a nivel proyecto.

- . Localización.
- . Infraestructura.
- . Insumos.
- . Requerimientos de espacio y su distribución.
- . Obra civil
 - Arquitectura
 - Estructuras
- . Instalaciones.
- . Maquinaria y equipo productivo.
- Servicios
 - . Personal y organigrama.
 - . Antepresupuesto.

Entrega:

- . Planos.
- . Antepresupuesto.
- . Lista preliminar de materiales.
- . Revisión de normas, especificaciones y política de instalación.

3. PROYECTO

- . Memoria descriptiva.
- . Memoria de cálculo.
- . Planos.
- . Especificaciones.
- . Cantidades de obra.
- . Presupuesto.



RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO

- . Escuche el problema; no se defienda mientras tanto.
- . Entienda el problema; tómese el tiempo necesario.
- . Represente en forma gráfica y simple el problema.
- . Primero estudie los parámetros principales que afectan la operación.
- . No siempre lo obvio es el origen del problema.
- . Primero resuelva el problema; después investigue el culpable -- que originó la falla.
- . Las soluciones temporales pueden ser adecuadas en función de -- los planes futuros o en caso de emergencia, pero defina los alcances de la solución final.
- . Evite problemas legales.
- . Evite riesgos.
- . No es cierta la premisa: "Esto no puede fallar".
- . No se deje sorprender de vendedores fraudulentos.

T A B L A 6

FUNCIONES DEPARTAMENTALES

LEGAL

RELACIONES PUBLICAS

- Atención al Público
- Publicidad
- Prensa

RELACIONES INDUSTRIALES

- Personal
- Relaciones obreras
- Capacitación
- Servicios
 - . Médico
 - . Transporte
 - . Comedor
- Vigilancia
- Seguridad industrial*

ADMINISTRACION

- Inversiones
- Finanzas
- Contabilidad
- Caja
- Crédito y Cobranzas
- Control de costos

VENTAS

- Ventas
- Servicio
 - . Garantía
 - . Talleres
 - . Asesoría
 - . Entrenamiento
 - . Refacciones
- Promoción
Mercado

DESARROLLO DEL PRODUCTO

- Planeación
- Investigación
 - . Pruebas
 - . Laboratorio

COMPRAS

- Adquisiciones
- Análisis
- Importaciones

FABRICACION

- Producción
 - . Supervisión
 - . Control de personal
 - . Rendimiento
- Control de producción
 - . Almacenes
 - . Inventario
 - . Control de partes
 - . Manejo de materiales
 - . Control de desperdicios*
- Control de calidad
 - . Calidad de proveedores
 - . Recepción de material
 - . Calidad de fabricación
 - . Calidad de procedimientos
- Ingeniería Industrial
 - . Procesos
 - . Maquinaria
 - . Herramental
- Ingeniería del Producto
 - . Ingeniería de Diseño
- Ingeniería de la Planta
 - . Proyecto
 - . Mantenimiento
 - . Construcción.

* RECOMENDACION: Incorporar a Ingeniería de la Planta.



CANTIDAD Y TIEMPO EN CADA TAREA DE MANTENIMIENTO

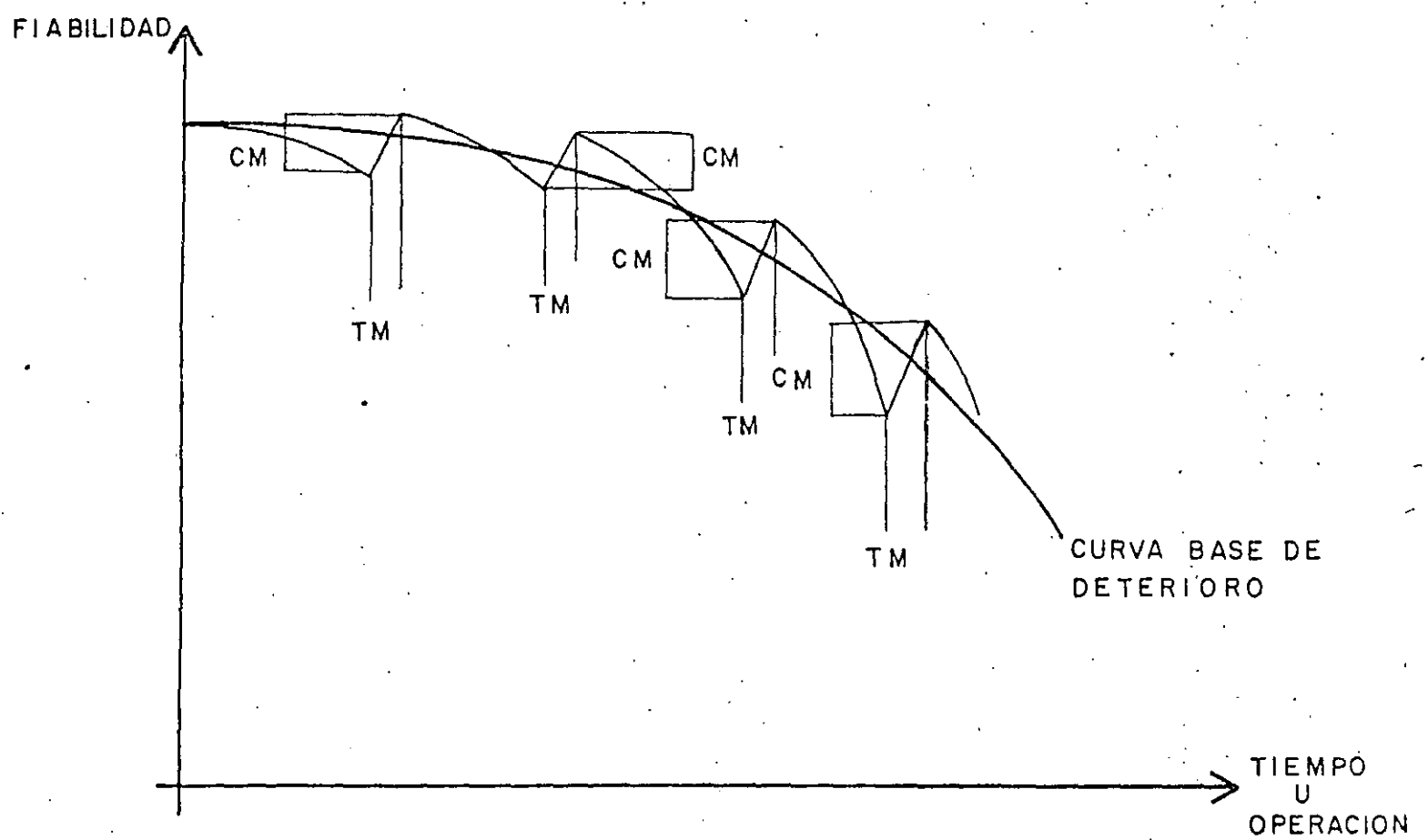


FIG. 2

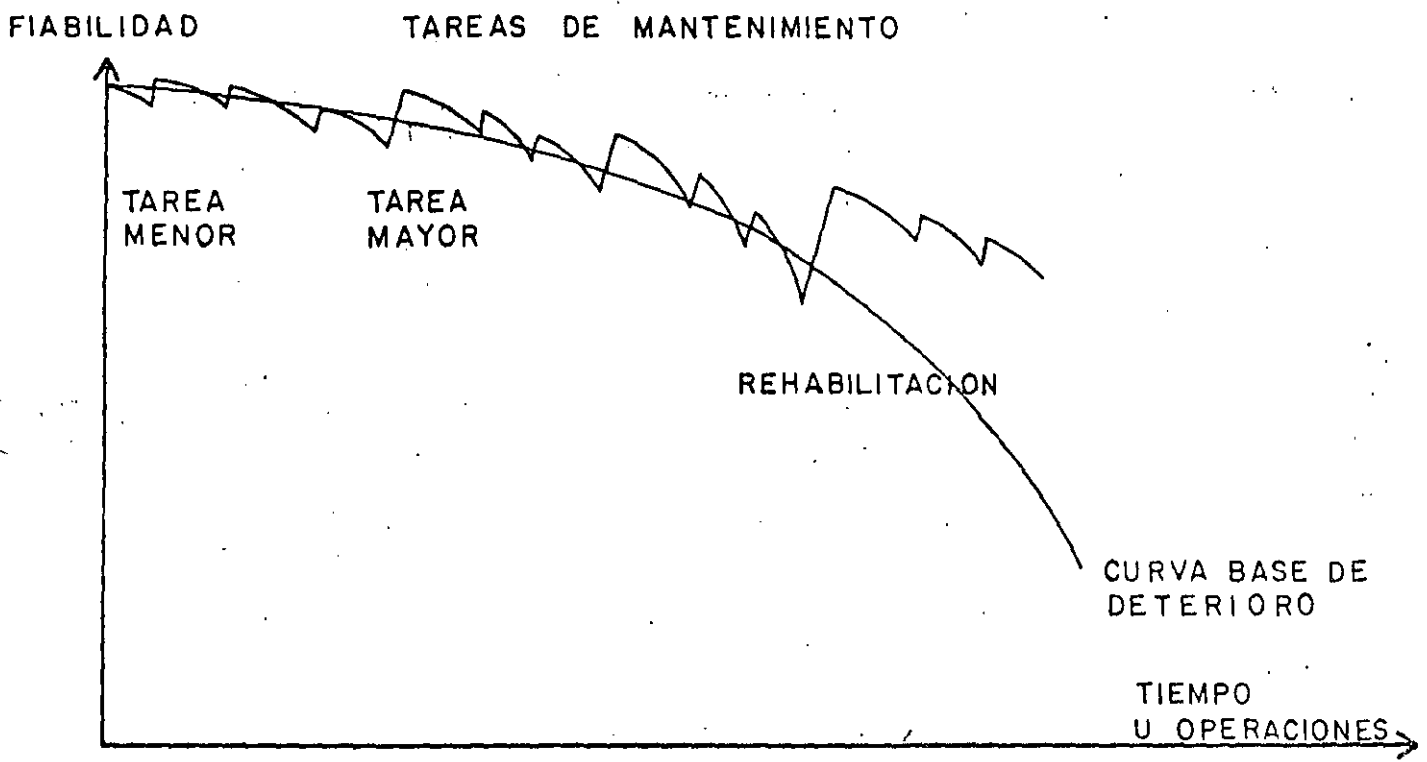


FIG. 3.

R.AVILA ESPINOSA

FIABILIDAD

CANTIDAD ADECUADA DE MANTENIMIENTO

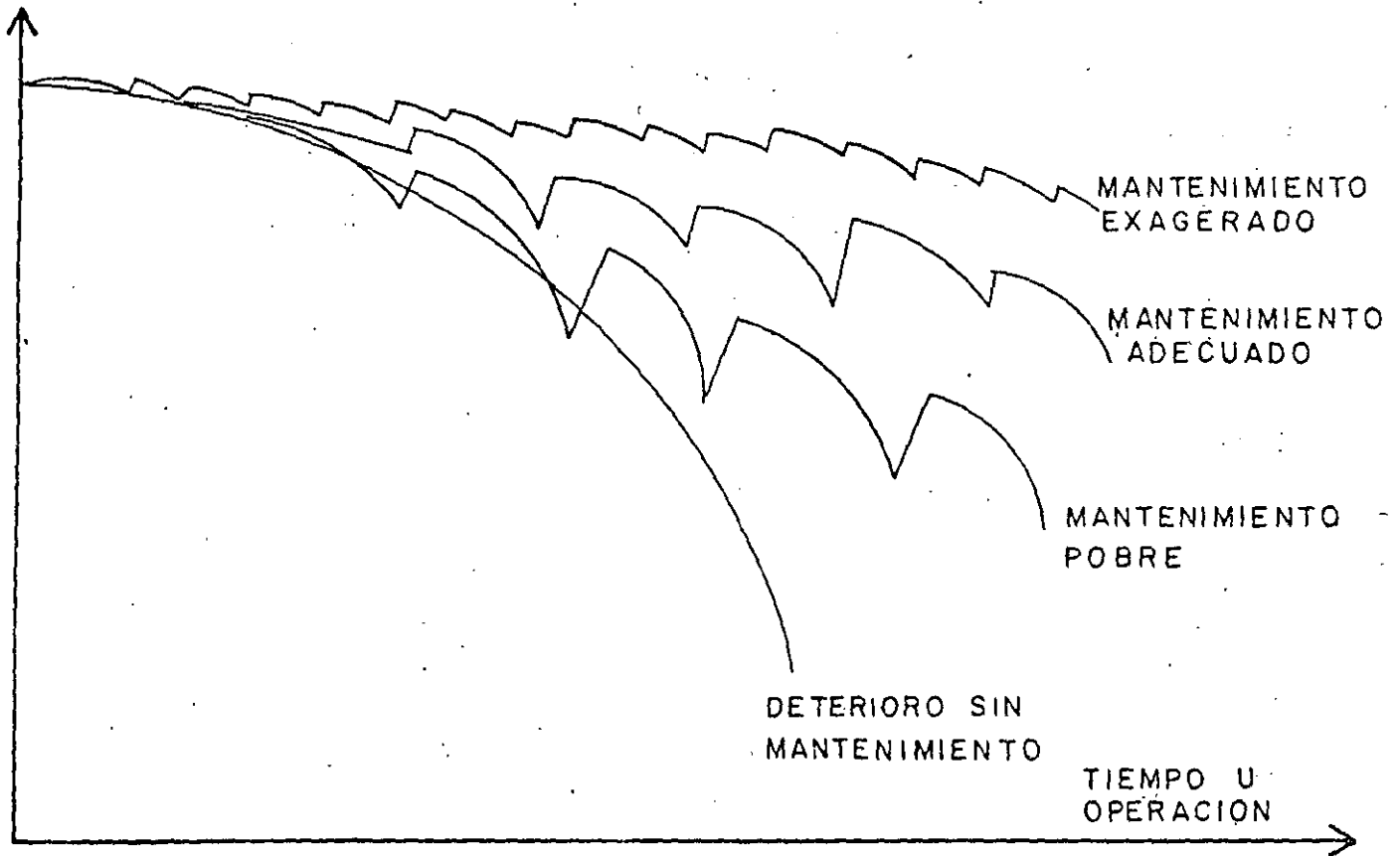


FIG. 4

2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ING. JESUS AVILA ESPINOSA

Presidente de la Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A.C.

Profesor Titular de Instalaciones Electromecánicas
Facultad de Ingeniería UNAM

Director de Ingeniería Electromecánica e Industrial de IPESA

2.1. DEFINICION.

Prevenir (del latín, prevenire) preparar con anticipación.

Mantenimiento preventivo (MP) son aquellas actividades tendientes a la conservación y/o adecuada operación de los bienes físicos de una empresa, desarrolladas sistemáticamente antes del tiempo en que se habría presentado la falla.

El MP debe ser desarrollado para permitir que los bienes puedan brindar, - dentro de un rango preestablecido, características de:

- . Costo económico
- . Oportunidad (tiempo)
- . Calidad
- . Confiabilidad
- . Seguridad

La instauración de un sistema de MP debe representar el concepto de desarrollo de las actividades cuando "se quiere hacer" en substitución del "se tiene que hacer".

El MP puede ser definido también por el conjunto de actividades desarrolladas para reducir el número "normal" de paros imprevistos de un bien. Así el MP debe controlar el número máximo de hora hombre (hh) destinados a corregir fallas por imprevistos.

Otra forma de definición del MP es expresarlo como el conjunto de actividades desarrolladas para permitir que un bien físico se encuentre en un "nivel de utilización" adecuado e incluso se considere la posibilidad de un incremento de utilización.

Es importante insistir que el nivel 100% del MP es incosteable, si es que se lograra.

2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO.

Para poder realizar un plan de mantenimiento se requiere conocer el bien físico, en base a los siguientes conceptos:

- Características del bien físico.

En un bien físico se deben tomar en consideración diferentes características para la realización de su proyecto, construcción, operación y/o mantenimiento, las cuales definen el nivel de servicio que se va a recibir del bien físico (ver tabla 1.2.1).



T A B L A .2.1

CARACTERISTICAS DE UN BIEN FISICO

ECONOMIA.- En este concepto se deben tomar en consideración la inversión inicial y los costos de operación del bien físico.

VIDA UTIL.- Este concepto es importante tomarlo en consideración en función de la planeación del sistema y el mercado.

EFICIENCIA.- Este concepto afecta directamente los costos de operación - en el concepto de insumos, principalmente consumo de energía.

RESPALDO.- A la adquisición de una instalación es necesario contar con - un buen respaldo que permita la fácil adquisición de refacciones, su reemplazo y apoyo en el mantenimiento de éstas. Aquí se debe contemplar la seriedad de la garantía con la cual fue adquirido el bien.

MANTENIMIENTO.- Es importante tomar en consideración este concepto debido a su influencia directa en los costos de operación, confiabilidad en el servicio y seguridad en el funcionamiento.

FLEXIBILIDAD.- En general, los bienes físicos deben permitir la modificación de las condiciones normales de funcionamiento para proporcionar temporalmente un servicio no contemplado en el diseño original.

SIMPLICIDAD.- Un bien físico simple representa ventajas para el personal de operación y de mantenimiento.

CONFIABILIDAD.- Esta característica representa una mayor probabilidad de poder proporcionar un servicio continuo y en cualquier momento.

SEGURIDAD.- Un bien físico debe operar sin riesgos para el personal.

ADAPTABILIDAD.- Es una gran ventaja el contar con un bien físico que permita fácilmente contemplar una ampliación y/o reemplazo, para continuar proporcionando el servicio con el menor riesgo y tiempo de suspensión del funcionamiento.

T A B L A .2.2

FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DE UN BIEN FISICO.

1. Suministro o Acometida.
2. Seccionamiento.
3. Control.
4. Protección.
5. Inspección.
6. Almacenamiento.
7. Regulación.
8. Distribución.
9. Conducción.
10. Conexión...
11. Confort.



La principal característica de un bien físico es que debe ser "económico", las otras características pueden incluirse fácilmente en este concepto.

Adicionalmente a las características del bien físico se deben considerar los parámetros que lo afectan, como son:

- . Concepto
- . Diseño
- . Proyecto
- . Construcción
- . Operación

- Funciones de los elementos.

Al dar mantenimiento debe definirse las funciones que el elemento debe cumplir. En la tabla 1.2.2 se enlistan las funciones de un elemento, las cuales pueden ser efectuadas total o parcialmente por el elemento a quien se dará mantenimiento, o bien este elemento puede realizar varias funciones.

- Asignación de vida útil.

Para llevar a efecto un plan de mantenimiento, es necesario determinar los elementos o componentes a los que debe efectuarse operaciones específicas asignándoles vida útil. En general, se considera que deben incluirse, como mínimo, dentro de un plan de mantenimiento, los siguientes bienes físicos y/o sus elementos:

- . De compleja construcción.
- . Su falla es peligrosa
- . Su falla origina fallas mayores
- . Función importante y de difícil acceso
- . Función importante y bajo precio.

- Personal

La participación aceptable del personal de MP dentro del mantenimiento general puede considerarse dentro de los siguientes límites:

1:10 < MP < 1:2.5

2.3 PERIODICIDAD O FRECUENCIA.

La periodicidad o frecuencia de las actividades del mantenimiento, debe establecerse principalmente para la inspección y servicio. La periodicidad o frecuencia se define en base a:

- . Tiempo de operación
- . Tiempo de calendario
- . Operaciones especiales
- . Mixto.

Existen componentes que se rigen por dos o más condiciones que la afecten y gobernará la que primero alcance su límite. Los períodos de inspección, servicio y vida útil debe ser múltiplos del menor período que se determine y de la frecuencia con que se efectúen los trabajos de mantenimiento, en función de la vida útil asignada.



2.4 FORMAS DE DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- Reparación mayor
Se concentra el desarrollo de todas las actividades del mantenimiento en un período corto.
- Por etapas
Se efectúan cotidianamente las actividades de servicio y mantenimiento menor, concentrando en períodos cortos y regulares sus actividades mayores.
- Continuo.
Se efectúan ininterrumpidamente todas las actividades de mantenimiento con una probable ventaja de carga de trabajo uniforme, pero una posible desventaja económica por el desperdicio de materiales. Debe considerarse esta forma de desarrollo, como teórica.

En la fig. 1.4.1 se presenta en forma esquemática las diferentes formas de desarrollo.

2.5 CARACTERISTICAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)

TIPOS DE MANTENIMIENTO

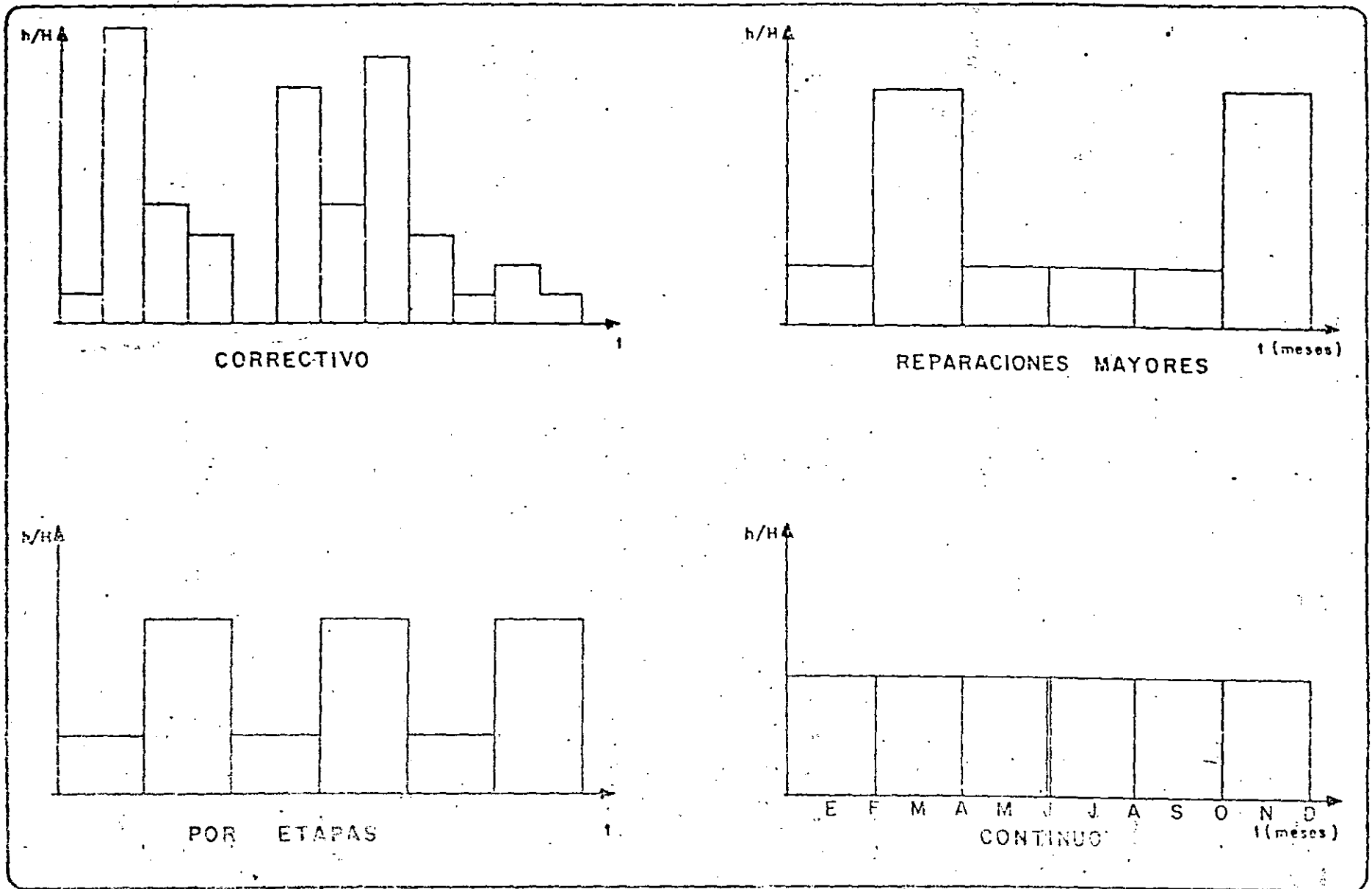


FIG. 2.1

CLASIFICACION POR AREAS
ESPECIALIZACION

- A. AMBIENTAL
 - 1. Iluminación
 - 2. Aire acondicionado
 - 3. Calofacción y ventilación
 - 4. Contaminación ambiental
- B. EXTERIORES
 - 1. Jardinería
 - 2. Limpieza de patios
 - 3 Accesos
- C. CIVIL
 - 1. Albañilería
 - 2. Pintura de inmuebles
 - 3. Mobiliario y textiles
 - 4. Acabados
 - 5. Carpintería
 - 6. Herrería
 - 7. Impermeabilización
- E. ELECTRICO
 - 1. Alta tensión (69 KV)
 - 2. Subestaciones
 - 3. Tableros de media y baja tensión
 - 4. Motores de alta potencia
 - 5. Redes de distribución
 - 6. Inst. eléct. industriales
 - 7. Pararrayos
 - 8. Tierras
- G. GENERAL
 - 1. Mant. gral. en edificios
 - 2. Mant. gral. de plantas ind.
 - 3. Establecimiento de sistemas
 - 4. Manténibilidad
- H. HIDRAULICA Y SANITARIA
 - 1. Instalaciones
 - 2. Redes
 - 3. Plantas de bombeo
 - 4. Potabilización
 - 5. Trat. de aguas negras
 - 6. Trat. de aguas industriales
- I. ELECTRICA ESPECIAL
 - 1. Instrumentación
 - 2. Control
 - 3. Ptas. generadoras de emerg.
 - 4. Sist. ininterrumpidos
 - 5. Sistemas de CD.
 - 6. Protecciones eléctricas
 - 7. Electrónica
- M. MECANICA
 - 1. Máquinas y herramientas
 - 2. Maquinaria pesada
 - 3. Maquinaria ligera
 - 4. Vehículos pesados
 - 5. Vehículos ligeros
 - 6. Fundición
 - 7. Soldadura
- R. SERVICIO
 - 1. Limpieza
 - 2. Lubricación
 - 3. Desinfección
 - 4. Plagas y roedores
 - 5. Seguridad industrial
 - 6. Primas de seguros
 - 7. Corrosión
 - 8. Pintura de mobiliario
- S. ESTRUCTURAS
 - 1. Metálicas
 - 2. Concreto
 - 3. Evaluación
 - 4. Limpieza y pintura
 - 5. Marina
- T. COMUNICACION
 - 1. Teléfonos
 - 2. Sonido ambiental
 - 3. Intercomunicación
 - 4. Televisión
 - 5. Radio
 - 6. Instrumentación
- V. VAPOR
 - 1. Calderas
 - 2. Tuberías
 - 3. Aislamiento
 - 4. Intercambiadores
- Y. INSTALACIONES ESPECIALES
 - 1. Inst. hidráulicas de potencia
 - 2. Aire comprimido
 - 3. Vacío
 - 4. Gas LP
 - 5. Gas natural
 - 6. Elevadores
 - 7. Detección y alarma
 - 8. Protección contra incendio
 - 9. Computación
- Z. ADMINISTRACION
 - 1. Control
 - 2. Programa
 - 3. Planeación
 - 4. Organización
 - 5. Computación
 - 6. Capacitación
 - 7. Asesoría

NOTA: Esta clasificación de áreas tiene por objeto servir de base para el catálogo de los miembros de SOMNAC por especialidad.



20. INSTALACIONES ELECTRICAS

ING. ANDRES D. CHAVEZ SANUDO.
CIA. DE LUZ Y FUERZA
MIEMBRO DE SOMMAC/CONSULTOR DE IPESA

20.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO ELECTRICO.

La tecnología actual permite tener un equipo confiable y de larga duración. Desafortunadamente cuando el equipo se mete en servicio comienza un proceso de deterioración. Si el proceso continúa sin ser advertido, a la larga habrá interrupciones en el suministro de la energía eléctrica. Estas interrupciones como no están programadas son costosas y causan pérdidas en la producción, reducciones en las utilidades, daño a las propiedades, reparaciones mas costosas al equipo dañado y son además un peligro para la seguridad del personal.

La carencia de un mantenimiento afecta la confiabilidad de los equipos. Estudios efectuados por la IEEE (Institute of Electric and Electronic -- Engineers) en su sociedad "Industry applications society, power systems reliability" entre 1973 y 1980, han encontrado que el mantenimiento inadecuado es una causa significativa de las fallas en equipo eléctrico en plantas industriales. Alrededor del 16.4% de todas las fallas fueron -- atribuidas a un mantenimiento inadecuado. (ver tablas 20.1 y 20.2)

Datos tomados de un estudio presentado por Douglas S. Sheliga en el -- "IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS" de Septiembre-Octubre de -- 1981, muestran que de 10,000 casos de falla estudiados en sistemas de -- control y protección de una compañía eléctrica de E.U., 25% de ellos pudieron ser evitados totalmente por un programa de MANTENIMIENTO ELECTRICO PREVENTIVO Y PRUEBAS (MEPP). Del otro 75%, una porción del 10% correspondiente a fallas en equipos durante su operación y que no era posible saber con anterioridad que fallarían sino hasta ese momento. El 65% restante pudo haberse detectado (para ese caso específico de circuitos -- de control) a través del diagnóstico de pruebas e inspección.

20.1.1 EL MANTENIMIENTO ELECTRICO PREVENTIVO.

De acuerdo al IEEE "El Mantenimiento Eléctrico Preventivo (MEP) es un -- sistema de actividades planeadas, tales como inspección, pruebas, limpieza, secado, vigilancia o monitoreo, ajustes, modificaciones correctivas y reparaciones menores, de equipo eléctrico, para minimizar o anticipar futuros problemas de operación o fallas en el equipo."

Los procedimientos del MEP deben desarrollarse para completar 4 funciones básicas, esto es, mantener los equipos:

- . Limpios.
- . Secos.
- . Apretados.
- . Reducir la fricción.



T A B L A 20.1
 LEVANTAMIENTO REALIZADO DE FALLAS DE EQUIPO ELECTRICO
 COMITE DE CONFIABILIDAD DEL IEEE EN PLANTAS INDUSTRIALES

TRANSFORMADORES	INTERRUPTORES	ARRANCADORES DE MOTORES	MOTORES	GENERADORES	CUCHILLAS DESCO- NECTADORAS	TABLERO CON BA- RRAS AISLADAS	TABLERO CON BA- RRAS DESNUDAS	BUS DUCTO	LINEA AEREA	CABLE DE FUERZA	EMPALMES	TERMINALES DE CABLE	TITULO O CATEGORIA
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	RESPONSABILIDAD DE LA FALLA ATRIBUIDA A:
39	23	18	15	19	29	5	9	26	0	16	0	0	1. Fabricante componente defectuoso
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2. Transporte al sitio, mal manejo
2	4	51	9	0	6	45	4	16	2	8	0	18	3. Ingeniería de aplicación. Aplica- ción impropia.
3	3	0	1	3	4	10	17	5	9	14	50	30	4. Instalación ina- decuada y pruebas antes de puesta en servicio
11	23	8	17	19	13	35	22	16	30	10	18	22	5. Mantenimiento Inadecuado
9	6	3	4	3	40	0	0	0	2	3	0	0	6. Procedimientos inadecuados de ope- ración.
2	5	0	0	0	1	0	22	5	5	4	5	0	7. Causa externa al equipo. Personal
4	1	0	1	6	0	0	17	0	21	6	2	8	8. Causa externa Otros.
30	46	19	53	48	8	5	9	32	31	38	25	14	9. Otras causas

A.D. CHAVEZ S.



LEVANTAMIENTO REALIZADO

FUENTE: COMITE DE CONFIABILIDAD DEL IEEE

TRANSFORMADORES	INTERRUPTORES	ARRANCADORES	MOTORES	GENERADORES	CUCHILLAS	TABLERO BARRAS AISLADAS	TABLERO BARRAS DESNUDAS	BUS DUCTO	LINEA AEREA	CABLE DE FUERZA	EMPALMES	TERMINALES DE CABLE	TITULO 0 CATEGORIA
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL ULTIMO MANTENIMIENTO AL OCURRIR LA FALLA (MESES)
34	18	67	22	58	8	10	35	25	1	11	18	12	1. Menos de 12 meses
38	60	17	57	42	5	35	30	45	8	13	20	12	2. De 12 a 24 meses
22	5	16	19	0	21	55	13	10	8	10	2	36	3. Más de 24 meses
5	16	0	2	0	66	0	22	20	9	66	60	40	4. No hubo mantenimiento preventivo
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	PARTE DAÑADA EN LA FALLA
68	0	5	50	7	0	0	0	15	0	5	0	0	1. Aislamiento Devanado
13	2	0	0	0	1	5	8	10	1	0	0	12	2. Aislamiento Bushing
3	19	10	3	0	14	90	71	65	6	84	91	75	3. Aislamiento Otras
0	1	0	29	2	0	0	0	0	0	3	0	0	4. Mecánica. Cojinete
0	11	16	3	7	9	0	0	0	0	0	0	0	5. Mecánica. Otras partes móviles
3	6	13	3	10	8	5	0	0	3	1	0	0	6. Otras eléctricas. Dispositivos Auxiliares
1	28	2	0	1	1	0	0	0	3	1	0	0	7. Otras eléctricas. Dispositivos de Protección.
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8. Cambiador sin carga
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9. Cambiador bajo carga
1	6	2	1	4	30	0	0	0	4	1	0	4	10. Mecánicas. Otras
3	26	52	11	69	38	0	21	10	84	6	9	10	11. Otras

A.D. CHAVEZ S.



El agua, el polvo, las altas o bajas temperaturas ambientales, alta humedad, choque, vibración, uso rudo por el personal, atmósferas corrosivas o contaminadas, calidad de los componentes y otras condiciones pueden -- afectar una apropiada operación del equipo eléctrico. Sumando a los anteriores la edad de los equipos y las sobrecargas en su operación, influirán en la forma y en la frecuencia en que debe realizarse el MEP.

Una causa común de falla eléctrica es la acumulación de polvo y suciedad y la presencia de humedad. Esto puede ser bajo la forma de pelusa, polvo químico, acumulación día a día de vapores de aceite y partículas de polvo, etc. Estos depósitos en los aislamientos, combinados con aceite y humedad se vuelven conductores y son responsables de arcos o flammos. Los depósitos de polvo en los mecanismos causan desgaste o calentamientos y decrecen la vida de los aparatos.

Los aparatos deberían de ser operados en una atmósfera seca para mejores resultados, pero esto es frecuentemente imposible, así que deben tomarse precauciones para minimizar la entrada de humedad. La condensación de humedad en aparatos eléctricos puede causar oxidación en el cobre o en el aluminio y fallas en las conexiones.

Las conexiones flojas son otras de las causas de las fallas eléctricas. Las conexiones eléctricas deben de mantenerse apretadas y secas. Las estructuras mecánicas no conductoras y otras partes complementarias tales como los mecanismos deben ser verificados durante el servicio eléctrico de rutina.

La fricción puede afectar la libertad de movimientos de los dispositivos eléctricos y puede resultar en fallas serias o dificultades al operar el equipo. El polvo en las partes móviles causará lentitud en las operaciones. Verificar la operación mecánica de dispositivos y operar manual o eléctricamente cualquier dispositivo que raramente opera (interruptores, por ejemplo), debe ser una práctica normalizada.

Un programa de mantenimiento eléctrico preventivo ciertamente no eliminará todas las fallas pero minimizará su ocurrencia. Algunos de los elementos clave en establecer un programa son:

- BIBLIOTECA DE SERVICIO DEL EQUIPO. Consistente en boletines, manuales, diagramas esquemáticos, listas de partes, reportes y análisis de fallas, etc.

Como complemento de lo anterior, se debe contar con un DIAGRAMA UNIFILAR ACTUALIZADO debiendo éste de tener la información necesaria para una operación segura del sistema cuando se hacen las libranzas para mantenimiento, sin causar pérdidas en la carga o accidentes. Esta información debe tener en esencia los circuitos de distribución primarios, los tableros, las cuchillas, elementos todos debidamente identificados tanto en el plano como en el campo, con correspondencia absoluta.

- DOCUMENTACION DE FALLAS. Cada falla en servicio debe ser completamente investigada y la causa determinada y documentada. Generalmente se encontrará que un adecuado y a tiempo mantenimiento

to pudo haber evitado la falla. Si ésta es corregible a través del MEP la acción correctiva debe ser incluida en los trabajos a realizar por rutina. Si la falla fué causada por un componente débil, entonces todo el equipo similar debe ser modificado tan pronto como sea posible. Los análisis de falla juegan un papel importante en un programa de mantenimiento.

- **SEGURIDAD.** Siempre trabajar EN PAREJAS Y NUNCA SOLO. Trabajar solo con electricidad es buscar problemas. El sistema de acompañante permite a cada hombre verificar las acciones del otro y llamar la atención sobre cualquier acto inseguro que se vaya a cometer. Si algo sucede a alguno de los dos, el otro estará ahí para cualquier acción que pueda salvar una vida. Aunque no todas las compañías lo requieren, el personal debería de tener conocimiento en la resucitación cardio pulmonar, para el caso de shock eléctrico.

- **PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES.** Detallar los pasos apropiados para librar los circuitos y el equipo y contar con materiales y precauciones seguras son requerimientos básicos. Incluidos en este procedimiento están:

- Lista del personal autorizado para operar los interruptores (solo el personal de la lista podrá abrir o cerrar los equipos primarios).
- Lista de verificación (check-list) de campo para basarse en ella cuando se efectúan operaciones de switcheo.
- Equipo de seguridad. Tales como guantes de alta tensión, mangas o chaquetas protectoras de arco, cascos, barreras para la cara, pértigas, etc.
- Cartelones de aviso y el uso de procedimientos de cerradura, sumados a un ATERRIJAJE SEGURO DEL EQUIPO.

- **SISTEMA DE EXPEDIENTES (RECORDS)** de los equipos debe ser desarrollado, mostrando así las reparaciones requeridas por los equipos a lo largo del tiempo.

- **INVENTARIO DE MATERIALES Y REFACCIONES (STOCK).** Tratándose de piezas críticas y sobre todo si son de importación en donde el tiempo de adquisición causaría serios retrasos, es conveniente contar con una lista de piezas en disponibilidad todo el tiempo. Es clásico el caso del fusible de unos cuantos pesos, que puede causar pérdidas enormes por no contar con él. El valor económico de los stocks forma parte de un estudio concienzudo del MEP.

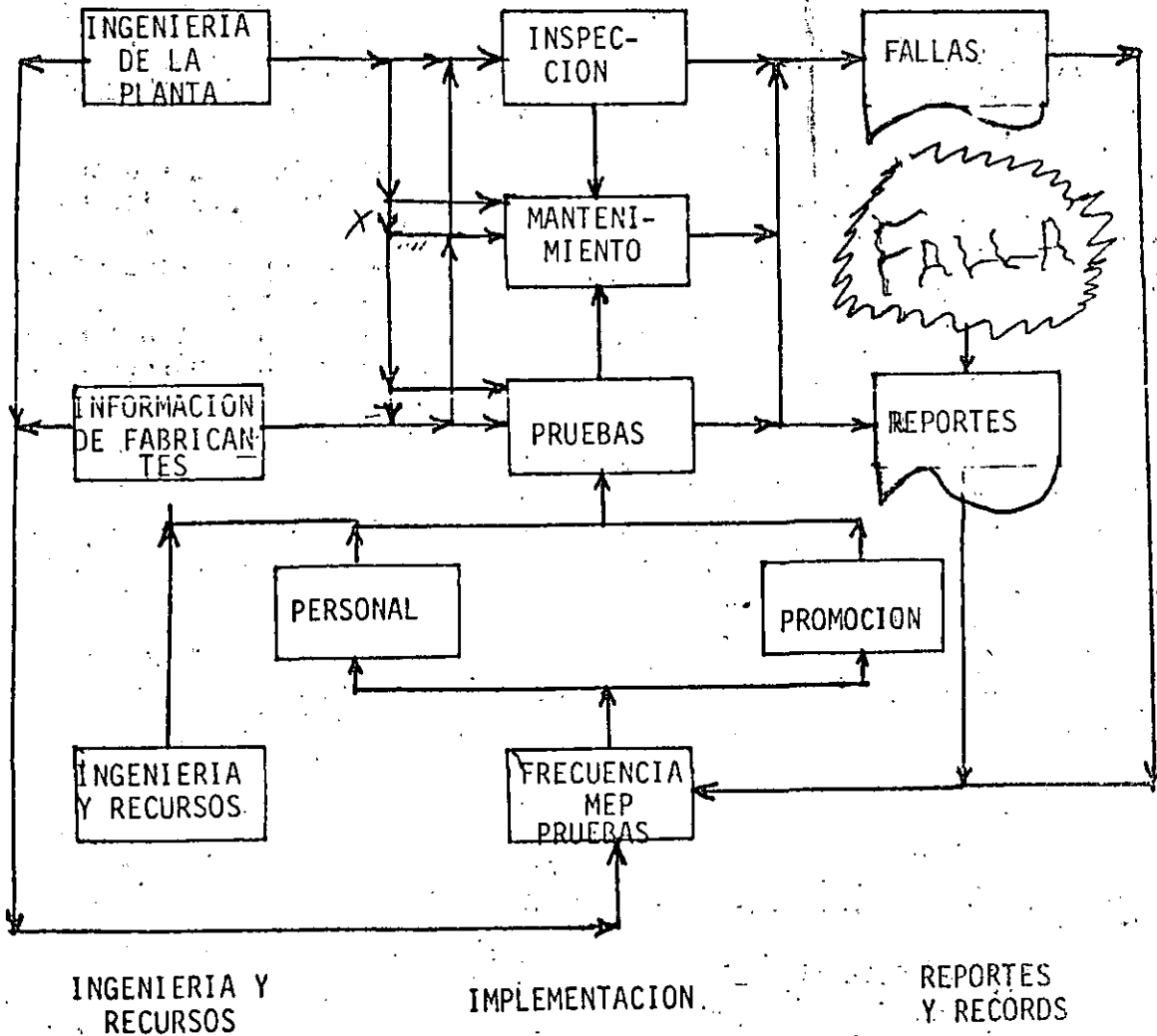
- **ADECUADA INGENIERIA.** Si ésta no está disponible en la empresa, contrate los servicios de consultores, los cuales serán especialistas en el ramo y le podrán evitar muchos problemas. Requieren siempre las instalaciones estar bajo la supervisión de un perito responsable.

- **EQUIPO DE PRUEBA.** Dependiendo de la magnitud de la industria o de su importancia, conviene tener un grupo de equipos de prueba como: meggers, garrochas falseadoras, medidores de rigidez, ---



dieléctrica en aceites, medidores de factor de potencia en aislamientos, multímetros, etc. Como estos equipos son muy costosos, conviene en ocasiones contratar los servicios de un consultor que disponga de los equipos y de la experiencia para diagnosticar con precisión, teniendo así bases para tomar decisiones en si el equipo bajo diagnóstico se reemplaza totalmente, o se rehabilita o se le da mantenimiento menor.

FLUJOGRAMA DE MEP



20.5 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO.

Una planta industrial puede tener equipo eléctrico en:

- Alta tensión, 115000 a 85000 V
- Media tensión 23000, 13800 ó 4160 V
- Baja tensión 480 y 220 V.

Dado que más del 90% del número total de plantas industriales tiene equipo en media y baja tensión y que los sistemas eléctricos industriales con 85 ó 115 KV son sumamente complejos, se tratarán en este libro las recomendaciones para equipo en media y baja tensión.

20.5.1 Recomendaciones generales.

- Limpieza.

Este es un elemento clave en el mantenimiento de una "Subestación Compacta". Normalmente los gabinetes no están hechos a prueba de polvo o el local de la subestación no se encuentra en un cuarto presurizado, medidas que ayudarían enormemente a evitar acumulaciones de polvos o pelusas, por lo que este problema debe estar constantemente bajo control.

Existen instalaciones textiles y papeleras en que cada mes debe hacerse una limpieza de la subestación dada la acumulación de pelusas, situación similar la de las cementeras y las fundidoras o aquellas plantas en las que se hacen atmósferas contaminadas con humos y corrosivos.

Por lo general, las recomendaciones de limpieza son para períodos de 3, 6 y 12 meses dependiendo del ambiente.

Antes de proceder a la limpieza, conviene hacer una inspección minuciosa en el interior del gabinete. Debe observarse si ha habido arcos hacia el gabinete a través de la superficie de los aisladores o si se observa carbón depositado en alguna parte. Se observará también si ha habido o hay humedad depositada en los aisladores o barras.

A veces la inadecuada colocación del gabinete dentro de la planta lo expone a goteo, el cual se introduce dentro del gabinete y a la larga va a causar una falla segura y corrosión tanto a las partes conductoras como a la soportería de fierro.

Debe observarse también si hay excrementos de ratas o presencia de insectos y proceder a sellar accesos tales como trincheras, ductos y puertas y a utilizar venenos (fuera del gabinete) para control de esas plagas.

La limpieza consistirá mediante el uso de franela y aspiradora, en mover el polvo o los contaminantes sólidos, minuciosamente.

Luego se procederá a limpiar los selladores con algún solvente, con un trapo muy suave, que no suelte pelusa. Nunca use agua o soluciones cáusticas para remover el óxido o depósitos de suciedad sobre el aislador; tampoco use abrasivos o lana y cepillos de acero. Utilice para ello turco, thinner de pintura, alcohol, hasta mover la suciedad de que se trate. Aproveche la limpieza para verificar si se observan fracturas en el aislador.



Estas recomendaciones son aplicables también a los bushings de los transformadores.

- Apriete.

Debe verificarse si hay corrosión en las superficies bajo contacto eléctrico y proceder a hacer una limpieza de ello. Debe darse una recorrida de aprietes a las barras colectoras, la barra y las conexiones de tierra, la tornillería del gabinete de lámina y las conexiones a los cables de entrada y salida. Es casi seguro que se encontrarán conexiones flojas producidas por vibraciones y cambios de temperatura.

Las conexiones de los buses que muestran signos de calentamiento o que tengan un contacto muy pobre y alta resistencia, deben ser desensamblados, limpiados y volverse a ensamblar.

20.5.2 Recomendaciones para seccionadores con o sin carga.

Un error frecuente (si no existe bloqueo para ello) es operar un seccionador sin carga bajo la presencia de corriente. Esto puede causar una falla seria o menor, dependiendo de la magnitud de la corriente. Si la cuchilla no se destruyó y se procedió a meterse en servicio, cuando se haga la inspección debe de tenerse cuidado con este antecedente. Es necesario observar su correcta apertura y cierre (ajustes), si no ha habido sobrecalentamiento, el estado de las superficies de contacto y si no hay flamaos en los aisladores.

Para ambos tipos de seccionadores conviene verificar ajustes, checar libertad de movimiento, fricción en partes móviles, pérdida de alguna pieza tales como tornillos, chavetas, anillos de retención y si el conjunto completa adecuadamente los ciclos de apertura y cierre. Uno de los enemigos más grandes hacia estos mecanismos es el hecho de que en años el mecanismo no es operado, de tal suerte que cuando se requiera que el seccionador opere por falla o por maniobra, pueda darse el caso de que esté trabado. Por eso es recomendable operarlo (dentro de lo posible) cada 2 ó 3 meses como mínimo y revisar su estado cada vez que se hace limpieza en la subestación. Debido a la inactividad, es posible encontrar resortes sin brío, mecanismo con grasa reseca, que causa que el mecanismo se trabe o se rompa.

Los contactos deben inspeccionarse y limpiarse minuciosamente, dejándolos libres del óxido y la corrosión.

En embonamiento de contactos y su por ciento de contacto puede verificarse mediante el uso de grasa grafitada, depositando una película de ella sobre el contacto móvil o navaja, procediendo luego a cerrar y a abrir el seccionador, observando la remoción de la grasa, 80% ó más debe ser lo que positivamente se observe como superficie de contacto.

Lubrique de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, no lubrique en exceso.

Verifique las presiones en los contactos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; si no cuenta con esta información, se deben de ajustar de manera que no se sobreesfuerzen las superficies en contacto (desgaste o excesiva

fricción) o no llegar más allá del punto en que los resortes de brío de los - contactos se puedan tocar. Una prueba común consiste en usar una lana de -- 0.005" entre contactos; deberá ser difícil pero no imposible retirarla una -- vez que se tenga el interruptor cerrado y los contactos embonados.

El sobreviaje de los contactos y su parada debe ser checada, se recomienda -- un sobreviaje de 1/16" a 1/32". Una vez cerrados los contactos, debe verifi- carse que el enganche del aparato y sus dispositivos de bloqueo y seguridad - hayan funcionado.

En los contactos de arqueo, en el caso de los interruptores, debe verificarse que cierren antes que los de corriente durante el "cierre" y que abran después de que abrieron los de corriente en el caso de la "apertura" 1/16" de dife- rencia entre contactos es un ajuste frecuente.

Si el seccionador es de operación multipolar, todos los contactos de arqueo - deben estar alineados y contactar uniformemente para evitar arqueo eléctrico en un polo que puede brincar a otros polos y causar una falla.

Es necesario verificar el brío de los portafusibles e inspeccionar y limpiar al punto de contacto. Se debe verificar también el funcionamiento del meca- nismo para abrir el interruptor en el caso en que opere un fusible.

20.5.3 Apartarrayos.

Deben limpiarse de la misma manera que los aisladores. Debe verificarse que no haya fracturas o roturas en el aislador exterior; sus conexiones deben ser apretadas y si están oxidadas o corroídas deben ser limpiadas con lija de -- agua muy fina.

Haga pruebas de Megger y si se tiene menos de 1000 M Ω de lectura, deben reem- plazarse estos apartarrayos por otros.

20.5.4 Mecanismo de bloqueo y gabinete.

Por lo general los mecanismos de bloqueo consisten en bloquear la apertura de las puertas con seccionadores cerrados y bloquear la operación del secciona- dor sin carga cuando esté cerrado el interruptor de operación bajo carga. Es- tas condiciones deben verificarse completamente, checando además aprietes y - lubricación.

Al gabinete debe de checársele aprietes, presencia de corrosión y pintura.

20.5.5 Pruebas

Una vez efectuado el mantenimiento se recomiendan las siguientes pruebas:

- Resistencia de contactos en seccionadores (micro resistencia) mediante -- Ducter.
- Megger a todo el conjunto.
- Pérdidas dieléctricas a todo el conjunto
- Verificación de la red de tierras, de la subestación, mediante el uso del método de 3 puntas para verificar la resistencia de la red de tierras, és- ta no deberá ser mayor a 5 ohms.



20.5.6 Seguridad.

No operar con carga la cuchilla seccionadora; librar mediante el interruptor con carga primero y después seccionar el bus con esa primera cuchilla.

De preferencia ver que el suministrador (CFE ó CLFC) también libre en sus cuchillas esta acometida.

Para operar tenga a la mano guantes de hule para alto voltaje, probados y garantizados, casco de material plástico, tarima de madera y tapete aislante.

Una vez abiertos tanto seccionador sin carga como el interruptor, deje reposar la subestación 15 segundos, tiempo estimado para deionizar el ambiente, - proceda a abrir puertas y a demostrar ausencia de potencial con garrocha indicadora.

En seguida proceda a conectar a tierra las partes conductoras de corriente, a fin de remover efectos capacitivos o de protección en caso de maniobra equivocada.

T A B L A 20.10

A P R I E T E S

MATERIAL	TAMAÑO DEL TORNILLO				
	"1/4-20	"5/16-13	"3/8-16	"1/2-13	"5/8-11
Acero					
Aleación de cobre	4	10	15	40	75
Bronce-Cobre	3	6	10	25	45
Aluminio de alta resistencia	3	6	12	30	60



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

**RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO TRANSFORMADORES
DE ACEITE HASTA 1500 KVA**

ING. ANDRES D. CHAVEZ SAÑUDO

SEPTIEMBRE, 1985.

3.2 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE ACEITE HASTA 1500 KVA.

Estas recomendaciones están basadas en gran parte en las publicadas por Conductores Monterrey, los cuales son bastante prácticas para este tamaño de transformadores.

GENERALIDADES.-

El Transformador Eléctrico es un equipo que requiere mucha atención en los períodos de mantenimiento, aún cuando estos no sean frecuentes, ya que en ocasiones, pequeñas fallas no detectadas a tiempo, causan fuertes pérdidas de tiempo y dinero.

Aunque un Transformador Eléctrico no tiene piezas en movimiento como los equipos rotativos, es un equipo que está sujeto a soportar esfuerzos mecánicos en su bobinas y núcleos, derivados de la corriente de excitación, cortos circuitos, descargas atmosféricas o bien por fuertes cambios de carga provocados por el arranque y paro de grandes equipos eléctricos.

Existen dos clases de mantenimiento: Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo.

Para nuestro caso vamos a desarrollar algunos puntos de importancia que debemos tener presentes al elaborar un programa de mantenimiento preventivo para transformadores, tanto de distribución como de potencia.

OBSERVACIONES.-

Por principio hemos de tomar en cuenta, que como cualquier otro -- equipo, el transformador ha sido diseñado bajo ciertas normas (ANSI, NEMA, CCONNIE), que especifican el servicio y las condiciones de trabajo a que será sometido, por lo tanto hablaremos del mantenimiento preventivo que debemos de dar a un transformador que trabaje en condiciones normales de carga y temperatura.

Sabemos bien que el transformador genera calor, y que este calor -- dependiendo de su intensidad, producirá mayor o menor daño en el -- aislamiento de sus bobinas y en el líquido aislante, volviéndolo -- espeso y lodoso y por lo tanto disminuyendo la rigidez dieléctrica y su poder refrigerante.

Este calor que se genera directamente por la carga conectada al -- transformador es el primer punto a cuidar en nuestro equipo, o sea, no operar lo más allá de los límites especificados para su funcionamiento normal. (Límite de temperatura, carga, enfriamiento, etc). No se quiere decir con esto, que el transformador no sea capaz de soportar sobrecargas eventuales, siempre y cuando sean las que permitan las normas citadas anteriormente, sin producir desde luego -- un detrimento en la vida útil del transformador.

Otro punto importante y que va ligado íntimamente con lo dicho anteriormente, es proveer en todo momento una circulación adecuada de aire en las instalaciones de la subestación donde se encuentra el transformador cuando éste va instalado en el interior de la planta.

Por otro lado, en los transformadores que estén instalados en locales bajo techo cuyas áreas circundantes contengan vapores o atmósferas dañinas, exceso de polvo abrasivo, mezclas explosivas de polvos o gases, es recomendable que el local se mantenga a presión ligeramente mayor que la atmosférica inyectando aire libre de contaminaciones y así impedir que se introduzcan a su interior elementos que perjudiquen el buen funcionamiento del equipo. Esto también es muy importante tenerlo en cuenta para transformadores de tipo seco en donde la limpieza y circulación de aire juega un papel muy importante para la disipación del calor.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Ahora bien, después de estas observaciones que hemos de vigilar de cerca, vamos a establecer un sistema a seguir para efectuar el mantenimiento.

El primer mantenimiento de un transformador se deberá efectuar al año de haber sido instalado y posteriormente cada 6 meses, en caso contrario, un indicador exacto de cuando hacerlo será el estado en que se encuentra el líquido aislante. Para esto, se toma una muestra de aceite y se analiza. No hay que basarse únicamente en la prueba de rigidez dieléctrica pues esto en ocasiones no es muy indicativo de la degradación existente, y cuando el aceite tiene sustancias en solución como carbón o cenizas, que le hacen perder su viscosidad y peso específico adecuados, la prueba de rigidez dieléctrica nada dice.

Las características principales de un buen aceite son las siguientes:

Rigidez dieléctrica	30	KV
Factor de potencia, 60 Hz, 25°C	0.05	%
Núm. de neutralización	0.03	
Contenido de humedad	35	ppm
Viscosidad a 37.8°C	60	ssu
Densidad relativa a 20°C	0.87	
Apariencia	Brillante y clara	

a) Pruebas de Campo

Las pruebas de aceite que se recomiendan en CCONNIE 8.8-1 para el mantenimiento de campo son las siguientes:

RIGIDEZ DIELECTRICA (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales ASTM-877). Se coloca una muestra de aceite en una copa patron (Standard) limpia, de modo que cubra dos electrodos verticales de una pulgada de diámetro y 0.1 pulgadas de separación. Se aplica un voltaje de 60 c.p.s. de CA a través de los electrodos hasta que aparece el arco. Esto se repite cuando menos tres veces en una muestra y se computa el promedio.

NUMERO DE NEUTRALIZACION (ASTM D-1534). La acidez de un líquido aislante de tipo mineral es una medida de la cantidad de oxidación que ha tenido lugar y es por lo tanto, una indicación del deterioro que ha ocurrido. También es una indicación de la tendencia a formar sedimentos. El No. de Neutralización se define como el peso, en miligramos de hidróxido de potasio (KOH), requerido para neutralizar el ácido en un gramo de aceite dieléctrico. Varios juegos o conjuntos diferentes de pruebas se encuentran disponibles para permitir a usted probar el No. de Neutralización simple y exactamente, sin equipo de laboratorio.

COLOR (ASTM D-1524). Otra prueba sencilla de mantenimiento en el campo para evaluar la condición del líquido aislante en servicio es un examen de su color. El aceite nuevo es por lo general muy claro y brillante.

Conforme se va haciendo viejo por el servicio, tiende a oscurecerse, principalmente por la formación de sedimento y otros contaminantes.

Normalmente, las tres pruebas de aceite discutidas hasta aquí, son adecuadas para determinar la condición del líquido aislante, y el uso periódico y regular de ellas establecerá el grado de degradación.

También, si el resultado de cualquiera o de todas, se acerca o excede los límites mostrados en la tabla No. 1 Usted contará con una base firme para programar un mantenimiento preventivo.

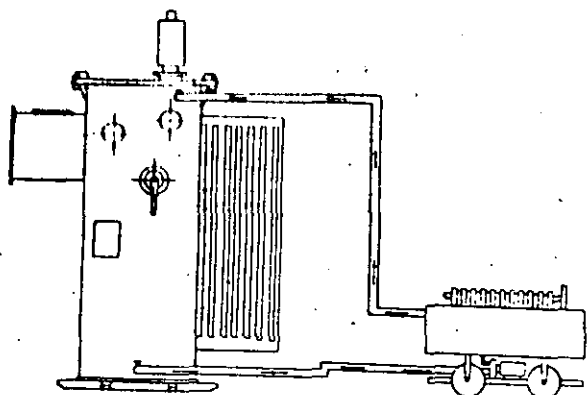
TABLA No. 1

LIMITES DE PRUEBAS PARA ACEITES DE TIPO MINERAL		
PRUEBA	SATISFACTORIO	DEBE SER FILTRADO
Rigidez Dieléctrica	30 KV	Menor de 23 KV
No. de Neutralización	0.03	0.03 a 0.05
Factor de Potencia	0.05 %	0.11 a 0.20
% de Humedad	35 p.p.m.	100 p.p.m.

b) Regeneración del Aceite

El proceso de regeneración de un aceite hay que efectuarlo en varios pasos: Secado, filtrado, desgasificado y calentado. Esto puede hacerse en un moderno equipo de tratamiento de aceites; sin embargo, y esto sucede en la mayoría de los casos, un equipo tan grande y costoso no se posee en la planta y hemos de contentarnos con hacer la regeneración del aceite con un filtro prensa y una bomba de vacío, que resultan suficientes para aceites que no tengan excesiva degradación.

En la siguiente figura, se muestra la conexión filtro prensa, al transformador que se va a filtrar.



La carga de papel filtro que se va a utilizar en el filtro prensa, deberá ser previamente secada en un horno a temperatura de 105°C, durante 8 horas, para eliminar la humedad del papel y asegurar un secado efectivo del aceite. El proceso de filtrado se prolongará hasta en tanto una muestra de aceite analizada reporte características confiables del aceite.

c) Reposición del Aceite

Cuando se trate de aceites ya degradados (como resultado de excesivos calentamientos, oxidación), será necesario que se cambie la totalidad de líquido aislante por aceite nuevo.

El proceso a seguir será el siguiente.

- I. Se sacará el aceite dañado por la válvula de drenaje del tanque y se inyectará al mismo tiempo por la tapa, nitrógeno puro y extra seco, para mantener a los aislamientos y a la parte activa del transformador en una atmósfera seca, cuidando desde luego que la presión dentro del tanque no exceda los límites de diseño. Una vez extraído el total de aceite se hace vacío al tanque con una bomba para extraer el nitrógeno y proceder en seguida a reponer el líquido aislante con aceite nuevo que ha sido secado, filtrado y desgasificado anteriormente.

El vacío realizado al tanque no excederá del límite que soporte y se mantendrá así 8 horas antes de inyectar el aceite.

El vacío es con el objeto de extraer el máximo los gases ocluidos en los aislamientos del conjunto núcleo bobinas, e impregnado de acuerdo a las condiciones proporcionadas en fábrica.

- II. Una vez que se ha filtrado o cambiado el aceite según el caso, deberán de limpiarse las terminales de alta y baja tensión, con una franela ligeramente húmeda de thinner o toluol para remover de los aisladores, grasa.

povio, pintura, etc., que se haya depositado en las campanas, proveiendo así un camino natural para la falla del aislador por fuga.

III. Cerciorarse que el tanque ha quedado herméticamente cerrado, apretando todas las tapas, juntas, válvulas y boquillas del tanque, pues si existe una fuga de aceite, bajará el nivel de éste dentro del tanque y pondrá al descubierto puntas energizadas que fallarán inevitablemente a tierra. O si por el contrario la fuga es en la cámara de aire, cuando esté trabajando se expandirá y contraerá el aceite debido a los cambios de temperatura, ocasionando que el transformador "respire", dando oportunidad a que el aire húmedo de la atmósfera penetre en el tanque humedeciendo y oxidando el aceite.

IV. Cuando se trate de transformadores con tanque conservador, es necesario cambiar periódicamente el desecador o sílica gel. Después de un proceso de filtrado o reposición de aceite será necesario antes de poner en servicio el transformador, purgar el aire del elevador Bucholz.

Lo anterior con las actividades, relacionadas con el aceite en mal estado y su regeneración; debe de aprovecharse la ocasión - para hacerse la inspección interna, sacando los elementos activos- fuera del tanque y en la cual es aplicable el reporte de inspección que se presenta enseguida.

Si el aceite resulta en buen estado, el transformador no de be abrirse al menos que otros sintomas se presenten: Ruidos anorma les, altos o bajos niveles de aceite, ruptura en dispositivos para sobrepresión o incremento de temperatura o cargas normales de ope ración, entonces el transformador debe ser abierto y se debe reali zar una inspección completa de él.

Si los transformadores han estado expuesto a sobrecargas, - cortos en las cargas del lado secundario, puede aplicarse lo reco mendado en el punto 5 de esta guía. Estos transformadores deben - de ser inspeccionados INTERNAMENTE CADA AÑO.

Los cambiadores de derivaciones deben de ser inspeccionados anualmente. Los contactos deben verificarse para ver si no están flameados, corroídos y si están alineados y con libertad de movi- miento. Deben de verificarse aprietos en conexiones y presión de- contactos. Deben de verificarse sellos y hermeticidad del compar- timiento del cambiador, y al aceite deberá de hacerse el mismo tra- tamiento que el indicado para el transformador. Si el cambiador - opera bajo carga, debe inspeccionarse cada 6 meses.

10314

REPORTE DE INSPECCION PARA UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBU-
CION HASTA 1500 KVA, MT - BT.

ORDEN No. _____

FECHA _____

CLIENTE _____

LOCALIZACION _____

MONTAJE: POSTE PEDESTAL BOVEDA

CIRCUITO _____

MARCA _____ TIPO _____ SERIE _____

MONOFASICO TRIFASICO ACEITE PCB

VOLTAJE PRIMARIO _____ VOLTAJE SECUNDARIO _____

IMPEDANCIA _____

CONEXION PRIMARIA _____ CONEXION SECUNDARIA _____

TAPS EN PRIMARIO TAPS EN SECUNDARIO

TAPS COLOCADOS EN _____

8

REPORTE DE INSPECCION
PARA UN TRANSFORMADOR
DE DISTRIBUCION

ACCESORIOS:

ATENCION: NO SE PERMITE EL TRABAJO EN VIVO; EL TRANSFORMADOR DEBE SER DESENERGIZADO.

PUNTOS MECANICOS A VERIFICAR.

- 1.- Limpieza de conexiones primaria , Secundaria , Tierra
- 2.- Limpieza e Inspección de Boquilla
- 3.- Inspección de Sujeción y Empaques en Boquilla - Tanque
- 4.- Inspección de sellos y empaques en tapa superior y
Cubierta para Introducción de mano
- 5.- Observar fugas de aceite
- 6.- Verificar nivel de aceite
- 7.- Verificar indicador de temperatura
(si lo hay).
- 8.- Obtener muestra de aceite y probarla
- 9.- Inspeccione cambiador de derivaciones y apriete de Taps
Internos y Conexiones a Boquillas
- 10.- Inspeccione si hubo arqueo interno, signos de sobrecalentamiento, carbón o lodos.
- 11.- Inspeccione si hay bobinas flojas, separadores sueltos o --
luminaciones de nucleo sin apretar.
- 12.- Inspeccione distancias eléctricas, deterioración de aislamiento
en bobinas y amarres de cables o bobinas rotos

REPORTE DE INSPECCION PARA
UN TRANSFORMADOR DE DISTRI
BUCION.

- 13.- Verifique fugas por efecto "Sifón" a través de terminales
- 14.- Inspeccione integridad en el formado de cables y mal estado -
de terminales y zapatas
- 15.- Estado del tanque. Corrosión , Pintura

PRUEBAS DE CAMPO RECOMENDADAS. (Antes y después de la Inspección).

- 1.- Rigidez dieléctrica, color, acidez y tensión superficial al -
aceite, factor de potencia al aceite.
- 2.- Relación de transformación (TTR)
- 3.- Resistencia de aislamiento (MEGGER)
- 4.- Factor de potencia a los aislamientos.

PRUEBAS DE ACEITE.

Las pruebas del aceite fueron descritas anteriormente.

PRUEBAS DE RELACION.

Las pruebas de relación de transformación (TTR) se describen -
en el capítulo de "Pruebas Eléctricas" de este curso, y tienen por -
objeto verificar las conexiones y la continuidad eléctrica en deva
nados.

con lecturas anteriores tomadas al mismo devanado, o con lecturas tomadas a unidades idénticas. La resistencia de aislamiento variará inversamente con los cambios de temperatura, de modo que cuando se comparan las lecturas, esto debe ser tomado en consideración.

El mayor beneficio aportado por esta prueba se deriva de la representación gráfica de los cambios de la Resistencia de Aislamiento con el tiempo y la anotación del avance de la degradación.

INDICE DE POLARIZACION: Por lo general, después de registrar la lectura de un minuto de Resistencia de Aislamiento, la prueba se continúa por total de diez minutos. La relación de la Resistencia de Aislamiento de diez minutos a la de la lectura de un minuto se le denomina índice de polarización. Un buen sistema de aislamiento en un líquido dieléctrico limpio por lo general mostrará un índice de polarización de 2.0 o más. Una lectura de menos de 2.0 puede indicar la presencia de humedad excesiva o contaminación conductiva del aceite, del aislamiento sólido o de ambos.

FACTOR DE POTENCIA: La mayoría de los fabricantes recomiendan el uso del factor de potencia como una indicación de la calidad del aislamiento, en que también indicará cuando la humedad, los sedimentos, u otros contaminantes conductivos están alcanzando límites peligrosos. El factor de potencia es otra herramienta útil para darse cuenta del deterioro del aislamiento a medida que progresa el envejecimiento.

El método consiste en leer el factor de potencia directamente con un puente de capacitancia o con un puente de factor de potencia.

La medición es normalmente hecha entre los devanados primario y secundario.

Generalmente, esperamos que los transformadores llenos con aceite tengan un factor de potencia de 2 por ciento o menos a 20°C.

Ocasionalmente, los grandes transformadores con equipo de cambiador de derivaciones bajo carga pueden presentar valores ligeramente más altos pero las cifras que excedan demasiado de 2 por ciento deberán investigarse.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: La Resistencia de Aislamiento es una medición de la corriente de fuga expresada en megohms. Se colocan en corto circuito las terminales de alta tensión, unidas por un alambre desnudo sin barniz. Igual operación se hace con las terminales de baja tensión y después se aplica un voltaje de 500 o 1,000 Volts de CD entre los dos devanados como sigue:

- Alta Tensión vs. Baja Tensión a Tierra
- Baja Tensión vs. Alta Tensión a Tierra

Los valores de resistencia de Aislamiento variarán considerablemente en los diferentes tamaños, capacidades y tipos de transformador; de manera que la lectura registrada debe ser comparada

El transformador es el equipo eléctrico con el cual el usuario comete mayores abusos, lo trabaja a sobrecargas continuas, lo protege inadecuadamente y si le proporciona mantenimiento, éste por lo general es pobre.

Por supuesto que estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático y que construido correctamente, sus posibilidades de falla son nulas. Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable de la vida útil del aparato.

En esta información, revisaremos los tipos de fallas más comunes, su manifestación general y la secuencia de operaciones que permiten al hombre de mantenimiento, el evitar o detectar las fallas.

TIPOS DE FALLAS

Las fallas en el transformador, pueden ser clasificadas como:

- a) Fallas en el aceite aislante
- b) Fallas en el equipo auxiliar
- c) Fallas en el devanado

Fallas en el aceite.—El aceite aislante se deteriora por la acción de la humedad y del oxígeno, por la presencia de catalizadores (cobre) y por temperatura.

La combinación de estos elementos, efectúan una acción química en el aceite, la cual da como resultado, entre otros, la generación de ácidos que atacan intensamente a los aislamientos y las partes mecánicas del transformador. De esta acción química, resultan los lodos que se precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación del calor, acelerando por lo tanto, el envejecimiento de los aislamientos y su destrucción.

La humedad presente en el aceite, se puede originar, por el aire que inhala el transformador durante su proceso de trabajo, por fallas en sus juntas y por fugas en general. También se genera por descomposición propia del aceite y de los aislamientos.

El contenido de agua en un aceite, se define en partes por millón.
1000 partes por millón (ppm) = 1 % de humedad.

Se dice que un aceite está en equilibrio, cuando su contenido de humedad es igual a 40 ppm. Bajo esta condición, ni el aceite cede su humedad a los aislamientos, ni éstos la

ceden al aceite.

Al romperse la condición de equilibrio, es decir, aumentarse el valor de contenido de humedad en el aceite, se obtienen los siguientes resultados.

- 1) El aceite cede su humedad a los aislamientos, lo cual dá por resultado que se incremente su valor de factor de potencia y sus pérdidas; lo que se traduce en envejecimiento y destrucción.
- 2) El incremento de humedad del aceite, dá por resultado, una disminución en su valor de voltaje de ruptura ó rigidez dieléctrica. Con valores de contenido de agua de 60 ppm, el valor de rigidez dieléctrica se disminuye en un 13 o/o.

El aceite se satura, cuando su contenido de humedad es de 100 ppm (0.1 o/o) Bajo esta situación, cualquier adición en humedad será absorbida por los materiales fibrosos del transformador, como son: cartones, papeles aislantes y maderas.

De lo antes expuesto, concluimos que en la inspección de un aceite aislante, se debe analizar cuando menos lo siguiente:

- Rigidez Dieléctrica
- Acidez
- Factor de Potencia
- Presencia de lodos

Un aceite muy contaminado es aquel que presenta los siguientes valores:

- Rigidez Dieléctrica menor o igual a 23 KV.
- Acidez igual o mayor que 0.05 mg. de Hidróxido de Potasio (KOH) por gramo de aceite.
- Factor de Potencia a 25°C y 60Hz igual o mayor que 0.1 o/o.
- Presencia de lodos reportada.

Bajo tal condición de contaminación, es recomendable sustituir el aceite, para lo cual se debe disponer lo siguiente:

- a) Sacar la parte viva
- b) Desechar el aceite
- c) Limpiar el tanque, en su interior
- d) Limpiar la parte viva y secarla
- e) Sellar y llenar a vacío, con aceite nuevo.

Fallas en el equipo auxiliar.—Se debe tener la certeza que el equipo auxiliar de protección y medición funcione correctamente. Debe repasarse la tornillería.

Los aisladores o bushings deben estar limpios y al menor signo de deterioro, deben reponerse.

El tanque debe estar limpio, sus juntas no deben presentar signos de envejecimiento y se debe corregir de inmediato cualquier fuga. A este particular, conviene hacer notar que en el caso de fuga y debido a que en el interior del tanque se tiende hacia una presión negativa, la humedad y el aire serán atraídos al interior del transformador. Se debe revisar que no existan rastros de carbón en el interior del tanque y que tampoco presente

señales de "abombamiento". Si notamos la existencia de algunos de estos fenómenos, debemos desconectar el transformador y tratar de determinar las causas que lo hayan generado.

Fallas en los devanados.—Este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por:

- Falsos contactos.
- Corto circuito externo.
- Corto circuito entre espiras.
- Sobretensiones por descargas atmosféricas.
- Sobretensiones por transitorios.
- Sobrecargas.

Falsos contactos.—De no detectarse a tiempo, este tipo de falla deteriora el aislamiento y contamina el aceite produciendo gasificación, carbono y "abombamiento" del transformador.

Esta falla se manifiesta en forma de: presencia de carbono en las terminales, terminales carbonizadas, o coloración intensa en aislamientos y conductor.

Como los falsos contactos se originan por terminales sueltas, es recomendable apretar periódicamente las terminales externas e internas del transformador.

Corto circuito externo.—Esta falla, como su nombre lo indica, es producida por un corto externo al transformador. El daño que produzca al transformador dependerá de su intensidad y del tiempo de duración.

La alta corriente que circula durante el corto, se traduce en esfuerzos mecánicos que distorsionan los devanados y hasta los ponen fuera de su lugar. Si el corto es intenso y prolongado, su efecto se reflejará en una degradación del aceite, sobrepresión arqueos y "abombamiento" del tanque.

Después de una falla de este tipo y antes de poner en servicio el transformador, se debe tener la certeza de que se ha eliminado el corto y revisar exhaustivamente el transformador para determinar si está o no dañado.

Corto circuito entre espiras.—Este tipo de fallas, son el resultado de aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, sobrecalentamientos continuos, exceso de voltaje, etc.

Estas fallas tardan tiempo en poner fuera de servicio al transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla. Su ionización degrada al aceite y debe haber rastros de carbono en el tanque y posiblemente "abombamiento".

Sobretensiones por descargas atmosféricas.—Para prevenir en lo que cabe este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador.

Si la subestación es convencional y de instalación exterior, se disminuye la incidencia de descargas atmosféricas con el uso de hilo de guarda.

En caso de que la sobretensión resultante de la descarga atmosférica, rebase los límites de nivel de impulso del transformador, el devanado sujeto a este esfuerzo fallará.

La manifestación de este tipo de fallas, son bobinas deterioradas en la parte más cercana a la boquilla, o sea, al principio de la bobina.

Como el tiempo de duración de la falla es mucho muy corto, no se produce deterioro en el aceite, ni gasificación del mismo y por lo tanto, generalmente no se observan fallas ó "abombamiento" en el tanque.

Sobretensiones por transitorios.—Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de switcheo, por puesta de servicio y desconexión de bancos capacitores, etc. Los sobrevoltajes que se producen, son del orden de hasta dos veces el voltaje de operación, su daño es a largo plazo y se define en algunas ocasiones como un corto circuito entre espiras.

Si ya el aislamiento estaba deteriorado, se manifiesta la falla como por un "disparo de bala expansiva". La ionización generada contamina el aceite, lo gasifica y se observa un "abombamiento" en el tanque.

Sobrecargas.—Si las sobrecargas a que se sujeta el transformador no han sido tomadas en cuenta durante el diseño del aparato, éste se sujetará a un envejecimiento acelerado que destruirá sus aislamientos y su falla se definirá por un corto circuito entre espiras.

3.3.- RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO
DE TABLEROS EN BAJA TENSION:

Por lo general, estos tableros están integrados con los siguientes componentes:

- Interruptores en aire tipo electromagnético.
- Interruptores en caja moldeada tipo termomagnético.
- Barras colectoras y aisladoras soporte.
- Involvente de lámina de acero.

Estos tableros requieren mantenimiento ligero cada 6 meses (limpieza, inspección, hacer operar los dispositivos) y mantenimiento mayor cada 2 ó 3 años.

El mantenimiento mayor requiere hacer pruebas de operación a los interruptores; en el caso de los interruptores electromagnéticos ésto se logra mediante la inyección de corriente secundaria a los relevadores de protección, de manera tal que el interruptor pueda ser disparado de acuerdo a los diferentes magnitudes de corriente y tiempo correspondiente a los ajustes del relevador.

Para el caso de los interruptores termomagnéticos, la única forma de probarlo es inyectando corriente verdadera polo por polo y hacerlos operar para verificar su curva

de disparo; existen dispositivos de campo para este trabajo, aun que son sumamente escasos en el país y conviene dirigirse para ello a los fabricantes de Termomagnéticos. -

La metodología de limpieza es la misma que la recomendada para el tablero de alta tensión y el apriete de la diversa tornillería es también una rutina típica.

Es importante también verificar tanto en las barras como en los interruptores las resistencias de contacto con el PUSTER (Microresistencias).

Se deben inspeccionar los cables de salida de los alimentadores, sobre todo en los puntos de conexión a los interruptores termomagnéticos, que es donde generalmente se rompen los cables o se desoldan de las Zapatas Terminales.

El cableado en sí debe verificarse en cuanto a fractura en los aislamientos o deterioración de los mismos. Si está dañado, debe reemplazarse generalmente. Es conveniente aplicar la prueba de MEGGER, esperando valores típicos mayores a los 1000 MEGOHMS.

20.8.1. Interruptores Electromagnéticos.

Cuando son del tipo removible, pueden ser limpiados completamente, sobre todo el mecanismo el cual puede ser limpiado con aire seco comprimido y usando franelas secas y limpias.

Estando el interruptor cerrado se recomienda aplicar la prueba de MEGGER, de polo a polo y de un polo contra tierra.

Se recomienda hacer también pruebas dieléctricas con corriente directa (2000 Volts C-D) del tipo HIGH-POE, durante 1 minuto.

Es necesario revisar las cámaras de arqueo, en cuanto a carbonización o flamaos y conviene cambiarlas cuando las placas de separación se hayan fundido parcialmente.

Revise cuidadosamente conexiones flojas y partes rotas o desgastadas.

El mecanismo debe ser operado manualmente para observar fricciones o trabas. Debe ser cerrado y disparado 3 veces al menos.

Es necesario revisar los contactos en cuanto a desgaste, alineación y si están flameados, los contactos móviles deben hacer contacto dentro de una tolerancia de $1/16"$, lo que significa que una vez efectuado el primer contacto, el contacto móvil más lejano no debe estar separado más de $1/16"$. La superficie de contacto debe ser mayor al 80%.

Revise el viaje normal de los contactos y el "sobreviaje" de los mismos. Lubrique el mecanismo de acuerdo a recomendaciones del fabricante.

Para remover el óxido y la grasa vieja use solventes a base de petróleo o alcohol y trapo seco y limpio sin pelusas.

20.8.2.- RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE CENTROS DE CONTROL DE MOTORES.

Basicamente estos tableros consisten en:

a) Unidades removibles compuestas por.

- Arrancador para motor.
- Interruptor termomagnético.
- Luces indicadores.
- Botones de arranque y paro.
- Fusibles y transformador de control.
- Contactos móviles de enlace a barras colectoras.

b) Barras Colectoras, aisladoras soporte.

c) Envolvente metálica, soporte, puertas y tapas.

Mantenga los Centros de Control de Motores limpios y secos. Pocos centros de motores operan en ambientes limpios y secos. El aceite y la humedad siempre están presentes tanto en forma líquida como en la de vapor.

El polvo, las pelusas, son otro tipo de contaminantes; todos ellos crean un trabajo de mantenimiento pesado.

Las acumulaciones de polvo y suciedad deben ser removidas regularmente mediante aspiradora, soplando con aire seco; éste no debe ser muy enérgico de manera que algunas partículas filosas puedan incrustarse en los aislamientos. Una --cuidado especial se requiere cuando se colecta polvo con propiedades magnéticas adherido a partes magnéticas de los con--tactores (núcleos).

El aceite, el polvo y la humedad serán fácilmente removibles--limpiando las superficies afectadas con trapos secos y sin pe--lusas y solventes.

Donde existe condensación de humedad deban de usarse resistencias calefactoras.

Algunas recomendaciones generales pueden ser:

- 1.- La instalación debe ser probada satisfactoriamente antes--de ser aceptada y puesta en operación.
- 2.- Los aparatos deben de ser accesibles fácilmente para tra--bajos de inspección y reparación.
- 3.- Los envolventes o gabinetes deben de ser escogidos adecua--damente para las condiciones de operación:

- CABINETES A PRUEBA DE POLVO-MINAS, CEMENTERAS, PAPE--LERAS, TEXTILES.

- CABINETES A PRUEBA DE GOTEOS O HUMEDAD.

- CABINETES PARA AREAS PELIGROSAS.

- CABINETES PARA ATMOSFERAS CORROSIVAS.

- 4.- Tener un stock de partes de repuesto genuinas o adecuadas.
- 5.- Mantenga los contactos y las conexiones apretadas.

Cualquier conexión eléctrica floja causará problemas. Un circuito abierto es muy difícil de encontrar o una conexión que produce calor creará problemas y oxidación; el calor puede disparar los relevadores térmicos.

El rebote de los contactos puede causar arcos y a la larga ^{provocar} que estos se solden. Y a ello contribuye el hecho de que están flojos los mecanismos que los transportan.

- 6.- Reemplace los contactos en pares. Mantenga las presiones correctas.

Cada vez que los contactos cierran están sujetos a erosión eléctrica y mecánica, debido al arco y al efecto de choque y barrido mecánico que se da al momento de cerrar.

Lo anterior obliga a un considerable mantenimiento; el material se desgasta y se pierde la presión de contactos, se afecta la capacidad de corriente de los contactos y los contactos se calentarán, se carbonizarán llegando hasta soldarse. De ahí que la presión de contactos siempre debe de mantenerse entre los límites presentes por el fabricante.

Como una indicación de mantenimiento, con la bobina del contactor energizada y los contactos cerrados, observa el claro que queda entre el contacto móvil y su "STOP".

El claro no debe ser mayor a $1/64"$, debiendo renovar los contactos cuando este punto se alcance.

SIEMPRE REMUEVA TANTO LOS CONTACTOS FIJOS COMO LOS ESTACIONARIOS.

7.- Mantenimiento de contactos.

a) Contactos de cobre. Se ha usado por años y diseñado -- adecuadamente funcionan bién. Están sujetas sus superficies a oxidación y requieren frecuente limpieza para evitar éste problema.

b) Contactos de plata. No se oxidan y están sujetos a una menor resistencia de contacto, por lo que requieren poco mantenimiento causado por el uso normal.

c) Composiciones de plata fina o contactos SINTERIZADOS.-- Estos permiten un alto rango de corriente, con poca temperatura, poca erosión, y menor tendencia a soldarse. Se requiere poco mantenimiento de ellos.

8.- Otros aspectos del mantenimiento de contactores o arrancadores:

- Lubrique solo lo indicado por el fabricante.
- Mantenga en buen estado las cámaras de extinción del arco, en el caso de que haya.

Reviselas y si hay separadores quemados, sustituyala -- por otra.

- Revise integridad de aislamiento en el alambrado.
- Opere las bobinas al voltaje adecuado.
- Verifique si hay bobinas abiertas a cortocircuitadas.
- Revise el circuito magnético, para verificar que no -
existen rebabas o suciedad en el entrehierro, lo que puede -
causar que el contactor no cierre bien, arcos y la destruc
ción de los contactos.

Esto puede causar también ruido.

- Tenga cuidado con el establecimiento de "tierras" o -
caminos a tierra no deseados.

Esto además de ser peligroso, creará problemas de operación.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

4.8 AUTO-TRANSFORMADOR

Ing. Fernando Baqueiro

SEPTIEMBRE, 1985

Ventajas:

- 1) Característica de voltaje y devanado prácticamente igual - a la conexión Estrella-Estrella.
- 2) Pueden alimentarse simultáneamente cargas trifásicas, bi-fásicas y monofásicas.
- 3) Ambos neutros disponibles
- 4) Voltajes y corrientes de terceras armónicas son despreciables.

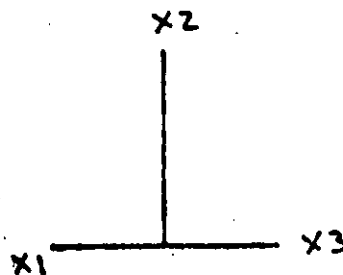
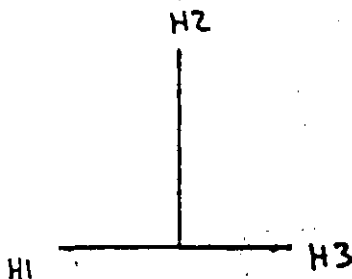
Desventajas:

- 1) Se necesitan dos transformadores monofásicos para hacer --- esta conexión.
- 2) Su capacidad debe ser 15.5% mayor que la carga real a alimentar.

Aplicaciones:

Su aplicación es muy reducida, ya que no es común encontrar --- cargas trifásicas, bifásicas y monofásicas juntas.

El ángulo de desfase = 0°



4.8.- AUTO-TRANSFORMADOR

Ventajas:

54

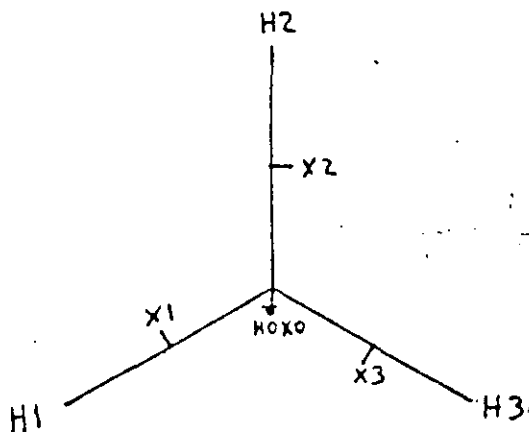
- 1) Menor costo inicial.
- 2) Menor tamaño, y peso para iguales KVA transformados.

Desventajas:

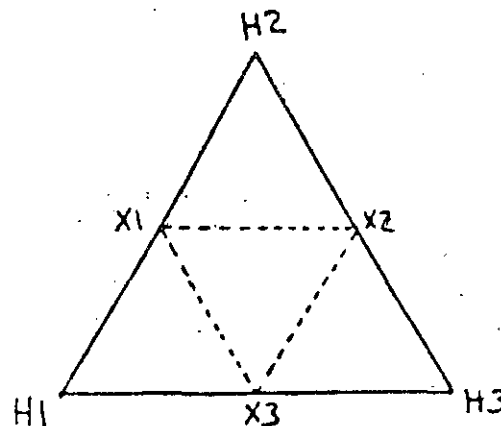
- 1) Siendo la reactancia entre primario y secundario pequeña, un autotransformador está más expuesto a fallar ante un corto circuito externo que un transformador de dos devanados independientes.
- 2) Debido a la continuidad eléctrica entre primario y secundario, el devanado de bajo voltaje debe diseñarse para soportar sobretensiones que pueda recibir el devanado de alta tensión.
- 3) La conexión entre primario y secundario forzosamente debe ser la misma, esto es, Estrella-Estrella, ó Delta-Delta.

Aplicaciones:

El auto-transformador tiene ventajas cuando la relación de transformación es menor o igual a 2, teniendo en cuenta que debe ser protegido por reactores externos.



ESTRELLA- ESTRELLA



DELTA-DELTA

Aplicaciones:

53

Para transformadores de "tierra" .

Se utiliza cuando se desea tener un punto de tierra donde no hay ningún transformador que pueda ser aterrizado.

El transformador de tierra no alimenta ninguna carga, y proporciona corriente solo cuando alguna línea se aterriza por falla.

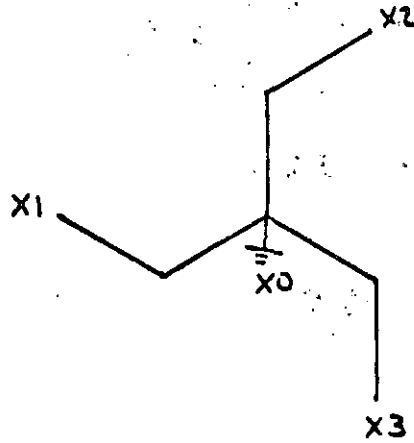


FIG. 1

$$KVA = \sqrt{3} I_{L-L} KV_{L-L} = \sqrt{3} I_{FASE} KV_{L-L}$$

$$I_{FASE} = \frac{1}{3} I_{NEUTRO}$$

$$KVA = \frac{1}{\sqrt{3}} KV_{L-L} I_{NEUTRO}$$

$$OHMS / FASE = KV_{FASE} / I_{FASE}$$

$$\% \text{ IMPEDANCIA} = (OHMS / FASE) KVA / 10 KV^2$$

DEDUCCION LE 5

SELECCION

KVA_{FASE}

E = VOLTS_{L-N}

KV_{L-L} BASE

Z = Ω / FASE

I = AMPS_{FASE}

$$I_{BASE} = KVA_{BASE} / \sqrt{3} KV_{L-L} BASE$$

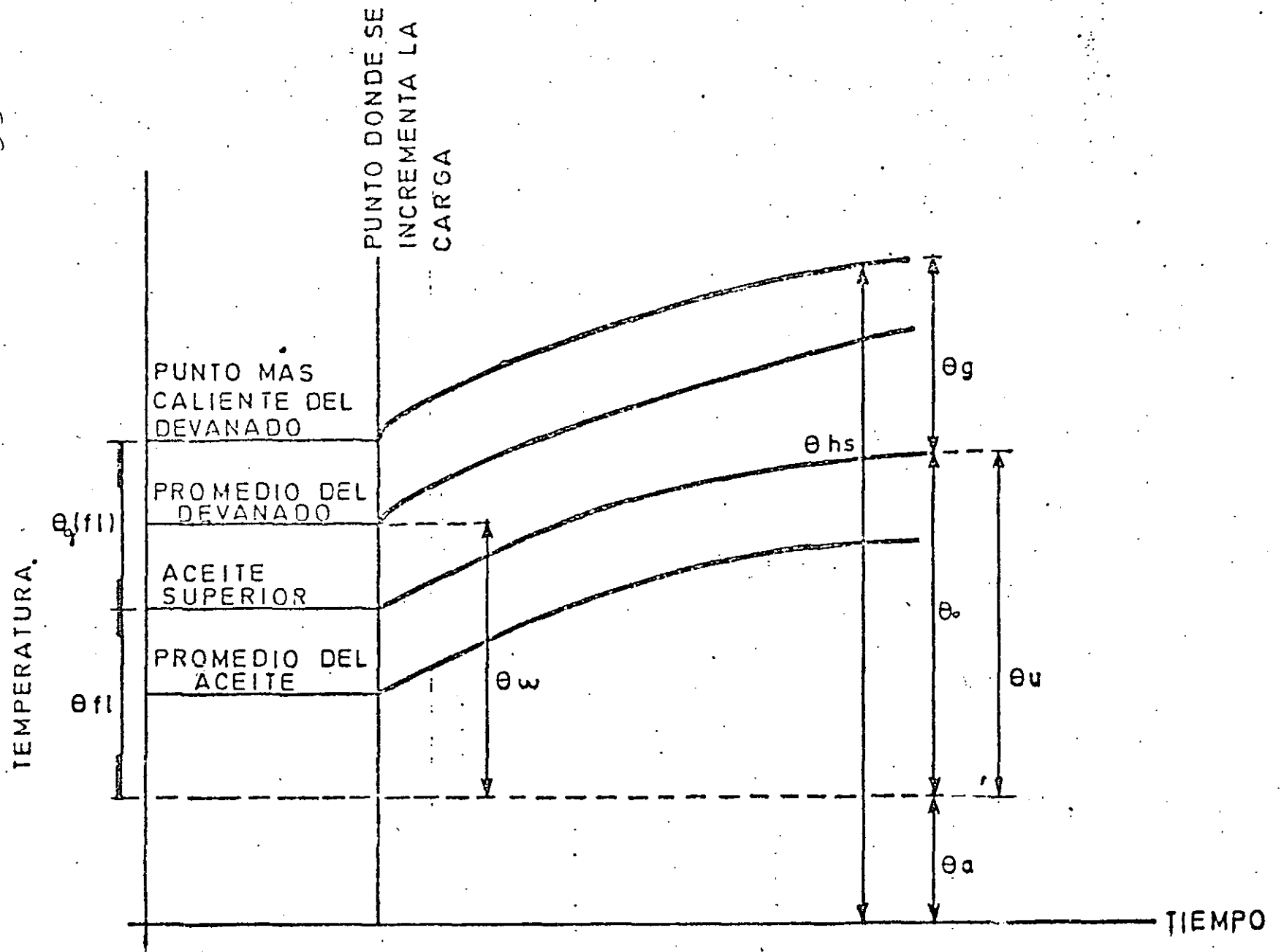
$$E_{BASE} = 1000 V_{L-L} / \sqrt{3}$$

$$Z_{BASE} = E_{BASE} / I_{BASE}$$

$$\Omega = Z_{BASE} \times \frac{\% Z}{100}$$

$$\% Z = \Omega \times 100 / Z_{BASE}$$

5.3 EN 5.5 SE OBTIENE 5



VARIACION DE LA TEMPERATURA DEL SISTEMA AISLANTE RESPECTO A LA CARGA.

FIG. 4

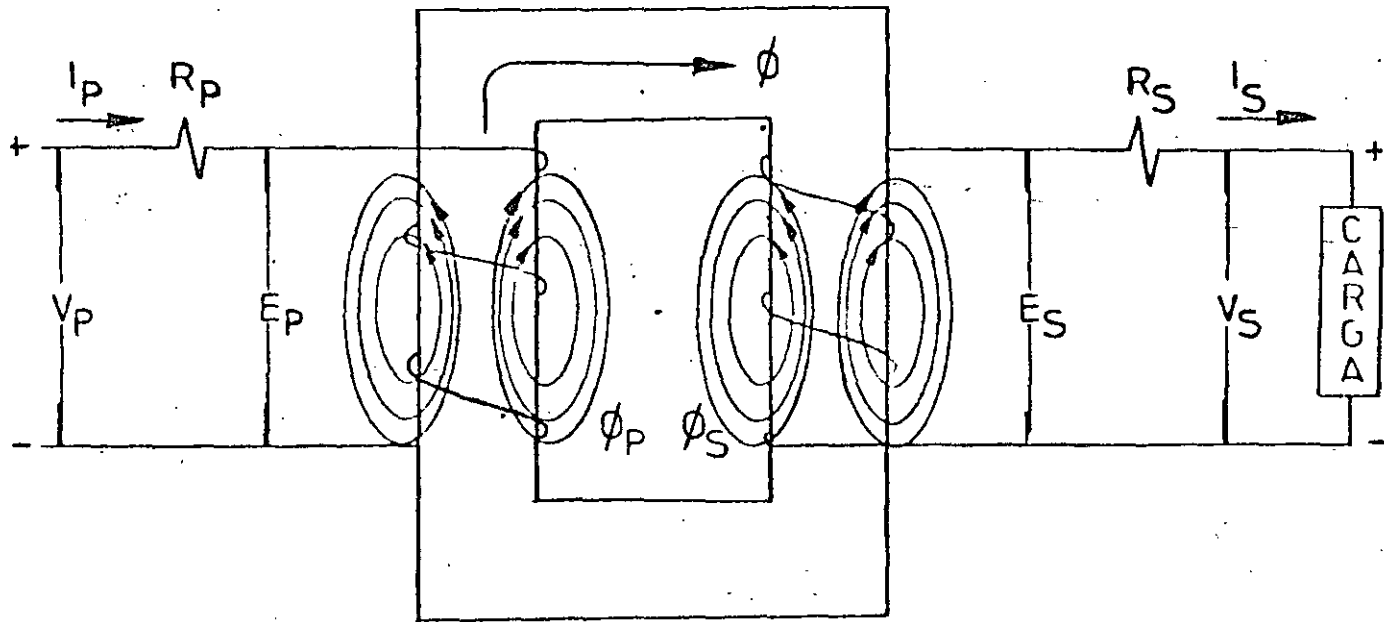


FIG. 7

54

APPENDIX 3

- ANSI/IEEE C57.12.00 - 1980 General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers (see Appendix C57.91).
- ANSI C57.12.10 - 1977 Requirements for Transformers 230 000 Volts and Below, 833/958 through 8333/10 417 kVA Single-Phase and 750/862 through 60 000/80 000/100 000 kVA Three-Phase, including Supplement ANSI C57.12.10a - 1978.
- ANSI C57.12.20 - 1981 Requirements for Overhead-Type Distribution Transformers 67 000 Volts and Below; 500 kVA and Smaller.
- ANSI C57.12.21 - 1980 Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Single-Phase Distribution Transformers with High-Voltage Bushings; High Voltage, 34 500 GrdY/19 920 Volts and Below; Low Voltage, 240/120 Volts; 167 kVA and Smaller.
- ANSI C57.12.22 - 1980 Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers with High Voltage Bushings; High-Voltage 34 500 GrdY/19 920 Volts and Below; 2500 kVA and Smaller.
- ANSI C57.12.23 - 1978 Requirements for Underground-Type Single-Phase Distribution Transformers with Separable Insulated High-Voltage Connectors, 100 kVA and Smaller; High Voltage 24 940 GrdY/14 400 Volts and Below; Low Voltage 240/120.
- ANSI C57.12.24 - 1978 Requirements for Underground-Type Three-Phase Distribution Transformers; 2500 kVA and Smaller; High Voltage 24 940 GrdY/14 400 Volts and Below; Low Voltage 480 Volts and Below.
- ANSI C57.12.25 - 1981 Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Single-Phase Distribution Transformers with Separable Insulated High-Voltage Connectors; High-Voltage 34 500 GrdY/19 920 Volts and Below; Low-Voltage 240/120 Volts; 167 kVA and Smaller.
- ANSI C57.12.26 - 1975 Requirements for Pad-Mounted Compartmental-Type Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers for use with Separable High-Voltage Connectors, High-Voltage 24 940 GrdY/14 400 Volts and Below; 2500 kVA and Smaller.

ANSI C57.12.70 - 1978 Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers.

ANSI/IEEE C57.12.80 - 1978 Terminology for Power and Distribution Transformers.

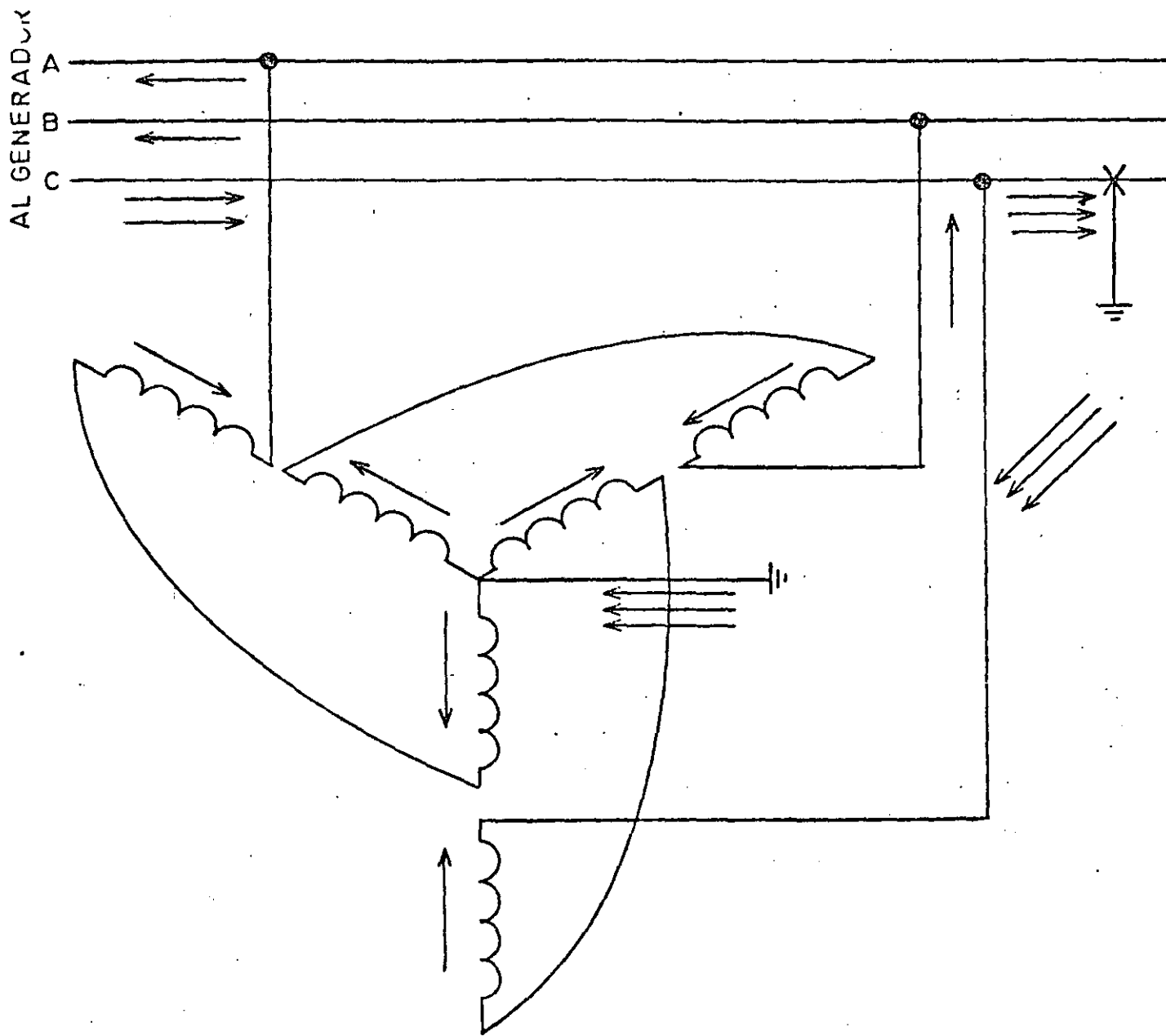
ANSI/IEEE C57.12.90 - 1980 Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.

ANSI/IEEE C57.91 - 1981 Guide for Loading Mineral Oil-Immersed Overhead-Type Distribution Transformers with 55°C or 65°C Average Winding Rise.

ANSI/IEEE C57.92 - 1981 Guide for Loading Oil-Immersed Distribution and Power Transformers.

NEMA TR1 - 1980 Transformers, Regulators and Reactors.

7004



DISTRIBUCION DE CORRIENTE EN EL TRANSFORMADOR 'ZIG-ZAG' EN UNA FALLA DE FASE A TIERRA.

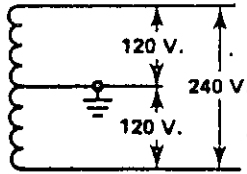
FIG. 2

**Secondary System
Voltage Level**

Diagram

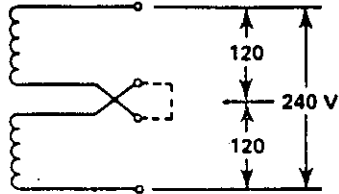
**Application
Comments**

(a) 240/120 volt, 3-wire,
1-phase



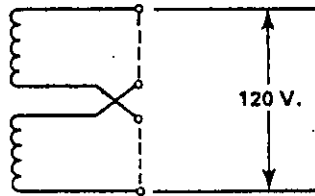
Residential and rural areas.
(More common to underground transformers)

(b) 120/240 volt, 3-wire,
1-phase (coils connected
in series)



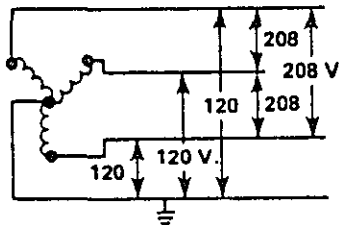
Residential and rural areas.
(More common to overhead transformers)

(c) 120 volt, 2-wire,
1-phase (coils connected
in parallel)



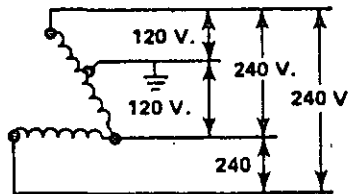
Residential and rural areas.
(More common to overhead transformers)

(d) 208Y/120 volt, 4-wire;
3-phase



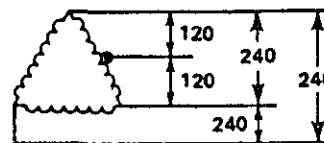
Commercial and industrial loads,
isolated 3-phase loads in
residential and rural areas.

(e) 240 volt open Delta with
120 volt mid-tap, 4-wire
3-phase



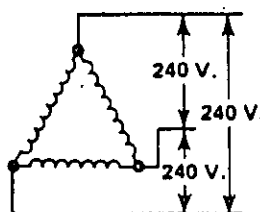
Residential, rural, and
commercial areas where
isolated 3-phase loads exist.

(f) 240 volt Delta with 120
volt tap, 4-wire, 3-phase



Industrial loads with small
lighting loads.

(g) 240 volt Delta, 3-wire
3-phase

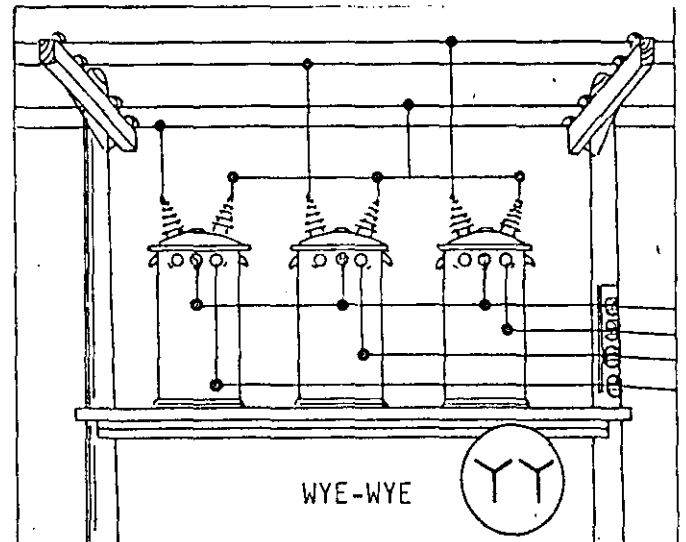
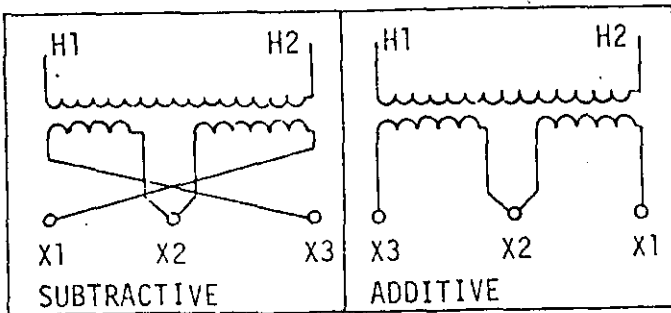
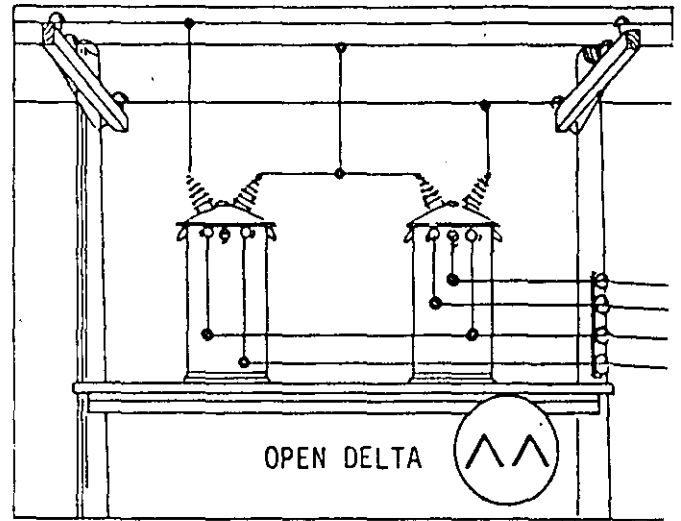
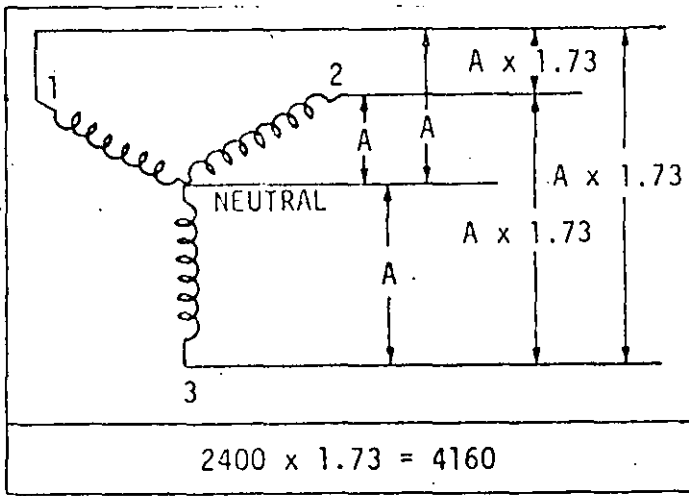
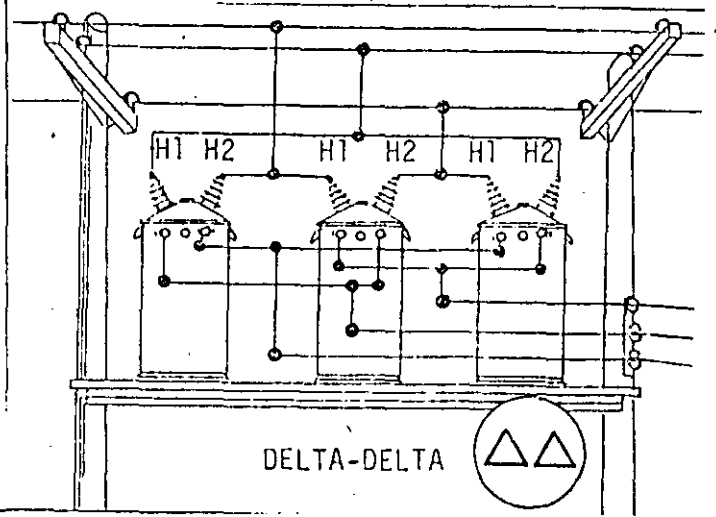
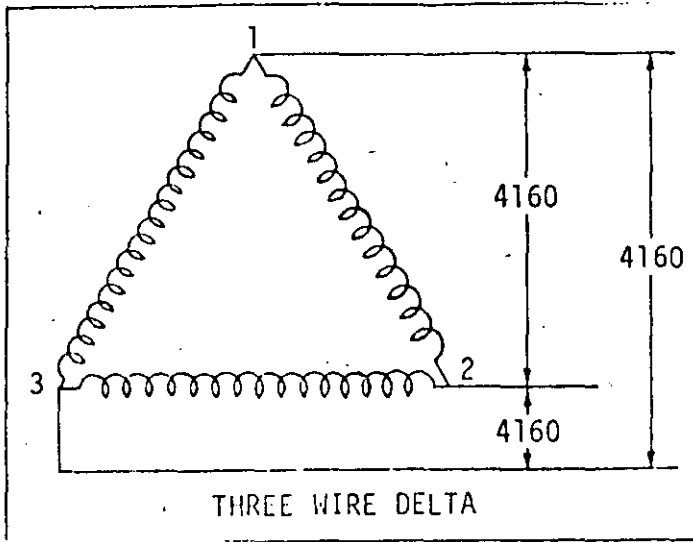


Industrial loads.

(h) 480 volt Delta, 3-wire,
3-phase

same as (g)
except 480 volt

Industrial and commercial loads.





DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

CONTINUACION DEL TEMA

CONSIDERACIONES IMPORTANTES AL INSTALAR UN BANCO
DE CAPACITORES

ING. LUIS MUROW ITQUIN

SEPTIEMBRE, 1985.

En el caso de locales cerrados, si hay peligro de que se sobrepasen las temperaturas indicadas en esta tabla, debe instalarse un sistema de ventilación forzada capaz de establecer una buena corriente de aire entre capacitor y capacitor.

Los problemas ocasionados por una ventilación defectuosa, suelen ser bastante más críticos en las instalaciones de capacitores en alta tensión, debido a las grandes concentraciones de energía instaladas normalmente. Sin embargo, tampoco deben subestimarse estos problemas en las instalaciones efectuadas a bajas tensiones industriales.

B) FRECUENCIA Y VOLTAJE DE OPERACION.- Los capacitores de potencia fabricados bajo normas americanas se diseñan para operar a una frecuencia nominal de 60 Hz. Sin embargo, no existe ningún inconveniente técnico para que estos capacitores operen a frecuencias más bajas. Esto implica una reducción de la potencia reactiva suministrada, proporcional a la reducción de frecuencias:

$$\text{(KVAR) suministrados} = \frac{\text{Frecuencia aplicada}}{60} \times \text{X (KVAR) nominales. [11]}$$

En operación normal, la frecuencia aplicada nunca debe exceder a los 60 Hz, nominales.

Análogamente, cuando los capacitores se operan a un voltaje nominal, disminuye la potencia reactiva proporcionalmente al cuadrado de la relación de voltajes:

$$\text{(KVAR) suministrados} = \left(\frac{\text{Volt. aplicado}}{\text{VOLT. nominal}} \right)^2 \times \text{X (KVAR) nominales [12]}$$

Los capacitores de potencia para alta tensión y, a veces, también los capacitores de potencia para bajas tensiones industriales, se fabrican de forma que puedan operar a sobrevoltajes de hasta el 10% de voltaje nominal, sin que aparezcan problemas de aislamientos, estabilidad térmica..., etc. Esto es para prevenir posibles fluctuaciones de voltaje en las líneas eléctricas y los pequeños sobrevoltajes que pudieran ocasionar los mismos capacitores al operar en condiciones de baja carga.

Sin embargo, en operación normal, debe tratarse de que el voltaje aplicado a los capacitores no exceda al valor de su voltaje nominal, ya que el deterioro que produce el sobrevoltaje sobre los dieléctricos es análogo al deterioro mencionado anteriormente, producido por el sobrecalentamiento.

El operar permanentemente a un sobrevoltaje del 10%, puede disminuir la vida media de un capacitor en más de un 50%.

Las relaciones [11] y [12] son consecuencia de la expresión :

$$KVAR = 2 \text{ fC (KV)}^2 \times 10^3 \quad [13]$$

en donde es

KVAR: Potencia reactiva del capacitor, en kilovares.

f: Frecuencia de operación, en ciclos por segundo.

C: Capacidad del capacitor, en microfaradios.

KV: Voltaje aplicado entre bornes, en Kilovolts.

Esta expresión se deduce fácilmente de la misma definición de potencia reactiva.

C) CORRIENTE NOMINAL DE OPERACION.- La corriente nominal de un capacitor monofásico puede calcularse por medio de la expresión.

$$I_N = \frac{KVAR}{(KV)} \quad [14]$$

siendo

KVAR : Potencia reactiva nominal del capacitor, en kilovares.

(KV) : Voltaje nominal, entre bornes, en kilovolts.

La corriente nominal, por fase, de un capacitor trifásico viene dada por la expresión :

$$I_{FN} = \frac{KVAR}{3 (KV)} \quad [15]$$

siendo

KVAR : Potencia reactiva nominal del capacitor, en kilovares.

(KV) : Voltaje nominal, entre fases, en kilovolts.

Esta expresión es independiente de que la conexión interna del capacitor sea en delta o en estrella.

Ambas expresiones [14] y [15], son una consecuencia inmediata de la definición de potencia reactiva.

Combinado las expresiones [13] y [14], se obtiene :

$$I = 2 \text{ fC (KV)} \times 10^3 \quad [16]$$

de donde se deduce que la corriente que toma un capacitor de potencia es directamente proporcional a la frecuencia de operación, a su capacidad y al voltaje aplicado entre bornes.

D) PERTURBACIONES PRODUCIDAS POR CORRIENTES ARMONICAS.- Existen instalaciones industriales que son especialmente propicias a generar corrientes armónicas de importancia. Instalaciones de hornos metalúrgicos de arco, hornos de inducción, grandes motores -- que entran y salen de operación frecuentemente..., etc. En estos casos, si no se toman ciertas precauciones con los capacitores de potencia instalados en las mismas, es posible que éstos queden sometidos a corrientes excesivas que causen una disminución notable de su vida media e incluso fallos de unidades en un tiempo corto de operación.

La expresión [16] muestra claramente el efecto que producen estas armónicas sobre la corriente que toma un capacitor. Por ejemplo, una séptima armónica tendría a hacer pasar por el capacitor una corriente siete veces mayor que la nominal, si no se presentase con una amplitud de voltaje más reducida que la de la onda fundamental.

Las corrientes armónicas que suelen encontrarse en la práctica, son de orden impar. Si se determina, por medio de un osciloscopio o un voltímetro de armónicas, -- que la señal de voltaje que llega a los capacitores contiene las armónicas 3a., 5a., 7a. ... etc., con valores eficaces e_3 , e_5 y e_7 , etc., respectivamente, medidos en tanto por ciento de la onda fundamental, el valor eficaz del voltaje total resultante aplicado al capacitor viene dado por la expresión :

$$V = 0.01 V_N \sqrt{100^2 + e_3^2 + e_5^2 + e_7^2 \dots} \quad [17]$$

Y la corriente eficaz total que toma cada capacitor.

$$I = 0.01 I_N \sqrt{100^2 + 9 e_3^2 + 25 e_5^2 + 49 e_7^2 \dots} \quad [18]$$

Siendo V_N e I_N , el voltaje y la corriente nominales, respectivamente, a la frecuencia nominal del capacitor.

El incremento de potencia reactiva de operación debido exclusivamente a la existencia de estas armónicas, puede calcularse, en tanto por ciento, según la expresión

$$\text{KVAR} = 0.01 (3 e_3^2 + 5 e_5^2 + 7 e_7^2 \dots) \% \quad [19]$$

Como una aproximación aceptable, este porcentaje puede considerarse referido a la potencia reactiva nominal del banco instalado.

Para los capacitores de potencia de alta tensión, las normas CCONNIE, NEMA y ANSI, recomiendan un límite máximo de un 10%, en sobrevoltaje, para el voltaje total resultante.

La sobrecorriente máxima permisible, debida a la onda de voltaje fundamental y sus armónicas, es del 80% de la corriente nominal.

La combinación de ambos factores, sobrevoltaje y sobrecorriente, no debe sobrepasar el incremento de potencia reactiva de operación máximo permisible, que es del 35%, con respecto a la potencia de baja tensión, el fabricante puede especificar límites más bajos.

Cuando se presenta un problema de sobrecarga de corriente o de potencia, los capacitores suelen mostrar síntomas de una temperatura de operación excesivamente elevada y en las peores circunstancias, una deformación del tanque que indica las altas presiones internas a las que está sometido el aparato, debido a la dilatación del líquido impregnante.

Cuando se planea un banco de capacitores para este tipo de instalaciones en las que cabe esperar en la onda fundamental de voltaje perturbaciones de consideración, debe preverse la existencia de estas sobrecorrientes, tanto en su alambrado como en todos sus accesorios y equipo auxiliar. Especialmente, deben tomarse las precauciones siguientes :

a) Tomar un cuidado especial en la ventilación, o incluso refrigeración del banco.

b) Dejar el neutro flotante, en caso de conexión en estrella.

Y si realmente existe el problema de sobrecarga de corriente o de potencia, se puede ver si es posible:

c) Desconectar el banco en los periodos de máxima generación de armónicas.

d) Cambiar de emplazamiento el banco, para evitar posibles resonancias parciales.

Si nada de esto resuelve el problema, puede pensarse en instalar unas inductancias de choque, en serie con el banco de capacitores, cuya reactancia inductiva represente una pequeña fracción de la reactancia capacitiva por fase del banco, para la frecuencia fundamental, constituyendo un verdadero choque para las altas frecuencias. La inducción de diseño de estos reactores depende del orden de las armónicas que estén causando el problema. Por consiguiente, es necesario determinar previamente dichas armónicas, por medio de un osciloscopio, oscilógrafo o algún voltímetro de armónicas.

En caso de que los niveles de armónicas fluctúen excesivamente, presentando una gran gama de armónicas de bajas y altas frecuencias, puede ser prácticamente imposible el proteger los capacitores con unas inductancias de choque.

E) CONDICIONES ANORMALES DE OPERACION.- En general, cuando los capacitores de potencia van a ser instalados en condiciones de operación anormales, es conveniente que el fabricante sea puesto en antecedentes por el usuario. Las normas CCONNIE, NEMA y ANSI, especifican que el fabricante debe ser puesto en antecedente de condiciones anormales de servicio, tales como :

- a) Exposición a humos o vapores corrosivos.
- b) Exposición a polvos conductores o explosivos.
- c) Exposición a choques mecánicos o vibraciones.
- d) Exposición a radiaciones de calor provenientes de superficies que se encuentren a mayor temperatura que la temperatura ambiente máxima a la que se permite operar a los capacitores; excluyendo las radiaciones solares.
- e) Montaje que dificulte una ventilación adecuada; ya sea por el agrupamiento de los capacitores, o por el lugar y circunstancias de la instalación.
- f) Operación a temperaturas ambiente más altas que la máxima permitida según normas, o especificaciones especiales del fabricante.
- g) Operación a altitudes superiores a 1,800 m., sobre el nivel del mar.
- h) Formas de onda distorsionadas, con armónicas que causen sobrecargas de corriente ó de potencia en los capacitores, superiores a las admitidas por las normas de fabricación de los mismos.
- i) Cualquier otro requerimiento especial, fuera de lo común.

F) PRUEBAS DE CAMPO.- Cuando en un banco de capacitores han sucedido problemas que hacen pensar en la existencia de alguna unidad fallada, o simplemente, cuando los capacitores han sido expuestos a condiciones de operación adversas, es conveniente cerciorarse del estado en que se encuentran dichos capacitores, efectuando las pruebas siguientes :

- a) Rigidez dieléctrica. El capacitor se somete a un voltaje entre bornes que no sobrepase el 75% del doble de su voltaje nominal. Dicho voltaje debe mantenerse por un tiempo que no exceda a 10 segundos.
Debe procurarse que tanto la subida de voltaje como la bajada, no se efectúe de una forma brusca.
- b) Capacidad. Es normal que en el lugar de la instalación sea difícil disponer de un puente de capacidad para alta o baja tensión. Sin embargo, puede determinarse satisfactoriamente la capacidad de cualquier unidad midiendo la corriente que toma el capacitor cuando se le somete a un voltaje y frecuencia conocidos (preferentemente a valores nominales). La capacidad, calculada de esta forma, debe estar comprendida en un rango de 0 a + 15% de la capacidad nominal del capacitor.

c) Resistencia entre bornes. La resistencia entre bornes puede medirse por medio de un megohmetro, o bien, calcularse sometiendo el capacitor a un voltaje de corriente directa conocido y midiendo la corriente que toma. Si el capacitor lleva resistencias internas de descarga, el valor obtenido coincidirá prácticamente con el valor de dichas resistencias, ya que la resistencia de aislamiento del dieléctrico es de un orden de magnitud mucho mayor que el de dichas resistencias de descarga.

Los valores obtenidos para las resistencias de descarga, deben estar comprendidos entre los límites especificados por el fabricante. Asimismo, debe solicitarse del fabricante el orden de magnitud de la resistencia del dieléctrico si es esta magnitud la que se ha medido.

d) Resistencia entre bornes y el tanque. Interesa medir esta magnitud para comprobar el estado de los aisladores que forman los bornes del capacitor y el estado de aislamiento del interior a tierra. La resistencia medida no debe ser inferior a 1,000 M Ω , exceptuando el caso de capacitores de un solo aislador y otro borne conectado al tanque, con resistencia de descarga interna. En este caso, el valor medido debe coincidir con el de la resistencia de descarga.

e) Prueba de fugas de impregnante. La hermeticidad del tanque puede probarse limpiando cuidadosamente el capacitor y someténdolo a un horneado de 75° C, durante unas cuatro horas. Esto creará una presión interna, debido a la dilatación del líquido impregnante, que tenderá a poner de manifiesto la fuga. Es conveniente colocar el capacitor sobre un papel limpio y tendido horizontalmente del lado en que se sospeche que existe la fuga.

f) Factor de disipación. El valor del factor de disipación, medido con precisión, puede dar una buena idea del buen estado o el grado de deterioro del dieléctrico del capacitor. Sin embargo, es una medida algo más difícil de efectuar, si no se cuenta con el equipo adecuado.

Para obtener resultados precisos, el factor de disipación debe medirse a la frecuencia nominal del capacitor y a un voltaje que no sea inferior al 25% a su voltaje nominal.

NOTA IMPORTANTE.- Al efectuar cualquier tipo de pruebas, deben tomarse las medidas de seguridad adecuadas, en previsión de un fallo violento del capacitor.

C) MANTENIMIENTO.- A las pocas horas después de haber instalado un nuevo banco de capacitores, debe efectuarse una inspección del mismo, comprobando :

- 1.º Que los voltajes de las fases están balanceados y permanecen dentro de los límites aceptables, según las especificaciones de los capacitores.
- 2.º Que la potencia reactiva de operación del banco, no excede en más del 35%, a la potencia reactiva nominal del mismo.

Nota.= Se considera como potencia reactiva de operación, a la suma de la potencia reactiva debida a la onda fundamental, más el incremento ocasionado por la existencia de armónicas en la red.

Esta inspección debe repetirse varias veces, durante los primeros periodos de baja carga, que es cuando el voltaje toma sus valores máximos.

En las inspecciones normales de mantenimiento, debe comprobarse la ventilación de los capacitores, el estado de los fusibles, la temperatura de operación y las condiciones de voltaje. Las porcelanas de los bornes deben limpiarse periódicamente con mayor frecuencia cuanto más severas sean las condiciones de servicio.

Si los capacitores están expuestos a unas condiciones atmosféricas muy adversas es conveniente volver a pintarlos periódicamente, a fin de impedir la corrosión y mantener una buena superficie radiadora de calor.

Nota importante : Antes de tocar los terminales de un capacitor que previamente ha sido energizado, deben dejarse transcurrir 5 minutos para su descarga interna y después, es preciso cortocircuitar las partes vivas y ponerlas a tierra.

Los capacitores pueden dañarse si se cortocircuitan las partes vivas antes de que haya transcurrido, al menos, un minuto de descarga.

DECISION DE INSTALAR LOS CAPACITORES EN ALTA O BAJA TENSION

A) FACTOR ECONOMICO.- Bajo el punto de vista económico suele resultar mucho más -- interesante el instalar los capacitores en el lado de alta tensión que en el de baja.

Para voltajes de línea de hasta unos 46 KV, la instalación de un banco de capacitores fijo en el lado de alta tensión suele resultar unas 100 veces más económica que la instalación de un banco de la misma potencia reactiva instalado en el lado de las bajas tensiones industriales.. Si en lugar de ser el banco fijo, se trata de un banco desconectable (con desconectadores operados manual o electricamente, capaces de conectar y desconectar el banco con carga), la instalación en alta tensión--- sigue resultando unas 6 veces más económica que en baja.

Para voltajes de línea superiores a los 100 KV, el aislamiento del banco y especialmente, el equipo de conexión y desconexión, suele encarecer notablemente el -- costo del banco de capacitores.

Análogicamente, en las instalaciones de bancos de capacitores de gran potencia reactiva, también resulta encarecido el costo por kilovar instalado.

No obstante, el costo de un banco de capacitores instalado en alta tensión, --- siempre resulta notablemente ventajoso frente al costo de un banco equivalente, instalado en el lado de baja tensión.

Sin embargo, pueden existir razones de tipo técnico que hagan necesaria la instalación de los capacitores en baja tensión.

B) FACTORES TECNICOS.- Cuando se quiere corregir el factor de potencia para evitar el pago de penalidad a las compañías eléctricas, deben instalarse los capacitores -- detras del equipo de medida de consumo de energía eléctrica, de forma que la corriente reactiva que fluye entre los capacitores y la carga industrial no pase a través - de dicho equipo de medida. Por consiguiente, cuando el equipo de medida se encuentre instalado en el lado de baja tensión, los capacitores de potencia deben ser --- instalados también en baja tensión.

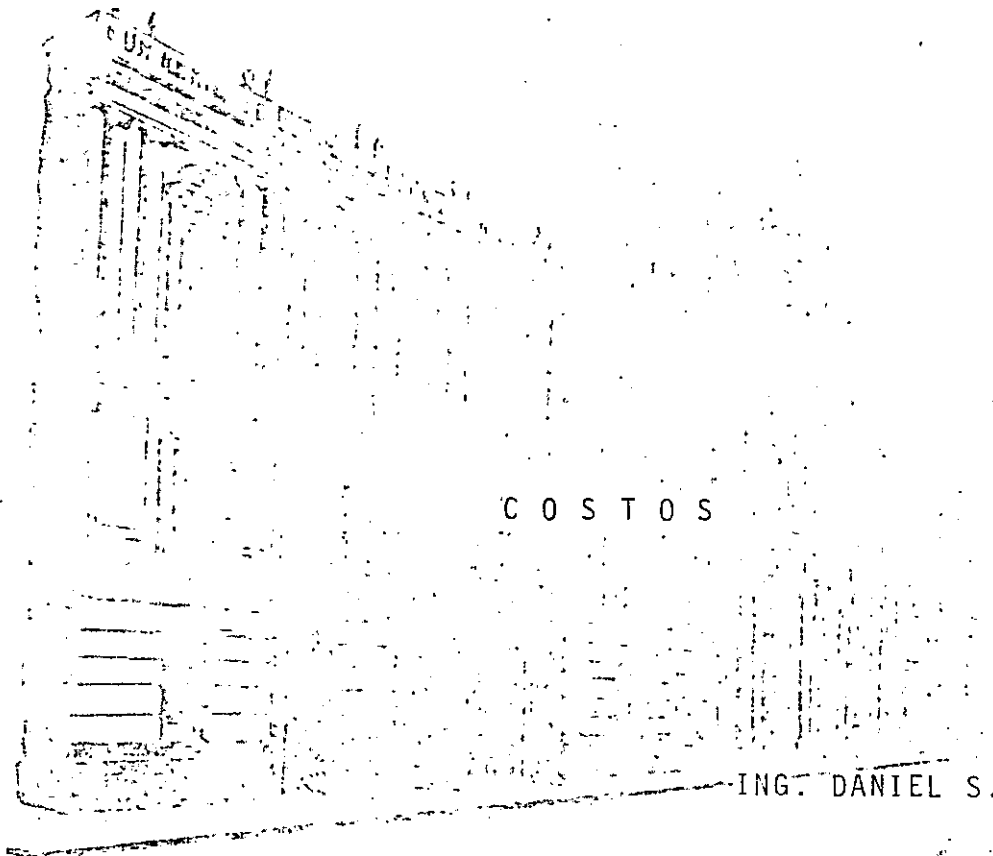
Cuando se quiere aumentar la capacidad de carga de un transformador, los capacitores deben instalarse en el lado del secundario de dicho transformador (normalmente lado de baja tensión), para que disminuya la corriente inductiva que pasa a través - del mismo.

Cuando se quieren disminuir las pérdidas por efecto Joule en una cierta instalación industrial, los capacitores deben instalarse junto a las cargas principales, de forma que eviten el paso de corrientes inductivas por el cableado. Si las cargas -- están conectadas en baja tensión, los capacitores deberán instalarse también en baja tensión.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II



C O S T O S

ING. DANIEL S. RODRIGUEZ S.

SEPTIEMBRE, 1985.

COSTOS

A) DEFINICION

B) COSTOS POR SU ORIGEN:

- 1.- Históricos
- 2.- Estadísticos
- 3.- Predeterminados

C) ELABORACION:

- 1.- Por la naturaleza de los gastos
- 2.- Por unidad de costeo
- 3.- Por proceso o centro de costos

D) RECOMENDACIONES:

- 1.- Cálculo de la mano de obra
- 2.- Cálculo de los materiales

A) DEFINICION

Los costos representan la suma total de los gastos incurridos para convertir una serie de elementos o materia prima en un servicio proporcionado o producto acabado. Estos gastos comprenden además del costo del material, toda la mano de obra directa y todos los gastos generales resultantes de los medios empleados.

B) COSTOS POR SU ORIGEN

Existe una clasificación de costos en cuanto a su origen, esta clasificación nos marca la siguiente división:

- ++ Costos históricos
- ++ Costos estadísticos
- ++ Costos predeterminados

1.- Costos históricos.-

Cuando nos guiamos por los costos incurridos en una tarea similar, realizada en el pasado, costo al que puede agregarse un porcentaje intuitivo debido a los incrementos actuales.

2.- Costos estadísticos.

Son los costos obtenidos en función a los datos que se han venido recopilando a través del tiempo de cada uno de los elementos del costo. Con las estadísticas obtenidas, puede pronosticarse el monto que tendrá cada concepto del costo, en el futuro de acuerdo a la tendencia marcada.

3.- Costos predeterminados.

Son costos estandares establecidos por un proceso que emplea a la vez la experiencia del pasado y los experimentos controlados. Así, el proceso de fijar los costos predeterminados comprende por lo general:

- 1.- Una selección minuciosa de los materiales
- 2.- Un estudio de tiempos y movimientos.
- 3.- Un estudio de ingeniería sobre el equipo.

El sistema de costos estandar compara los costos reales con los estándares y analiza cualquier diferencia entre los dos procurando investigar las causas

B) ELABORACION

La elaboración de los costos puede darse, de acuerdo a las tres bases de clasificación siguientes:

- ++ Por la naturaleza de los gastos incurridos
- ++ Por unidad de costeo
- ++ Por proceso o centro de costos

1.- Por la naturaleza de los gastos.-

Esta es una clasificación por elementos del costo, como por ejemplo:

Mano de obra directa

Corte

Estriado

Impresión

Etc.

Materiales

Boquilla de goma

Casquillo

Protectores

Etc.

Gastos generales

Gastos proporcionales de oficina

Impuestos

Seguros-accidentes

Seguros-incendio

Depreciación

Etc.

2.- Por unidad de costeo.-

Las unidades de costeo o de costo son los factores en función de los cuales se expresan los costos. El carbón se mide por toneladas, la gasolina por litros, la tela por metros, el papel por kilogramos, la madera por pies. En los trabajos especiales, la unidad es la propia tarea.

Se da una clasificación por unidades de costeo - para que una vez clasificados los costos puedan reunirse después con el fin de obtener el costo de diferentes unidades.

3.- Centros de costos.-

Casi todas las empresas están divididas en departamentos o áreas especializadas. Para los fines de los costos esas divisiones se conocen con el nombre de centro de costos. Los centros de costos se establecen para cargar los costos directos, como materiales, mano de obra y para distribuir los recargos por gastos generales.

D) RECOMENDACIONES

Sin interesar bajo que criterio se calculen los costos, no se deben pasar por alto las siguientes consideraciones:

1.- Mano de obra.-

La estimación del costo de la mano de obra deberá ser producto del conocimiento de las operaciones que hay que ejecutar, las herramientas que se utilizarán, las máquinas que se emplearán. Tiene que conocerse también las tarifas de los jornales pagados a los trabajadores que realizan diferentes operaciones, así como también el tiempo que debe llevarse cada una de las actividades.

2.- Materiales.-

El costo de los materiales implica cálculos laboriosos de las cantidades necesarias, teniendo en cuenta los porcentajes por desperdicios en el corte, la merma en longitudes por los dobleces, etc. El empleo de materiales sustitutos es un factor que habrá que tener en cuenta, así como también el costo del transporte de los materiales y equipo ya que en algunas ocasiones puede comprarse equipo libre a bordo (L.A.B.) en las instalaciones del proveedor.

PRESUPUESTOS

A) Definición

1.- Alcance

2.- Función

B) Factores que intervienen

C) Elementos

D) Conocimientos para calcular

E) Observaciones

A) Definición.-

Es práctica corriente calcular por anticipado el costo de ciertos trabajos o determinadas órdenes de fabricación que hay que ejecutar. Esos cálculos sirven a menudo de base para cotizaciones sobre posibles pedidos o contratos.

- 1.- La confección de los presupuestos de trabajo es una operación algo más vasta que el simple cálculo de los costos, ya que tiene que ocuparse a menudo de los aparatos, los métodos, las cantidades de materiales, los tiempos para las operaciones, etc., desde el punto de vista de la realidad. El presupuesto de materiales tiene que servir de base para su adquisición. Los tiempos tienen que determinarse para poder fijar las fechas de terminación.

- 2.- Para compilar los factores que intervienen, pueden utilizarse cifras de costos reales, del pasado o del presente, y datos relativos al equipo, maquinaria y demás medios disponibles, a las tarifas de jornales y a sus recargos, a los precios presentes y futuros de los materiales en el mercado, al conocimiento de los procesos que hay que realizar y a los tiempos necesarios, aplicando un buen criterio a todos estos elementos.

B) FACTORES

Los principales factores que hay que tener en cuenta en todos los presupuestos de costos son:

- 1.- Presupuestos anteriores
- 2.- Registro de costos efectivos anteriores
- 3.- Tarifas futuras probables de jornales, materiales y gastos generales.
- 4.- Utilización de maquinaria, herramienta, instalaciones y aparatos.
- 5.- Cantidades que comprenden el proyecto.
- 6.- Tiempo del que se dispone para el diseño, la instalación o ensamble y pruebas.
- 7.- Rendimiento de la mano de obra disponible.
- 8.- Estado de la competencia y posibilidad de conseguir contratos repetitivos.
- 9.- Un criterio sólido y bien madurado.

C) ELEMENTOS

Una vez que se ha considerado todo lo anterior, el personal encargado de la elaboración de presupuestos debe fijar los costos totales del proyecto completo teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- 1.- Costo de los trabajos de experimentación y desarrollo, incluidas las pruebas.
- 2.- Costo de los diseños de ingeniería.
- 3.- Costo de las herramientas, los modelos y los aparatos.
- 4.- Modificaciones en las instalaciones del cliente o propias.
- 5.- Materiales (materia prima, artículos o productos comprados fuera).
- 6.- Mano de obra
- 7.- Gastos generales.
- 8.- Costos de transporte
- 9.- Imprevistos
- 10.- Utilidades
- 11.- Impuestos.

D) Conocimientos que debe tener el personal que calcule presupuestos.

El personal encargado de presupuestos debe tener a la vez conocimientos de contabilidad general y de costos, instrucción en cuestiones de ingeniería y es conveniente que sepa leer los dibujos y planos, que tenga alguna experiencia de taller y también debe poseer la habilidad necesaria para estar al tanto de las circunstancias económicas imperantes, que varían constantemente y un conocimiento a fondo de cuestiones relativas a impuestos.

E) OBSERVACIONES

A continuación se anotan una serie de observaciones que deben tenerse en cuenta a la hora del cálculo del presupuesto total, en la elaboración final de la documentación relacionada y en la presentación de ésta.

El orden en que se presentan estas observaciones no indican el orden de importancia.

1.- Generalmente la presentación del presupuesto depende de como lo solicite el cliente,

a) Hay organismos o compañías a quienes les interesa saber únicamente el monto total del proyecto.

b) En ocasiones habrá que indicar el monto parcial por tipo de trabajo, como por ejemplo:

+ Obras civiles

+ Tubería

+ Cableado

+ Etc.

c) En otros casos deberá presentarse el presupuesto por elemento de costo, es decir: mano de obra, materiales; en este caso -- deberá incrementarse cada rublo con sus gastos generales proporcionales.

2.- Habrá ocasiones en que deban sacrificarse las -- utilidades para hacer competitivo el presupuesto.

3.- El bajo costo de un presupuesto no asegura el otorgamiento del contrato, a la hora de evaluar los -- presupuestos, intervienen en esta decisión otros -- criterios, como por ejemplo:

- + Prestigio de la compañía que presupuestó
- + Tiempo de terminación de la obra
- + Experiencias anteriores en la tarea
- + Conocimientos interpersonales
- + Etc.

4.- Hasta donde se pueda, no debe salirse de los precios del mercado.

5.- Siempre anotar claramente la vigencia de la oferta, así como también si los precios son fijos o variables.

6.- El presupuesto es la carta de presentación de la Empresa, por lo tanto debe ser revisado meticulosamente tanto en su contenido como en su forma antes de su entrega.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

B I B L I O G R A F I A

SEPTIEMBRE, 1985

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA PARA EL CURSO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

1. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR ELECTRIC POWER DISTRIBUTION FOR INDUSTRIAL PLANTS" (IEEE STD. 141-1976. RED BOOK)
2. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR ELECTRIC POWER SYSTEMS IN COMMERCIAL BUILDINGS" (IEEE STD. 241-1974, GRAY BOOK)
3. "INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK", DONALD BEEMAN, EDICION 1955
4. "I.E.S. LIGHTING HANDBOOK 1981" VOL. 1: REFERENCE VOLUME; VOL.2: APPLICATION VOLUME
5. "NORMAS TECNICAS DE EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS". SEPAFIN, 1982.
6. NATIONAL ELECTRIC CODE, 1984.
7. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR PROTECTION AND COORDINATION OF INDUSTRIAL AND COMMERCIAL POWER SYSTEMS" (IEEE STD. 242-1975, BUFF BOOK).
8. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR POWER SYSTEM ANALYSIS" (IEEE STD. 399-1980, BROWN BOOK).
9. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR GROUNDING INDUSTRIAL AND COMERCIAL POWER SYSTEMS" (IEEE STD 142-1982, GREEN BOOK).
10. "IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR EMERGENCY AND STANDBY POWER SYSTEMS FOR INDUSTRIAL AND COMMERCIAL APPLICATIONS" (IEEE STD. 446-1980 ORANGE BOOK).
11. "IEEE 80 GUIDE FOR SAFETY GROUNDING IN AC SUBSTARIONS", 1976. (PA RA SISTEMAS DE TIERRAS, NORMA IEEE)

12. "INDUSTRIAL POWER SYSTEMS DATA BOOK, GENERAL ELECTRIC, SCHENECTADY, N.Y. USA.
13. ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION REFERENCE BOOK, WESTERN GHOUSE.
14. STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS. ARCHER E. KNOWLTON
9TH. EDITION
15. IEEE TRANSACTIONS ON "INDUSTRY APPLICATIONS" (SE NECESITA INSCRIBIRSE AL IEEE)
16. IEEE TRANSACTIONS ON "POWER APPARATUS AND SYSTEMS" (SE NECESITA INSCRIBIRSE AL IEEE)
17. APPLIED PROTECTIVE RELAYING, 1979, WESTINGHOUSE



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

Ing. Enrique Ramírez Zermeño

SEPTIEMBRE, 1985

INFORMACION Y TRAMITACION DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA EN CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

INTRODUCCION

En términos del Artículo No. 7 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la prestación del servicio público de -- energía eléctrica que corresponde a la nación, está a cargo de Comisión Federal de Electricidad.

Para cumplir con el propósito de dicha prestación dentro de su estructura orgánica, la CFE cuenta con la Subdirección de Operación a través de la cual se atienden los asuntos relaciona-- dos con la generación, conducción, transformación, distribu-- ción y venta de energía eléctrica. La Gerencia de Distribu-- ción dependiente de la Subdirección de Operación, es la encar-- gada de establecer las políticas y normas generales en materia de distribución y comercialización de la energía eléctrica en el territorio nacional, así como las relativas a electrifica-- ción rural, con base en los lineamientos señalados por la Di-- rección General y la Subdirección de Operación.

Para cumplir con la tarea de distribución y comercializar la -- energía, la Comisión Federal de Electricidad cuenta con 12 Di-- visiones de Distribución en el interior del país y Cfa. de Luz y Fuerza del Centro, S.A. (en liquidación), en la parte cen-- tral del país.

Dentro de la estructura que comprende la organización de la -- Cfa. de Luz y Fuerza del Centro, S.A., se han designado a la -- Gerencia Comercial las funciones que a continuación se mencio-- nan.

FUNCIONES DE LA GERENCIA COMERCIAL

La Gerencia Comercial se encarga de las relaciones directas -- con todos los consumidores de energía eléctrica, que suman -- 3'038,809 al 31 de diciembre de 1983 en la zona que sirve la Empresa. En la Gerencia Comercial, se atienden los siguien-- tes aspectos:

Celebración de contratos de energía eléctrica.
Conexiones y desconexiones,
Lectura de medidores.
Cobranza a consumidores.
Cancelación de contratos.
Aclaraciones sobre adeudos y consumos.
Quejas acerca del servicio.
Mantenimiento de las instalaciones de servicio.
Electrificación de unidades habitacionales en el lado de alimentación de baja tensión.
Asignación y cobro de aportaciones por nuevos servicios (Solicitudes de Presupuesto).
Recuperación de adeudos de clientes morosos.
Atención de solicitudes de servicios nuevos o ampliaciones.
Cobro de reconexiones.
Adiestramiento del personal operativo y administrativo.
Estadística de consumidores.
Estudios tarifarios.
Análisis de costos.
Interpretación de tarifas.
Contratos especiales.
Relaciones con público y autoridades en todo lo relacionado - - con los servicios y la venta de energía eléctrica.

Las ramas de atención al público en que se divide la Gerencia Comercial son:

Subgerencia Comercial de Sucursales.
Subgerencia Comercial de Agencias Foráneas.
Subgerencia Comercial de Cuentas Especiales.

A continuación se describen las funciones particulares de las Subgerencias que tienen relación con el usuario y/o solicitante.

SUBGERENCIA COMERCIAL DE SUCURSALES

La Subgerencia Comercial de Sucursales, tiene a su cargo todas las funciones para la atención de los servicios ordinarios, que se suministran en baja tensión en la mayor parte del Distrito Federal y parte del Estado de México.

La Sección de Sucursales tiene a su cargo las funciones administrativas de atención a los usuarios para su contratación, conexión, desconexión, toma de lectura, facturación y cobranza de consumos, para ello cuenta con 28 sucursales divididas en cuatro sectores, cada una de las sucursales, de acuerdo con la zona en la que está situada, atiende determinado número de consumidores.

SUBGERENCIA COMERCIAL DE AGENCIAS FORANEAS

La Subgerencia Comercial de Agencias Foráneas atiende todo lo relacionado con los servicios suministrados a los consumidores ordinarios, en baja tensión principalmente, en las zonas foráneas del D.F. y en los estados de México, Hidalgo, Morales, Guerrero, Puebla, Michoacán y Tlaxcala. Esto se efectúa por medio de 48 agencias foráneas, 9 oficinas de contratos, lecturas y cobros y las unidades comerciales de los departamentos de Toluca y Pachuca.

Esta Subgerencia tiene asignada la atención de consumidores en más de 1120 localidades entre las que se encuentran algunas ciudades como las de Cuernavaca, Toluca y Pachuca, pueblos y otros centros de población.

SUBGERENCIA COMERCIAL DE CUENTAS ESPECIALES.

La Subgerencia Comercial de Cuentas Especiales consta de dos secciones: la Sección de Cuentas Especiales y la Sección de Presupuestos a Consumidores. En esta Subgerencia se realizan las labores tendientes a la atención de los servicios de todos aquéllos usuarios a quienes la Compañía estima que debe dar un tratamiento especial por presentar características diferentes a la mayoría. En este grupo se encuentran incluidos los servicios importantes en baja tensión, todos los servicios que se suministran en alta tensión industriales y comerciales y todos aquéllos que se suministran al gobierno, a las empresas y organismos descentralizados y que suman en total 26,354.

La Sección de Presupuestos a Consumidores tiene a su cargo la tramitación de solicitudes de presupuestos, gestiones de cobro, de aportaciones, contratos, conexiones y desconexiones, cortes y todo lo relacionado con los usuarios en este aspecto.

La Sección de Cuentas Especiales se encarga de los trabajos de toma de lecturas, cobranza, facturación y de la elaboración de los datos básicos para la contabilidad que se ejecuta en forma mecanizada en el Departamento de Máquinas Electrónicas y Procedimientos.

DATOS QUE DEBERAN PROPORCIONAR LOS INTERESADOS AL SOLICITAR --
SERVICIOS DE ENERGIA ELECTRICA. (PARA CARGAS MAYORES DE 40 KW).

5

②

I Entregar carta responsiva, firmada por un perito registrado en SEPAFIN. Segun Anexo 1 (Original y dos copias).

II Presentar escrito u oficio del interesado o su representante - legal (original y dos copias) dirigido a Compañía de Luz y -- Fuerza del Centro, S. A. Av. Melchor Ocampo No 171 7o Piso, --- México 17, D. F. indicando lo siguiente:

- 1.- Razón Social y dirección anotando calles transversales, co- lonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, enti- dad federativa y código postal. Además adjuntar croquis -- mostrando la ubicación del predio donde se requiere el ser- vicio.
- 2.- Actividad o giro para el que se requiere el servicio: fá- brica de plásticos, fundición, oficinas, etc.
- 3.- Nombre, teléfono y dirección del Ingeniero o Técnico res- ponsable de la obra, facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.
- 4.- Relación detallada de la carga total (según ejemplo del -- Anexo 2).
 - a) Lista de motores de acuerdo a su capacidad expresada en caballos de potencia y su equivalencia en kilowatts de -- acuerdo a la tabla de conversión (Anexo 3) clasificados en monofásicos y trifásicos.
 - b) Lista de lámparas clasificadas por tipo y capacidad en - watts. (fluorescentes, incandescentes, etc.) Para lámpa- ras que operen con reactor, incrementar el 25% de la ca- pacidad.
 - c) Número de contactos.
 - d) Relación de otros aparatos fijos, indicando su capacidad y número de fases, según datos de placa (hornos, calenta- dores, soldadoras mencionando su tipo, punteadoras, etc.)

=====
N O T A

Si se trata de un edificio de oficinas o departamentos, - indicar el número de niveles y carga de cada uno de ellos, especificando el servicio propio del edificio y número de oficinas o departamentos por nivel.

5.- Indicar la tensión deseada para el servicio: Baja Tensión -- (220/127 V) ó Alta Tensión (20/23 Kv).

6

⑧

a) En Baja Tensión:

Para cargas mayores de 100 Kw adjuntar carta compromiso en la cual aceptan proporcionar un local para alojar -- subestación (Anexo 4).

b) En Alta Tensión:

Presentar plano eléctrico de la subestación propiedad -- del solicitante, que indique las características técnicas y localización de está dentro del predio.

6.- Si se trata de un aumento de carga conectada, además de -- los datos anteriores indicar nombre, número de cuenta, carga y demanda contratadas. Presentar copia del contrato y -- último recibo.

7.- En servicios para edificios de oficinas, conjuntos comer-- ciales o habitacionales y fraccionamientos deberá cubrirse el importe del depósito correspondiente de acuerdo al Ane-- xo 5.

CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.

EJEMPLO DE COMO DEBERA PRESENTAR EL INTERESADO LA RELACION DETALLADA DE CARGA INSTALADA.

<u>Descripción</u>	<u>Subtotales en KW</u>
a).- 5 motores monofásicos de 1/4 Cp.	1.465 ✓
3 motores monofásicos de 1/2 Cp.	1.531
2 motores trifásicos de 1 Cp.	1.906 ✓
1 motor trifásico de 5 C.P.	4.490
	<u>9.442</u>
b).- 40 lámparas incandescentes de 60 w	2.400
20 lámparas fluorescentes de 74 w	1.850
4 lámparas vapor de mercurio 250 w	1.252
	<u>5.502</u>
c).- 25 contactos monofásicos para varios aparatos con _____	3.125
5 contactos trifásicos para varios aparatos portátiles con _____	1.5
	<u>4.625</u>
d).- 3 calefactores resistivos de 150 w c/u	1.200
2 copiadoras de 300 w c/u	1.600
1 horno eléctrico de 1500	1.500
1 aparato de Rayos "X" de 5 KVA	4.250
	<u>7.550</u>

SUMA TOTAL DE CARGAS ELECTRICAS - - - - - 37.561

e).- 1 Planta generadora de emergencia de combustión interna con 50 KVA de capacidad, 3 fases, 220 volts. Anexa proporcionamos memoria de cálculos y carta responsiva del proyecto de instalación.

f).- 2 tableros de fuerza, 3 tableros de alumbrado, 1 tablero mixto.

g).- 95 cajas de conexiones.

TABLA PARA CONVERTIR CABALLOS DE POTENCIA A KILOWATTS

10

<u>CAPACIDAD HP.</u>	<u>CAPACIDAD HOROP. KWATTS</u>	<u>CAPACIDAD TRIF. KWATTS</u>	<u>KW/HP</u>
1/20 = 0.0500	0.060		1.200
1/16 = 0.0625	0.080		1.280
1/8 = 0.1250	0.150		1.200
1/6 = 0.1666	0.202		1.212
1/5 = 0.2000	0.233		1.165
0.25	0.293	0.264	1.172 - 1.056
0.33	0.395	0.355	1.197 - 1.075
0.50	0.527	0.507	1.054 - 1.014
0.67	0.700	0.668	1.044 - 0.997
0.75	0.780	0.740	1.040 - 0.986
1.00 →	0.993	0.953	0.993 - 0.953
1.25	1.236	1.190	0.988 - 0.952
1.50	1.480	1.418	0.986 - 0.945
1.75	1.620	1.622	0.925 - 0.925
2.00	1.935	1.844	0.967 - 0.922
2.25	2.168	2.067	0.963 - 0.918
2.50	2.390	2.290	0.956 - 0.916
2.75	2.574	2.503	0.936 - 0.910
3.00	2.766	2.726	0.922 - 0.908
3.25		2.959	0.910
3.50		3.182	0.909
3.75		3.415	0.910
4.00		3.618	0.904
4.25		3.840	0.902
4.50		4.074	0.905
4.75		4.266	0.898
5.00		4.490	0.898
5.50		4.945	0.899
6.00		5.390	0.898
6.50		5.836	0.897
7.00		6.293	0.899
7.50		6.577	0.877
8.00		7.022	0.877
8.50		7.458	0.877
9.00		7.894	0.877
9.50		8.340	0.877
10.00		8.674	0.867
11.00		9.535	0.867
12.00		10.407	0.867
13.00		11.278	0.867
14.00		12.140	0.867
15.00		12.860	0.857
16.00		13.720	0.857
20.00		16.953	0.847
25.00		21.188	0.847
30.00		24.725	0.824
40.00		32.609	0.815
50.00		40.756	0.815

El factor de conversión de caballos de potencia (C.P.) a Kw. para
 motores de 10 caballos de potencia o mayores, es de 0.8 por cada

CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A.
SIRGERENCIA COMERCIAL DE CUENTAS ESPECIALES
MELCHOR OCAÑO No 171, 7o PISO
MEXICO 17, D.F.

Por medio del presente, aceptamos proporcionar una superficie de 426 mts x 364 mts y por 3.60 de altura, para la instalación de una subestación propiedad de esa Compañía en el predio que ocupa el edificio ubicado en _____

Asimismo estamos de acuerdo en que una vez que se haya preparado el proyecto para el suministro de energía eléctrica, firmaremos el convenio que normará la utilización de la superficie y construcción para la S.E.

A t e n t a m e n t e .

Razón Social _____
Dirección _____
Teléfonos _____

10

(13)

México, D.F. a

CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. (en liquidación)
Av. Melchor Ocampo No. 171, 7° Piso
México 17, D.F.

At'n: Subgerencia Comercial de Ctas.
Especiales,
Sección Presupuestos a Consum.
Ref.: SP. _____ OC. _____
Cuenta _____
Dem. contratada _____ Ks

Muy señores nuestros:

Por convenir así a nuestros intereses y de acuerdo con la autorización que nos dió la Dirección General de Energía de la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, instalamos una subestación sin cuchillas para prueba, en el servicio de alta tensión para nuestra fábrica ubicada en _____

Por ese motivo y para los efectos de prueba y calibración del equipo de medición que ustedes instalen dentro de nuestra subestación, damos nuestra conformidad para que se suspenda, en cualquier momento, el servicio que nos suministran.

Atentamente,

Gerente General o Apoderado

c.c.p' Pruebas
S.P.
Distribución
Arch. Central (2)

**ATENTO AVISO
A NUESTROS
CONSUMIDORES**

//

12

SIRVANSE TOMAR NOTA DE LAS CANTIDADES QUE A PARTIR DE ESTA FECHA DEBERAN CUBRIR A LA CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. POR CONCEPTO DE DEPOSITOS, AL FORMULAR SOLICITUDES DE PRESUPUESTO.

23 K.V. Doble alimentación	\$	50 000.00 *
Relocalizaciones	"	25 000.00 *
Parques Industriales, por hectárea	"	9 000.00 *
Redes de distribución para fraccionamientos:		
Hasta 100 lotes	\$	50 000.00 *
Más de 100 lotes, por lote	"	500.00 *
Redes de distribución para Unidades Habitacionales, Centros Comerciales y Fracciones Prediales:		
Hasta 25 servicios	\$	25 000.00 *
Hasta 100 servicios	"	50 000.00 *
Más de 100 servicios, por cada servicio	"	500.00 *
Alumbrado Público, por cada lámpara	"	350.00 *
Hasta 30 lámparas	"	10 500.00 *
Servicios en 85 KV.	"	600 000.00 *

EL HORARIO PARA RECIBIR PAGOS ES:
DE LAS 8.00 HRS. A LAS 12.30 HRS.

* MAS 15% DE IVA

Atentamente
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.
(EN LIQUIDACION)

MEXICO, D.F. JULIO DE 1983.

Doméstico

(23) 12

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicarseles ninguna otra tarifa.

1-A

Doméstico para Localidades con Clima muy Cálido

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades con clima muy cálido. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicarseles ninguna otra tarifa.

2

General hasta 25 Kw de Demanda

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 (veinticinco) Kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

General para más de 25Kw. de Demanda

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demandas de más de 25 (veinticinco) Kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

4

Para Molinos de Nixtamal y Tortillerías

Esta tarifa sólo se aplicará para el servicio en baja tensión a molinos de nixtamal y tortillerías oficialmente autorizados. Se permitirá para alumbrado en los locales de los mismos hasta un máximo de 40 (cuarenta) watts por cada Kilowatt de capacidad instalada en motores o, cuando no haya éstos o sean de reducida capacidad hasta un máximo de 200 (doscientos) watts.

- | | | |
|----|--|---|
| 5 | Para Alumbrado Público. | Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio de alumbrado de calles, plazas, parques y jardines públicos, así como el servicio a semáforos. |
| 6 | Para Bombeo de Aguas Potables o Negras. | Esta tarifa se aplicará al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras. |
| 7 | Temporal. | Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio. |
| 8 | General en Alta Tensión. | Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en alta tensión a cualquier uso, con demanda inicial de 20 (veinte) kilowatts e más. |
| 9 | Para Bombeo de Agua para Riego Agrícola. | Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en alta o baja tensión, que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentra instalado el equipo de bombeo. |
| 10 | En Alta Tensión para Reventa. | Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en alta tensión para revenderla al público. |
| 11 | En Alta Tensión para Explotación y Beneficio de Minerales. | Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en alta tensión para explotación y beneficio de minerales, con una demanda superior a 20 (veinte) kilowatts. |

SERVICIO:

25

APLICACIONES:

General para 5000 KW o más de Demanda a Tensiones de 66 KVo Superiores.

14 Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, con una demanda inicial de 5000 (cinco mil) kilowatts o más, suministrados a tensiones de 66 (sesenta y seis) kilovolts superiores.

Organo del Gobierno
Constitucional
de los Estados Libres y
Independientes del Centro, Sur y
Occidente de los Estados Unidos Mexicanos



15
DIARIO
OFICIAL

(39)
México, D. F.,
Viernes 30
de Diciembre
de 1983

DIC 30 11 07 AM '83

PRIMERA SECCION

Registrado como artículo de 2a. clase en el año 1981
Director: Lic. Luis de la Hidalga

Tomo CCCLXXI
No. 44

INDICE

PRIMERA SECCION

SECRETARIAS DE ESTADO

Gobernación.....	5
Hacienda y Crédito Público.....	7
Comunicaciones y Transportes.....	41
Trabajo y Previsión Social.....	42
Reforma Agraria.....	46
Convocatorias para Concursos de Obras y Adquisiciones.....	56

SEGUNDA SECCION

Hacienda y Crédito Público.....	1
<i>Ley que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones fiscales y que modifica Decreto de carácter mercantil.</i>	

TERCERA SECCION

Trabajo y Previsión Social.....	1
<i>Resolución del H. Consejo de Representantes de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, que fija salarios mínimos generales y para trabajadores del campo en las 89 Zonas Económicas, en que está dividida la República Mexicana, así como salarios mínimos profesionales, para el año de 1984.</i>	
Reforma Agraria.....	25

ESTA EDICION CONSTA DE 224 PAGINAS EN 3 SECCIONES

AVISO

EN EL AREA METROPOLITANA PUEDE
ADQUIRIRSE EL DIARIO OFICIAL EN TODOS
LOS PUESTOS DE VENTA DE PERIODICOS Y
REVISTAS.

b).—Reducir el salario del trabajador;

c).—No entregar el salario en la fecha o lugar convenidos o acostumbrados; y

d).—Hacer descuentos al salario por conceptos no permitidos en esta Ley.

V.—Ocasionar el personal directivo o administrativo intencionalmente daños a las herramientas o útiles de trabajo y responsabilizar de ello al trabajador.

VI.—Ocasionar o permitir la existencia de un peligro grave para la seguridad o la salud del trabajador, ya sea por carecer de condiciones higiénicas el establecimiento o porque no se cumplan las medidas preventivas de seguridad que las leyes establezcan;

VII.—Comprometer la institución con su imprudencia o descuido inexcusable la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en él, y

VIII.—Las análogas a las establecidas en las fracciones anteriores, de igual manera graves y de consecuencias semejantes en lo que al trabajo se refieren.

ARTICULO 22.—Son causas de terminación de las relaciones de trabajo:

I.—La renuncia del trabajador presentada por escrito;

II.—La terminación del tiempo o de la obra, en los casos en que el trabajador haya sido nombrado por tiempo u obra determinados;

III.—Que el trabajador adquiera la calidad de pensionado por jubilación, por invalidez o por incapacidad permanente total;

IV.—La incapacidad física o mental o la inhabilidad manifiesta del trabajador que haga imposible la prestación del trabajo, y

V.—La muerte del trabajador.

CAPITULO QUINTO

De la Federación Nacional de Sindicatos Bancarios

ARTICULO 23.—Los sindicatos podrán constituir y adherirse a la Federación Nacional de Sindicatos Bancarios, única central reconocida para los efectos de esta Ley.

CAPITULO SEXTO

De la supervisión de las instituciones

ARTICULO 24.—La Secretaría de Hacienda y Crédito Público deberá en todo tiempo super-

visar, a través de la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros, que las instituciones cumplan con las obligaciones que les impongan la presente Ley y demás disposiciones aplicables, así como para proveer lo necesario para su debida y cabal aplicación

TRANSITORIOS

ARTICULO PRIMERO.—La presente Ley entrará en vigor el 1o. de enero de 1984.

ARTICULO SEGUNDO.—Se derogan las disposiciones que se opongan a lo establecido en este ordenamiento.

ARTICULO TERCERO.—En tanto se existan las condiciones generales de trabajo de las instituciones, seguirán aplicándose los Reglamentos Interiores de Trabajo respectivos. Dichas condiciones deberán expedirse dentro de los tres meses posteriores a la fecha de entrada en vigor de la presente Ley.

ARTICULO CUARTO.—Las relaciones laborales de los trabajadores al servicio de las instituciones continuarán surtiendo efectos y deberán formalizarse con la expedición de los nombramientos correspondientes, en un plazo no mayor de seis meses a partir de su entrada en vigor. La falta de expedición de los nombramientos no impedirá la continuación de la relación de trabajo establecida con anterioridad al vencimiento de dicho plazo.

México, D. F., a 29 de diciembre de 1983.—Luz Lajous, D.P.—Raúl Salinas Lozano, S.P.—Enrique León Martínez, D.S.—Myrna Esther Hoyos de Navarrete, S.S.—Rúbricas."

En cumplimiento de lo dispuesto por la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y para su debida publicación y observancia, expido el presente Decreto en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veintinueve días del mes de diciembre de mil novecientos ochenta y tres.—Miguel de la Madrid Hurtado.—Rúbrica.—El Secretario de Hacienda y Crédito Público, Jesús Silva Herzog.—Rúbrica.—Secretario del Trabajo y Previsión Social, Arsenio Farrell Cuhillas.—Rúbrica.—El Secretario de Gobernación, Manuel Bartlett Díaz.—Rúbrica.

—oOo—

Acuerdo que autoriza el ajuste, modificación y reestructuración de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Hacienda y Crédito Público.—Secretaría Particular.—No. Of.: 101-1000.

17

(1)

**ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE,
MODIFICACION Y REESTRUCTURACION DE
LAS TARIFAS PARA EL SUMINISTRO Y
VENTA DE ENERGIA ELECTRICA.**

Con fundamento en los artículos 12 fracción VI, 30, 31, 32 y 33 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; y en ejercicio de las atribuciones que a esta Secretaría le confiere el artículo 31 fracción XV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; y

CONSIDERANDO

Que mediante escrito fechado el ocho de diciembre en curso, el Director General de la Comisión Federal de Electricidad, actuando también con el carácter de representante legal de las empresas en liquidación denominadas: Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. y sus Asociadas, Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A., Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S. A. y Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S. A., solicitó de esta Secretaría, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 31 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la modificación, reestructuración y ajuste de las tarifas que rigen la venta de energía eléctrica en el país, con el fin, según manifestó, de compensar parcialmente los incrementos en los costos internos y externos y el deterioro en el precio real de la electricidad; reducir la presión financiera a que se ha visto sujeto el sector eléctrico nacionalizado en los últimos años y atender la creciente demanda del mercado eléctrico, por lo que requiere ineludiblemente, allegarse recursos propios adicionales que contribuyan gradualmente al mejoramiento de su economía y estar en aptitud de continuar la realización de inversiones en obras nuevas, para garantizar el oportuno suministro de energía, acorde con el desarrollo del país y asegurar la buena marcha del sector eléctrico, el que, de conformidad con lo consignado en la solicitud, ha puesto ya en práctica acciones específicas en materia de productividad y organización interna; y está cumpliendo estrictamente el programa de obras e inversiones, atendándose en forma especial la diversificación de las fuentes de energía eléctrica distintas de los hidrocarburos.

Que la Comisión Federal de Electricidad acreditó que según lo previsto en el artículo 12 fracción VI de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, obtuvo de su Junta de Gobierno, la aprobación de las bases, criterios y propuestas de adecuación tarifaria, sometidos a consideración de dicho Organismo; y acompañó a la solicitud sus balances generales, estados y proyecciones financieras, estudios y análisis, para fundamentar su propuesta.

Que de la información aportada por la Comisión Federal de Electricidad, se infiere que los recursos propios derivados de la venta de energía eléctrica, constituyen sólo un reducido porcentaje del total que representan los diversos renglones de erogaciones del sector; y que por resultar deficitarias todas las tarifas, se requieren crecientes aportaciones y subsidios del Gobierno Federal.

Del análisis efectuado por esta Secretaría se

desprende que el quebranto patrimonial en cuanto a recursos propios del Sector deriva principalmente de la diferencia entre los ingresos por venta de energía eléctrica cuyo precio real se redujo en los últimos años; y el costo de generación, transmisión, distribución y entrega de energía eléctrica, como consecuencia de los fenómenos de inflación y el consiguiente incremento en el precio de los insumos internos y externos y particularmente de los materiales y equipos, así como de los intereses de los créditos obtenidos para hacer frente a los requerimientos de nuevas obras de infraestructura, que es indispensable realizar, en cumplimiento a las medidas de política en materia energética, para satisfacer la demanda de energía eléctrica en los próximos años.

Que por la especial trascendencia que reviste la prestación del servicio público de energía eléctrica, se estima pertinente destacar, con fines de transparencia y para la mejor fundamentación de las modificaciones tarifarias materia del presente, los principales datos y resultados derivados del análisis efectuado:

— El 87% del total de usuarios del sector, se rige por las tarifas domésticas, cuyo importe representa el 21% de las ventas totales y el 52% del déficit total actual por tarifas. El precio del suministro, que en diciembre en curso será de un 17% del costo medio de producción del KWH, ha demostrado una evolución muy inferior a la casi totalidad de los comprendidos en el índice de precios al consumidor.

— El 41% de los usuarios de esas tarifas, consumen 50 KW-hora por mes o menos; por lo cual en ese rango, mientras en 1962 se requerían 14.5 horas de salario mínimo para cubrir la facturación respectiva, para julio de 1983, bastaban aproximadamente 2 horas. Por otra parte, el consumo medio mensual de energía eléctrica en México, para el sector residencial, es de 109 KWH por mes, por lo que la captación de ingresos es muy baja comparada con el costo.

— En tarifa 1-A, para localidades con clima muy cálido, se aplica durante los 5 meses de mayor temperatura en el año, un solo precio reducido al KWH, con un nivel casi igual al precio del primer bloque de energía de la tarifa 1; y puesto que tiene una misma cuota en dicha época para cualquier consumo, propicia el uso dispendioso de la energía, respecto de los usuarios con consumos elevados y favorece en menor grado, a los de bajo consumo; mientras que durante el resto del año la propia tarifa, igual a la tarifa 1, apoya a los usuarios de bajos ingresos.

— De acuerdo con la información examinada, la incidencia en el gasto familiar del costo de energía eléctrica, es muy reducida, en comparación con los diversos renglones que constituyen aquél.

— A partir de 1962, se registra también un déficit en los servicios industriales, cuyo precio medio igualmente ha disminuido en términos reales. Su incidencia es comúnmente inferior al 2% del valor bruto total de la producción industrial, sobrepasando ese porcentaje, únicamente

en firmas de las 72 consideradas en la matriz de insumo-producto, destacando que, de las 265 clases de actividad económica consideradas en el último censo industrial, sólo 20 representan una incidencia superior al repetido porcentaje.

— Las tarifas industriales aplicables al sistema eléctrico nacional, son en general hasta 3.7 veces más bajas, para factores de carga de 0.50, que las de la mayoría de empresas estadounidenses y de Centro y Sur América.

— En la tarifa 2, relativa al servicio general hasta 25 KW de demanda, se encuentran incluidos el 11.4% de los usuarios del sector. Se aplica en un porcentaje apreciable a pequeños comercios y la estructura vigente favorece a bajos consumos.

— La tarifa 6, para alumbrado público, permaneció sin variación en los precios por casi 6 años, hasta agosto de 1982, por lo que su relación precio-coste, es de sólo 0.36.

— La tarifa 9, para servicio agrícola, ha tenido un déficit pronunciado desde 1972, por haberse establecido precios muy inferiores a los costos de suministro, independientemente de los subsidios implícitos y explícitos que ha otorgado el Gobierno Federal a los consumidores correspondientes, quienes se encuentran además, exentos del pago del Impuesto al Valor Agregado; por lo que su efecto directo ha sido muy pequeño, en el valor bruto de la producción del sector agrícola.

— La tarifa 4, para servicio de energía eléctrica para molinos de nixtamal, resulta la más deficiente, al haberse establecido precios muy inferiores al costo, por obvias razones sociales.

— Que por otra parte y según consta de los análisis llevados al cabo, desde 1977 se estableció un plan de incremento de productividad del sector eléctrico, que ha permitido aumentar de 0.733 GWH vendidos por trabajador en operación, a 0.932 en el año de 1982, lo cual significa una mejora de 27%.

— Igualmente, se han logrado mejoras en la productividad de los combustibles, entre otros motivos por el incremento de la capacidad de las unidades termoelectricas nuevas que han entrado en operación.

— La capacidad instalada para generar energía eléctrica se incrementó a un ritmo en promedio del 9.7% anual entre 1970 y 1982, al pasar de 6,068 MW a 18,390 MW.

— Han continuado los programas de expansión del sector eléctrico, diversificándose el uso de energéticos primarios, requiriéndose inversiones mayores a fin de reducir proporcionalmente, el consumo de hidrocarburos y a mediano plazo, el costo de operación.

Que los elementos mencionados, robustecen la conclusión en el sentido de que los recursos propios del sector eléctrico nacionalizado, son notoriamente insuficientes para compensar los incrementos en los precios de los insumos, principalmente por la diferencia entre el precio de venta y el costo de producción de la energía, así como por el costo financiero elevado, consecuencia de la contratación de créditos, en su mayoría externos.

Que por los motivos anteriores y pese a las aportaciones del Gobierno Federal y a los ayudas ajustes tarifarios, subsiste una diferencia respecto de los costos, por el decremento en términos reales, del precio de venta de la energía, que es imperativo corregir para evitar que continúe prestandose el servicio en condiciones deficitarias, haciéndose uso excesivo de créditos internos y externos; y absorbiendo el Gobierno Federal, subsidios crecientes, que de todas maneras paga el pueblo, por lo que, en armonía con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo expedido por el titular del Poder Ejecutivo Federal y en el Programa de Reordenación Económica, han de adoptarse medidas para asegurar la continuidad del servicio y la indispensable expansión del sector eléctrico, con base en una sana política tarifaria, flexible y realista, que permita a mediano plazo la autosustentabilidad de los suministradores; así como una más adecuada distribución de los ingresos del sector público.

Que en los estudios presentados por el Organismo, además del ajuste de tarifas, se propone la adecuación de algunas estructuras tarifarias; estimándose por esta Secretaría que, al unificarse los dos cargos por demanda de las tarifas industriales, tal como se sugiere en la solicitud, se logra una simplificación, propiciándose el uso racional de energía, al relacionarse la utilización de la misma, con el factor de carga; y que procede también la supresión de la Tarifa 11, que se ha dejado de aplicar y que reza específicamente para empresas mineras, las que se incorporaron a las tarifas 8 o 12, según los casos.

Que igualmente en los repetidos estudios, se proponen reformas tendientes a eliminar disposiciones que propicien uso inadecuado de la energía eléctrica, racionalizándolo, así como cuotas diferenciales para los servicios domésticos, de acuerdo con los consumos medios mensuales, estableciéndose por razones sociales, cuotas y cargos menores para el pequeño consumo, que comprende el mayor porcentaje de usuarios a fin de resguardar el poder adquisitivo de los consumidores de bajos ingresos; y aplicándose en cambio ajustes mayores para el consumo de la energía destinada a usos sanitarios.

Que la Comisión Intersecretarial de Precios y Tarifas de los Bienes y Servicios de la Administración Pública Federal, constituida por acuerdo del titular del Poder Ejecutivo Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación de 6 de diciembre en curso, con el objeto de estudiar y analizar las necesidades y los diversos factores que deben tomarse en cuenta por esta Dependencia para la revisión y el establecimiento de los precios y tarifas de los bienes y servicios de la Administración Pública Federal, en el ítem en emitido con fecha 15 del presente, es conveniente se autoricen los ajustes y modificaciones solicitados, para fines de reordenación económica de los suministradores, asegurando la buena marcha del sector eléctrico, con el apoyo solidario de los usuarios y a través de esfuerzos continuados del Gobierno Federal, por lo que se

sugieren diversas modalidades en la aplicación de los ajustes a fin de lograr gradualmente el equilibrio financiero a través de recursos propios, a mediano plazo y sin que incidan en forma brusca en los procesos productivos para reducir el impacto económico a los usuarios.

Que para el efecto, dicho dictamen contiene recomendaciones relativas a continuar con la política actual de financiamiento del sector eléctrico nacionalizado, comprendiéndose aportaciones del Gobierno Federal para asegurar la oportuna expansión del mercado eléctrico y satisfacer la demanda; enfatizándose también la necesidad de continuar aplicando las políticas de productividad trazadas para el propio sector; destacándose las consistentes en los programas de productividad de mano de obra y combustibles, para mejoría en la eficiencia de conversión de energía, ya que son los dos componentes de la estructura de costos sobre los que puede actuarse en forma directa, a través de un control riguroso de la tasa de crecimiento del personal de nuevo ingreso y la asignación eficiente de los recursos de generación disponibles así como el aumento en los índices de disponibilidad de las plantas termoelectricas y la incorporación de nuevas unidades generadoras, de mayor capacidad, que permitan ahorros de escala en costos de inversión y una mayor eficiencia en la operación.

Que en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 31 reformado de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, los estudios presentados por el solicitante fueron revisados por esta Secretaría, escuchando a las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y de Programación y Presupuesto; y con intervención de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, concluyéndose que las cuotas de venta de energía eléctrica vigentes a la fecha, son insuficientes para atender los requerimientos del sector eléctrico y que procede adecuarlas con base en mecanismos operativos y a fin de lograr en forma gradual y a mediano plazo el incremento de los recursos propios del sector eléctrico en la cuantía necesaria para la reordenación de las finanzas públicas y contribuir al sano financiamiento del desarrollo, fortaleciéndose los ingresos del sector paraestatal, a través de una política realista de precios y tarifas; sin gravar excesivamente al consumo.

Que en armonía con lo estatuido en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa de Reordenación Económica, expedidos por el titular del Poder Ejecutivo Federal:

— Los precios y tarifas de las empresas públicas serán piezas fundamentales para elevar el ahorro y la capacidad de inversión del Estado y simultáneamente reducir el déficit del sector público, como proporción del Producto Interno Bruto, para sanear las finanzas públicas.

— Es necesario adecuar el crecimiento del sector eléctrico para reducir el consumo de energía por unidades de producción, a niveles de mayor racionalidad.

— Como parte integral del esfuerzo de

erro, se han anunciado una serie de decisiones sobre la política de precios y tarifas del sector público, que significan abandonar los esquemas rígidos que habían conducido a la descapitalización de los organismos y empresas públicas, para adoptar un enfoque realista que otorgue a cada bien o servicio un precio acorde a su costo real.

— No es deseable continuar deteriorando la situación financiera de las empresas, al obligarlas a una extrema dependencia de los apoyos fiscales o crediticios.

— La política de precios y tarifas habrá de ser flexible para evitar los rezagos que generó en años anteriores y el crecimiento indiscriminado y sin direccionalidad de los subsidios.

— De los recursos financieros requeridos por el sector eléctrico para el año de 1983, aproximadamente el 30% proviene de ingresos de operación, mientras que el 7% (247 mil millones de pesos) serán transferencias del Gobierno Federal, integradas por aportaciones al patrimonio y subsidios explícitos a los usuarios de energía eléctrica, cuyos pagos son inferiores a los costos del suministro.

— La revisión tarifaria propuesta para el período 1984-1986, toma como punto de partida la situación en que se encuentran las tarifas en el presente mes de diciembre, reconociéndose que solamente con una política tarifaria de correcciones graduales, sostenidas durante varios años, será posible alcanzar el equilibrio entre precio medio y costo medio en el sector eléctrico.

Que según lo previsto en el artículo segundo transitorio de la ley que establece, reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones fiscales para el ejercicio de 1983, publicada en el Diario Oficial de la Federación de 31 de diciembre de 1982, durante el año en curso se ha venido aplicando, por concepto de impuesto especial sobre producción y servicios, la suma de un peso por KWH de energía eléctrica consumida, cuyo importe se ha reflejado en las facturaciones respectivas, al trasladarse a los usuarios y dejara de aplicarse a partir del primero de enero de 1984, no obstante que ha constituido fuente importante de ingresos del Erario Federal, para apoyar al sector eléctrico nacionalizado.

Que por ello, los ajustes tarifarios que se autorizan, no representarán de hecho para los usuarios, una erogación adicional, en la misma medida que impliquen un mecanismo substitutivo, vía tarifaria, del citado gravamen, lográndose una mejor redistribución de los ingresos del sector público y una situación más equitativa para el usuario.

Que ante las circunstancias que concurren, esta Secretaría estima conveniente el implantar en forma paulatina los ajustes que se aprueban, para reducir el impacto en los usuarios; y autorizar para los servicios domésticos, cuotas diferenciales en función del consumo, reduciéndose en forma notoria en comparación con el costo medio de producción, las correspondientes a un consumo mensual hasta de 50 KWH, el cual permite satisfacer las necesidades de energía eléc-

tricia de la mayoría de los usuarios, le esa tarifa; y eximir de cargos fijos a los que se mantengan en el rango mencionado, para resguardar el poder adquisitivo del salario en favor de personas de escasos recursos.

Que con las propuestas de modificación tarifaria, se tiende a una equitativa distribución social de los costos generales de producción; al racional consumo de energía eléctrica y al objetivo de lograr en forma gradual, la obtención de los recursos propios necesarios para la inversión, que requiere el desarrollo del servicio público de energía eléctrica; por lo cual y a juicio de esta Secretaría, el estudio que sustenta la propuesta del sector eléctrico, con las modalidades y enmiendas aludidas, se cife a las normas y principios estatuidos en el artículo 31 reformado de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; y se justifica en razón de las obligaciones financieras y de los factores ya enunciados y máxime que los ingresos derivados de la venta de energía eléctrica, sólo compensarán parcialmente los costos de producción.

He tenido a bien dictar el siguiente:

ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE, MODIFICACION Y REESTRUCTURACION DE LAS TARIFAS PARA EL SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA.

PRIMERO.—Se autoriza a la Comisión Federal de Electricidad y a las empresas en liquidación denominadas Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A.; Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A.; Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S. A.; y Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S. A., los ajustes, modificaciones y reestructuración de las tarifas generales para el suministro y venta de energía eléctrica, establecidas en el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación de 2 de agosto de 1982, que expidió la entonces Secretaría de Comercio, en los términos siguientes:

TARIFA No. 1

Servicio Doméstico

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamiento en condominio o vivienda.

Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargo Fijo

Exento para los servicios con un consumo mensual hasta de 50 (cincuenta) kilowatt-horas en los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

\$30.00 (treinta pesos) para los demás servicios.

2.2 Cargos adicionales por la energía consumida.

\$3.85 (tres pesos ochenta y cinco centavos) por cada uno de los primeros 50 (cincuenta) kilowatt-horas.

\$6.35 (seis pesos treinta y cinco centavos) por cada uno de los siguientes 25 (veinticinco) kilowatt-horas.

\$7.20 (siete pesos veinte centavos) por cada uno de los siguientes 25 (veinticinco) kilowatt-horas.

\$8.00 (ocho pesos) por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

3. MINIMO MENSUAL

El equivalente a 8 (ocho) kilowatt-hora.

4. DEPOSITO DE GARANTIA

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 30 (cuarenta) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 200 (doscientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 2 (dos) hilos de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 500 (quinientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 3 (tres) hilos de corriente.

TARIFA No. 1-A

Servicio Doméstico para Localidades Con Clima muy Cálido

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamiento en condominio o vivienda, en localidades con clima muy cálido. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.

2. PERIODO DE APLICACION

El suministrador aplicará las cuotas del punto 3 (tres) en el período que comprenda los seis meses consecutivos más cálidos en el año, los cuales serán fijados por el suministrador de acuerdo con las observaciones termométricas registradas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Las cuotas del punto 4 (cuatro) serán aplicadas por el suministrador en los periodos restantes del año.

3. CUOTAS MENSUALES PARA LA TEMPORADA DE CLIMA MUY CALIDO

3.1 Cargo Fijo.

Exento para los servicios con un consumo mensual hasta de 50 (cincuenta) kilowatt-horas en los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

\$30.00 (treinta pesos) para los demás servicios.

3.2 Cargos adicionales por la energía consumida durante la temporada de clima muy cálido.

\$3.85 (tres pesos ochenta y cinco centavos) por cada uno de los primeros 100 (cien) kilowatt-horas.

\$6.35 (seis pesos treinta y cinco centavos) por cada uno de los siguientes 100 (cien) kilowatt-horas.

\$7.20 (siete pesos veinte centavos) por cada

kilowatt-hora adicional a los anteriores.

4. CUOTAS MENSUALES FUERA DE LA TEMPORADA DE CLIMA MUY CALIDO

4.1 Cargo Fijo.

Exento para los servicios con un consumo mensual hasta de 50 (cincuenta) kilowatt-horas en los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

\$30.00 (treinta pesos) para los demás servicios.

4.2 Cargos adicionales por la energía consumida.

\$3.85 (tres pesos ochenta y cinco centavos) por cada uno de los primeros 50 (cincuenta) kilowatt-horas.

\$6.35 (seis pesos treinta y cinco centavos) por cada uno de los siguientes 25 (veinticinco) kilowatt-horas.

\$7.20 (siete pesos veinte centavos) por cada uno de los siguientes 25 (veinticinco) kilowatt-horas.

\$8.00 (ocho pesos) por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

5. MINIMO MENSUAL

El equivalente a 8 (ocho) kilowatt-hora.

6. DEPOSITO DE GARANTIA

El importe que resulta de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 4.2 (cuatro punto dos) a un consumo mensual de 40 (cuarenta) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 4.2 (cuatro punto dos) a un consumo mensual de 200 (doscientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 2 (dos) hilos de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 4.2 (cuatro punto dos) a un consumo mensual de 500 (quinientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 3 (tres) hilos de corriente.

7. LUGARES DONDE REGIRA LA TARIFA

Esta tarifa regirá con la autorización de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en todas aquellas localidades con clima muy cálido. Se considerarán como localidades con clima muy cálido aquellas cuya temperatura media mensual durante 2 (dos) meses consecutivos o más, sea de 25°C o mayor, de acuerdo con las observaciones termométricas registradas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

TARIFA No. 2

Servicio general hasta 25 kw de demanda

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 (veinticinco) kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargo Fijo

\$60.00 (sesenta pesos)

2.2 Cargos adicionales por la energía consumida.

\$5.65 (cinco pesos sesenta y cinco centavos)

por cada uno de los primeros 50 (cincuenta) kilowatt-horas.

\$6.50 (seis pesos cincuenta centavos) por cada uno de los siguientes 50 (cincuenta) kilowatt-horas.

\$7.90 (siete pesos noventa centavos) por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

3. MINIMO MENSUAL

Cuando el usuario no haga uso del servicio cubrirá como mínimo el cargo fijo a que se refiere el punto 2 (dos) de esta tarifa.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar se fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se considerará como kilowatt completo.

Cuando el usuario exceda la demanda de 25 (veinticinco) kilowatts, deberá solicitar al suministrador aplique la tarifa No. 3 (tres). De no hacerlo, a la tercera medición consecutiva en que exceda la demanda de 25 (veinticinco) kilowatts, será reclasificado por el suministrador, notificándole al usuario.

5. DEPOSITO DE GARANTIA

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 40 (cuarenta) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 1 (un) hilo de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 200 (doscientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 2 (dos) hilos de corriente.

El importe que resulte de aplicar el precio del primer bloque de energía del inciso 2.2 (dos punto dos) a un consumo mensual de 600 (seiscientos) kilowatt-horas para los servicios suministrados con 3 (tres) hilos de corriente.

TARIFA No. 3

Servicio General para más de 25 Kw de Demanda

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 (veinticinco) kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargo por demanda máxima.

\$795.00 (setecientos noventa y cinco pesos) por cada kilowatt de demanda máxima medida.

2.2. Cargo adicional por la energía consumida.

\$3.95 (tres pesos noventa y cinco centavos) por cada kilowatt-hora.

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar 8 (ocho) veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar se fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia y tendrá que ser mayor de 25 (veinticinco) kilowatts. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

5. DEMANDA MAXIMA MEDIDA

La demanda máxima medida se determinará inicialmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el período de facturación.

6. DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a la demanda contratada.

TARIFA No. 4

Servicio para Molinos de Nixtamal y Tortillerías

1. APLICACION

Esta tarifa sólo se aplicará para el servicio en baja tensión a molinos de nixtamal y/o tortillerías oficialmente autorizados. Se permitirá, para alumbrado en los locales de los mismos, hasta un máximo de 40 (cuarenta) watts por cada kilowatt de capacidad instalada en motores o, cuando no haya éstos o sean de reducida capacidad, hasta un máximo de 200 (doscientos) watts.

2. CUOTA APLICABLE MENSUALMENTE

2.1. Cargo por la energía consumida.
\$2.60 (dos pesos sesenta centavos) por cada kilowatthora.

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar 40 (cuarenta) veces el cargo por kilowatthora.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

5. DEPOSITO EN GARANTIA

4 (cuatro) veces el mínimo mensual aplicable.

TARIFA No. 5

Servicio para Alumbrado Público.

1. APLICACION

Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio de alumbrado de calles, plazas, parques y jardines públicos, así como el servicio a semáforos.

2. HORARIO

Del anochecer al amanecer del día siguiente, excepto el servicio a semáforos, o el que se establezca en los convenios que en cada caso suscriban las partes contratantes.

3. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

3.1 Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en alta tensión.

\$3.35 (tres pesos treinta y cinco centavos) por cada kilowatthora.

3.2 Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en baja tensión.

\$4.00 (cuatro pesos) por cada kilowatthora.

4. MINIMO MENSUAL

La cantidad que resulte de aplicar las cuotas correspondientes al consumo equivalente a 4 (cuatro) horas diarias del servicio de la demanda contratada.

5. CONSUMO DE ENERGIA

Normalmente se medirán los consumos de energía, aunque en los contratos respectivos se establecerán el o los procedimientos para determinar el consumo de energía, de acuerdo con las características en que se efectúe el suministro de servicio y de conformidad con las normas aplicables.

6. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

7. REPOSICION DE LAMPARAS

El prestador de servicio de alumbrado público deberá reponer las lámparas, los aparatos y materiales accesorios que requiera la operación de las mismas. Cuando el suministrador esté de acuerdo en tomar a su cargo la reposición de las lámparas y dispositivos necesarios, se fijará en los contratos la forma para el cobro de los gastos que origine este servicio adicional al del suministro de energía.

8. DEPOSITO DE GARANTIA

4 (cuatro) veces el mínimo mensual aplicable.

TARIFA No. 6

Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargo fijo, independiente de la energía consumida.

\$875.00 (ochocientos setenta y cinco pesos)

2.2 Cargo adicional por la energía consumida.

\$4.40 (cuatro pesos cuarenta centavos) por cada kilowatthora.

3. MINIMO MENSUAL

Cuando el usuario no haga uso del servicio, cubrirá como mínimo el cargo a que se refiere el inciso 2.1 (dos punto uno)

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

5. DEPOSITO DE GARANTIA

4 (cuatro) veces el mínimo mensual aplicable.

6. SERVICIO EN ALTA TENSION

Los usuarios podrán contratar sus servicios en tarifas 8 (ocho) o 12 (doce), cuando las características de su instalación lo permitan.

TARIFA No. 7

Servicio Temporal

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo

permitir y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.

2. HORARIO

Lo convenido en cada caso entre el suministrador y el usuario, el que no deberá hacer uso del servicio fuera del horario estipulado.

3. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

3.1 Cargo por servicio independientemente de la energía consumida.

\$250.00 (doscientos cincuenta pesos) por el primer día de servicio.

\$36.00 (treinta y seis pesos) por cada día adicional de servicio.

3.2 Cargos por demanda y consumo cuando no se haga cargo por servicio.

\$720.00 (setecientos veinte pesos) por cada kilowatt de demanda.

\$18.00 (dieciocho pesos) por cada kilowatt hora consumido.

3.3 Cargos por equipos eléctricos portátiles.

En los casos de personas o negociaciones que se dediquen a usar aparatos eléctricos portátiles, tales como: máquinas de pulir, encerar y lavar pisos, pintar, soldar, etc., el suministrador podrá optar por aplicar las cuotas de los puntos 3.1 (tres punto uno) o 3.2 (tres punto dos), o bien: \$1,435.00 (un mil cuatrocientos treinta y cinco pesos) por cada kilowatt de demanda.

4. CONTRATACION DEL SERVICIO Y DETERMINACION DE LA ENERGIA ELECTRICA

Los contratos se celebrarán por el número de días consecutivos por los que el usuario quiera disponer del servicio.

Ningún servicio temporal podrá tener una vigencia mayor de treinta días, excepto en los casos de personas o negociaciones que utilicen máquinas de pulir, encerar y lavar pisos, pintar y soldar, etc., cuya vigencia puede ser por un plazo mayor. El concepto de la demanda y el consumo se hará de acuerdo con la carga de los aparatos instalados y el número de horas que se use el servicio, el que en ningún caso será menor de 4 (cuatro) horas diarias, teniendo el suministrador derecho de verificar en cualquier tiempo la carga individual y el consumo de cada uno de los aparatos instalados.

El suministrador podrá verificar por medio de procedimientos y aparatos adecuados, aprobados por la autoridad competente, la demanda y el consumo que se haga de la energía eléctrica.

5. FACTURACION Y PAGOS

Las cuentas se formularán aplicando el cargo por servicio o el cargo correspondiente a la demanda, según el que resulte mayor; y los cargos por energía al consumo estimado por el suministrador.

Los pagos se harán por adelantado y conforme a dichas cuentas. En caso de que el suministrador mida los consumos y la demanda, podrá hacer una liquidación final a la terminación del contrato respectivo. En este último caso no se hará pago por adelantado y el usuario depositará como garantía una cantidad mensual doble de la que resulte de aplicar los cargos por de-

manda y energía a la demanda y consumos estimados.

6. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

TARIFA No. 8

Servicio General en Alta Tensión

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en alta tensión a cualquier uso, con una demanda inicial de 20 (veinte) kilowatts o más.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargo por demanda máxima.

\$500.00 (seiscientos pesos) por cada kilowatt de demanda máxima medida.

2.2 Cargo adicional por la energía consumida.

\$3.00 (tres pesos) por cada kilowatt-hora.

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar 10 (diez) veces el cargo por kilowatt de demanda máxima a que se refiere el inciso 2.1 (dos punto uno).

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. No podrá ser menor de 20 (veinte) kilowatts. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

5. DEMANDA MAXIMA MEDIDA

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el período de facturación.

6. DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a la demanda contratada.

TARIFA No. 9

Servicio Para Bombeo de Agua Para Riego Agrícola

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en alta o baja tensión, que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargos por la energía consumida.

\$2.05 (dos pesos cinco centavos) por cada uno de los primeros 5 000 (cinco mil) kilowatt-horas.

\$2.45 (dos pesos cuarenta y cinco centavos) por cada uno de los siguientes 10 000 (diez mil) kilowatt-hora.

\$2.70 (dos pesos setenta centavos) por cada uno de los siguientes 20 000 (veinte mil) kilowatt-horas.

\$3.00 (tres pesos) por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

24

(48)

3. TENSION Y CAPACIDAD DE SUMINISTRO.

El suministrador sólo está obligado a proporcionar el servicio a la tensión y capacidad disponibles en el punto de entrega.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt, se tomará como kilowatt completo.

5. DEPOSITO DE GARANTIA

\$95.00 (noventa y cinco pesos) por cada kilowatt de demanda contratada.

TARIFA No. 10

Servicio en Alta Tensión
Para Reventa

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en alta tensión para revenderla al público.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE**2.1 Cargo por demanda máxima.**

\$68.00 (sesenta y ocho pesos) por cada kilowatt de demanda máxima medida.

2.2. Cargos adicionales por la energía consumida:

\$2.60 (dos pesos sesenta centavos) por cada uno de los primeros 90 (noventa) kilowatthoras por cada kilowatt de demanda máxima medida.

\$2.30 (dos pesos treinta centavos) por cada uno de los siguientes 180 (ciento ochenta) kilowatthoras por cada kilowatt de demanda máxima medida.

\$2.00 (dos pesos) por cada kilowatthora adicional a los anteriores.

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar 10 (diez) veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

5. DEMANDA MAXIMA MEDIDA

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición que indique la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo de facturación.

6. DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a la demanda contratada.

TARIFA No. 11

Se deroga.

TARIFA No. 12

Servicio general para tensiones
de 66 KV o Superiores

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrado a

tensiones de 66 (sesenta y seis) kilovoltios o superiores.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE**2.1 Cargo por demanda máxima.**

\$620.00 (seiscientos veinte pesos) por cada kilowatt de demanda máxima medida.

2.2. Cargo adicional por la energía consumida.

\$2.50 (dos pesos cincuenta centavos) por cada kilowatthora.

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar 20 (veinte) veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

4. DEMANDA POR CONTRATAR

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo. El suministrador sólo está obligado a proporcionar el servicio a la tensión y capacidad disponibles en el punto de entrega.

5. DEMANDA MAXIMA MEDIDA

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo de facturación.

6. DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a la demanda contratada.

SEGUNDO: Para las cuotas por consumo de energía eléctrica a que se refiere cada tarifa así como para los cargos fijos que se establecen para diversas de las mismas, se aplicará mensualmente y en forma acumulativa, a partir del primero de febrero de mil novecientos ochenta y cuatro y durante la vigencia del presente acuerdo, un factor de ajuste de 1.025 (uno punto cero dos cinco).

TERCERO: Para el caso particular de la tarifa 1-A (Servicio Doméstico para Localidades con Clima muy Cálido) durante los seis meses más cálidos del año, a que se hace referencia en el inciso 2 del apartado correspondiente a dicha tarifa, se hará un descuento de \$1.00 (un peso) por kilowatthora, sobre los precios del segundo y tercer bloques establecidos en el inciso 3.2 (tres punto dos) del mismo apartado, durante la vigencia de este acuerdo.

TRANSITORIOS

PRIMERO.—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación y en dos periódicos diarios de circulación nacional.

SEGUNDO.—El ajuste, modificación y reestructuración de las tarifas autorizadas por el presente, se aplicarán a partir del primero de enero de mil novecientos ochenta y cuatro. Desde esa fecha y en lo que se opongan a este

acuerdo, quedan derogadas las disposiciones en materia tarifaria expedidas con anterioridad.

TERCERO. Durante el ejercicio de 1984, en los casos en que los suministradores no dispongan de moneda fraccionaria, cuando el importe de las facturas correspondientes a la prestación del servicio resulte en fracciones, deberán ajustarlas a la unidad inferior de un peso, tomán-

dose en cuenta el tipo de cambio en materia fiscal, por lo que deberá trasladarse al usuario de los impuestos correspondientes.

México, Distrito Federal, diciembre veintinueve de mil novecientos ochenta y tres. El Secretario de Hacienda y Crédito Público, Jesús Silva Herzog.—Rúbrica.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Notificación relativa a la concesión para instalar, operar y explotar un sistema de servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública, en favor de la empresa denominada Servitel de Guadalajara, S. A. en la Ciudad de Guadalajara, Jal. (Segunda Publicación)

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Comunicaciones y Transportes.—Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones.

La empresa Servitel de Guadalajara, S. A., quien señaló como domicilio para oír notificaciones el Edificio marcado con el No. 218 Bis de las Calles de Puebla en México 7 D. F., solicitó ante esta Secretaría con fecha 6 de febrero de 1978, la concesión para instalar, operar y explotar un sistema del servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública en la Ciudad de Guadalajara, Jal.

El sistema del servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública a que se refiere esta concesión solicitada, tendrá las siguientes características:

1. Solicitante: Servitel de Guadalajara, S. A.
2. Frecuencias: 454.775 y 459.775 MHz.
3. Población a servir: Guadalajara, Jal.
4. Horario: Las 24 horas
5. Denominación de la emisión: 16F9
6. Tolerancia de frecuencia: más-menos 0.0005% (desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el Centro de la banda de frecuencias ocupada por la emisión).
7. Tipo de antena: Telefónico Dúplex
8. Potencia nominal del transmisor: 0.09 Kw.
9. Privacidad de las comunicaciones: tonos selectivos.

Cumpliendo con lo dispuesto en el Artículo 15 de la Ley de Vías Generales de Comunicación, se notifica lo anterior a todas las personas físicas y morales que pudieran sentirse afectadas en sus intereses con dicha solicitud a fin de que expongan sus observaciones ante el Departamento de Sistemas Especiales de Telecomunicación, Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones, de esta Secretaría dentro de un plazo de un mes contado a partir de esta última notificación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.
El Director General de Asuntos Jurídicos, Hugo Cruz Valdés.—Rúbrica.

Notificación relativa a la concesión para instalar, operar y explotar un sistema del servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública en favor de la empresa denominada Autofón de México, S. A., en la Ciudad de México, D. F. (Segunda Publicación)

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Comunicaciones y Transportes.—Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones.

SEGUNDA NOTIFICACION

La empresa Autofón de México, S. A., quien señaló como domicilio para oír notificaciones el Edificio marcado con el No. 218 Bis de las Calles de Puebla en México 7 D. F., solicitó ante esta Secretaría con fecha 6 de febrero de 1978 la concesión para instalar, operar y explotar un sistema del servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública en la Ciudad de México, D. F.

El sistema del servicio radiotelefónico de portadora común sin conexión a la Red Telefónica Pública a que se refiere esta concesión solicitada, tendrá las siguientes características:

1. Solicitante: Autofón de México, S. A.
2. Frecuencias: 454.775 y 459.775 MHz.
3. Población a servir: México, D. F.
4. Horario: Las 24 horas
5. Denominación de la emisión: 16F9
6. Tolerancia de frecuencia: más-menos 0.0005% (desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por la emisión).
7. Tipo de antena: Telefónico Dúplex.
8. Potencia del equipo: 0.09 Kw.
9. Privacidad de las comunicaciones: Tonos selectivos.

Cumplimiento con lo dispuesto en el Artículo 15 de la Ley de Vías Generales de Comunicación; se notifica lo anterior a todas las personas físicas y morales que pudieran sentirse afectadas en sus intereses con dicha solicitud, a fin de que expongan sus observaciones ante el Departamento de Sistemas Especiales de Telecomunicación, Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones, de esta Secretaría dentro de un plazo de un mes contado a partir de la Segunda Notificación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.
El Director General de Asuntos Jurídicos, Hugo Cruz Valdés.—Rúbrica.

En los servicios solicitados en Baja Tensión en zona de cables subterráncos o bien cuando la magnitud de la carga lo requiera, es necesario que el Usuario adapte un local para la instalación de una subestación, dentro de su predio.

A continuación se indican las especificaciones que ese local debe cumplir generalmente:

- 1.- PROPIEDAD.- El Suministrador instalará la subestación , quedando esta de su entera propiedad. La ocupación del local por parte del Suministrador será sin retribución.
- 2.- INCENDIO.- Antes de energizar la subestación en forma definitiva , el Usuario aceptará por escrito:
 - a).- El Suministrador queda liberado de toda responsabilidad en caso de incendio en el local motivo de estas especificaciones .
 - b).- En el seguro contra incendio del edificio queda incluido el local de la subestación.
- 3.- DIMENSIONES .- Las dimensiones interiores del local, son aproximadamente de 6.00 X 5.00 m. por 2.50 m' - de altura mínima .
- 4.- VENTILACION.- La ventilación del local será a través de persianas colocadas en la puerta de acceso, - así como por una ventana cuyas dimensiones se indican en plano expofeso.
- 5.- PAREDES Y PISO.- Las paredes serán de concreto armado con un espesor mínimo de 0.15 m. y el piso del mismo material y calculado para soportar una carga de 4 toneladas /m².
- 6.- DRENAJE.- Para evitar la inundación del local, se instalará una coladera conectada al drenaje general, con un sifón intermedio para recibir el líquido que salga del transformador en caso de falla, teniendo el piso pendiente hacia ella.

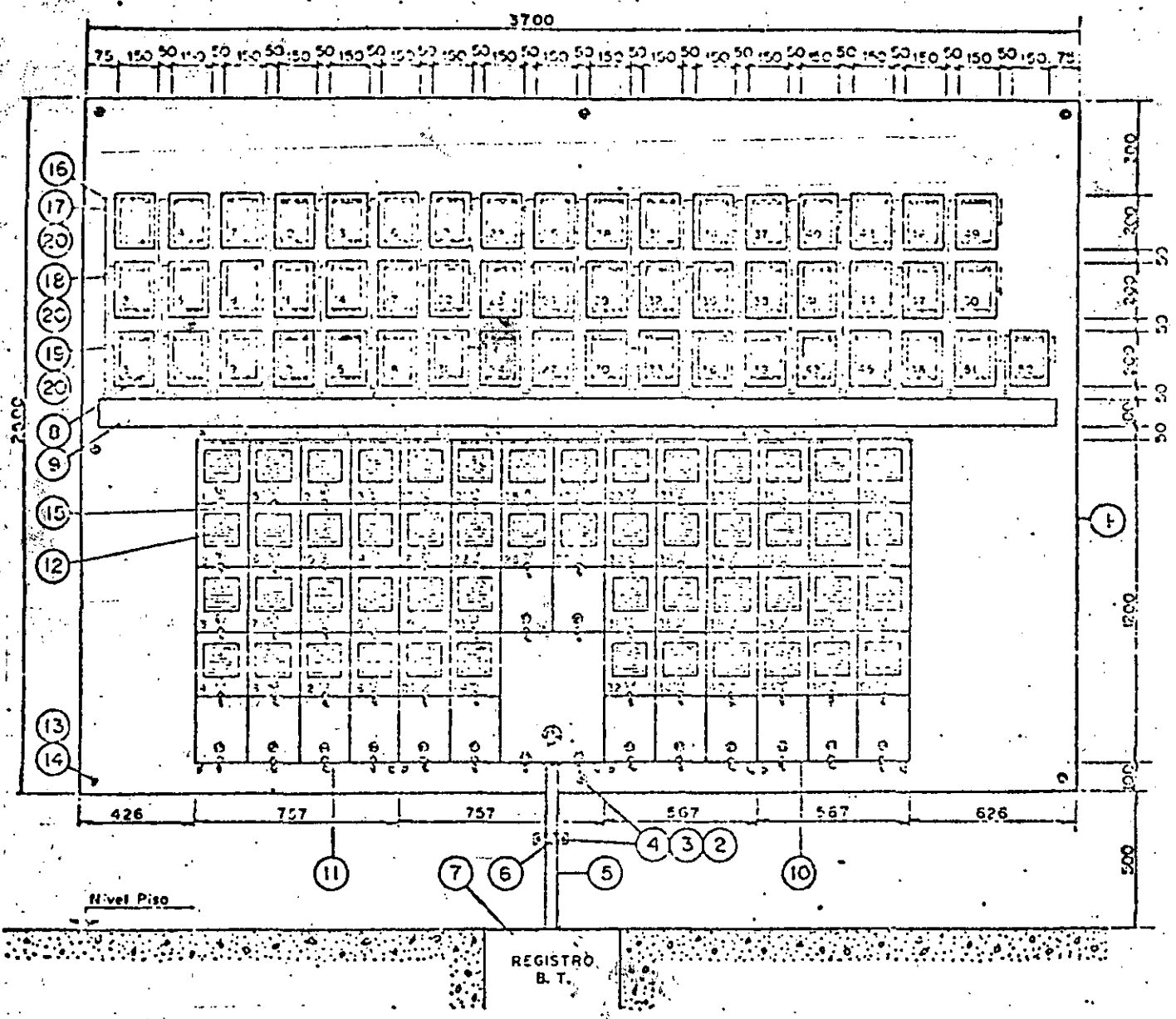
27

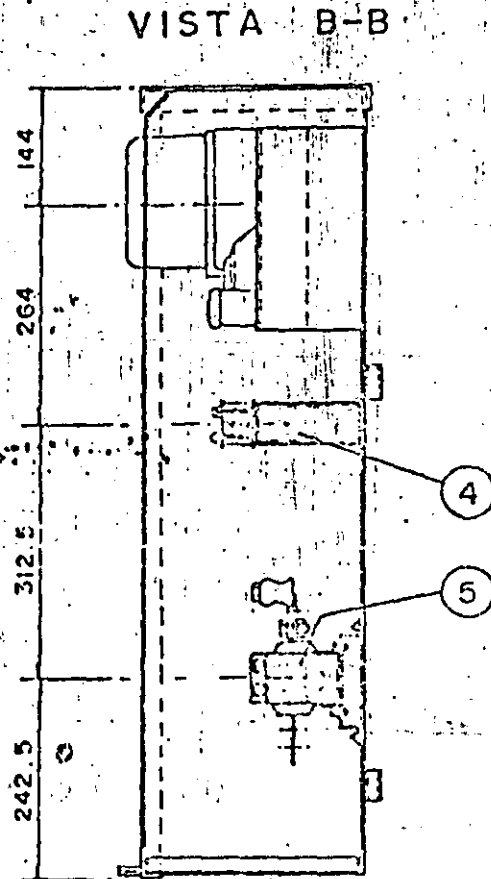
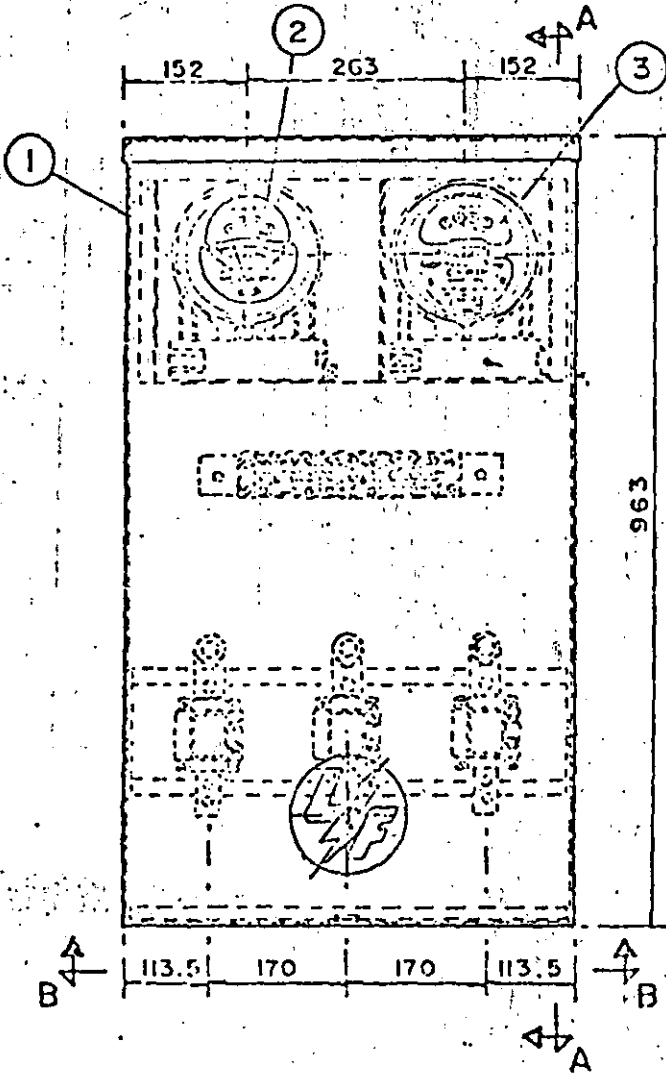
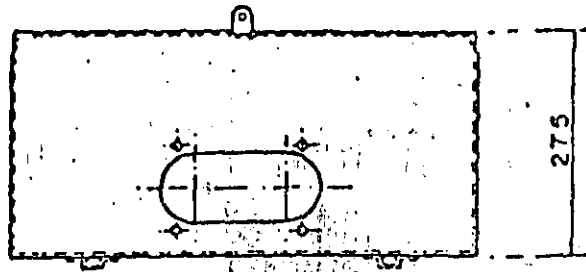
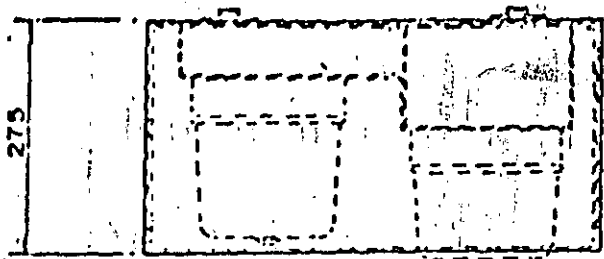
(51)

- 7.- PASO DE CABLES.- Se abrirán los pasos de cables necesarios de acuerdo al proyecto que se prepare, siendo estos con ductos de asbesto cemento de 3 o 4 pulgadas según el caso; y llegarán hasta 0.50 en el límite del parámetro exterior.

- 8.- SISTEMA DE TIERRAS.- Se instalarán dos varillas Copper Weld de 5/8" por 3.00 m. de largo, sobre saliendo 0.20 m. del piso terminado.

BOMBS	B.T.	A.T.	CARGAS CONTRATADAS EN KW
1 WEM 2 WEM 3 WEM	DIRECTA DIRECTA DIRECTA		HASTA 4 KW HASTA 8 KW HASTA 40 KW
MBF 150/5 MBF 300/5 MBF 600/5 MBF 1000/5 MBF 2000/5	INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA		HASTA 50 KW HASTA 100 KW HASTA 200 KW HASTA 330 KW HASTA 660 KW
FS-2MF 150/5 ↓ ↓ FS-2MF 2000/5	INDIRECTA FS's fuera del equipo INDIRECTA		HASTA 50 KW ↓ HASTA 660 KW
MT-23 5/5 MT-23 15/5 MT-23 50/5 MT-23 150/5 MT-23 300/5 MT-23 600/5		INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA INDIRECTA	HASTA 166 KW HASTA 497 KW HASTA 1660 KW HASTA 4970 KW HASTA 9840 KW HASTA 19680 KW
MTS-23 5/5 ↓ ↓ MTS-23 600/5		INDIRECTA INDIRECTA	HASTA 166 KW ↓ HASTA 19680 KW





CORTE A-A

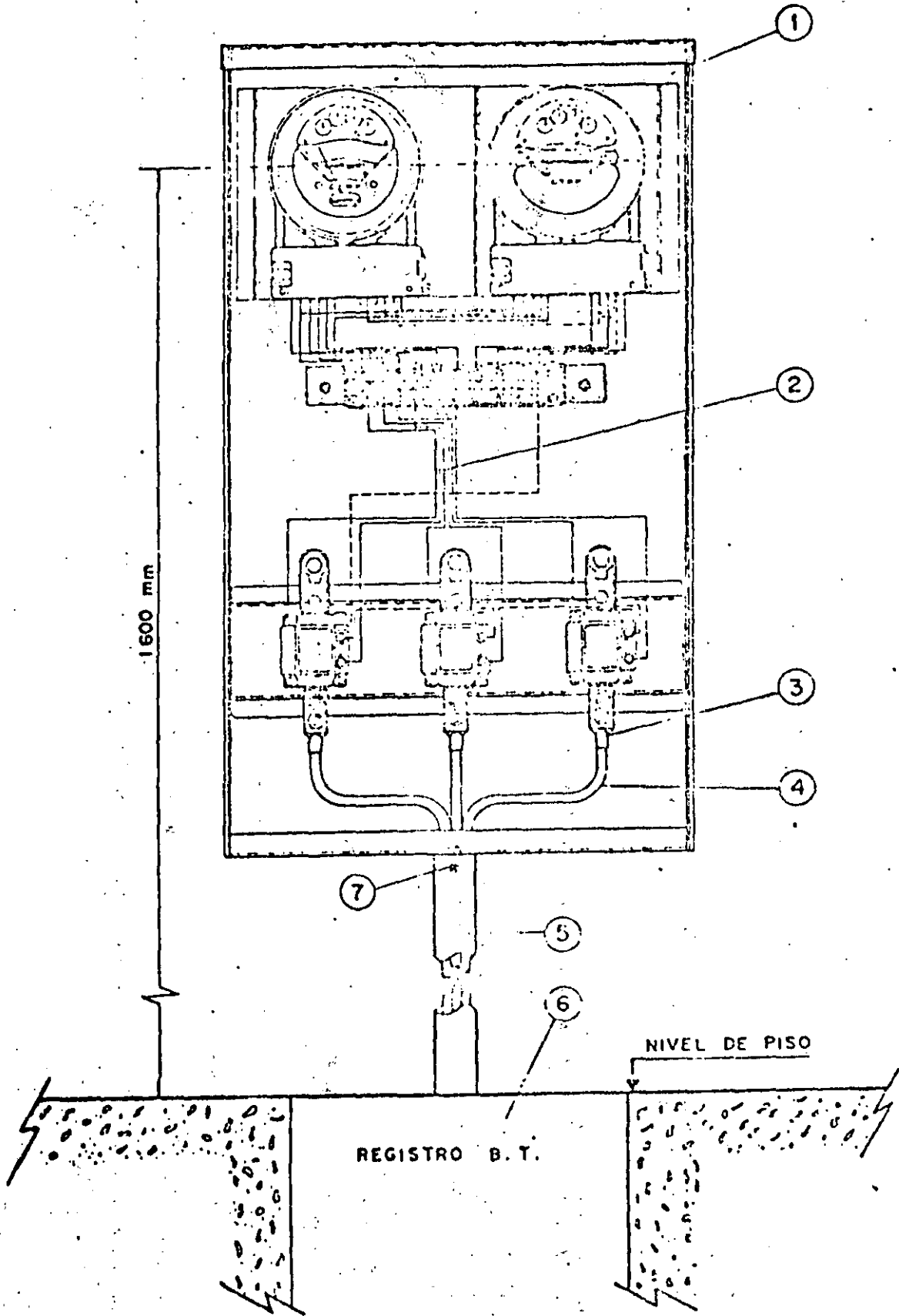
Anotaciones en mm

MATERIALES

REF.	CANTIDAD	NOMBRE
1	1	Caja VBP
2	1	Wattmetro - Voltmetro 3 x 10 (Norma Lyf 2.0053)
3	1	Variómetro 3 x 10 (Norma Lyf 2.0055)
4	1	Tablilla VT P10 BT (Norma Lyf 2.0026)
5	3	Transformador de corriente Norma Lyf (2.0445)

USO:

El tipo a muro interior o exterior mediante 4 tornillos cada uno de 9.5 x 101.5 mm (3/8" x 4") permite medir en servicios trifásicos de BT el consumo en kWh, kW y la demanda máxima en Kw.



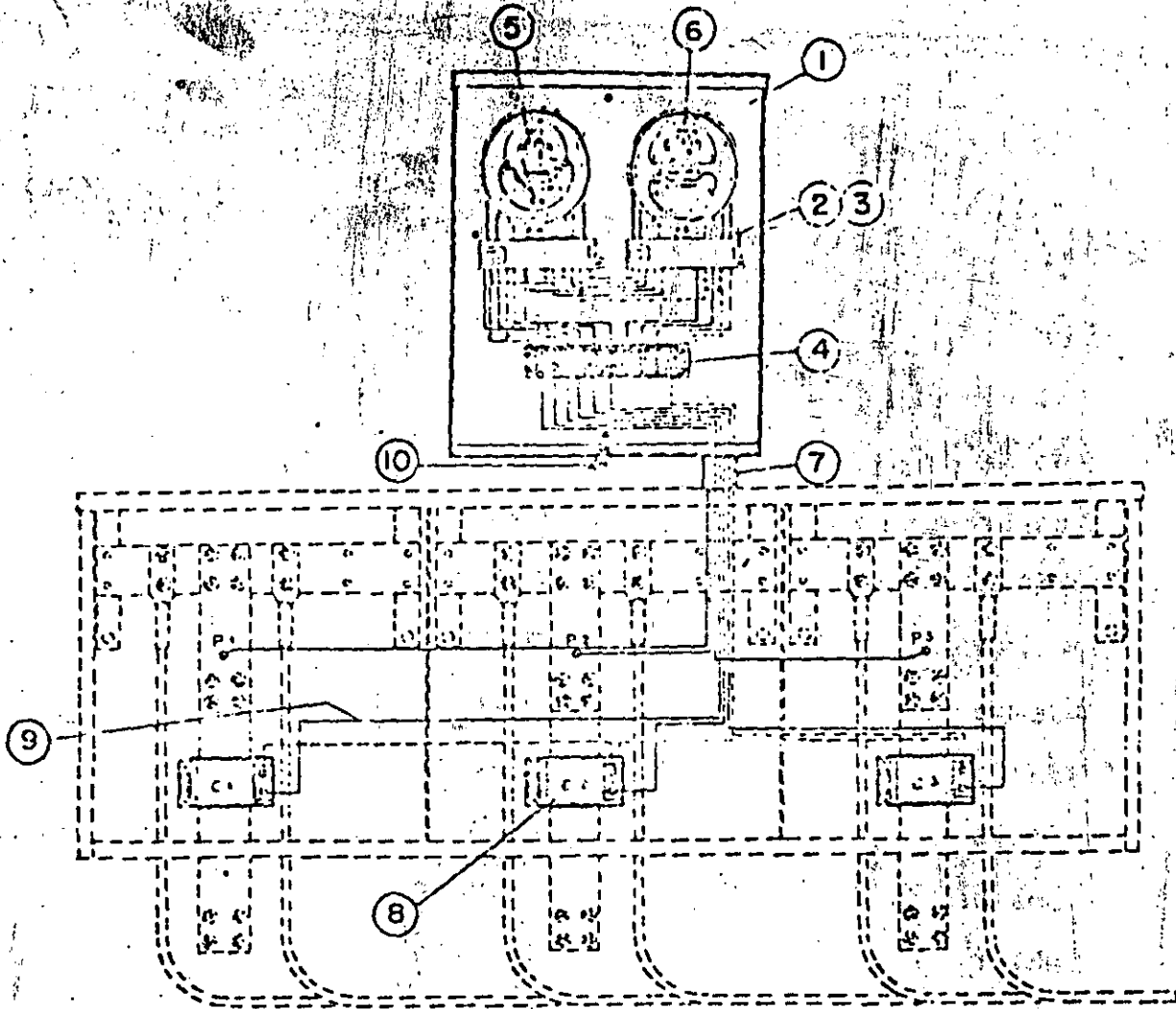
EQUIPO FS-2MP

32

MONTAJE
4.0250

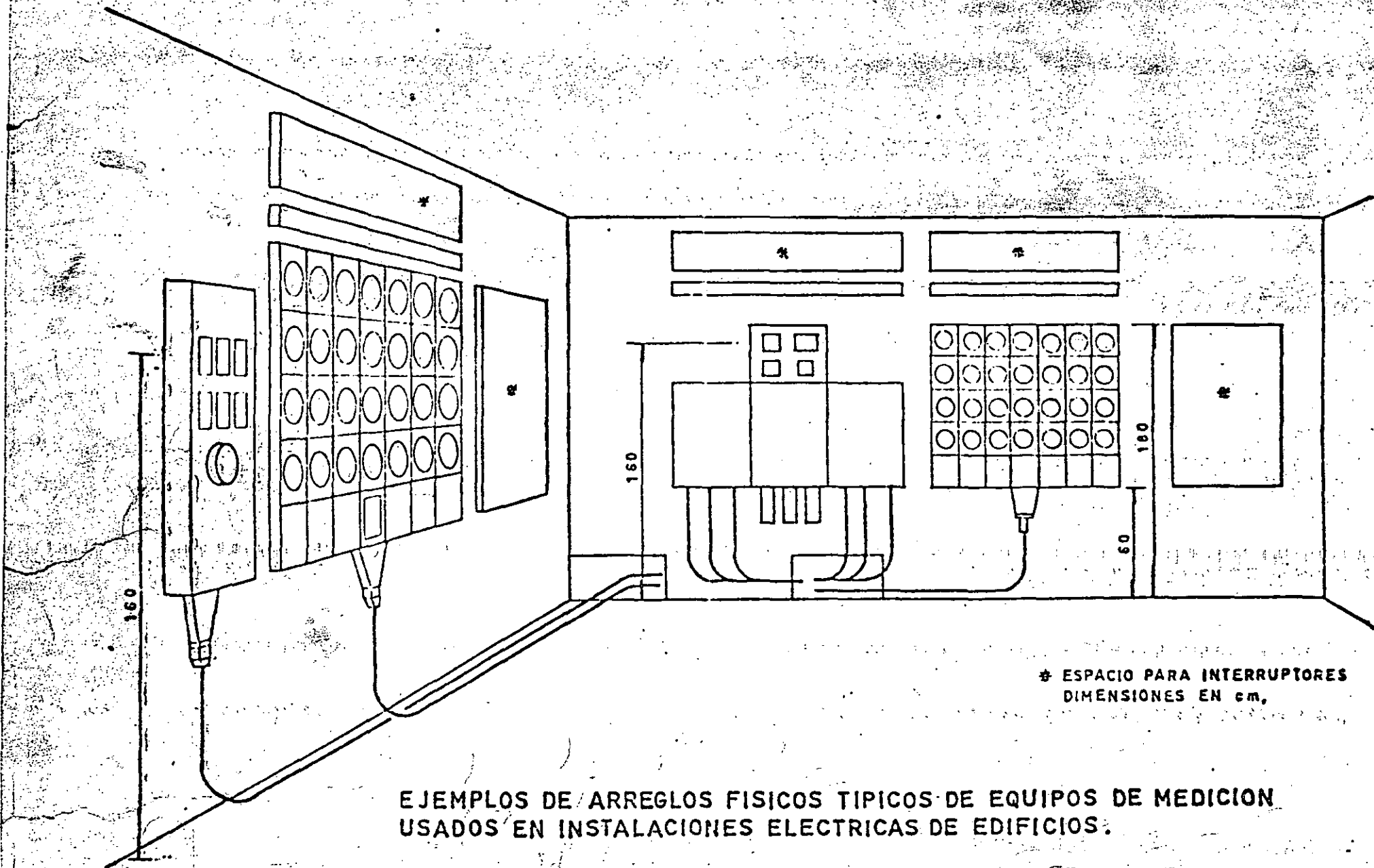
34

1 de 2



MATERIAL. (En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma Lyf	Unidad	Cantidad
1	Caja 2MP	2.0352	Pza	1
2	Tornillo madera 14 x 3 cg C/roldana de 5.3 mm	2.0243	Pzu	2
3	Taquete Nylon 10	2.0003	Pza	2
4	Tablilla NIP 10 BT	2.0474	Pza	1
5	Wattmetro - wattmetro DM 3 x 10	2.0053	Pza	1
5	Varómetro 3 x 10	2.0055	Pza	1
7	Tubo PVC		m	0.10
8	Transformador de corriente 6V	2.0449	Pza	3
9	Alambre Cuf 14, Cuf 14 A, R, C, V, N, B	2.0238	m	-
10	Sello plato A	2.0250	Pza	1



EJEMPLOS DE ARREGLOS FISICOS TÍPICOS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN
USADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS.

EQUIPOS M6

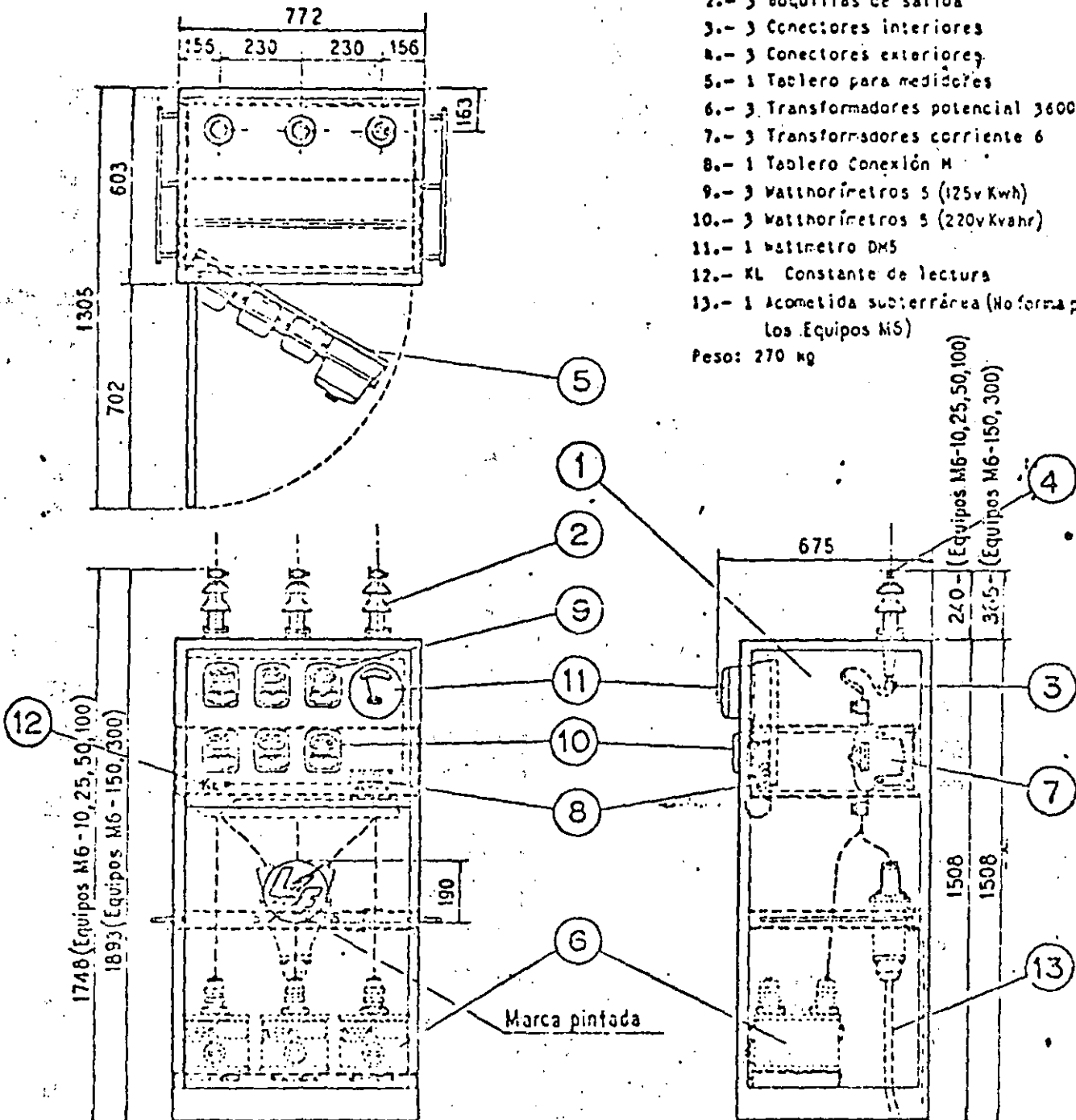
(37)

NORMA LY F
2.4350.20
Sep 67

36

- 1.- 1 Gabinete M6
- 2.- 3 Boquillas de salida
- 3.- 3 Conectores interiores
- 4.- 3 Conectores exteriores
- 5.- 1 Tablero para medidores
- 6.- 3 Transformadores potencial 3600
- 7.- 3 Transformadores corriente 6
- 8.- 1 Tablero Conexión M
- 9.- 3 Wattímetros S (125v Kwh)
- 10.- 3 Wattímetros S (220v Kwhr)
- 11.- 1 Wattmetro DM5
- 12.- KL Constante de lectura
- 13.- 1 Acometida subterránea (No forma parte de los Equipos M6)

Peso: 270 kg



Esc. 1:20

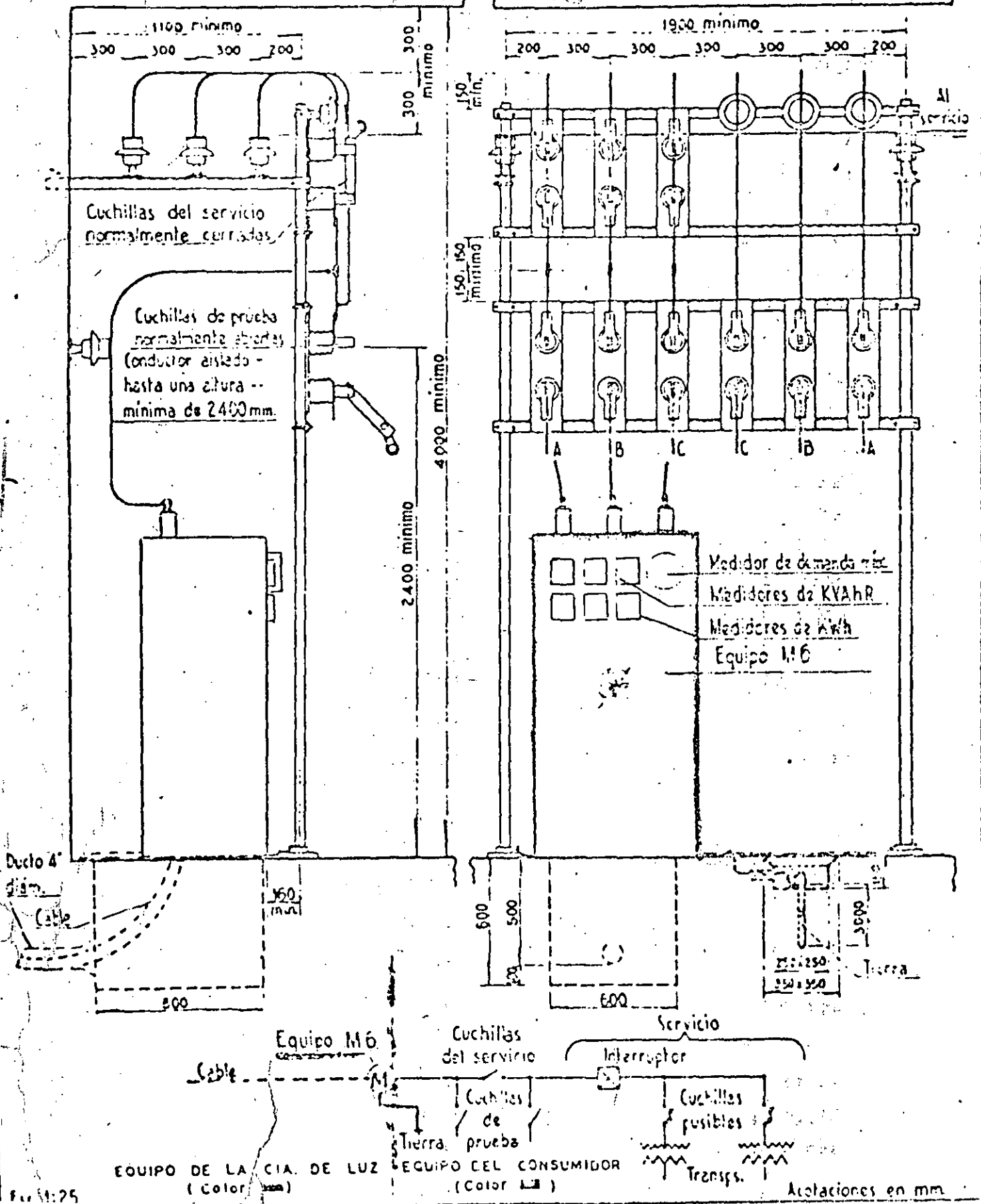
Anotaciones en mm

USO: En servicios de 6 kv trifásicos mide los consumos en kWh, kvarh y la demanda máxima en kW según tabla, se coloca sobre el piso en interior y se alimenta con acometida subterránea según tabla. Las conexiones del equipo - M6 a las bocanillas del consumidor se muestran en CIRCULO NORMAS MCF 2.4350.20 y 2.4350.30.

NOMBRE	Corriente máxima permanente Amperios	Transformadores de corriente	Acometida de cable 4P ó 4P4
EQUIPO M6 10	10	3 - 10	3 x 35
EQUIPO M6 25	25	3 - 25	3 x 35
EQUIPO M6 50	50	3 - 50	3 x 35
EQUIPO M6 100	100	3 - 100	3 x 70
EQUIPO M6 150	150	3 - 150	3 x 70
EQUIPO M6 300	300	3 - 300	3 x 70

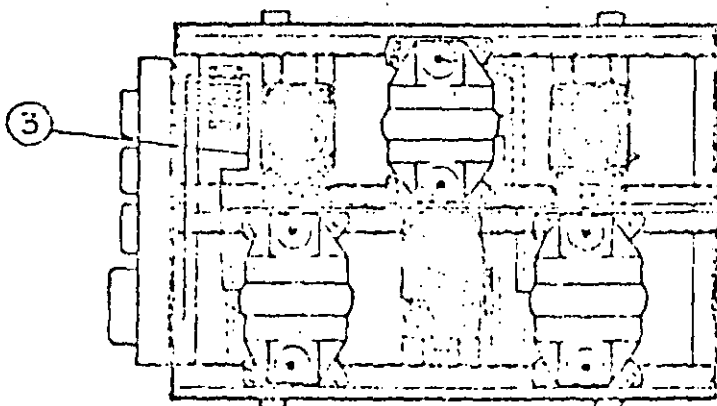
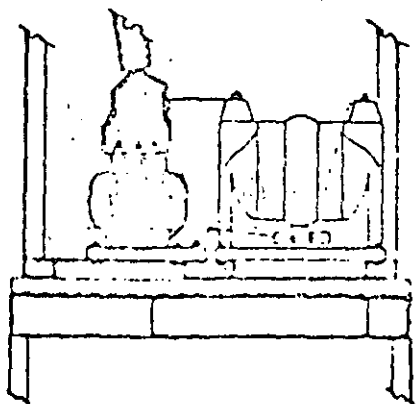
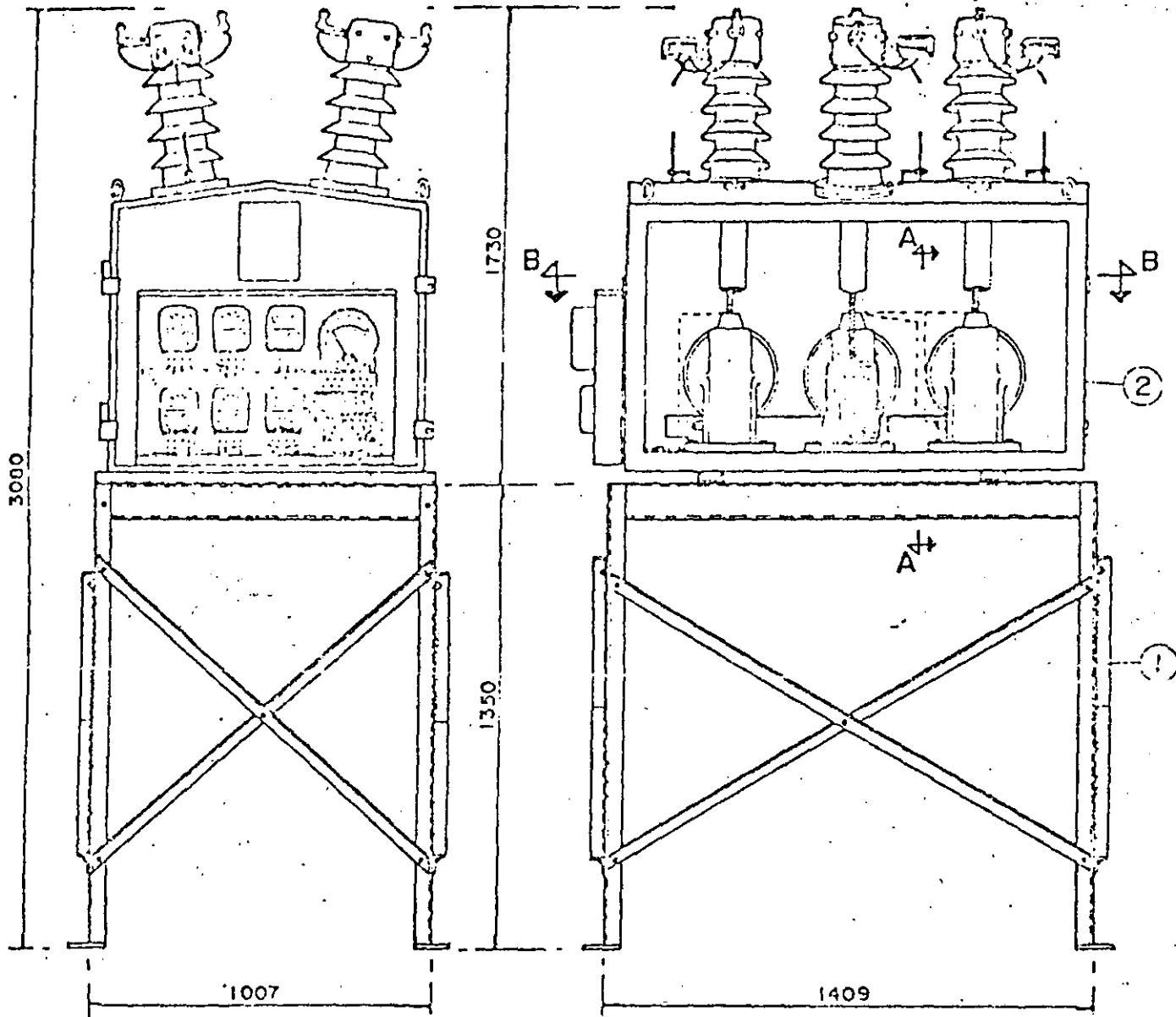
EQUIPO M6 Y CUCHILLAS DE PRUEBA (35) NORMAS M.L.F. 3.4100.20
 DESCUBIERTAS EN INTERIOR, PARA SERVICIOS DE 6000V. CM

37



38

1 de 2



EQUIPO MT 20 Y CUCHILLAS DE PRUEBA CUBIERTAS EN INTERIOR PARA SERVICIOS DE 20000 V.

NORMA LyF
3.4100.70
Feb. 66

39

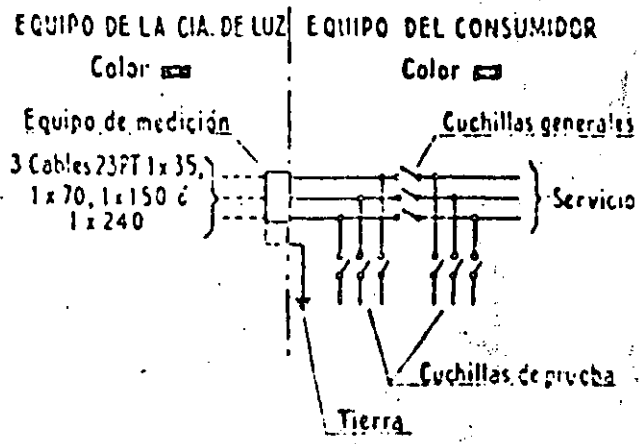
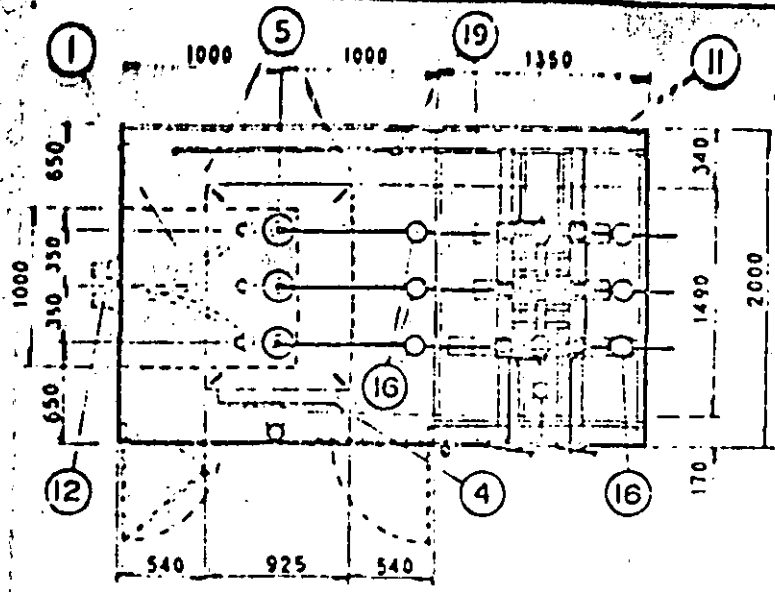
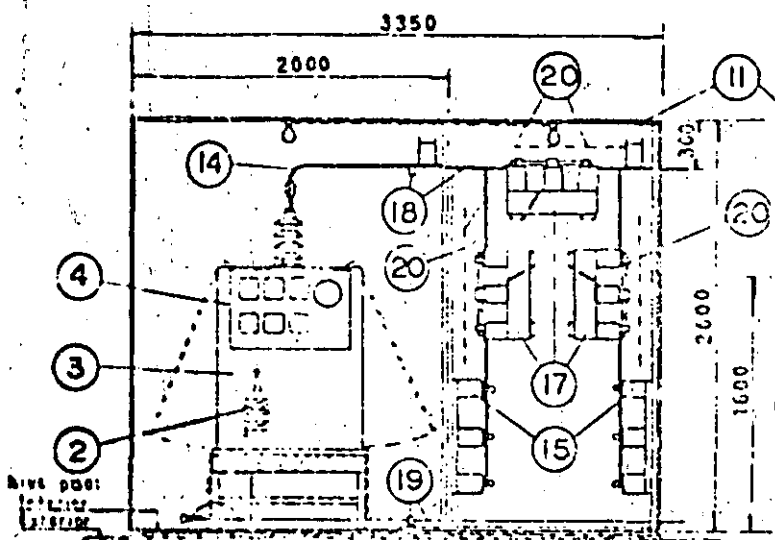
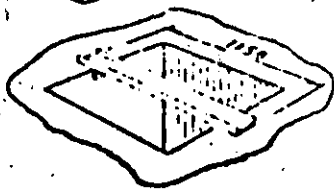
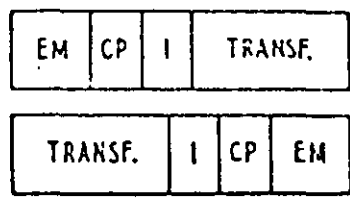


DIAGRAMA TRIFILAR DE CONEXIONES



Firme pulido de cemento donde se ahoga el cerramiento inferior de la puerta

DESARROLLOS FACTIBLES DE LA S.E.

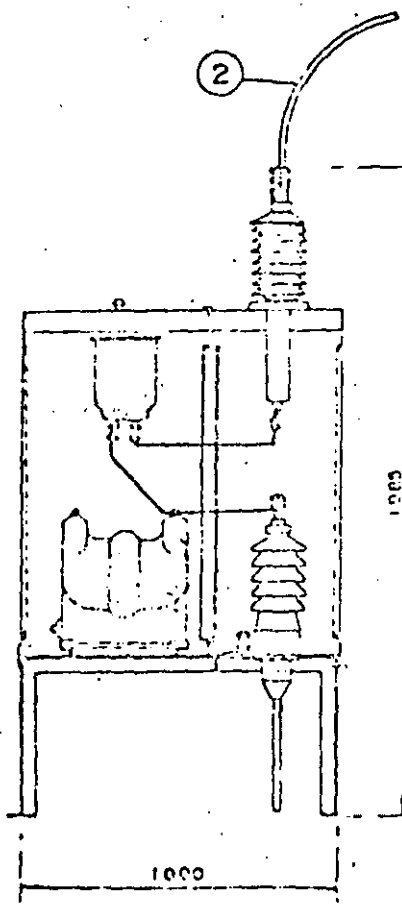
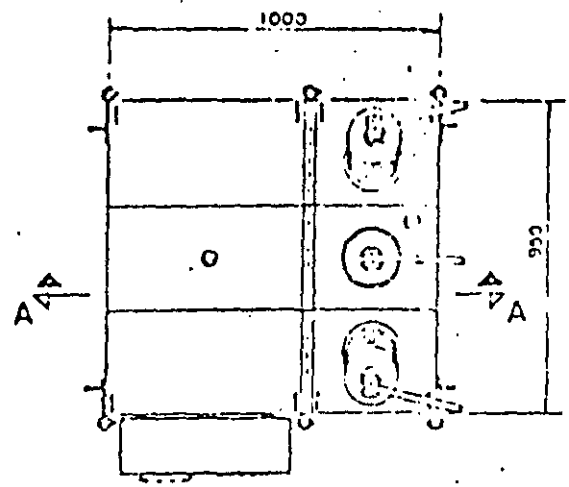


DETALLE A

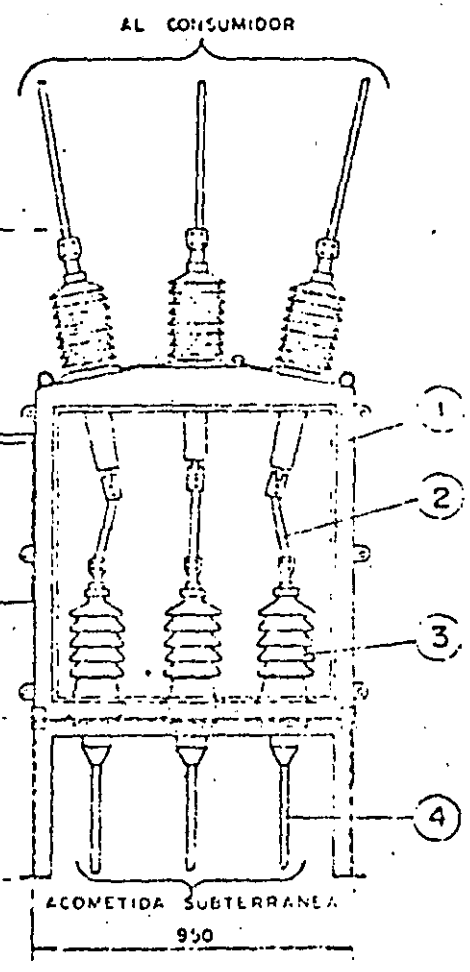
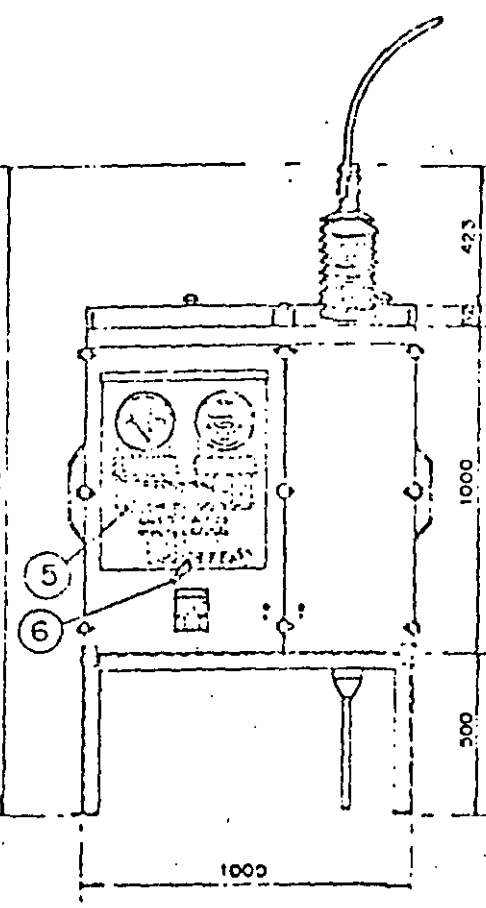
Esc. 1:50; Acotaciones en mm

EQUIPO DE LA CIA DE LUZ			
Nº	Cant.	Nombre	Nº Norma
1	3	Cables 23PT 1x35, 1x70, 1x150 y 1x240	
2	3	Terminales 20/250	2.9180.45
3	1	Equipo medición	2.4350.45
	1	Estructura 200 050	2.4515.10
4	1	Caja M 18	2.2007.55
5	4	Alambre Cud 2 (Tierra)	2.0700.15
6	1.15	Canal hierro ligera de 152 mm con 2 topos de ángulo (DETALLE A)	

EQUIPO DEL CONSUMIDOR		
Nº	Cant.	Nombre
11	1	Gabinete cerrado con alumbrado para la instalación del Equipo MT20 y Cuchillas
12	2	Yfas Ductos A5 con 6quilla ducto A5
13	1	Registro de 1.10x1.00x1.00 m sin tapa
14	3.5r	Alambre Cud 1/0 a 4/0
15	6	Aisladores soporte 20 kv con conectores mecánicos para conectar el equipo de comprobación de medidores
16	6	Aisladores soporte 20 kv
17	9	Cuchillas 20 kv 200 Amp con movimiento de interrupción paralelo a la base
18		Buses de solera cobre electrolítico 6.3x25x4 mm con conectores mecánicos
19		Barra tierra de solera cobre 6.3x25x1 mm con conectores mecánicos
20		Barreras aislantes ricarte 6.3mm grado Norma XX



CORTE A-A



VISTA SIN TAPA

MATERIAL. (En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma Lyf	Unidad	Cantidad
1	Equipo MJS 23	2.0477	Pza	1
2	Cable Cud 2/0 ó 250	2.0112	m	10
3	Terminales 25 1 x 200 ó 25 1 x 200	2.0033	Pza	3
4	Cable 23 PE 1 x 35 ó 1 x 70 ó 1 x 150 ó 1x240	2.0235	m	1
5	Alambre Cuf 14, Cuf 10A, R, S, V, A, D,	2.0378	m	1
6	Sello de plomo A	2.0250	Pza	1



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 6

PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES

ING. ENRIQUE OROZCO L.

SEPTIEMBRE, 1985.

8.1.- DESCARGAS ATMOSFERICAS Y OTRAS SOBRETENSIONES CARACTERISTICAS.

Los sistemas eléctricos, junto con sus equipos componentes, están expuestos siempre al riesgo de recibir sobretensiones cuyo origen puede ser externo al sistema eléctrico como las descargas atmosféricas, o interno, producidas por el propio sistema al cambiar subitamente de una condición de operación a otra o durante condiciones transitorias anormales de servicio.

a).- Sobretensiones de origen externo.

Las sobretensiones de origen externo en un sistema eléctrico se deben principalmente a los efectos de las descargas atmosféricas.

Existen varias teorías para tratar de explicar el mecanismo de carga eléctrica de una nube, sin embargo, casi todas ellas coinciden en aceptar que la acción del viento sobre las partículas de agua o hielo que forman las nubes constituyen una gigantesca máquina electrostática que las polariza.

Durante el proceso de carga de una nube las partículas que la componen están separadas y por lo tanto aisladas entre ellas, así que podemos subdividir las nubes en varias regiones irregulares cada una de ellas con un potencial y una capacitancia a tierra diferentes, estas regiones no son estables, cambian sus condiciones debido a la movilidad de las partículas cargadas o a alguna eventual descarga entre regiones cuando se excede la rigidez dieléctrica del espacio.

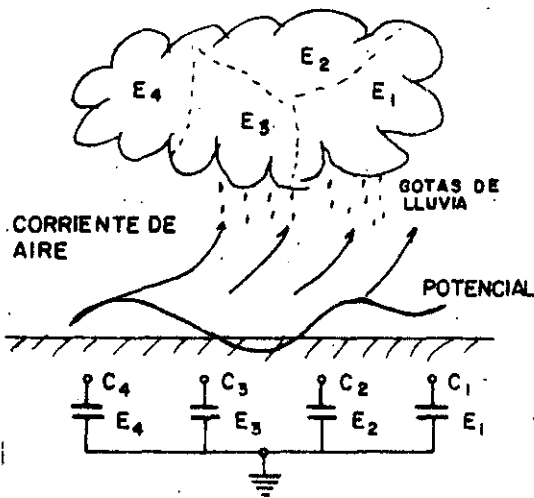
Este reacomodo de cargas pueden ocasionar que la intensidad de campo eléctrico nube tierra exceda en algún punto la rigidez dieléctrica atmosférica, con lo que se inicia una descarga a tierra.

El hecho de que algunas zonas de la nube descarguen a tierra, trae como consecuencia que se altere la carga total de la nube y que la intensidad de campo eléctrico entre regiones de la nube pueda alcanzar el valor crítico de ruptura entre ellas y transfiera sus car

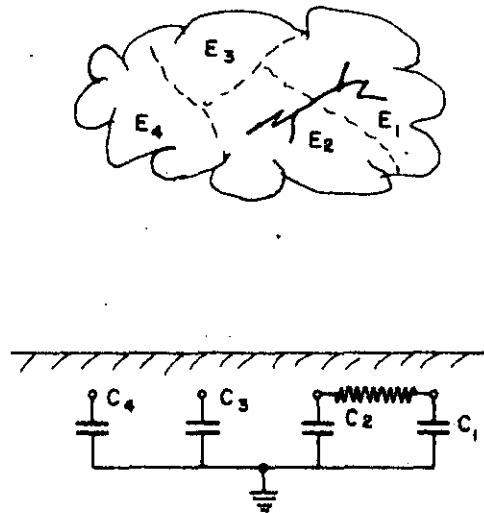
gas de una region a otra hacia la zona y el canal de descarga a tierra ya formado.

En la siguiente figura se ilustra lo explicado anteriormente y se incluye el circuito equivalente correspondiente a cada etapa del fenomeno.

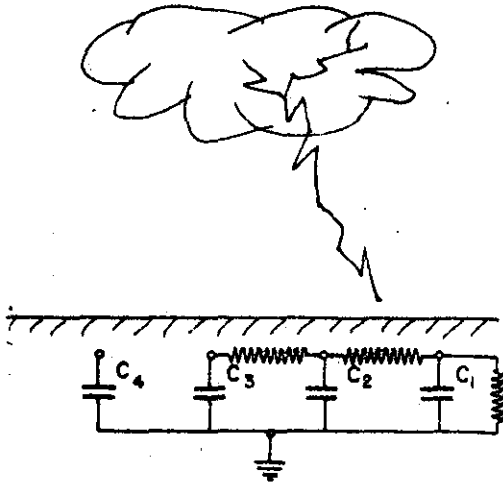
a).- PROCESO-DE CARGA



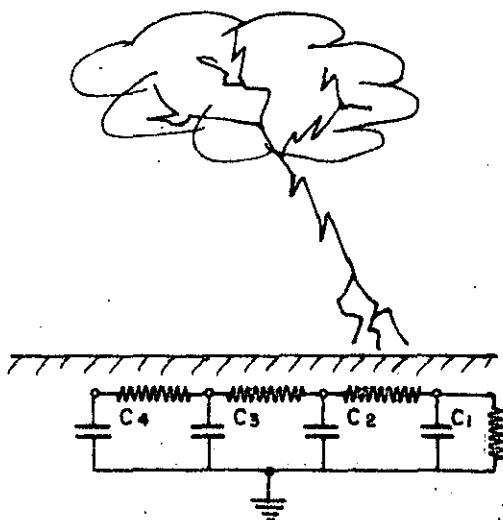
b).- IGUALACION DE TENSIONES



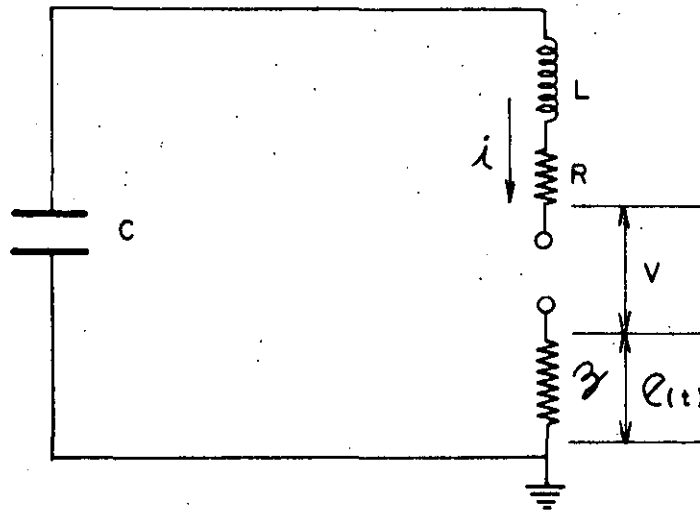
c).- DESCARGA PARCIAL A TIERRA
CUANDO SE ALCANZA EL VALOR DE RIGIDES DIELECTRICA DEL AIRE.



d).- DESCARGA TOTAL A TIERRA



El circuito de descarga nube tierra simplificado lo podemos representar como sigue:



C- Capacitancia equivalente nube tierra.

L- Inductancia de la trayectoria del rayo.

R- Resistencia de la trayectoria del rayo.

Z- Impedancia surge del objeto en donde incide el rayo.

V- Potencial nube tierra.

$e(+)$ - Potencial en donde incide el rayo (Onda de tensión, producida por la descarga atmosférica).

La solución de este circuito en el plano de laplace es:

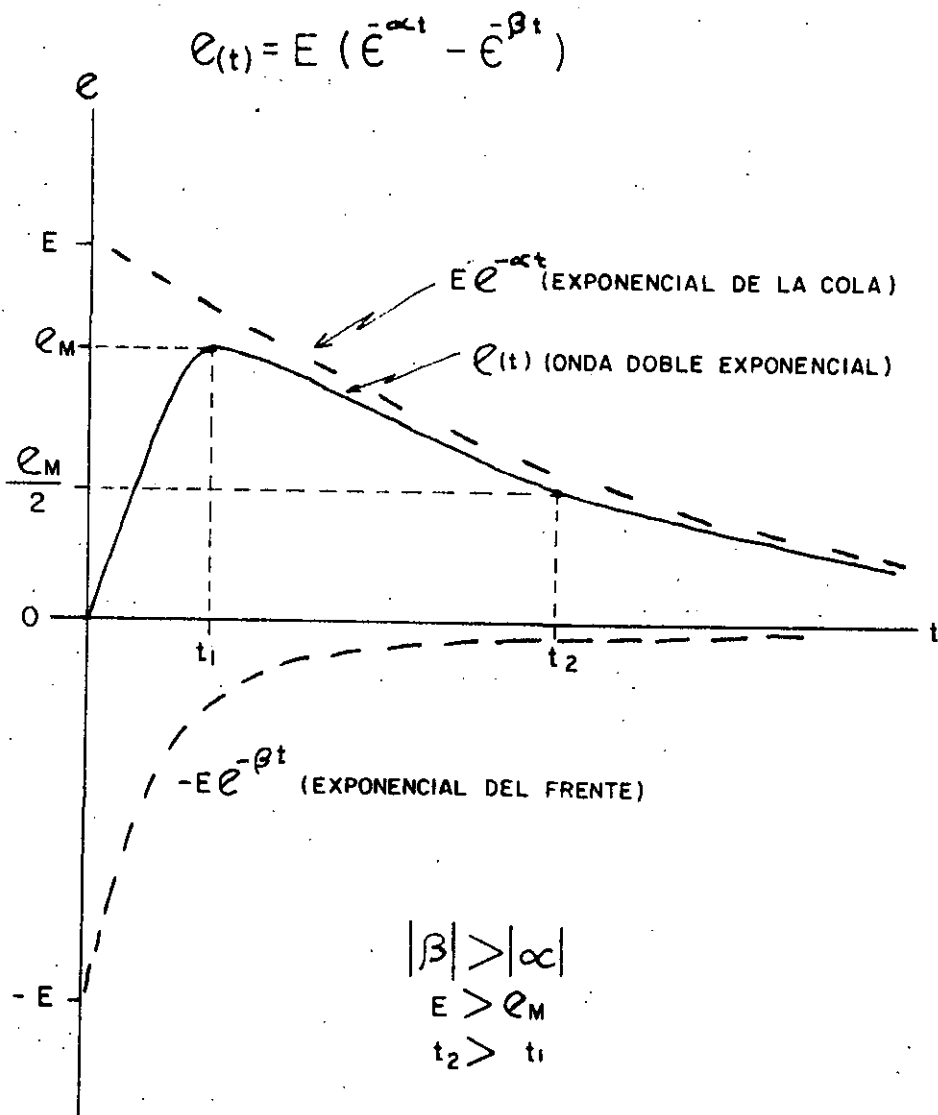
$$e_{(s)} = \frac{V Z}{L} \frac{1}{s^2 + \frac{R+Z}{L} s + \frac{1}{LC}}$$

Cuya solución en el dominio del tiempo nos da como resultado una onda doble exponencial.

$$e_{(t)} = \frac{V Z}{L(m_1 - m_2)} (e^{m_1 t} - e^{m_2 t})$$

$$m_{1,2} = -\frac{R+Z}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R+Z}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

$$E = \frac{V Z}{L(m_1 - m_2)}$$



La onda de tensión doble exponencial es el efecto de las descargas atmosféricas en los objetos (Sistemas Eléctricos) instalados en la tierra.

La notación simplificada para identificar estas ondas es como sigue:

$$e_M / t_1 / t_2$$

En donde:

E_M - Tensión máxima de cresta de la onda en (KV.)

t_1 - Tiempo para alcanzar la tensión E_M en (μS)

t_2 - Tiempo para alcanzar el 50 % de E_M en la cola en (μS)

La parte de la onda comprendida entre 0 y $t_1 \mu S$ es el frente de la onda y la parte siguiente se denomina cola de la onda.

La magnitud de la corriente del rayo es prácticamente independiente de la impedancia del objeto en donde incide el rayo debido a que la impedancia de la trayectoria del rayo (SL+R) es mucho mayor que Z .

La medición de la corriente máxima de miles de descargas atmosféricas en líneas de transmisión y edificios mostraron los siguientes resultados.

<u>PROBABILIDAD %</u>	<u>LA DESCARGA EXCEDE EL VALOR DE</u>
99	3 KA
50	15 KA
5	60 KA
1	100 KA
0.1	200 KA

La sobretensión producida por una descarga atmosférica se puede estimar con el producto iZ y sabiendo que el nivel isoseráico de 30 representa una densidad de descarga atmosféricas de 5.29 descargas /Km²/ año es posible determinar la frecuencia y probabilidad de que un sistema eléctrico pueda ser alcanzado por un rayo.

Basados en la experiencia se normalizó la forma de onda de tensión de BIL/1.2/50 como representativa del efecto de las descargas atmosféricas en los sistemas eléctricos.

B.- Sobretensiones de origen interno.

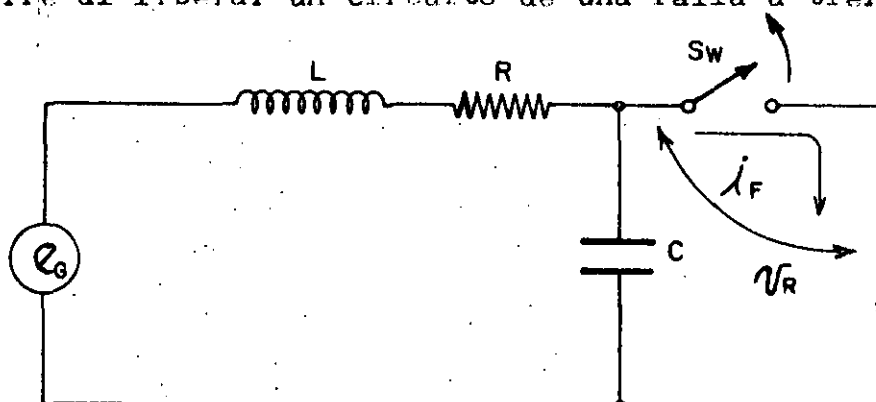
Estas sobretensiones se producen dentro de un sistema eléctrico

cuando se cambia subitamente la configuración de una red debido a operaciones de maniobra o durante condiciones transitorias anormales de servicio.

Estas sobretensiones se pueden presentar a la frecuencia del sistema durante varios ciclos (Larga duración) o a la frecuencia natural de resonancia de los circuitos L-C afectados durante las maniobras o anomalías. (Transitorios).

Los estudios de sobretensiones de maniobra en un sistema eléctricos son complejos y deben ser realizados para cada red en particular con sus propios parametros y condiciones de servicio.

Un caso de sobretensiones de larga duración a la frecuencia del sistema fue analizado en el capítulo 7. A manera de ilustración veremos, en seguida, un caso típico de sobretensión transitoria de maniobra, que ocurre al liberar un circuito de una falla a tierra.



En donde:

$$E_G = E \sin \omega t \quad \text{Tensión de Generación.}$$

$$i_F = \frac{E}{j\omega L + R} \sin \omega t \quad \text{Corriente de Falla.}$$

L - Inductancia de la línea de transmisión.

R - Resistencia de la línea de transmisión.

C - Capacitancia a tierra de la línea de transmisión.

Sw - Interruptor.

V_R - Sobretensión de restablecimiento al abrir el Interruptor.

El problema se plantea en el dominio de laplace despreciando la resistencia como sigue:

$$\mathcal{V}_{R(s)} = \mathcal{I}_{F(s)} \times \mathcal{Z}_{SW(s)}$$

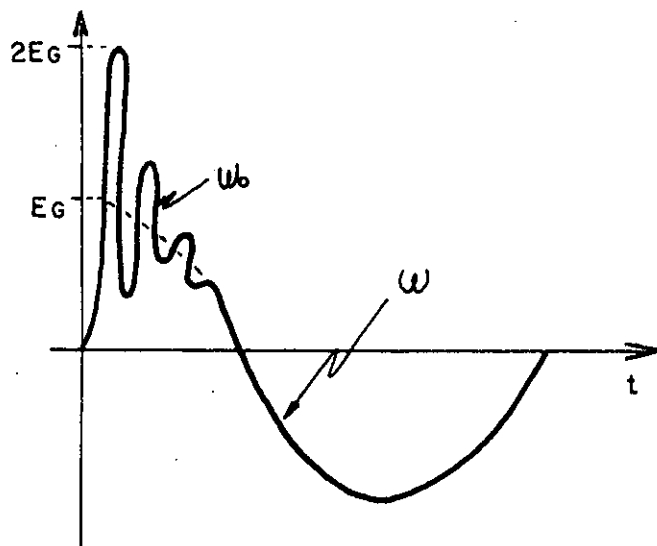
$$\mathcal{I}_{F(s)} = \frac{E_G}{\omega L} \times \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$$

$$\mathcal{Z}_{SW(s)} = \frac{SL \times \frac{1}{SC}}{SL + \frac{1}{SC}} = \frac{S}{C} \times \frac{1}{s^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (\text{Frecuencia natural de resonancia del circuito}).$$

La solución de la ecuación en el dominio del tiempo es:

$$\mathcal{V}_{R(t)} = \frac{E_G}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \times (\cos \omega t - \cos \omega_0 t)$$



La tensión de restablecimiento se duplica $2p.u.$ y tiene dos componentes una a la frecuencia del sistema y otra a la frecuencia natural de resonancia del circuito.

Para fines de normalización y basados en muchas experiencias se ha determinado que las ondas representativas de las sobretensiones de maniobra tienen las siguientes características.

B S L / 250 / 2500.

8.2- Niveles de aislamientos en equipos.

Los sistemas eléctricos y los equipos que los forman están sujetos a sobretensiones de diferentes magnitudes y tiempos de duración cuyas características dependen de su origen, los cuales enunciaremos a continuación.

<u>SOBRETENSIONES</u>	<u>FORMA</u>	<u>ORIGEN</u>
Frente de Onda	Rampa. Tiempo de duración menor - a $1.5 \mu s$.	Descarga atmosférica de gran magnitud, -- cortada en el frente.
Onda Cortada	Trapezio. Tiempo de duración 1.2 a $3 \mu s$.	Descarga atmosférica de mediana magnitud cortada en la cola.
Impulso de Rayo (BIL)	Onda completa -- exponencial de - $1.2/50 \mu s$.	Descarga atmosférica soportada por los -- aislamientos del sistema.
Impulso de maniobra (BSL).	Onda completa doble exponencial de $250/2500$	Sobretension producida por maniobras en un sistema.
Baja frecuencia	Senoidal a la -- frecuencia de -- generación del -- sistema tiempo -- de duración de 4 ciclos a 1 minuto	Corto circuito de falla a tierra, líneas en vacío, ferro.resonancia, etc.

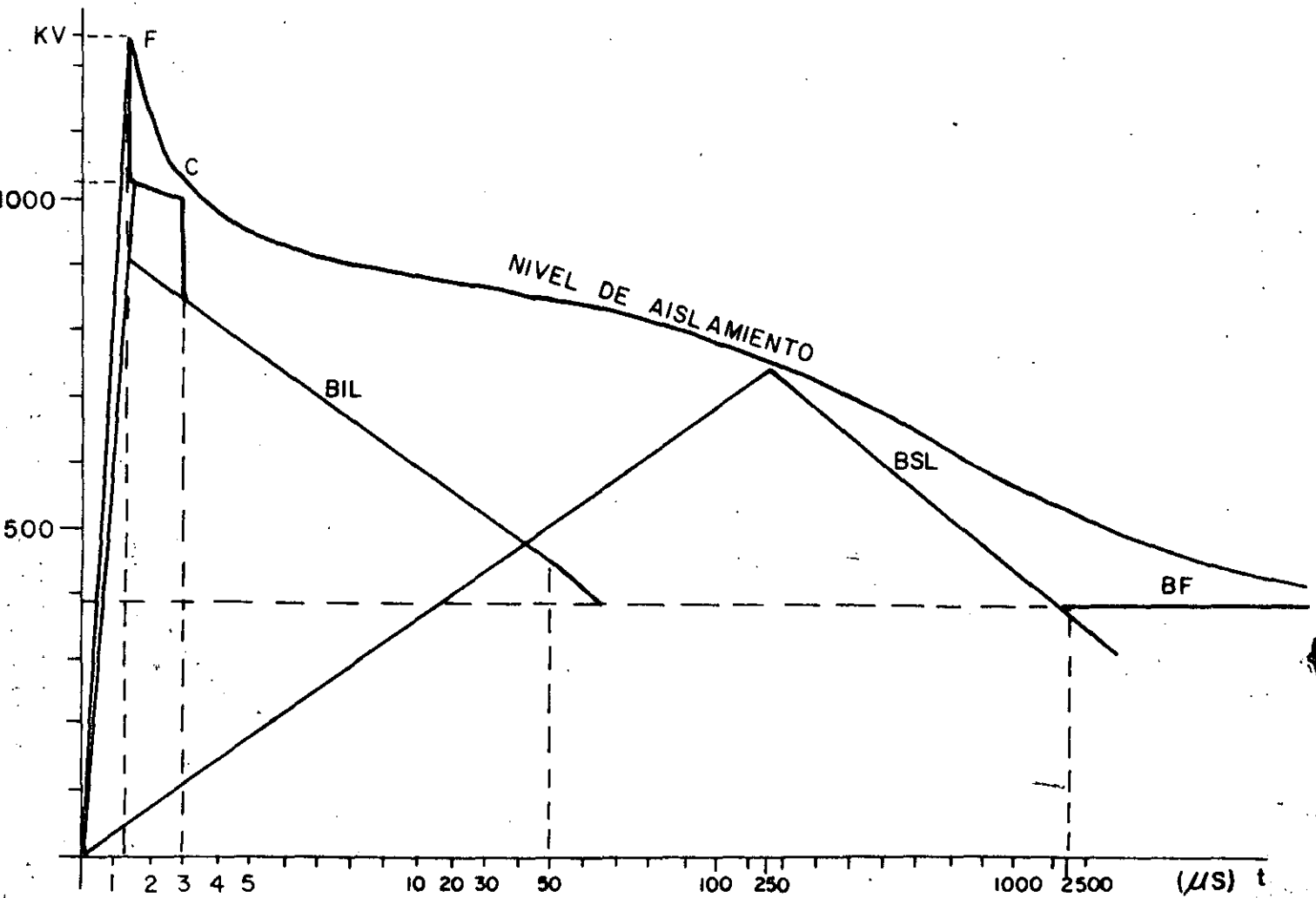
El conjunto de sollicitaciones dieléctricas que debe soportar -- los aislamientos de una máquina, equipo, aparato o componente de un sistema se denomina NIVEL DE AISLAMIENTO.

Por ejemplo un transformador sumergido en aceite de 230 KV en AT, conectado en delta con nivel básico de impulso de 900 KV sus devanados de alta tensión deben poder soportar sin dañarse las siguientes sobretensiones, de acuerdo a las normas ANSI-C57-12-00.

- (F) Frente de onda 1240 KV cortada en $1.24 \mu s$.
- (C) Onda cortada 1035 KV cortada en $3 \mu s$.
- (BIL) Onda completa (BIL) $900/1.2/50$
- (BSL) Onda maniobra (BSL) $750/250/2500$
- (BF) Baja frecuencia 395 KV a 60 Hz 1 minuto.

El perfil de las sobretensiones de aguante representan el nivel de aislamiento de los devanados del transformador antes mencionado.

Y graficamente se vería como sigue:



La información particular de cada clase de tensión y sus niveles de aislamiento se pueden encontrar en forma detallada en las normas correspondientes para cada tipo de equipo, aparato ó componente eléctrico.

Para ilustrar presentamos algunos valores típicos de los niveles de tensión de equipos de distribución en la tabla I.

8.3- Equipos de protección contra sobretensiones.

Nos vamos a referir solamente a los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen externo utilizados para proteger los equipos, principalmente transformadores, instalados en un sistema eléctrico.

TABLA 1

VOLTAJE CLASE (KV)	60 Hz, 1 MINUTO PRUEBA DE POTENCIAL APLICADO (KV)			1.2 X 50 μS PRUEBA DE IMPULSO (KV CRESTA, ONDA COMPLETA)				
	TRANSF. DE POTENCIA EN ACEITE	TRANSF. DE DISTRIBUCION EN ACEITE	TRANSF. TIPO SECO	TABLERO	TRANSF. DE POTENCIA EN ACEITE	TRANSF. DE DISTRIBUCION EN ACEITE	TRANSF. TIPO SECO	TABLERO
1.2	14.4	14.4	5.66		45	30	10	
2.4							20	45
2.5	21.2	21.2	14.4		60	45		
4.16				26.9				60
4.8							25	
5.0	26.9	26.9	16.9		75	60		
7.2				51				75(95)*
8.32							35(65, 75)*	
8.7	36.8	36.8	26.9		95	75		
13.8				51				95
14.4							50(65, 95)*	110
15.0	48.1	48.1	43.9		110	95		
25.0	70.8	70.8			150	150		
34.5	99	99			200	200		

ANSI C37.4a-1958 (R 1971); ANSI C37.6-1971; ANSI C37.41-1969(R 1974); IEEE Std 20-1973 (ANSI C37.13-1973) IEEE Std 462-1973 (ANSI C57.12.00-1973).

* LOS VOLTAJES ENTRE PARENTESIS ESTAN FRECUENTEMENTE DISPONIBLES COMO OPCIONES

A.- Cuernos de Arqueo.

Consisten en dos electrodos, uno vivo y el otro aterrizado, aislados y separados entre si una distancia tal que es aislante a tensión nominal y con sobretensiones a la frecuencia del sistema, pero que se rompe con sobretensiones de impulso por rayo peligrosas para los equipos eléctricos.

Este tipo de protección puede ser empleada en donde las descargas atmosféricas no sean muy severas y no sea indispensable la continuidad del servicio ya que en caso de operar, el sistema se pone en corto circuito con el arco formado entre los electrodos, haciendo operar los sistemas de protección contra sobrecorriente (fusibles interruptores) e interrumpiendo el servicio.

Además del inconveniente anterior la respuesta dieléctrica de los cuernos de arqueo es muy inestable por depender grandemente del medio ambiente.

Los cuernos de arqueo normalmente se instalan directamente en las boquillas de los aparatos que deben ser protegidos y de tal manera que el arco eventualmente formado entre ellos no dañe la superficie de los aisladores o algun otro equipo próximo.

La distancia entre los electrodos de los cuernos de arqueo se puede estimar como sigue:

$$d = \frac{BIL}{K} \times \frac{273+t}{0.392b}$$

d = Distancia entre electrodos de cuernos de arqueo en (m)

BIL= Nivel básico de aislamiento del aparato a proteger en KV

K = 1200 para niveles de distribución, 950 para niveles de Potencia

t = Temperatura ambiente en °C

b = Presión barométrica del lugar en mmHg.

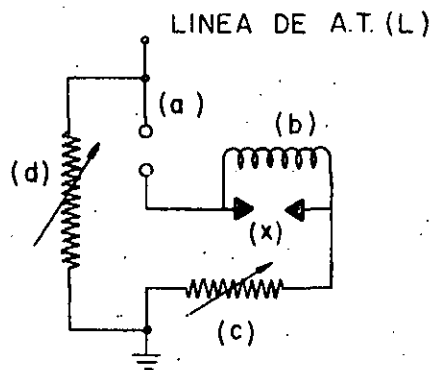
Siempre es conveniente comprobar en el laboratorio la respuesta de los cuernos de arqueo al impulso.

B- Apartarrayos.

Un apartarrayos se define como un elemento de protección, que sirve para limitar un sobrepotencial transitorio, en un equipo eléctrico, derivando a tierra la corriente transitoria asociada a la onda de potencial.

Un apartarrayos está constituido por:

- (a) Un electrodo de arqueo
- (b) Un sistema de extinción del arco
- (c) Una resistencia serie no lineal ($I = K E^n$)
- (d) Una resistencia en derivación no lineal



APARTARRAYOS

(e) Si suponemos que se aplica una onda de tensión entre la terminal L y tierra capaz de flamear los electrodos (a) la onda (e) se en algún punto y se establecerá cortará una corriente a tierra a través de la bobina (b) y la resistencia (c) cuya magnitud dependerá de la impedancia del circuito.

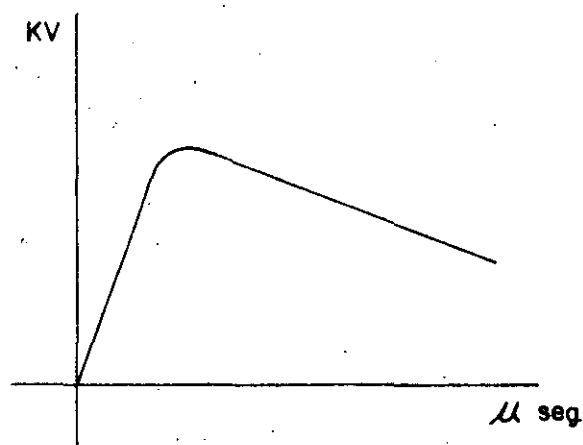
La resistencia (c) es inversamente proporcional a la tensión aplicada, por lo que la tensión (e_1) original tendrá un nuevo valor

$I_2 \approx e_2 < e_1$. Y la energía disipada por la resistencia será la mínima posible.

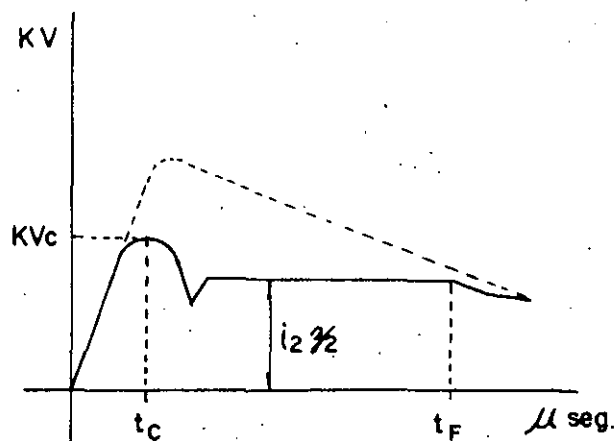
La corriente que circula por la bobina (b) produce un campo magnético que desvía el arco de los electrodos (a) a una zona de extinción. Si la corriente es muy alta, la caída de tensión en la bobina es alta también y operan los electrodos auxiliares (x) permitiendo la --

operación continua del apartarrayos a lo largo de un transitorio de alta energía.

La resistencia (d) sirve para uniformizar el campo eléctrico externo al apartarrayos durante su operación.



ONDA ORIGINAL



ONDA MODIFICADA POR UN APARTARRAYOS.

* El valor de cresta (KVC) y el tiempo (t_c) dependen de la respuesta de los electrodos.

- El valor $i_{2\frac{3}{2}}$ depende de la resistencia serie no lineal.

- El tiempo final (t_f) de operación del apartarrayo depende del dispositivo de extinción del arco.

En la tabla siguiente se muestra la respuesta típica de apartarrayos autovalvulares de distribución de un fabricante de EEUU.

LINEA A TIERRA TENSION NOMINAL ①	DESCARGA A 60 Hz	DESCARGA ONDA 1.2/50 ②	TENSION DE DESCARGA PARA UNA CORRIENTE CON FORMA DE ONDA 8/20. ③					
			1.5 KA	3 KA	5 KA	10KA	20KA	65 KA
KV RMS	KV RMS	KVCRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA	KVCRESTA	KVCRESTA	KVCRESTA	KV CRESTA
3	11	19	9	11	12	13	15	18
6	22	33	19	22	24	26	30	36
10	27	43	29	33	36	39	44	54
12	36	57	39	44	48	52	59	72
15	44	65	48	55	60	65	74	90
18	50	76	58	65	72	78	88	108
21	56	78	68	75	80	90	103	126

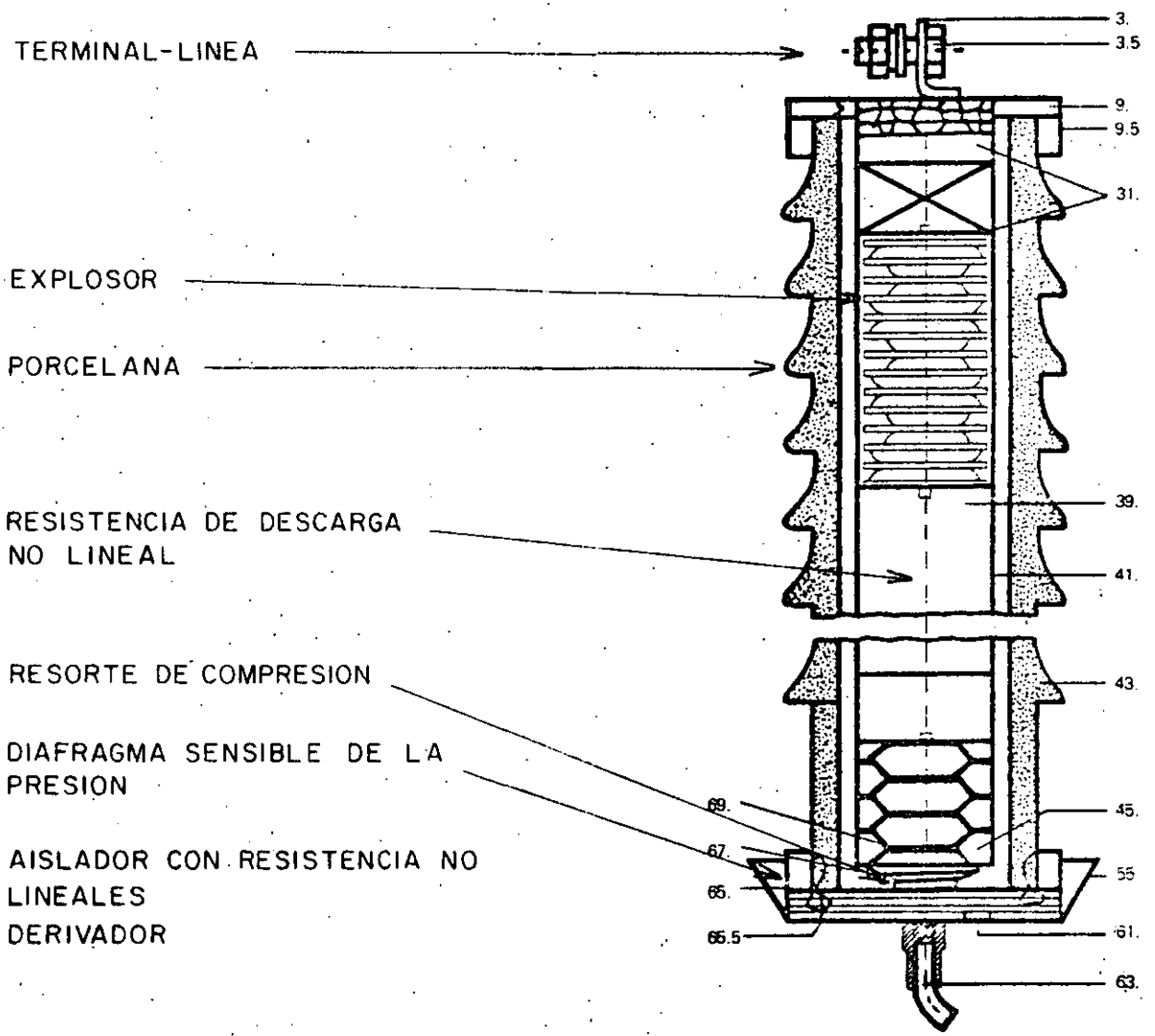


FIGURA. VISTA DE CORTE DE UN APARTARRAYOS.

① La tensión nominal del apartarrayos siempre debe de ser mayor que la sobretensión que aparece en las líneas vivas cuando -- una fase falla a tierra (Ref, capítulo 7).

Esta tensión es la base de partida para seleccionar el apartarrayos, en función de la clase de aterrizamiento del sistema.

$$KV_{RMS} = C_e KV_{LL}$$

En donde:

KV_{RMS} = Tensión nominal del apartarrayos. En KV.

C_e - Factor de aterrizamiento y tiene los siguientes valores

0.7 a 0.9	Para sistemas efectivamente aterrizados	} VER CURVAS II
0.9 a 1.0	Para sistemas aterrizados por reactancia	
1.1	Para sistemas con neutro flotante	

KV_{LL} = Tensión nominal de fase a fase del sistema en KV

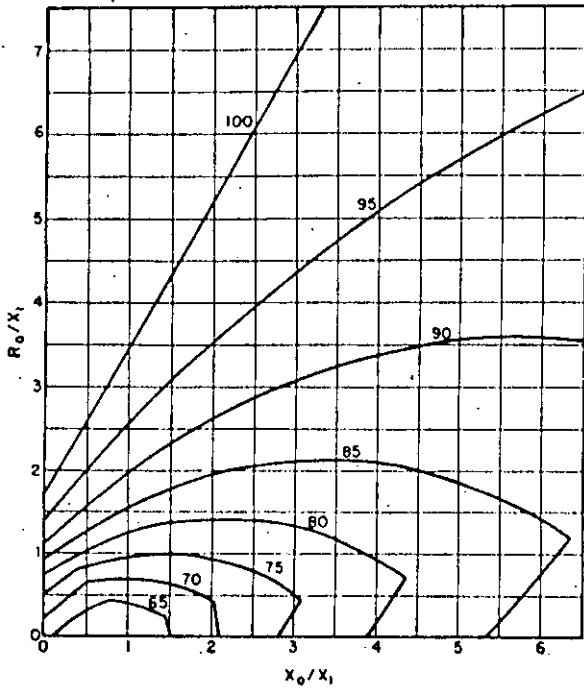
② Características de respuesta de los electrodos del apartarrayos.

③ Características de respuesta de las resistencias no lineales de descarga del apartarrayos.

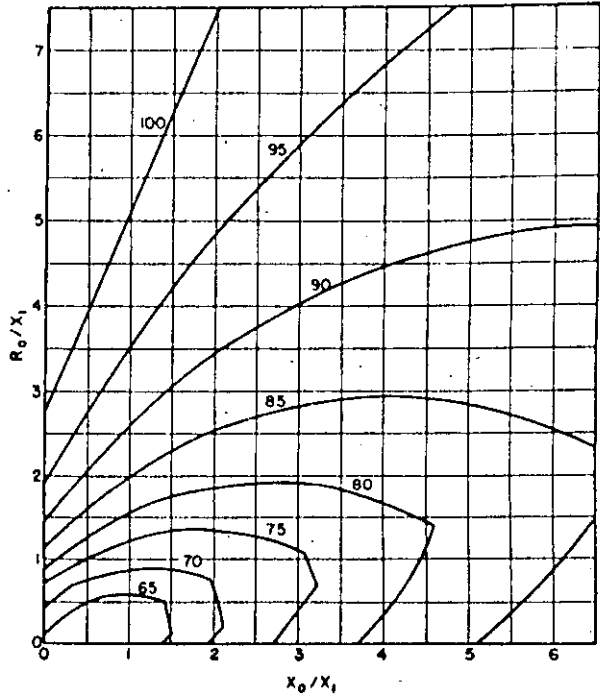
Una vez seleccionado el apartarrayos de acuerdo al criterio -- indicado en ① se recomienda verificar los márgenes de protección -- como sigue:

$$M = \frac{BIL}{KV_{AP}(1+0.66T)}$$

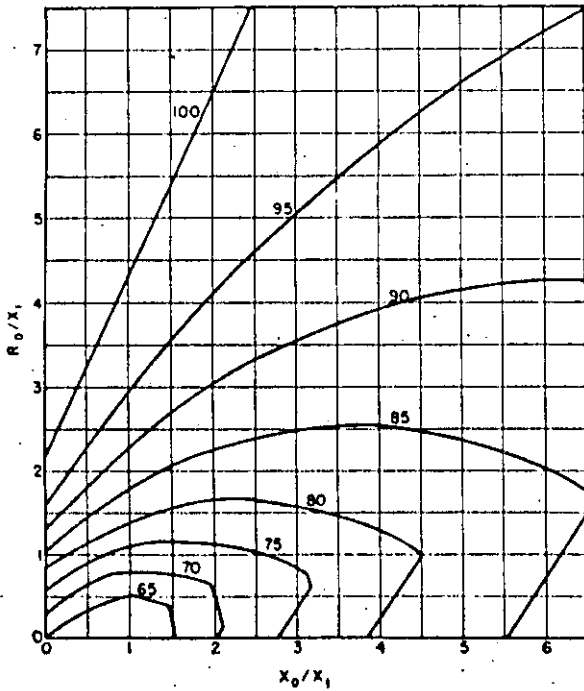
CURVAS II



(a) Voltage conditions neglecting positive- and negative-sequence resistance— $R_1 = R_2 = 0$.



(c) Voltage conditions for $R_1 = R_2 = 0.2 X_1$.



(b) Voltage conditions for $R_1 = R_2 = 0.1 X_1$.

Figure
Maximum Line-to-ground Voltage at
Fault Location for Grounded Neu-
tral System Under Fault Condition.

En donde:

M - Margen de Protección $1.2 \leq M \leq 1.4$

BIL - Nivel básico de impulso del equipo por proteger

KV_{AP} - Tensión de cresta de respuesta del apartarrayos

KV^② Para encontrar el margen de protección ofrecido por los -
electrodos del apartarrayos.

KV^③ Para encontrar el margen de protección que dan las resis-
tencial no lineales del apartarrayos.

T - Tolerancias de respuesta de los apartarrayos.

Tolerancias

Tipo de pararrayo	Descarga al impulso onda 1.2/50	Descarga de cor- riente onda 8/20
Distribución	0.15	0.20
Estación	0.10	0.15

Los apartarrayos se deben instalar lo más próximo posible a los aparatos que van a proteger. Pero para mantener el margen de protección no deben ser instalados a una distancia mayor que.

$$S = 150 \frac{KV_{AP} \text{ ②}}{n}$$

En donde:

S - Distancia máxima permisible de instalación del apartarrayos
con relación al aparato protegido en (m)

KV_{AP}^② - Tensión máxima de cresta, onda 1.2/50 ó frente de onda,
de operación del apartarrayos.

n - Pendiente del frente de onda que permite pasar el aparta---
rrayos en KV/μs

8.4 SISTEMAS DE PARARRAYOS EN EDIFICIOS.

PARA LA PROTECCION DE EDIFICIOS SE CONSIDERA UN NIVEL -
BASICO DE IMPULSO DE 1400 KV.

EL CRITERIO PARA PROTECCION DE EDIFICIOS TRATADO AQUI,
SE BASA EN UN ESTUDIO REALIZADO POR EL ILLINOIS INSTITUTE OF TECH-
NOLOGY.

EL ESTUDIO MENCIONADO ARROJO LOS DATOS QUE SE ENCUENTRAN
EN LA TABLA I.

TABLA I
ANGULOS DE PROTECCION PARA ASEGURAR 99.5% DE PROTECCION

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL PISO (METROS)	ANGULO DE PROTECCION (GRADOS)
7.5	60
15.0	47
22.5	33
30.0	20
37.5	10
45.0	0
52.5	-10
60.0	-20

DIBUJANDO LOS DATOS DE ESTA TABLA SE LLEGA A LA FIGURA I.

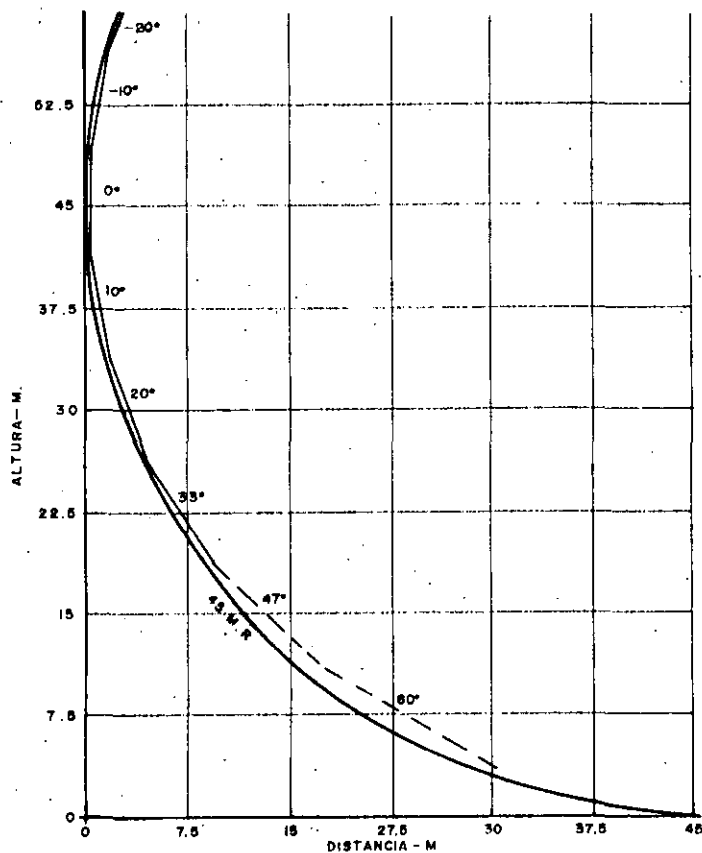
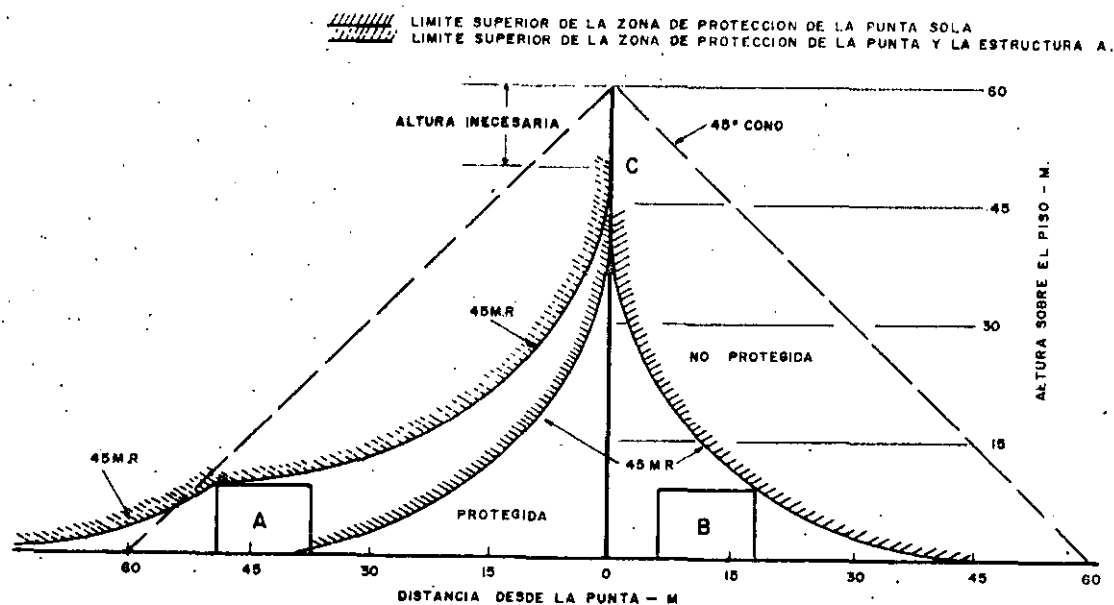


FIG. 1 GRAFICA DE LOS DATOS DE LA TABLA I
CON UN CIRCULO INSCRITO DE 45m DE RADIO.

ESTE CRITERIO DEL RADIO DE 45m ES UNA HERRAMIENTA CON
FIABLE PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS CON PUNTAS APARTARRAYOS.

UN OBJETO QUE SE ENCUENTRE ARRIBA DEL NIVEL DE PISO -
ESTARA PROTEGIDO CONTRA RAYOS SI NINGUNA PARTE DE ESTE ESTA ARRIBA
DE LA SUPERFICIE DEL ARCO DE UN CIRCULO DE 45m DE RADIO (VER -
ESTRUCTURA B DE LA FIGURA 2). CON EL RADIO DE 45m SE CONSIDERA
QUE SE TIENE UN 99.5% DE PROTECCION, SE PUEDE AUMENTAR EL % DE --
PROTECCION A 99.9 SI SE REDUCE EL RADIO A 37.5 m.



OTRA FORMA DE VISUALIZAR ESTE CONCEPTO ES IMAGINANDO --
UNA ESFERA DE 45m DE RADIO (90m DE DIAMETRO) RODANDO SOBRE LA SU-
PERFICIE DE LA TIERRA. TODOS LOS OBJETOS TOCADOS POR LA ESFERA --
 SON SUCEPTIBLES DE SUFRIR DESCARGAS DIRECTAS MIENTRAS QUE LOS QUE
 NO ESTAN TOCADOS POR LA ESFERA, DEBIDO A QUE ESTAN ABAJO DE OBJE--
 TOS MAS ALTOS YA PROTEGIDOS, NO LO SON.

SE VE FACILMENTE QUE CUALQUIER OBJETO QUE ESTE SEPARADO
MAS DE 45m DE CUALQUIER ESTRUCTURA, AUN DE ALGUNA MUY ALTA, RECI-
RE MUY POCA O NINGUNA PROTECCION DE ESA ESTRUCTURA.

EN LA FIGURA 2 SE OBSERVA QUE LOS PUNTOS ABAJO DE LA --
CURVA DE RADIO DE 45m Y TOCANDO LA PUNTA PARARRAYOS, COMO LA ES---
TRUCTURA B, ESTAN PROTEGIDOS. LA ESTRUCTURA A, A PESAR DE SER DE_
 LAS MISMAS DIMENSIONES, ESTA SUJETA A DESCARGAS DIRECTAS, YA QUE -
ESTA FUERA DE LA ZONA DE PROTECCION DE LA PUNTA QUE PROTEGE A B.

LA NUEVA CURVA DE PROTECCION PARA A ES UNA COMBINACION_
 DE LAS CURVAS DE 45m DE RADIO QUE SE INTERSECTAN EN LA ESTRUCTURA_
 A, UNA DE LAS CURVAS SE LOCALIZA DEL PISO A LA PARTE SUPERIOR DE A
 Y LA OTRA DE AHI MISMO HASTA EL PUNTO QUE TOCA UNA PUNTA PARARRA--
 YOS DE ALTURA C.

EN LA TABLA II SE DA UN EJEMPLO DE UN OBJETO QUE TIENE_
UNA ALTURA DE 11.25m Y SE OBSERVA LA DISTANCIA (HORIZONTAL) QUE --
 QUEDA PROTEGIDA DE ACUERDO A LA LONGITUD DE LA PUNTA APARTARRAYOS.

TABLA II
 PROTECCION PARA UN OBJETO DE 11.25m DE ALTURA
 UTILIZANDO UNA PUNTA PARARRAYOS.

ALTURA DE LA PUNTA (METROS)	ALTURA TOTAL (METROS)	DISTANCIA CUBIERTA (METROS)
1.5	12.75	1.5
3.75	15.0	3.75
9.0	20.25	7.5
15.3	26.55	11.25
33.75	45.0	15.0

ESTA TABLA PUEDE SER REDUCIDA OBSERVANDO LA FIGURA 1.

PROTECCION UTILIZANDO 2 O MAS PUNTAS PARARRAYOS.

UNA FORMA DE VISUALIZAR LA ZONA PROTEGIDA POR 2 PUNTAS APARTARRAYOS ES IMAGINANDOSE UNA ESFERA DE 90M. DE DIAMETRO QUE RUEDA SOBRE DOS OBJETOS ELEVADOS, POR EJEMPLO, LOS DOS HILOS DE GUARDA DE UNA LINEA DE TRANSMISION, LA ESFERA PENETRA ENTRE ELLOS SOLO HASTA EL PUNTO EN QUE EL DIAMETRO Y LA SEPARACION DE LOS OBJETOS LO PERMITE. EN ESTE CASO, CUALQUIER OBJETO QUE PERMANEZCA BAJO LA SUPERFICIE DE LA ESFERA PERMANECE PROTEGIDO.

LA FIGURA 3 (A) ILUSTRA EL GRADO DE PROTECCION DE UN TANQUE DE 18M. DE ALTURA Y 30M. DE DIAMETRO UTILIZANDO UNA PUNTA PARARRAYOS Y UTILIZANDO EL CRITERIO DEL ANGULO DE PROTECCION DE 45° RECOMENDADO POR LA NFPA 78. PARA PODER DAR ESTE ANGULO SE REQUIERE QUE LA ALTURA DE LA PUNTA SEA DE 33M. SE MUESTRAN TAMBIEN LOS ARCOS DE 45M. DE RADIO, TANGENTES A LA TIERRA, CON LO CUAL SE VE QUE EL CONO DE 45° NO SERIA EFECTIVO.

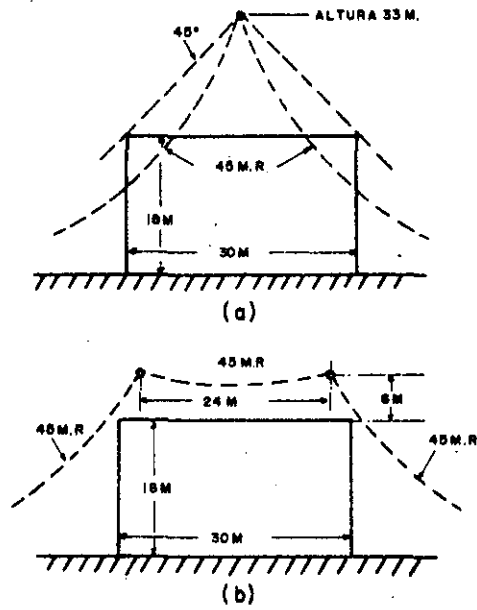
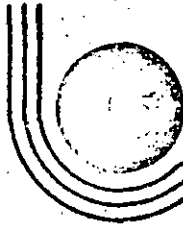


FIG. 3 PROTECCION DE UN TANQUE A) PUNTA PARARRAYOS CONSIDERANDO UN ANGULO DE 45° . INEFECTIVA.
 B) DOS PUNTAS CONSIDERANDO UNA ZONA DE 45M. DE RADIO. EFECTIVA.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

ANEXO AL TEMA:

"PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES"

**Ing. Enrique Orozco López
Ing. Raúl Méndez Albores**

SEPTIEMBRE, 1985.

PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS EN
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

Ing. Enrique Orozco López
Ing. Raúl Méndez Albores
Cía de Luz y Fuerza del Centro
Departamento Laboratorio
Area de Investigación Aplicada

1.- INTRODUCCION

La protección de los equipos eléctricos contra descargas atmosféricas, impone la necesidad de utilizar dispositivos de protección adecuados para limitar la magnitud de las sobretensiones (y sobrecorrientes) y de esta manera definir niveles de aislamiento más bajos, que sean capaces de soportar este límite de sobretensión durante la vida útil de los equipos eléctricos.

El apartarrayos, es sin lugar a dudas, uno de los dispositivos de protección más importantes que se utiliza en los sistemas eléctricos, para asegurar la continuidad de servicio, a pesar de la frecuente aparición de sobretensiones originadas por la presencia de descargas atmosféricas.

Las descargas atmosféricas producen sobretensiones de tipo externo en los sistemas eléctricos, dichas sobretensiones se deben básicamente a la acumulación de grandes cantidades de carga eléctrica en las líneas aéreas, por la ocurrencia de los rayos. Las descargas atmosféricas pueden caer directamente a las líneas (siendo un caso poco frecuente debido a que las líneas normalmente poseen protección con hilos de guarda) y cuando esto sucede, la carga eléctrica se acumula directamente sobre dicha línea. La acumulación de carga también puede originarse por el fenómeno de inducción electrostática, debido a la presencia de campos eléctricos entre las nubes y tierra durante una tormenta o por descarga directa sobre el hilo de guarda.

Existen varias teorías que tratan de explicar el mecanismo de cargas eléctricas de una nube, sin embargo, casi todas ellas coinciden en aceptar que la acción del viento sobre las partículas de hielo o agua que forman la nube, constituye una máquina electrostática gigante que carga la nube.

Cabe mencionar que en el momento que acontece una descarga atmosférica (ya sea directa o por inducción), la onda de sobretensión resultante se divide en dos ondas viajeras que se propagan en ambas direcciones, a una velocidad cercana a la luz; tal como se muestra en la Fig. 1 y se puede expresar de la forma siguiente:

$$V = 1/2 Z_0 I_c$$

donde I_c , es el valor de cresta de la corriente del rayo y $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$, es la impedancia característica de la línea.

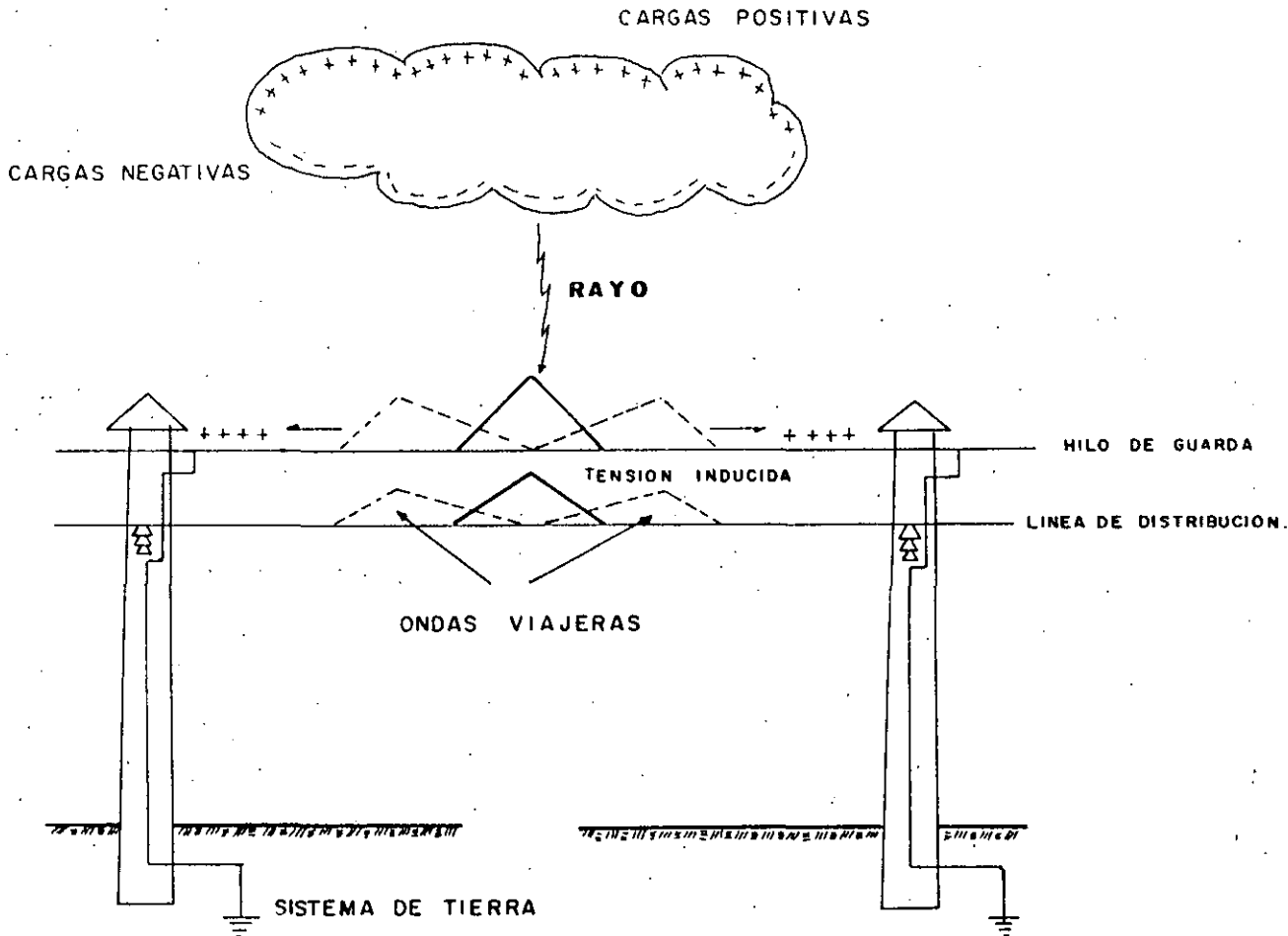


FIG. 1.- ONDA DE SOBRETENSION RESULTANTE, DEBIDO A UNA DESCARGA ATMOSFERICA SOBRE EL HILO DE GUARDA.

La cantidad de carga que viaja a lo largo de la línea constituye una onda viajera de corriente y voltaje, dicha onda se ve distorsionada por pérdidas de energía, debido básicamente a: pérdidas en el conductor, pérdidas por conducción a tierra, pérdidas dieléctricas en los aisladores, radiación electromagnética y efecto corona.

La distribución de la carga eléctrica y su velocidad de propagación, son de tal magnitud que la onda de tensión puede llegar a tener frentes demasiados escarpados; siendo el tiempo de frente para una onda completa de descarga del orden de 1 a 20 μs . Las descargas atmosféricas directas pueden llegar a producir sobretensiones del orden de muchos millones de Volts con corrientes de

ESCALA
PROBABILISTICA

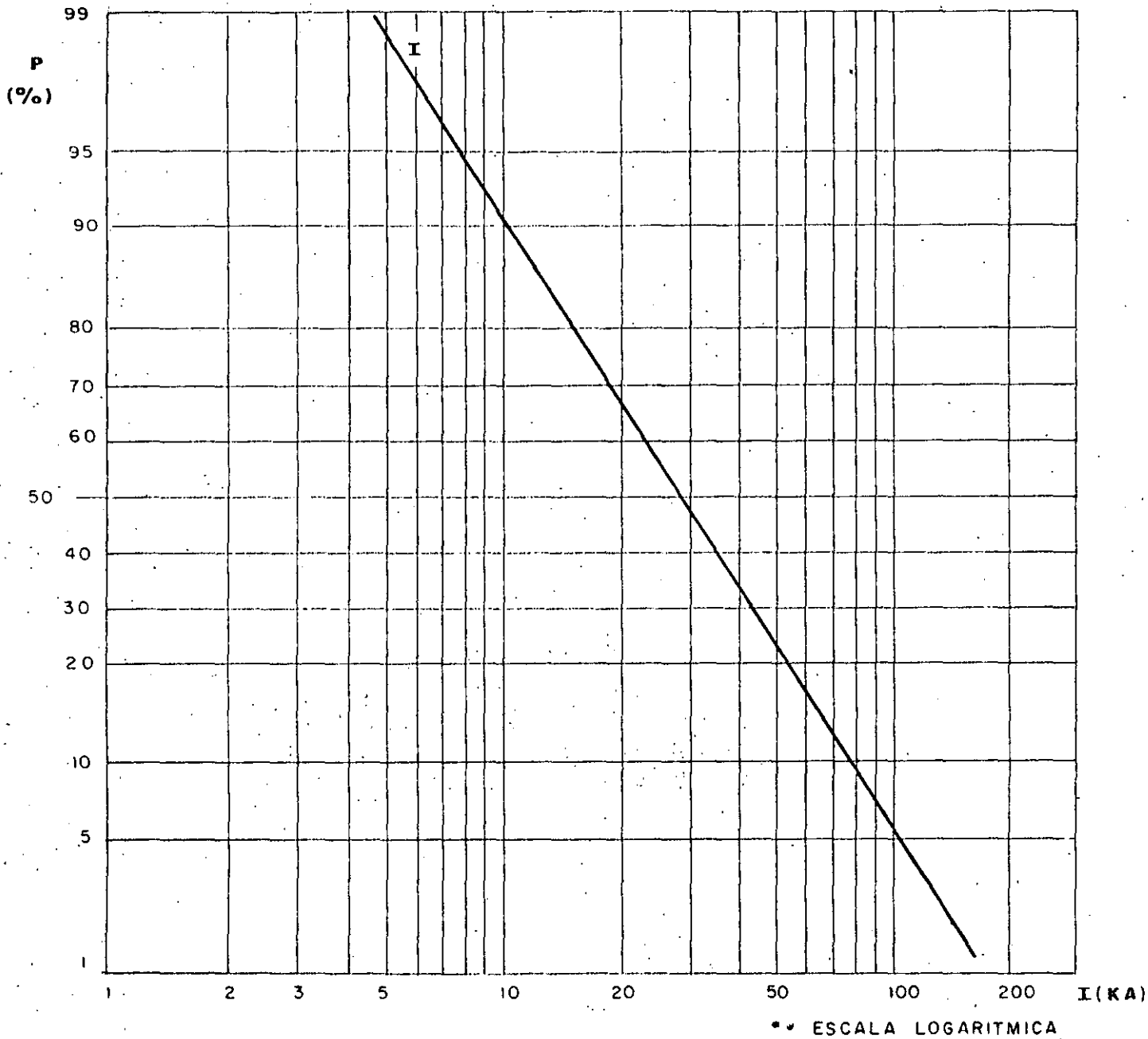


FIG. 2.- CURVA TIPICA DE PROBABILIDAD DE QUE CAIGA UN RAYO CON DETERMINADO VALOR DE CORRIENTE.

descargas de muchos miles de Amperes (A); experimentalmente se ha encontrado que el valor medio de la distribución de la corriente medida es alrededor de 30 kA, tal como se muestra en la Fig.2. Para el caso de sobretensiones por inducción, producen solamente algunos cientos de miles de Volts con corrientes de descargas del orden de 50 a 2000 A.

La forma normalizada de la onda de tensión se expresa como $1.2/50 \mu s$, donde $1.2 \mu s$ es el tiempo de frente y $50 \mu s$ es el tiempo de cola, tal como se muestra en la Fig. 3.

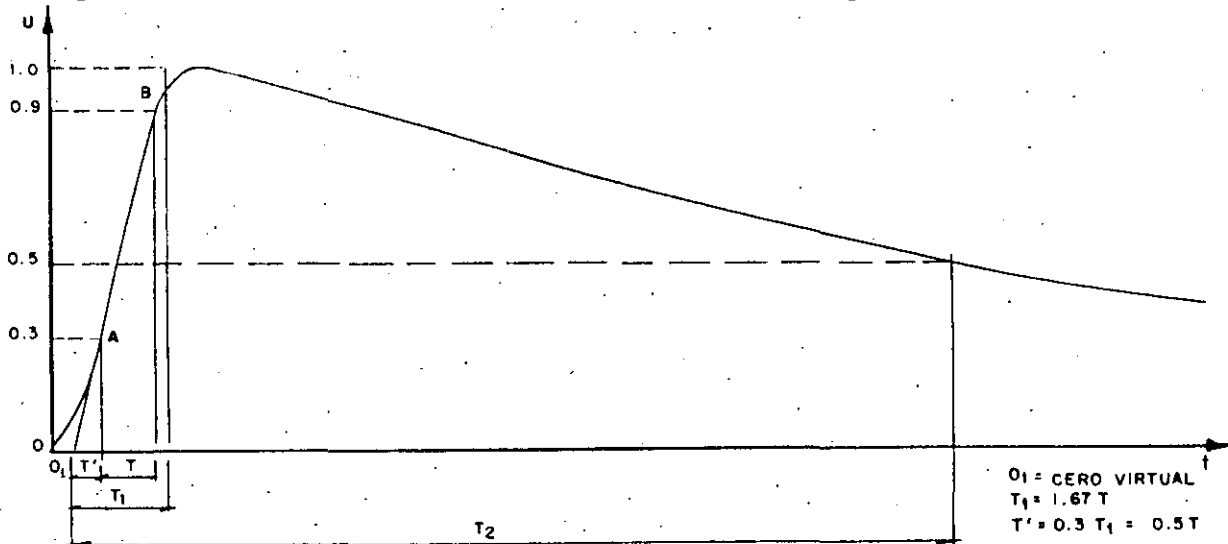


FIG. 3.- FORMA DE ONDA NORMALIZADA DE TENSION DE IMPULSO

$$T_1 = 1.2 \mu s / T_2 = 50 \mu s$$

La forma normalizada de la onda de corriente, se expresa como $8/20 \mu s$ donde $8 \mu s$ es el tiempo de frente y $20 \mu s$ es el tiempo de cola; tal como se observa en la Fig. 4.

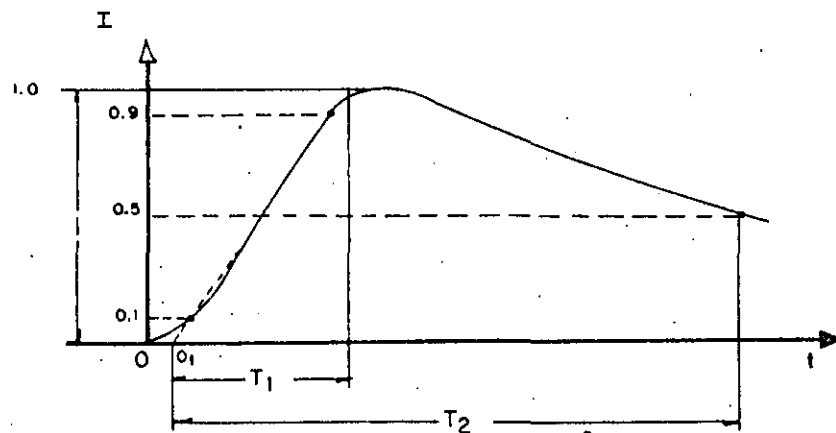


FIG.4.- FORMA DE ONDA NORMALIZADA DE CORRIENTE DE IMPULSO

$$T_1 = 8 \mu s / T_2 = 20 \mu s$$

Cuando una onda llega a través de una línea a las boquillas de un transformador, el comportamiento es como si fuera un circuito

abierto, debido a la alta reactancia inductiva del transformador y a la muy alta frecuencia de la onda; como consecuencia, la onda se refleja y empieza a viajar de regreso en la línea, dicha onda reflejada se suma a la onda que llega, obteniéndose como resultante una onda que tiende a duplicarse si el frente de la onda incidente es muy pronunciada.

2.- FUNCIONAMIENTO DEL APARTARRAYOS

Antes de explicar el funcionamiento del apartarrayos, conviene hacer énfasis sobre el comportamiento de sus componentes principales como son: cuernos de arqueo y resistencia limitadora de corriente, y finalmente la integración de ambos (apartarrayos).

2.1 Cuernos de arqueo

Los cuernos de arqueo son un dispositivo de protección contra sobretensiones, que consiste de una distancia dieléctrica de aire entre un electrodo energizado y otro --- aterrizado.

Este tipo de protección es adecuado para instalaciones en donde las descargas atmosféricas no sean muy severas y -- las sobretensiones de tipo interno sean de valores bajos.

Los cuernos de arqueo normalmente se encuentran instalados entre la boquilla del transformador y tierra, de tal manera que el arco eventualmente formado entre ellos no -- dañe la superficie del aislador u otro equipo cercano, -- incluso bajo condiciones extremas de lluvia o contaminación; para lograr condiciones seguras de trabajo es normal tener distancias dieléctricas de 0.75 d para tensiones bajas, 0.3 d para las más altas; "d" es la separación entre electrodos.

La separación de los electrodos se selecciona de tal forma que exista un margen adecuado (25%) entre el nivel de aislamiento de la máquina y el nivel de protección.

Las condiciones de operación de los cuernos de arqueo dependen de los factores siguientes:

- . Separación de los electrodos
- . Densidad relativa del aire
- . Forma de los electrodos
- . Material de los electrodos
- . Polaridad de la onda
- . Posición de los electrodos con respecto a sus soportes y objetos conductores o aislantes en su alrededor
- . Proximidad de partes aterrizadas
- . Número de operaciones sin que se afecte su forma y su respuesta, tomando en cuenta la magnitud y duración -- de la corriente de descarga.

En realidad, los cuernos de arqueo presentan una serie de desventajas que hacen verdaderamente restringido su campo de aplicación, siendo su uso no recomendable para proteger transformadores, por las razones siguientes:

- a) No protegen aislamientos reducidos
- b) Permite un cortocircuito en el sistema
- c) El interruptor debe librar falla
- d) Existe la probabilidad de que opere aún con ondas aceptables para el aislamiento.

En las Fig. 5 y 6, se muestran dos casos típicos de -- cuernos de arqueo para transformadores.

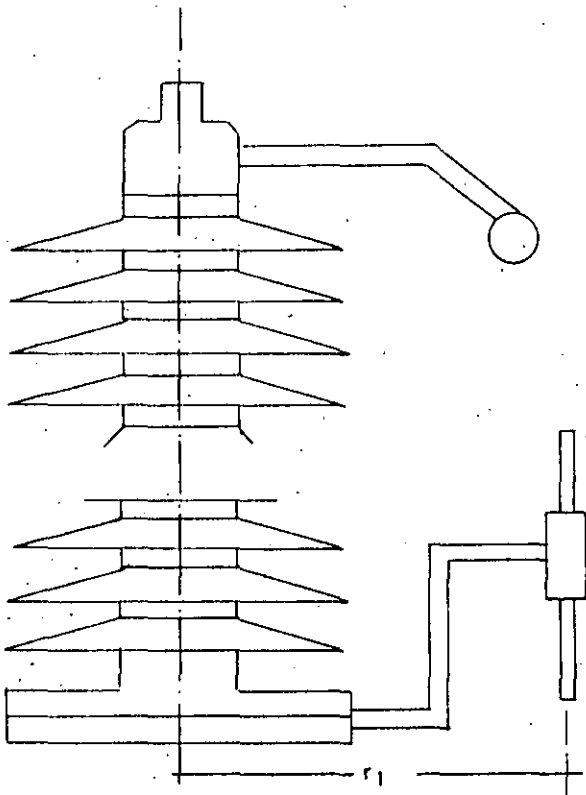


FIG. 5

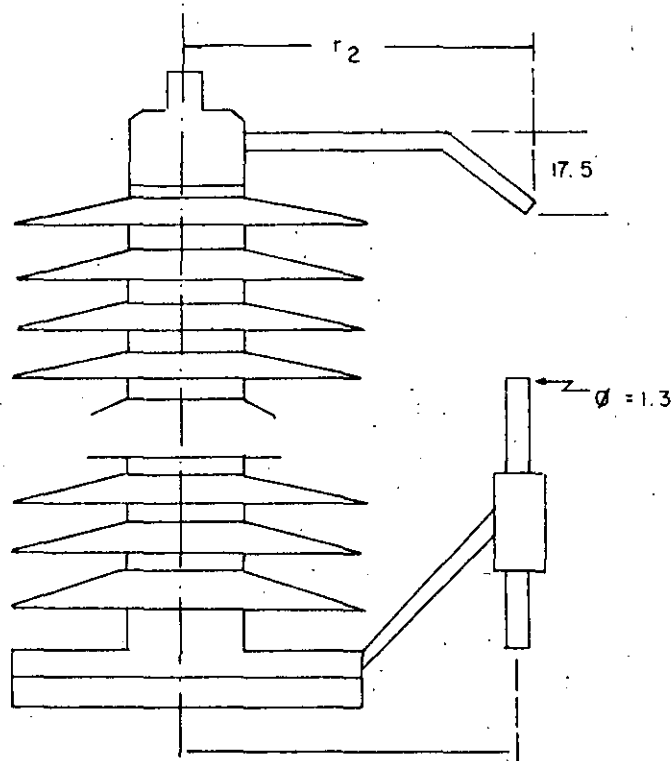


FIG. 6

FIG. 5 y 6.- CASOS TÍPICOS DE CUERNOS DE ARQUEO EN TRANSFORMADORES.

Sistema kVrms	BIL(kV cresta) EQUIPO	Fig No.	d cm	r ₁ cm	r ₂ cm
24	125	5	10 ÷ 11.5	18	12
36	170	5	14 ÷ 16.5	25	13
52	250	5	22 ÷ 26	32	18
72.5	325	6	30 ÷ 34	38	23

Valores referidos a 760 Hg y 20°C

No obstante que los explosores se coloquen dentro de un recipiente hermético de porcelana y que como consecuencia sean más controlables las características de disparo, se tienen las desventajas mencionadas anteriormente.

2.2 Resistencia no lineal limitadora de corriente

Con la finalidad de eliminar la necesidad de que los electrodos sean robustos y el hecho de que el interruptor libre la falla, se requiere el uso en forma adicional de una resistencia con características no lineales en serie con los explosores encerrados en un recipiente hermético.

La resistencia no lineal tiene por un lado la función de presentar una alta resistencia para limitar a valores aceptables, la corriente después de la descarga y por otro la de oponer una baja resistencia para que la corriente de la descarga atmosférica (rayo), no provoque una onda de tensión elevada que pueda ser perjudicial al equipo eléctrico.

3.3 Apartarrayos

Un apartarrayos debe actuar como un interruptor muy rápido, de manera casi instantánea para proteger los aislamientos de un equipo eléctrico, el cual se encuentra normalmente abierto, pero dispuesto a cerrar en el momento que aparezca una sobretensión transitoria de un valor prefijado y a reabrir rápidamente en cuanto el transitorio desaparece.

El apartarrayos se define como un dispositivo de protección que sirve para limitar una sobretensión transitoria en un equipo eléctrico, derivando a tierra la corriente transitoria asociada a la onda de tensión.

Un apartarrayos está constituido básicamente por los componentes siguientes, tal como se muestra en la Fig.7.

- a) Explosores de arco
- b) Sistema de extinción del arco
- c) Resistencia no lineal limitadora de corriente
($I = kE^n$)
- d) Resistencia en derivación no lineal.

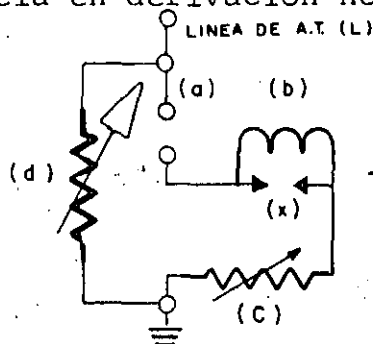


FIG. 7.- COMPONENTES PRINCIPALES DE UN APARTARRAYOS.

Suponiendo que como consecuencia de una descarga atmosférica llega una onda transitoria de tensión (E_1) entre la terminal de AT (L) y tierra, de tal magnitud, que es capaz de flamear los explosores (a), la onda (E_1), se cortará en algún punto y se establecerá una corriente a tierra a través de la bobina (b) y la resistencia (c) cuya magnitud dependerá de la impedancia del circuito. La resistencia (c) es inversamente proporcional a la tensión aplicada, por lo que la tensión original (E_1) tendrá un nuevo valor (E_2), tal que:

$$I_2 Z_2 = E_2 < E_1$$

La energía disipada por la resistencia será la mínima posible.

La corriente que circula por la bobina (b) produce un campo magnético que desvía el arco de los explosores (a) a una zona de extinción. Si la corriente es muy alta, la caída de tensión en la bobina también es alta y operan los electrodos auxiliares (x) permitiendo la operación continua del apartarrayos a lo largo de un transitorio de alta energía.

La resistencia (d) sirve para uniformizar el campo eléctrico externo al apartarrayos durante su operación.

En la Fig. 8 se observa una onda modificada después de la operación del apartarrayos.

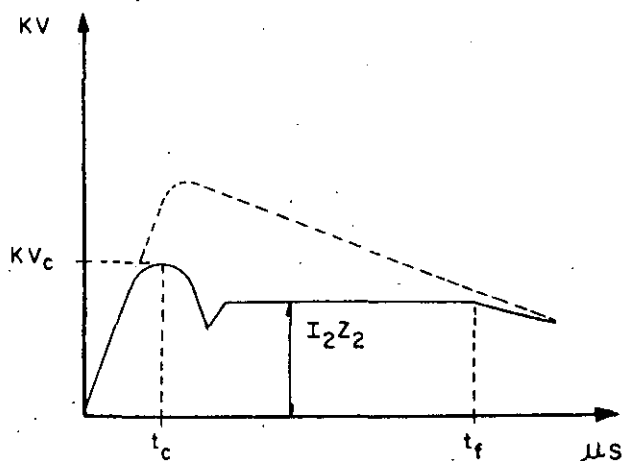


FIG. 8.- ONDA MODIFICADA POR UN APARTARRAYOS

- . El valor de cresta (kV_c) y el tiempo (t_c) depende de la respuesta de los explosores (a).
- . El valor $I_2 Z_2$ depende de la resistencia serie no lineal (c).
- . El tiempo final (t_f) de operación del apartarrayos, depende del dispositivo de extinción del arco.

3.- TIPOS DE APARTARRAYOS

Básicamente existen dos tipos de apartarrayos, siendo los siguientes:

- a) Expulsión
- b) Autovalvulares

El apartarrayos de expulsión consiste de un entrehierro o explosor externo en serie con contacto que genera gases al producirse calentamiento, en los extremos se encuentran montadas dos piezas metálicas que sirven como terminales para conectar el explosor y para la conexión a tierra del apartarrayos. Este tipo de apartarrayos actúa en forma semejante a una cuchilla fusible pero sin fusible, esto es, cuando ocurre una sobretensión elevada existe arqueo en las terminales del explosor exterior e interior con lo cual se forma una trayectoria de baja impedancia para la corriente del rayo; una vez que desaparece la tensión del rayo, solamente queda la tensión, debido a la caída en el arco (tensión residual) dentro de la cámara de arqueo, causada por la corriente después de la descarga. Cuando la corriente, después de la descarga pasa por cero, el apartarrayos la interrumpe en forma efectiva en la cámara de arqueo, debido a la expulsión de los gases calientes que se forman al paso de la corriente de arqueo.

El apartarrayos autovalvular igual que el de expulsión tiene un explosor que cierra cuando arquea, debido a la presencia de una sobretensión elevada (tensión de disparo del apartarrayos) entre sus terminales y que reabre el circuito para interrumpir la corriente después de la descarga; dado que el explosor no es capaz de interrumpir corrientes elevadas, es necesario utilizar una resistencia no lineal en serie con dicho explosor para limitar la magnitud de la corriente.

4.- SELECCION Y MARGENES DE PROTECCION

La selección de los dispositivos de protección contra sobretensiones en un sistema representa una decisión compleja de tipo económico, en donde se debe hacer un compromiso, para optimizar los costos, el nivel de sobretensiones, el nivel de aislamiento de los elementos aislantes y equipos, y los dispositivos de protección.

La selección del apartarrayos para proteger transformadores de distribución normalmente se hace en base a la experiencia, sin embargo, para tener una idea más amplia sobre el criterio de selección, en seguida se mencionan las consideraciones principales:

- a) Aterrizamiento
- b) Tensión nominal
- c) Corriente de descarga
- d) Coordinación de aislamientos

a) Aterrizamiento

Con la finalidad de seleccionar adecuadamente la tensión nominal del apartarrayos, los sistemas trifásicos se pueden clasificar en base al valor de las relaciones X_0/X_1 y R_0/X_1 , tal como se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1 - CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS PARA LAS DISTINTAS CONDICIONES DE CONEXION A TIERRA DEL NEUTRO

TIPO DE SISTEMA		LIMITE DE LOS VALORES X_0/X_1	LIMITE DE LOS VALORES R_0/X_1	COEFICIENTE DE ATERRIZAMIENTO (C_a)
ATERORIZADO	A	No establecido	No establecido	-
	B	< 3	< 1	0.8
	C	> 3	> 1	1.0
AISLADO	D	- 40 a - ∞	-	1.1
	E	0 a - 40	-	Requiere tensión nominal especial

Donde:

- X_0 - Reactancia de secuencia cero
- X_1 - Reactancia de secuencia positiva
- R_0 - Resistencia de secuencia cero
- C_a - Relación de tensión del apartarrayos/tensión del sistema

- Tipo A - Este sistema tiene su neutro conectada en forma efectiva a tierra.
- Tipo B - Este sistema tiene su neutro sólidamente conectado a tierra.
- Tipo C - Este sistema tiene su neutro conectado a través de una resistencia limitadora, reactor, neutralizador de corriente de falla o transformador de tierra.
- Tipo D - Este sistema tiene su neutro aislado de tierra en circuitos de longitud usual.
- Tipo E - Este sistema tiene su neutro aislado de tierra en circuitos de longitud no usual.

Como se puede observar en el Cuadro 1, se refiere a un sistema en el que se tiene una falla a tierra y como consecuencia la tensión de las fases sanas pueden ser mayor que la normal, dependiendo del tipo de sistema.

En la Fig. 9 se muestra una gráfica de la tensión de las otras fases debido a la falla de una fase a tierra contra relación X_0/X_1 para diferentes valores de R_0/X_1 .

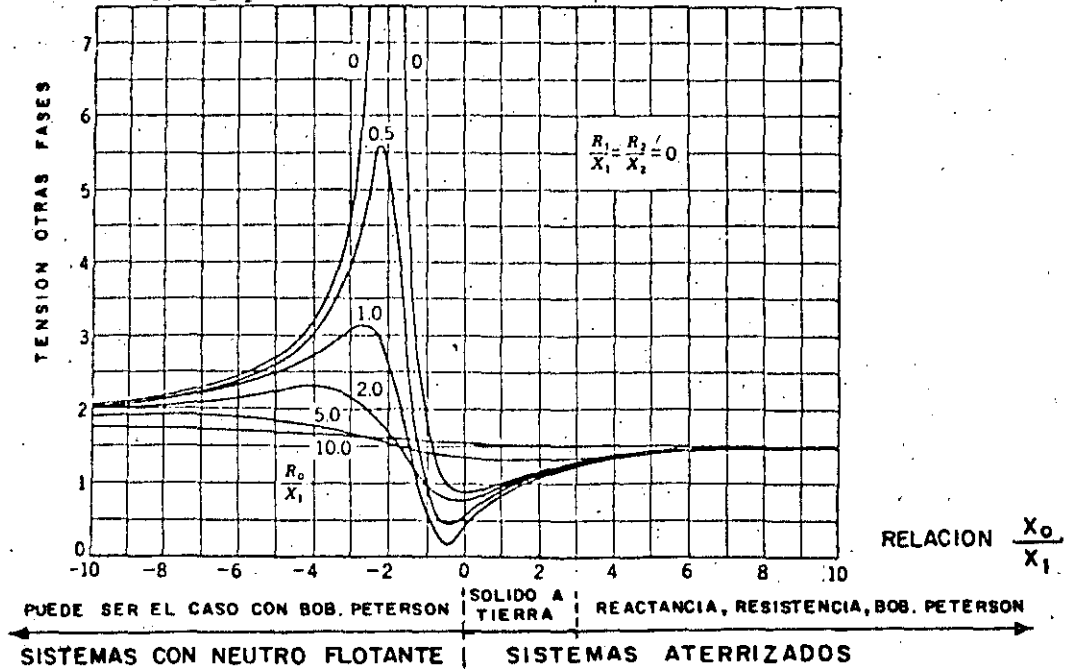


FIG. 9.- TENSION OTRAS FASES DEBIDO A LA FALLA DE UNA FASE A TIERRA VS RELACION X_0/X_1 .

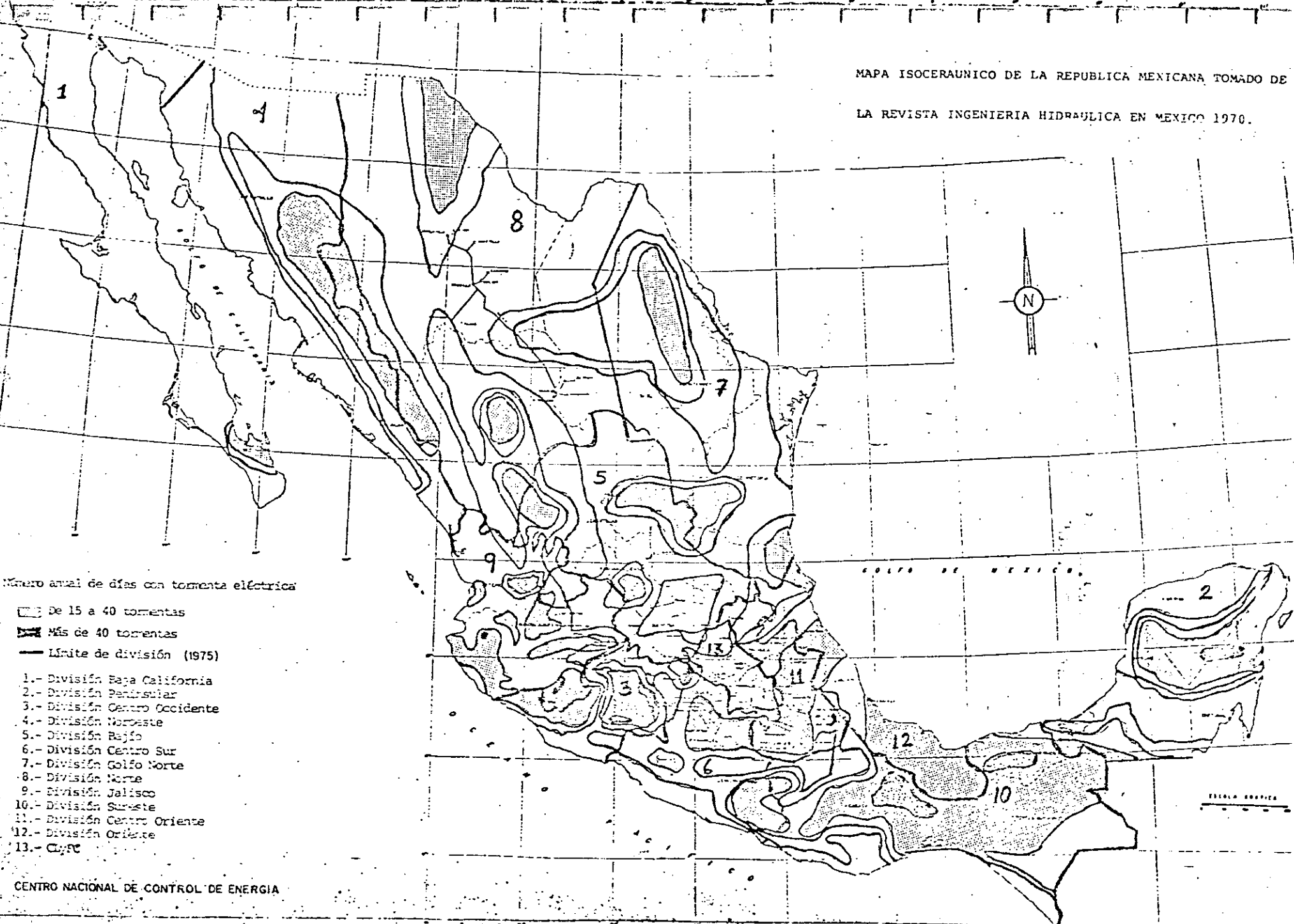
Suponiendo que $R_1 = R_2 = 0$ entonces $\frac{R_1}{X_1} = \frac{R_2}{X_2} = 0$ y se puede construir para la relación $\frac{R_0}{X_1} = 0$, el cuadro siguiente:

$\frac{X_0}{X_1}$	Vbc
0	$\sqrt{3}/2$
1	1
3	1.25
10	1.5
-2	∞
-10	2.02
$\pm \infty$	$\sqrt{3}$




b) Tensión nominal (rating voltage)

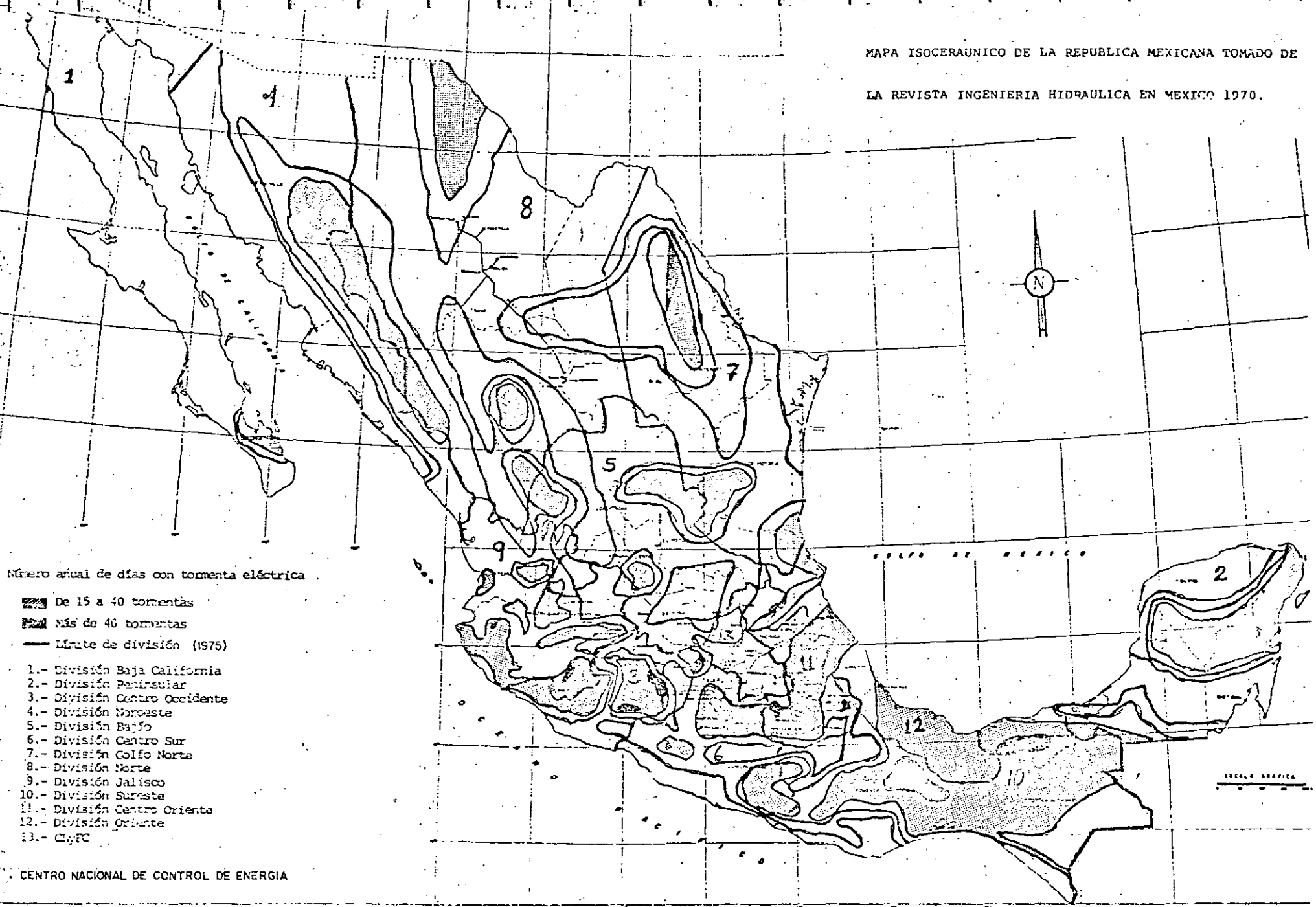
Una vez que se sabe la forma en que se encuentra conectado el neutro del sistema (coeficiente de aterrizamiento), se debe seleccionar la tensión nominal del apartarrayos; de tal forma que no opere cuando haya una falla de una --

MAPA ISOCERAUNICO DE LA REPUBLICA MEXICANA TOMADO DE
LA REVISTA INGENIERIA HIDRAULICA EN MEXICO 1970.






Número anual de días con tormenta eléctrica:

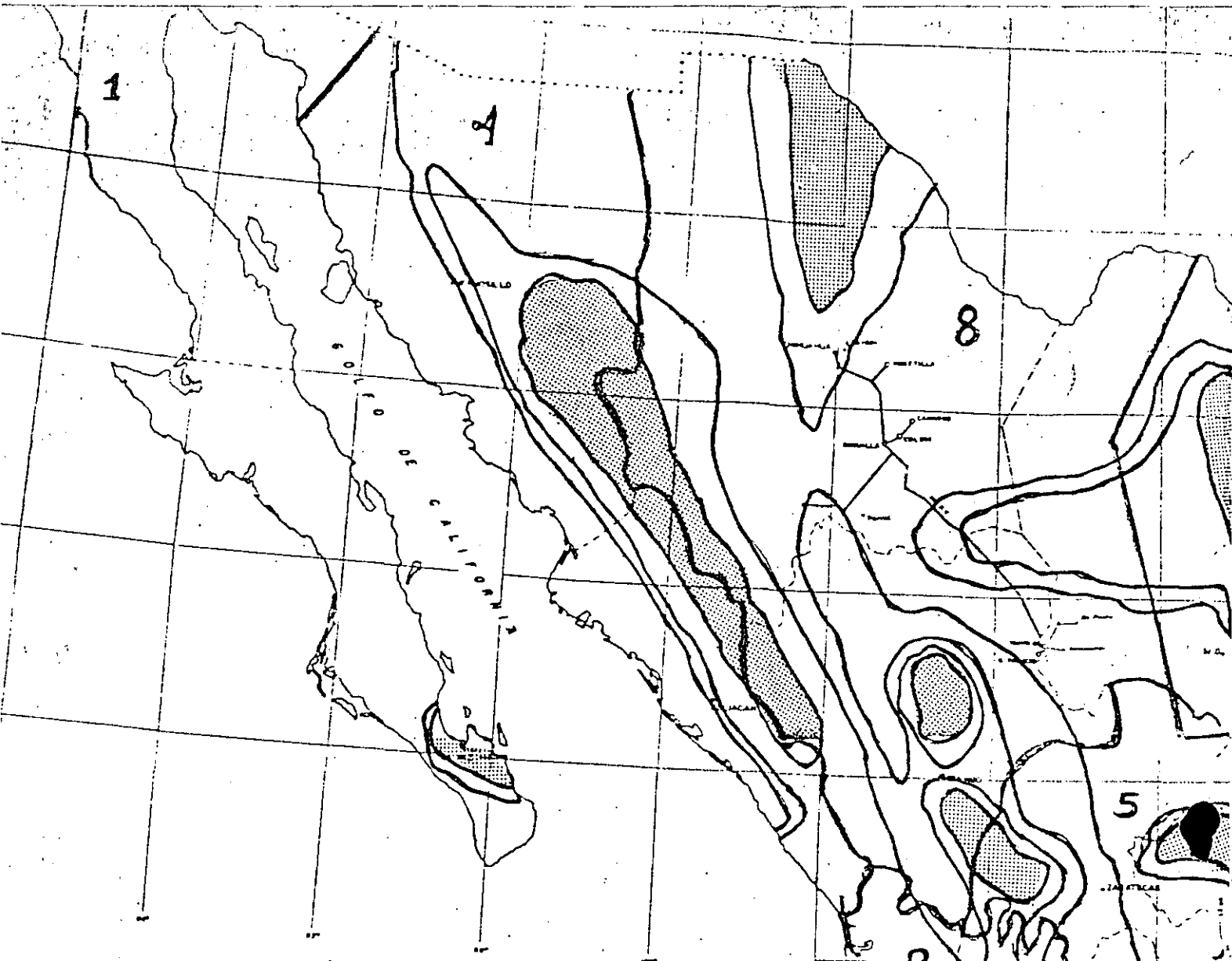
-  De 15 a 40 tormentas
-  Más de 40 tormentas
-  Límite de división (1975)
- 1.- División Baja California
- 2.- División Peninsular
- 3.- División Centro Occidente
- 4.- División Noroeste
- 5.- División Bajío
- 6.- División Centro Sur
- 7.- División Golfo Norte
- 8.- División Norte
- 9.- División Jalisco
- 10.- División Sureste
- 11.- División Centro Oriente
- 12.- División Oriente
- 13.- C.A.F.C.






Número anual de días con tormenta eléctrica

-  De 15 a 40 tormentas
-  Más de 40 tormentas
-  Límite de división (1975)

- 1.- División Baja California
- 2.- División Peninsular
- 3.- División Centro Occidente
- 4.- División Noroeste
- 5.- División Bajío
- 6.- División Centro Sur
- 7.- División Golfo Norte
- 8.- División Norte
- 9.- División Jalisco
- 10.- División Sureste
- 11.- División Centro Oriente
- 12.- División Oriente
- 13.- CNAFC



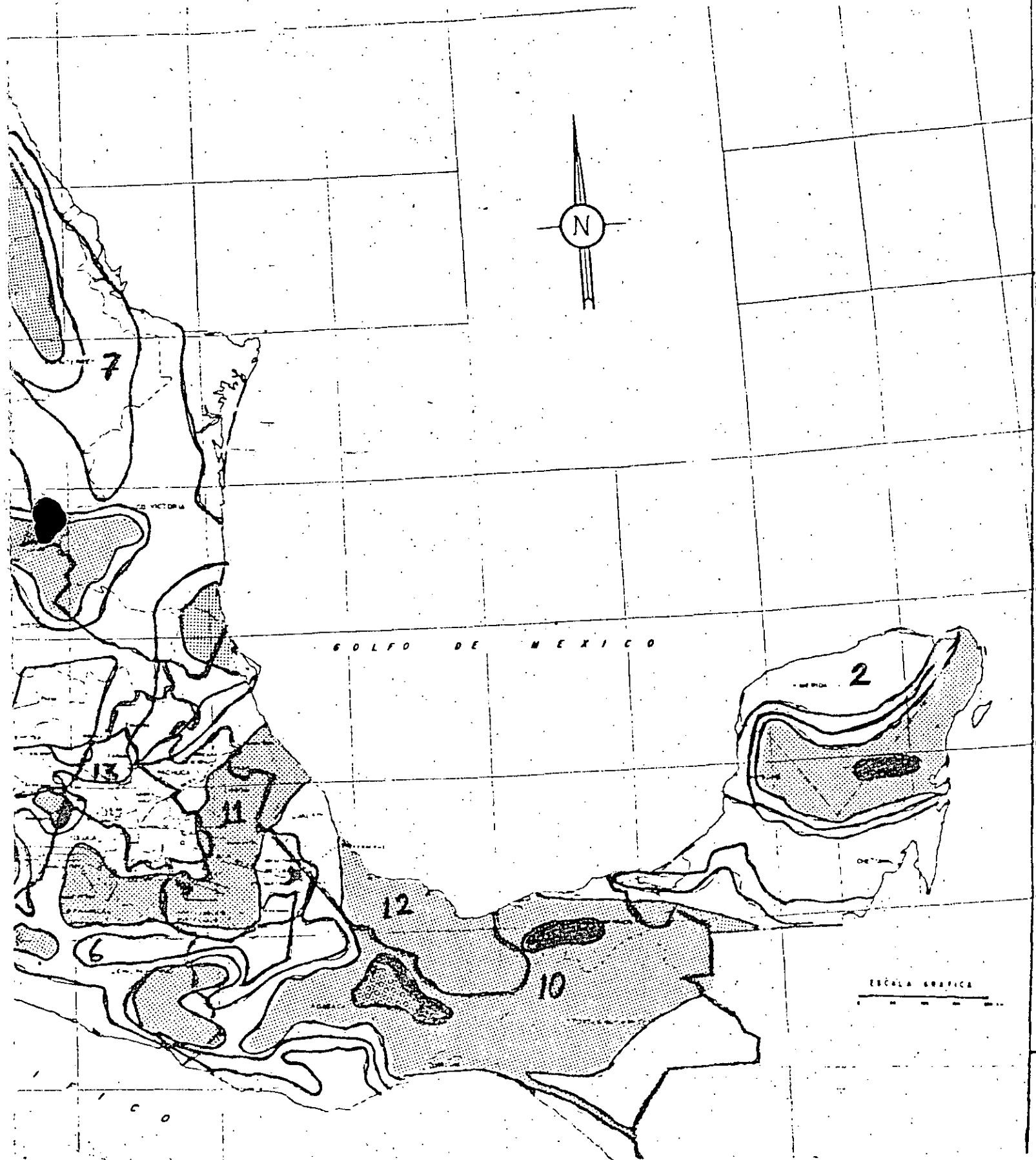
Número anual de días con tormenta eléctrica

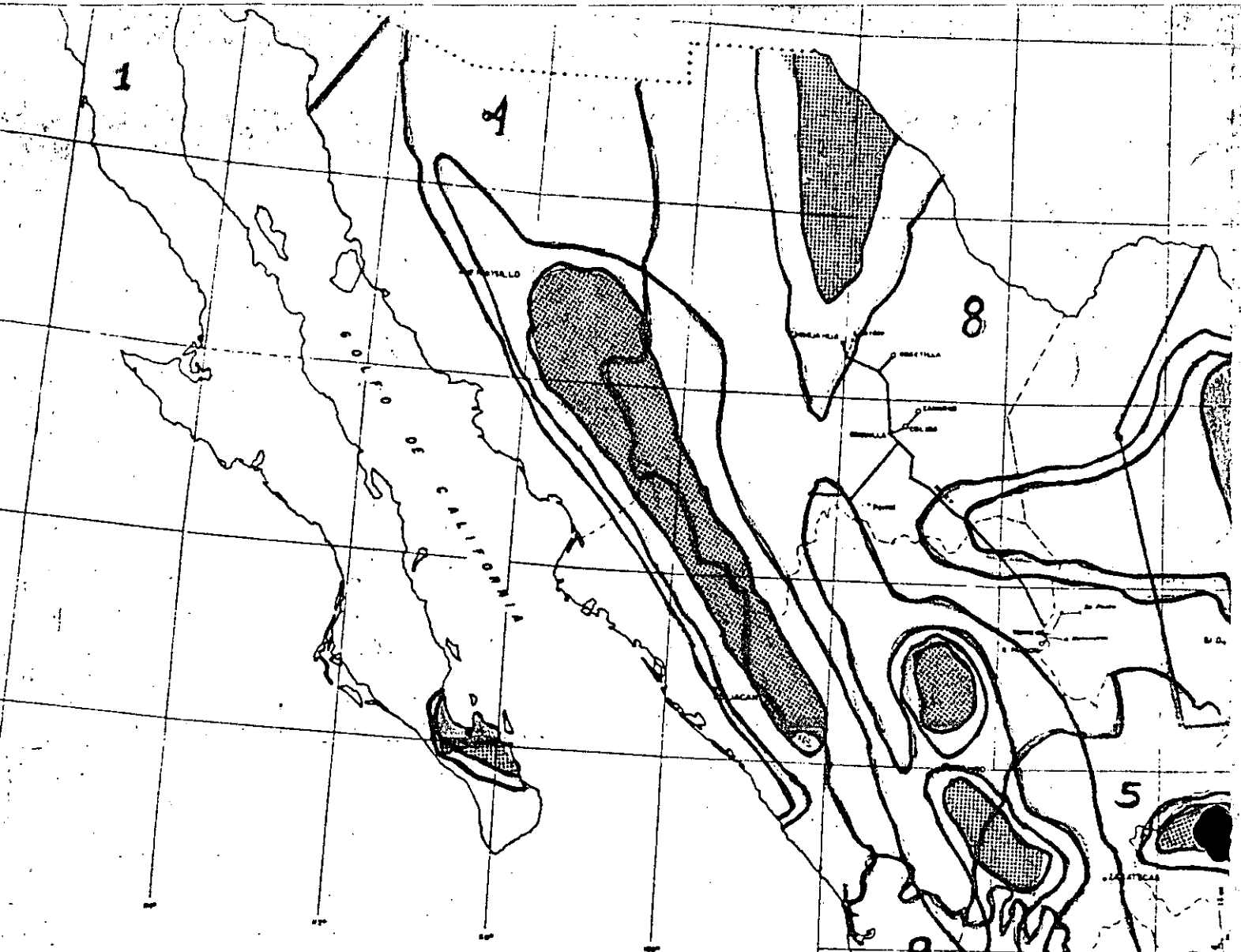
-  De 15 a 40 tormentas
-  Más de 40 tormentas
-  Límite de división (1975)

- 1.- División Baja California
- 2.- División Peninsular
- 3.- División Centro Occidente
- 4.- División Noroeste
- 5.- División Bajío
- 6.- División Centro Sur
- 7.- División Golfo Norte
- 8.- División Norte
- 9.- División Jalisco
- 10.- División Sureste
- 11.- División Centro Oriente
- 12.- División Oriente
- 13.- CI/FC




MAPA ISOCERAUNICO DE LA REPUBLICA MEXICANA TOMADO DE

LA REVISTA INGENIERIA HIDRAULICA EN MEXICO 1970.

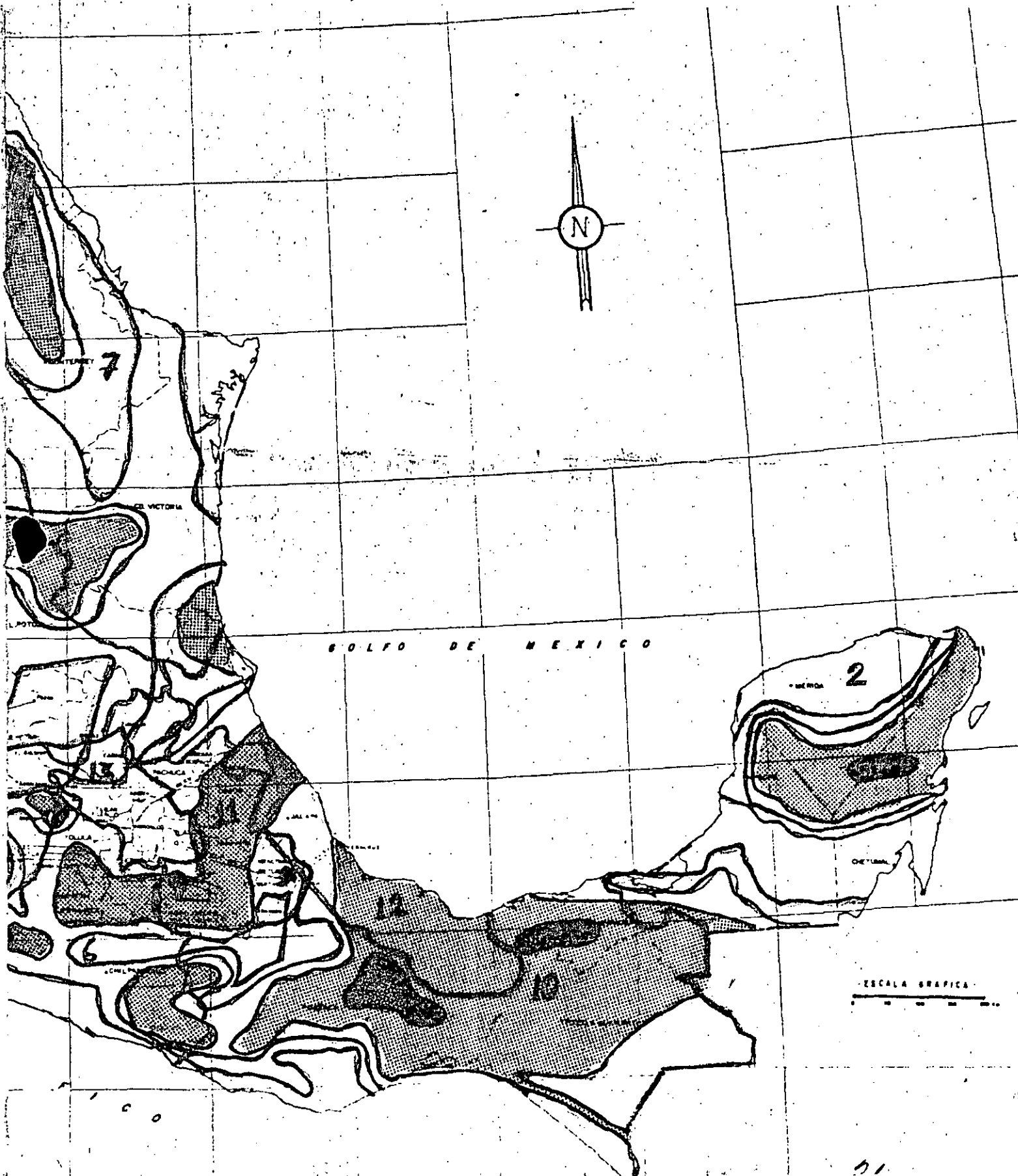




Número anual de días con tormenta eléctrica

-  De 15 a 40 tormentas
-  Más de 40 tormentas
-  Límite de división (1975)

- 1.- División Baja California
- 2.- División Peninsular
- 3.- División Centro Occidente
- 4.- División Noroeste
- 5.- División Bajío
- 6.- División Centro Sur
- 7.- División Golfo Norte
- 8.- División Norte
- 9.- División Jalisco
- 10.- División Sureste
- 11.- División Centro Oriente
- 12.- División Oriente
- 13.- CEMFC





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 7

ILUMINACION INDUSTRIAL

ING. SERGIO GARCIA ANAYA

SEPTIEMBRE, 1985.

ILUMINACION INDUSTRIAL

GENERALIDADES

El propósito de la Iluminación Industrial es el proveer de energía lumínica eficiente en calidad y cantidad suficientes para crear un ambiente de seguridad y mejorar la visibilidad y productividad dentro de un ambiente confortable.

La Iluminación debe servir no solamente como una herramienta de -- producción y un factor de seguridad, sino que deberá de contribuir a mejorar las condiciones ambientales en las áreas de trabajo.

El diseño de un sistema de Iluminación y la selección del equipo - adecuado pueden estar influenciadas por muchos factores relacionados - con la energía y la economía. Las condiciones económicas al res-- pecto de un sistema de Iluminación deberán no solamente estar basa-- das en la inversión inicial y los costos de operación, sino tam-- bién en una inter-relación entre el costo de iluminación y otros - factores productivos así como el costo de mano de obra.

Existen dos requerimientos propios del ser humano referentes a los sistemas de Iluminación. El primero es una necesidad física para asegurar la visión exacta, rápida y con el menor esfuerzo; el se-- gundo corresponde a una necesidad de la luz y el objeto de crear e influir en la respuesta emocional.

En las áreas de trabajo el énfasis ha sido enfocado hacia las nece-- sidades físicas de los trabajadores, de tal forma que los sistemas de Iluminación han sido diseñados para proporcionar un nivel de -- Iluminación en un punto dado que permita al trabajador realizar su tarea con un mínimo de esfuerzo en cuanto esto sea relacionado con la visión. En la actualidad el énfasis ha sido el utilizar la ilu-- minación como ayuda para crear un sitio donde la gente pueda traba-- jar confortablemente; en algunos casos estos mejoramientos ambien-- tales se pueden obtener con ningún ó pequeños incrementos en cos-- tos. A este respecto la Iluminación se ha evaluado hoy en día más y más sobre la base de una herramienta de producción ya que a mejo-- res sistemas de Iluminación a menudo resultan en incrementos de -- producción.

El concepto de crear un ambiente placentero se basa sobre la idea de que la gente hace mejor las cosas en un ambiente confortable; - de otra forma, crear condiciones placenteras con combinaciones de colores, distribuciones adecuadas y texturas y colores ligeros en las maquinarias.

VALOR DE LA ILUMINACION

El valor de la Iluminación está determinado en gran parte sobre la base de los beneficios en relación al costo. Los beneficios incluyen mejor producción por trabajador, por máquina ó por metro cuadrado de espacio de fabricación y pocos accidentes. Estos beneficios son el resultado de una rápida visión, más exacta, mejor estado de ánimo, mejor manejo y mejor motivación. Cada tarea y cada área deberán ser evaluadas en términos de su importancia en relación a la producción total.

A la vez influirán sobre las condiciones de seguridad en el trabajador, que son esenciales en cualquier Industria; y los efectos del sistema de Iluminación sobre la seguridad, deberán de considerarse. El ambiente de una área productiva deberá ser diseñado con el objeto de compensar las limitaciones de la capacidad humana, cualquier factor que permita incrementar la posibilidad de mejorar la visión de un trabajador, redundará en poder detectar adecuadamente y a tiempo cualquier causa potencial de un accidente.

Como se mencionó anteriormente el propósito de la Iluminación Industrial es el proveer un ambiente de trabajo seguro, proporcionando una eficiente y confortable visión así como una ayuda en todos los tipos de operaciones industriales reduciendo las pérdidas en el comportamiento visual. Es importante sin embargo, analizar varios factores, los cuales contribuyen a la visión; estos son: la tarea, el ambiente y la Iluminación.

CONDICIONES GENERALES

Factores que afectan la visión en las tareas de la Industria:

En general, el ser humano ve por reflejo, transmisión y siluetas. La visión de siluetas involucra la detección de la presencia de un objeto y su contorno, debido a que la obscuridad hace resaltar por contraste en contra de los alrededores iluminados. La transmisión se refiere a la detección de detalles a través de variación de transmisión de luz blanca, o el cambio de color, a través de materiales que son susceptibles a la penetración.

Asimismo, el método de visión más común es por reflejo, donde la luz y las áreas oscuras o detalles son detectados por diferencia en reflexiones.

La visibilidad de una tarea u objeto está determinada por su "Tamaño", "Contraste", "Tiempo de visión" y "Luminancia". Cada uno de estos factores es suficientemente dependiente de los otros, de tal forma que una deficiencia en uno puede ser compensada dentro de -- ciertos límites modificando uno o más de los otros.

"Tamaño".- Cuando el tamaño se incrementa la visibilidad se incrementa y hasta un cierto punto la visión es más fácil, en los casos en que el tamaño del objeto es demasiado pequeño, la operación normal es usar lentes de aumento o microscopio para identificarlo, en algunos casos el mismo resultado se puede obtener con mayor iluminación, con el objeto de distinguir en forma más fácil los detalles y hacer la visión más efectiva.

"Contraste".- Con el objeto de distinguir más fácilmente los detalles de un objeto, deberá de existir una diferencia en luminancia (ó color), con respecto al ambiente general. Se logrará el máximo de visibilidad cuando el contraste de detalles del ambiente general sea mayor, en otras palabras deberá de existir diferencia de luminancias entre el objeto y el ambiente.

"Tiempo de visión".- La velocidad con la cual un sujeto puede hacer su trabajo es a menudo una medida de su productividad, si la baja luminancia prevalece, tomará un tiempo relativamente largo para lograr la tarea de visión. Incrementando la luminancia, el tiempo requerido para la visión será más corto, de la misma forma la tarea de visión en condiciones de alto contraste y gran tamaño, requerirá generalmente menor tiempo que las tareas realizadas en bajos contrastes y pequeños tamaños.

"Luminancia".- Los factores de tamaño y contraste son inherentes en la tarea por sí misma y, dentro de ciertos límites el tiempo de visión puede ser considerado en esta misma categoría. Sin embargo en general, la luminancia es importante ya que es un factor controlable. La luminancia resultada de la luz en una tarea y sus alrededores en el campo de visión, puede ser controlada dentro de amplios límites, variando la cantidad y distribución de la luz. Así mismo se puede mencionar que con alta luminancia se pueden compensar deficiencias en otros factores.

Es comúnmente aceptado el hecho de que existe una degeneración de las funciones corporales con la edad. Los ojos no son la excepción, pero nunca dos ojos serán iguales. La degeneración de la visión con la edad puede ser atribuida a varios factores, por lo tanto debe considerarse el proporcionar mayor nivel de iluminación para trabajadores mayores para compensar su pérdida en la capacidad visual.

De tal forma que se requerirá mayor luminancia de los objetos para crear el mismo grado de luminancia en la retina de los ojos de un trabajador adulto comparado con los de un trabajador joven ya que el tamaño de la pupila decrece con la edad.

Asimismo, la función de acomodación que consiste en el ajuste del lente del ojo para fijar el objeto a una cierta distancia, va cambiando con respecto a la edad ya que el lente tiende a aplanarse permanentemente. La habilidad de un ojo adulto o joven, normal ó sub-normal a la acomodación, se mejora con el incremento en la iluminación, requiriendo mayores incrementos para los ojos con condiciones de acomodación sub-normal.

Existen además otros factores que muestran un deterioro con la edad, tales como la agudeza visual, la velocidad de visión, la habilidad para detectar movimientos perimetrales, la habilidad para ver sobre cambios rápidos de niveles de iluminación y la resistencia al brillo.

FACTORES DE LA BUENA ILUMINACION

En general, deberán de considerarse dos factores, la Cantidad y la Calidad. La cantidad se refiere a la cantidad de iluminación que produce luminancia de la tarea y el ambiente general y la calidad, la cual se refiere a la distribución de la luminancia en el ambiente visual e incluye el color de luz, su dirección, su difusión y el grado de brillo, etc.

Cantidad de Iluminación.- La cantidad de iluminación para cualquier instalación en particular, depende principalmente sobre el trabajo que se vaya a realizar. El grado de exactitud requerida, los detalles a ser observados, el color y la reflectancia, así como el ambiente general afecta los requerimientos de luminancia, la cual -- producirá óptimas condiciones de visión de tal forma que si la iluminación se incrementa, se facilitará la exactitud y la velocidad con la cual se pueda realizar una tarea.

Las recomendaciones de la cantidad de iluminación deberán de aplicarse a un determinado punto y en el plano de visión en el cual se esté realizando la tarea, ya sea horizontal, vertical ó en algún ángulo intermedio. Para asegurar que un sistema de Iluminación -- producirá un nivel mantenido es necesario diseñar el sistema a producir mayor cantidad inicialmente, que los niveles mínimos recomendados.

Calidad de Iluminación.- Como se mencionó anteriormente la calidad de la iluminación se refiere a la distribución de luminancia en el ambiente visual. El término es usado en un sentido positivo e implica que todas las luminancias contribuyen favorablemente al comportamiento visual, comodidad visual, facilidad de visión, seguridad y estética para funciones visuales específicas.

Las relaciones de brillo, difusión, dirección, uniformidad, color, luminancia, tienen significativos efectos en la visibilidad y en la habilidad de ver fácilmente con exactitud y rapidez. Existen ciertas tareas tales como la percepción de finos detalles que requieren de análisis cuidadosos y alta cantidad de iluminación en comparación con otros, de tal forma que en áreas donde se requieren realizar tareas severas y prolongadas, requieren mucho más calidad que donde se realizan tareas eventualmente y de relativa corta duración.

Brillo.- El brillo se puede definir como cualquier luminancia dentro del campo de visión de tal forma que cause incomodidad, molestia, interferencia con la visión ó fatiga del ojo. Cuando el brillo es causado por la fuente de iluminación dentro del campo de visión, ya sea eléctrica ó natural, se describe como brillo directo. Para reducir el brillo directo se pueden seguir los siguientes pasos:

- 1.- Decrecer la luminancia de la fuente de luz ó el equipo de iluminación, o de ambos.
- 2.- Reducir el área de alta luminancia que causa la condición de brillo.
- 3.- Incrementar el ángulo entre la fuente de brillo y la línea de visión.
- 4.- Incrementar la luminancia del área circundante a la fuente de brillo.

Con el objeto de reducir el brillo directo, los luminarios deberán estar montadas tan arriba de la línea normal de visión como sea posible y deberá de cumplir con los límites de luminancia y calidad de luz emitida en la zona de 45° a 85°; con el objeto de reducir la diferencia de luminancias entre la superficie iluminada del luminario y las áreas adyacentes del techo se recomienda que las superficies exteriores del luminario tengan alta reflectancia y que el luminario produzca un componente de luz significativo hacia arriba.

BRILLO REFLEJADO Y VELO POR BRILLO REFLEJADO

El brillo reflejado es causado por las imágenes con alta luminancia ó diferencia de luminancia reflejada de cielos brillantes, paredes, cubiertas, materiales ó superficies dentro del campo visual. Por otra parte, si la tarea de visión se hace sobre una superficie brillante, las imágenes reflejadas de la fuente de luz o luminarios producirán el velo por brillo reflejado y obscurecerán los detalles de la tarea. El brillo reflejado es frecuentemente más molesto que el brillo directo, debido a que es más cercano a la línea de visión, hecho por el cual el ojo no lo puede evitar.

DISTRIBUCION

En iluminación Industrial en interiores, se recomienda que la uniformidad del nivel horizontal de iluminación máximo y mínimo no deberá ser mayor a $1/6$ arriba ó abajo del nivel promedio, con el objeto de que permita arreglos flexibles de operación y equipo, y asegurar de esta forma mayor uniformidad en luminancias en el área completa. Aún más, áreas oscuras e iluminadas alternadamente -- crean altas diferencias de luminancia que no son deseables, debido a que el ojo tiene dificultades en ajustarse por sí mismo a las dos luminancias causando una fatiga en la visión. Con el objeto de lograr la uniformidad deseada es esencial que el equipo de iluminación se coloque a espacios adecuados, tomando en cuenta sus características fotométricas y las características físicas del cuarto.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES

La habilidad de ver detalles depende de la diferencia de luminancia entre el detalle y el fondo. Existen diferentes relaciones de luminancia dependiendo de la aplicación. Las reflectancias de las paredes del cuarto, del techo y piso, así como del equipo, determina el patrón de luminancia influyendo en la visión como parte del medio ambiente. Asimismo, el color puede usarse para hacer el ambiente de trabajo más interesante y placentero.

Debido a la naturaleza de la construcción de los Edificios, es conveniente hacer dos clasificaciones generales: Area de altos montajes y Area de bajos montajes. Las áreas de bajos montajes son generalmente consideradas para construcciones en las cuales el techo es aproximadamente de 7.6 metros ó menos del nivel del piso, las áreas de altos montajes son aquellas cuyo techo está arriba de 7.6 metros (25 pies).

LUZ DE DIA

Con el objeto de usar la ventaja de la luz de día, deberán de considerarse varios factores para el diseño, los cuales incluyen las variaciones en la cantidad y la dirección de la incidencia de la luz, la distribución de luminancia de un cielo claro, parcialmente nublado ó nublado, variaciones en intensidad solar y su dirección, la nivelación del terreno, el medio ambiente exterior y la cercanía de edificios con el objeto de considerar la disponibilidad de luz. La luz del día que entra a los edificios depende del diseño arquitectónico, la decoración y amueblado del interior.

Existen diferentes maneras de proporcionar luz de día a las áreas productivas como son dientes de sierra, secciones laterales, claros, domos, etc., cada una de ellas tendrán diferente tratamiento.

SISTEMAS DE ILUMINACION

Para mantener buenas condiciones de visión se requieren sistemas eléctricos de iluminación en la mayoría de las áreas industriales ya que no existe a menudo suficiente cantidad de luz de día aún sobre las condiciones óptimas. Con luz de día el espacio a lo largo de las ventanas tiene la mayor iluminación; también a menudo como resultado de un diseño pobre del sistema eléctrico de iluminación este espacio es el que menos iluminación tiene, en otras palabras se requiere que el sistema de iluminación sea diseñado e instalado con el objeto de mantener el nivel de iluminación general aún en las áreas adyacentes a las ventanas ó paredes asegurando un buen nivel de iluminación en el área completa.

TIPOS DE LUMINARIOS

Existe una amplia gama de tipos de luminarios de acuerdo a las necesidades específicas de cada Industria, de tal forma que para considerar un luminario en especial se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Distribución en Candelas potencia: diseño del luminario para evitar brillos indeseables y producir niveles altos de iluminación -- considerando sus factores de mantenimiento; construcción mecánica que permita una conveniente instalación de servicios, clasificación de luminarios en cuanto a utilización en diferentes tipos de áreas.

Todos los sistemas de iluminación para interiores están comprendidos en alguna de las siguientes clasificaciones:

A) DIRECTO

Los luminarios clasificados como directos, son aquellos que producen practicamente toda la iluminación hacia el área de trabajo (90 a 100%), por lo tanto en general, tales sistemas proporcionan iluminación en las superficies de trabajo más eficientemente, esto es frecuentemente a expensas de otros factores, por ejemplo: las sombras pueden ser distorsionadas a menos que los luminarios sean relativamente grandes en su área luminosa ó que las unidades sean -- montadas a menor distancia que la recomendada como distancia máxima de espaciamiento. Estos sistemas adicionalmente producen brillo, directo y reflejado debido a la alta diferencia de luminancia entre la fuente brillante y el área circundante.

Algunos luminarios del tipo industrial clasificados como directos, están diseñados para emitir cuando mucho el 10% de la producción lumínica hacia la parte superior, lo cual mejorará la comodidad visual a la vez que permite el flujo de aire a través de la unidad, lo cual reduce los depósitos de polvo en la lámpara y el reflector.

Asimismo, los luminarios clasificados como directos pueden ser con centrados o abiertos, lo cual nos permitirá determinar la relación conveniente de espaciamiento a la altura de montaje.

B) SEMI-DIRECTO

Los luminarios clasificados como semi-directos son aquellos que -- proporcionan del 60 al 90% de la luz hacia el plano de trabajo y -- el resto hacia la parte superior. La utilización de la luz producida por estos luminarios, depende en gran medida de la reflectancia del techo, de tal forma que con cielos pintados de colores claros y alta reflectancia, estos sistemas dan por resultado un mejoramiento en la comodidad visual, reduciendo en mayor proporción la acumulación de polvo en la lámpara y el reflector, debido a la corriente de aire que circula por el luminario, dando como resultado mayor mantenimiento en los niveles de iluminación.

El incremento en la iluminación del techo cuando se usan sistemas de distribución semi-directos, reducen las diferencias de luminancia entre el luminario y el techo, suavizando las sombras e incrementando la difusión.

C) DIFUSO GENERAL O DIRECTO-INDIRECTO

Esta clasificación se refiere a luminarios en los cuales el componente hacia abajo y el componente hacia la parte superior son aproximadamente del mismo valor (40 a 60% del total de la producción lumínica).

Los luminarios de este tipo emiten luz aproximadamente igual en todas direcciones, en el caso de los luminarios directos-indirectos hay que hacer notar que emiten muy poca iluminación en ángulos cerca a lo horizontal, lo cual es preferible ya que producen baja luminancia en la zona directa de brillo.

La eficiencia de este sistema depende en gran parte de las reflectancias de todas las superficies del cuarto, particularmente del techo, por esta razón estos luminarios son utilizados ampliamente en instalaciones comerciales y no se recomiendan para áreas de fabricación en cuya atmósfera por lo general es sucia.

D) SEMI-INDIRECTO

El sistema semi-indirecto dirige la mayoría de la luz hacia la parte superior, del 60 al 90% del total de la producción. La mayor porción de la luz que llega al plano horizontal del trabajo deberá ser reflejada por el techo y las partes superiores de las paredes, por lo cual es imperativo que las reflectancias de estas superficies se mantengan tan altas como sea posible.

E) INDIRECTOS

Los luminarios de este tipo emiten del 90 al 100% de su luz hacia arriba y muy raramente son aplicados en instalaciones industriales a pesar de que esta iluminación es generalmente la más cómoda, es también la de menor utilización y es a menudo mucho más difícil de mantener.

METODOS DE ILUMINACION PARA AREAS INDUSTRIALES

El principal requerimiento para iluminación de áreas industriales es que exista suficiente cantidad y alta calidad de iluminación en todos los planos de trabajo ya que sobre sus condiciones el personal podrá observar y controlar eficientemente la operación y mantenimiento de los diferentes tipos de maquinarias y procesos.

Existen tres formas de sistemas de Iluminación usados en áreas industriales: 1) General; 2) Localizado general y 3) Suplementario.

1) General.- La iluminación general deberá producir iluminación -- uniforme a través de toda el área involucrada con la uniformidad -- requerida, donde la diferencia del máximo y el mínimo de iluminación no sea más de 1/6 parte del nivel promedio en el área.

2) Localizado general.- El sistema localizado general se requiere debido a la distribución de maquinaria, ensamble de líneas y áreas de inspección que requieren de mayores niveles de iluminación a los generales.

3) Suplementario.- Este sistema se requiere a menudo cuando se tienen condiciones adversas y cuya iluminación no es posible obtenerla del sistema general.

PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE ILUMINANCIA

EL IESNA DESDE 1958 HABIA PUBLICADO VALORES RECOMENDABLES SOBRE ILUMINANCIA. EN RECIENTES AÑOS DEBIDO A LA INVESTIGACION Y A LA EXPERIENCIA EN DISEÑO, HA ESTABLECIDO UN NUEVO PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE ILUMINANCIAS EN BASE A RANGOS DE ILUMINANCIA ACOMPAÑADOS POR UN SISTEMA DE PESOS ESPECIFICOS ENCONTRADOS EN INVESTIGACION.

LA INTENCION DE ESTE NUEVO PROCEDIMIENTO ES ACOPLARSE A LAS NECESIDADES EN LA DETERMINACION DE LOS NIVELES DE ILUMINANCIA, DE TAL FORMA QUE LOS DISEÑADORES PUEDAN CONFECCIONAR SISTEMAS DE ILUMINACION A LAS NECESIDADES ESPECIFICAS, ESPECIALMENTE EN ESTA EPOCA DE AHORRO DE ENERGIA. TAL FLEXIBILIDAD REQUIERE DE INFORMACION ADICIONAL PARA QUE EFECTIVAMENTE SE USEN LOS NUEVOS RANGOS INDICADOS DE TAL FORMA QUE EN LA ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO SE PUEDAN CONSIDERAR LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- 1.- DETALLES DE VISION
- 2.- EDAD DE LOS OBSERVADORES
- 3.- LA IMPORTANCIA DE LA VELOCIDAD Y PRECISION DEL COMPORTAMIENTO VISUAL
- 4.- LA REFLECTANCIA DEL PLANO DE TRABAJO (AMBIENTE EN EL CUAL SE OBSERVAN LOS DETALLES)

- 1.- EN EL PRIMER PUNTO SE INVOLUCRA EL OBJETO EN SI, CON ALGUNAS DIFICULTADES DE VISION INHERENTES AL MISMO.
- 2.- LA EDAD DEL OBSERVADOR ES UN INDICADOR DE LAS CONDICIONES DEL SISTEMA VISUAL.
- 3.- LA IMPORTANCIA DE LA VELOCIDAD Y LA PRECISION SE PUEDE DISTINGUIR ENTRE CONDICIONES CASUALES, IMPORTANTES O CRITICAS.
- 4.- LA REFLECTANCIA DETERMINARA LA ADAPTACION DE LUMINANCIA PRODUCIDA POR LA ILUMINANCIA.

TODAS ESTAS CARACTERISTICAS CONSIDERADAS EN CONJUNTO DETERMINAN LA CANTIDAD APROPIADA DE LUZ PARA EL PLANO DE TRABAJO.

#

EN LA APLICACION DEL NUEVO PROCEDIMIENTO EL PRIMER PASO ES DETERMINAR EL RANGO DE ILUMINANCIA ADECUADO PARA LA DIFICULTAD VISUAL PRODUCIDA POR LOS DETALLES DE VISION Y ASI DETERMINAR UN VALOR LIMITE DENTRO DEL RANGO, BASANDOSE EN LAS 3 CARACTERISTICAS RESTANTES.

LA EXPERIENCIA Y EL JUICIO JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE EN EL ACOMPLAMIENTO DE LAS DIFICULTADES VISUALES Y SUS RANGOS. NUEVE RANGOS LLAMADOS CATEGORIAS DE ILUMINANCIA SE HAN ESTABLECIDO, LOS CUALES SE DESIGNAN POR LAS LETRAS A, B, C, D, E, F, G, H e I, CUBRIENDO NIVELES DE ILUMINANCIA DE 20 A 20,000 LUXES (Figura 2-2).

ALTERNATIVAMENTE SI LA DIFICULTAD VISUAL DE UN OBJETO HA SIDO MEDIDA EN TERMINOS DE SU CONTRASTE EQUIVALENTE \bar{C} LAS CATEGORIAS DE ILUMINANCIA SE PODRAN DETERMINAR DE ACUERDO A LA FIGURA 2-3. ESTA TABLA DE CONTRASTES EQUIVALENTES Y CATEGORIAS DE ILUMINANCIA FUERON ESTABLECIDAS PARA RECOMENDACIONES DE CALIDAD Y CANTIDAD DE ILUMINANCIA.

UN VALOR ESPECIFICO DE ILUMINANCIA SE PUEDE ESCOGER DE LOS RANGOS RECOMENDADOS, SIEMPRE Y CUANDO LA 2a., 3a. y 4a. CARACTERISTICAS DEL PLANO DE TRABAJO SE CONOZCAN, TALES COMO: EDAD DE LOS OBSERVADORES, IMPORTANCIA DE LA VELOCIDAD Y/O PRECISION Y REFLECTANCIA DEL PLANO DE TRABAJO. ESTOS VALORES DEBERAN DETERMINARSE AL TIEMPO DEL DISEÑO POR EL DISEÑADOR EN CONJUNTO CON EL USUARIO. EN EL PROCEDIMIENTO, PARA USAR LA 2a., 3a. y 4a. CARACTERISTICAS Y DETERMINAR DE ESTA FORMA EL VALOR DE LA ILUMINANCIA, SE REQUIERE CONSULTAR LA FIGURA 2-4 DE FACTORES DE PESO ESPECIFICOS DE TAL FORMA QUE EL DISEÑADOR O USUARIO DETERMINE EL PESO DE CADA CARACTERISICA, DANDO COMO RESULTADO QUE LA COMBINACION DE FACTORES DE PESO ESPECIFICOS NOS INDIQUEN EL VALOR DE LA ILUMINANCIA DENTRO DEL RANGO RECOMENDADO.

LIMITACIONES DEL NUEVO PROCEDIMIENTO DE SELECCION

ESTE PROCEDIMIENTO DE SELECCION DE ILUMINANCIA ESTA CONFECCIONADO PARA USARSE EN AMBIENTES INTERIORES DONDE EL COMPORTAMIENTO VISUAL ES UNA CONSIDERACION IMPORTANTE. HA SIDO DESARROLLADO TOMANDO EN CONSIDERACION LOS RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA E INVESTIGACION DE EXPERIMENTOS DE COMPORTAMIENTOS VISUALES. SU USO ESTA LIMITADO A APLICACIONES DONDE LA INFORMACION PUEDE APLICARSE DIRECTAMENTE. POR LO TANTO EL PROCEDIMIENTO DE SELECCION NO SE DEBE USAR PARA DETERMINAR LA ILUMINANCIA APROPIADA CUANDO:

#

- 1) EL DEMOSTRAR MERCANCIA ES LA PRINCIPAL ACTIVIDAD EN EL ESPACIO Y CUANDO LA FUNCION PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ILUMINACION ES -- MOSTRAR LOS PRODUCTOS.
- 2) CUANDO EL PROPOSITO DE LA ILUMINACION ES PUBLICIDAD O PROMOCIONES DE VENTAS O ATRACCION.
- 3) PARA APLICACIONES DE TELEVISION O CINEMATOGRAFIA.
- 4) CUANDO EL PROPOSITO DEL SISTEMA DE ILUMINACION ES LOGRAR EFECTOS ARTISTICOS.
- 5) CUANDO LAS RELACIONES DE LUMINANCIA TIENEN UNA MAYOR IMPORTANCIA QUE LA LUMINANCIA DE ADAPTACION, ASI COMO CUANDO SE DESEA LOGRAR UN EFECTO PSICOLOGICO O EMOCIONAL.
- 6) CUANDO SE REQUIERE MAXIMA ILUMINANCIA PARA SEGURIDAD.
- 7) CUANDO SE REQUIERE MAXIMA ILUMINANCIA PARA PREVEER EFECTOS NO VISUALES EN APLICACIONES TALES COMO MUSEOS, DEBIDO A LA RADIA-CION ULTRAVIOLETA E INFRARROJA.
- 8) CUANDO LA ILUMINANCIA ES PARTE DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA EVALUACION DE EQUIPO TALES COMO EQUIPO DE CIRUJIA.

EL PROCEDIMIENTO PROVEE UN METODO PARA DETERMINAR UN VALOR MANTENIDO DE ILUMINANCIA PARA UNA TAREA ESPECIFICA Y POR LO TANTO NO ASEGURA UN NIVEL DE ILUMINANCIA ADECUADO PARA UN ESPACIO DADO. LO ANTERIOR ES ESPECIALMENTE NOTORIO CUANDO EN EL LOCAL SE REQUIERE DE DIFERENTES TIPOS DE NIVELES DE ILUMINACION. NOS AYUDA ASEGURAR UNA APROPIADA ILUMINANCIA EN EL PLANO DE TRABAJO ASI COMO UNA DISMINUCION EN EL CONSUMO DE ENERGIA, EL DISEÑADOR DEBERA CONSIDERAR EL VALOR DE ILUMINANCIA COMO LA CANTIDAD DE LUZ REQUERIDA EN EL PLANO DE TRABAJO.

EL NIVEL DE ILUMINANCIA DETERMINADO, USA ESTE PROCEDIMIENTO Y ES UNA FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS VISUALES DE LA TAREA QUE SE VA A REALIZAR SIN EMBARGO, LA IMPORTANCIA, DURACION Y DIFICULTAD DE CADA TAREA EN EL ESPACIO PUEDE SER CONSIDERADA INDIVIDUALMENTE REQUIRIENDO DIFERENTES NIVELES DE ILUMINANCIA.

EN RESUMEN CADA CATEGORIA PRESCRIBE UN RANGO DE ILUMINANCIAS, PERMITIENDO AL DISEÑADOR ESTABLECER UN VALOR ESPECIFICO QUE RESPONDA A VARIAS TAREAS Y A LAS CARACTERISTICAS DEL OBSERVADOR, INCLUYENDO LA IMPORTANCIA DE LA VELOCIDAD Y/O PRECISION Y LA EDAD DEL OBSERVADOR. LOS PASOS SON LOS SIGUIENTES:

PASO 1.- DEFINA LA TAREA VISUAL

DETERMINE EL TIPO DE ACTIVIDAD PARA EL CUAL EL NIVEL DE ILUMINACION VA A SER SELECCIONADO. TAMBIEN ESTABLEZCA EL PLANO DE TRABAJO EN EL CUAL SE REQUIERE EL NIVEL DE ILUMINANCIA.

PASO 2.- SELECCIONE LA CATEGORIA DE ILUMINANCIA

SELECCIONE LA CATEGORIA APROPIADA EN LA FORMA SIGUIENTE:

- a. FIGURA 2-2, PARTE II Y III - CUANDO SE REFIERE A TAREAS ESPECIFICAS
- b. FIGURA 2-2, PARTE I - SI NO PUEDE ESTABLECERSE LA TAREA ESPECIFICA, EN OTRAS PALABRAS DEBE USARSE UNA DESCRIPCION GENERICA
- c. FIGURA 2-3, SI UN CONTRASTE EQUIVALENTE (\bar{C}) HA SIDO DETERMINADO

#

PASO 3.- DETERMINE EL RANGO DE ILUMINANCIA

REFIRIENDOSE A LA FIGURA 2-2 PARTE I Y USANDO LA CATEGORIA DE ILUMINANCIA SELECCIONADA EN EL PASO 2, DETERMINE EL RANGO RECOMENDADO DE ILUMINANCIAS.

LAS CATEGORIAS A, B Y C SE REFIEREN A ILUMINANCIAS QUE SE REQUIEREN SOBRE AREAS COMPLETAS EN ESPACIOS INTERIORES, LAS CATEGORIAS D, E Y F, SIN EMBARGO, SE REFIEREN A AREAS RELATIVAMENTE LOCALIZADAS DONDE SE REQUIERE UN EXCELENTE COMPORTAMIENTO VISUAL, LAS CATEGORIAS G, H e I, SE APLICAN PARA TAREAS EXTREMADAMENTE DIFICILES Y QUE PUEDE SER PROBLEMÁTICO EL SISTEMA DE ILUMINACION. POR RAZONES PRACTICAS Y ECONOMICAS LOS SISTEMAS DE ILUMINACION PARA ESAS TAREAS PUEDEN REQUERIR UNA COMBINACION DE ILUMINACION GENERAL O ILUMINACION LOCALIZADA. SE RECOMIENDA ESPECIFICAMENTE TENER ESPECIAL ANALISIS CUANDO SE UTILIZAN CATEGORIAS G, H e I.

PASO 4.- ESTABLEZCA EL VALOR LIMITE DE ILUMINANCIA

DEL RANGO DE ILUMINANCIA DETERMINADO EN EL PASO 3, LA ILUMINANCIA DE DISEÑO DEBE SER ESTABLECIDA CONSIDERANDO VARIOS FACTORES, LOS CUALES VARIAN DEPENDIENDO DE LA TAREA VISUAL. PARA ILUMINANCIAS CUYA CATEGORIA ES A, B y C, USE EL INCISO A QUE SE INDICA A CONTINUACION PARA ESTABLECER UNA ILUMINANCIA DE DISEÑO. EN EL CASO DE LAS CATEGORIAS DE ILUMINANCIA D, E, F, G, H e I DEBERÁ USAR LO INDICADO A CONTINUACION:

A) PARA CATEGORIAS A, B Y C

EL DISEÑADOR DEBERA FAMILIARIZARSE CON EL LOCAL Y SUS OCUPANTES CON EL FIN DE OBTENER LA SIGUIENTE INFORMACION:

- 1) EDAD DE LOS OCUPANTES
- 2) REFLECTANCIAS DE LAS SUPERFICIES

DESPUES DE HABER ESTABLECIDO LAS CARACTERISTICAS ANTERIORES, EL DISEÑADOR DEBERA DETERMINAR UN VALOR APROPIADO LIMITE DE LA CATEGORIA DE ILUMINANCIA, USANDO LA FIGURA 2-4 COMO SIGUE:

- a. REVISE CADA UNA DE LAS 2 CARACTERISTICAS ANTERIORES Y DETERMINE EL PESO ESPECIFICO APROPIADO (-1, 0, + 1).
- b. SUME ALGEBRAICAMENTE LOS 2 FACTORES TOMANDO EN CUENTA LOS SIGNOS.

#

- c. SI EL FACTOR TOTAL ES -2, USE EL RANGO MENOR DE LAS 3 CATEGORIAS ESTABLECIDAS; SI EL FACTOR TOTAL ES +2, USE LA CATEGORIA SUPERIOR DE LOS 3 VALORES ESTABLECIDOS, DE OTRA FORMA USE LA ILUMINANCIA MEDIA.

B) PARA CATEGORIAS D, E, F, G, H e I

EL DISEÑADOR DEBERA ESTAR COMPLETAMENTE FAMILIARIZADO CON LA TAREA A REALIZARSE Y LOS OCUPANTES DE TAL FORMA QUE SE PUEDA DETERMINAR LA SIGUIENTE INFORMACION:

1. LA TAREA PRECISA A REALIZARSE
2. EDAD DE LOS OCUPANTES
3. IMPORTANCIA DE LA VELOCIDAD
4. IMPORTANCIA DE LA PRECISION

DESPUES DE HABER OBTENIDO LA INFORMACION ANTERIOR EL DISEÑADOR PODRA ESTABLECER UN VALOR LIMITE DE LA CATEGORIA DE ILUMINANCIA BASADO EN LA CATEGORIA 2-4b COMO SIGUE:

- a. REVISAR CADA UNA DE LAS 3 CARACTERISTICAS Y DETERMINAR EL FACTOR APROPIADO ESPECIFICO (-1, 0 + 1)
- b. SUMAR LOS 3 FACTORES ALGEBRAICAMENTE TOMANDO EN CUENTA LOS SIGNOS.
- c. SI EL FACTOR ES -2 ó -3 SE DEBE USAR LA MENOR DE LAS 3 ILUMINANCIAS ESTABLECIDAS EN EL RANGO; SI EL FACTOR ES +2 ó +3 SE DEBE USAR LA MAYOR DE LAS 3 ILUMINANCIAS, DE OTRA FORMA USESE LA MEDIA.
- d. CUANDO SE REQUIERA UNA CATEGORIA D, E, F, G, H ó I, SE RECOMIENDA QUE EL NIVEL MINIMO ACEPTABLE EN EL PLANO HORIZONTAL DE ILUMINANCIA SEA DE 200 LUXES (20 PIES BUJIAS) COMO NIVEL GENERAL, NO PARA EL AREA DE TRABAJO ESPECIFICA.

LA DETERMINACION APROPIADA DE LOS FACTORES REQUIERE INFORMACION Y JUICIO POR PARTE DEL USUARIO. UNA SUPOSICION DE VALORES PUEDE RESULTAR EN UN ABUNDANTE O POBRE DISEÑO.

17 ILLUMINANCE CATEGORIES AND VALUES 2-5

Fig. 2-2. Currently Recommended Illuminance Categories and Illuminance Values for Lighting Design—
Target Maintained Levels

The tabulation that follows is a consolidated listing of the Society's current illuminance recommendations. This listing is intended to guide the lighting designer in selecting an appropriate illuminance for design and evaluation of lighting systems.

Guidance is provided in two forms: (1), in Parts I, II and III as an *Illuminance Category*, representing a range of illuminances (see page 2-4 for a method of selecting a value within each illuminance range); and (2), in parts IV, V and VI as an *Illuminance Value*. Illuminance Categories are represented by letter designations A through I. Illuminance Values are given in *lux* with an approximate equivalence in *footcandles* and as such are intended as *target* (nominal) values with deviations expected. These target values also represent *maintained* values (see page 2-24).

This table has been divided into the six parts for ease of use. Part I provides a listing of both Illuminance Categories and Illuminance Values for generic types of interior activities and normally is to be used when Illuminance Categories for a specific Area/Activity cannot be found in parts II and III. Parts IV, V and VI provide target maintained Illuminance Values for outdoor facilities, sports and recreational areas, and transportation vehicles where special considerations apply as discussed on page 2-4.

In all cases the recommendations in this table are based on the assumption that the lighting will be properly designed to take into account the visual characteristics of the task. See the design information in the particular application sections in this Application Handbook for further recommendations.

I. Illuminance Categories and Illuminance Values for Generic Types of Activities in Interiors

Type of Activity	Illuminance Category	Ranges of Illuminances		Reference Work-Plane
		Lux	Footcandles	
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-100	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-300-500	20-30-50	Illuminance on task
Performance of visual tasks of medium contrast of small size	E	500-750-1000	50-75-100	
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	200-300-500	
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	H	5000-7500-10000	500-750-1000	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

II. Commercial, Institutional, Residential and Public Assembly Interiors

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Air terminals (see Transportation terminals)		Barber shops and beauty parlors	E
Armories	C ¹	Churches and synagogues	(see page 7-2) ⁴
Art galleries (see Museums)		Club and lodge rooms	
Auditoriums		Lounge and reading	D
Assembly	C ¹	Conference rooms	
Social activity	B	Conferring	D
Banks (also see Reading)		Critical seeing (refer to individual task)	
Lobby		Court rooms	
General	C	Seating area	C
Writing area	D	Court activity area	E ³
Tellers' stations	E ³	Dance halls and discotheques	B

For footnotes, see page 2-19.

2-6 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

II. Continued

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Depots, terminals and stations (see Transportation terminals)		Health care facilities	
Drafting		Ambulance (local)	E
Mylar		Anesthetizing	E
High contrast media; India ink, plastic leads, soft graphite leads	E ³	Autopsy and morgue ^{17, 18}	
Low contrast media; hard graphite leads	F ³	Autopsy, general	E
Vellum		Autopsy table	G
High contrast	E ³	Morgue, general	D
Low contrast	F ³	Museum	E
Tracing paper		Cardiac function lab	E
High contrast	E ³	Central sterile supply	
Low contrast	F ³	Inspection, general	E
Overlays ⁵		Inspection	F
Light table	C	At sinks	E
Prints		Work areas, general	D
Blue line	E	Processed storage	D
Blueprints	E	Corridors ¹⁷	
Sepia prints	F	Nursing areas—day	C
Educational facilities		Nursing areas—night	B
Classrooms		Operating areas, delivery, recovery, and labo- ratory suites and service	E
General (see Reading)		Critical care areas ¹⁷	
Drafting (see Drafting)		General	C
Home economics (see Residences)		Examination	E
Science laboratories	E	Surgical task lighting	H
Lecture rooms		Handwashing	F
Audience (see Reading)		Cystoscopy room ^{17, 18}	E
Demonstration	F	Dental suite ¹⁷	
Music rooms (see Reading)		General	D
Shops (see Part III, Industrial Group)		Instrument tray	E
Sight saving rooms	F	Oral cavity	H
Study halls (see Reading)		Prosthetic laboratory, general	D
Typing (see Reading)		Prosthetic laboratory, work bench	E
Sports facilities (see Part V, Sports and Recrea- tional Areas)		Prosthetic laboratory, local	F
Caterias (see Food service facilities)		Recovery room, general	C
Dormitories (see Residences)		Recovery room, emergency examination	E
Elevators, freight and passenger	C	Dialysis unit, medical ¹⁷	F
Exhibition halls	C ¹	Elevators	C
Fire halls (see Municipal buildings)		EKG and specimen room ¹⁷	
Food service facilities		General	B
Dining areas		On equipment	C
Cashier	D	Emergency outpatient ¹⁷	
Cleaning	C	General	E
Dining	B ⁶	Local	F
Food displays (see Merchandising spaces)		Endoscopy rooms ^{17, 18}	
Kitchen	E	General	E
Garages—parking (see page 14-24)		Peritoneoscopy	D
Gasoline stations (see Service stations)		Culdoscopy	D
Graphic design and material		Examination and treatment rooms ¹⁷	
Color selection	F ¹¹	General	D
Charting and mapping	F	Local	E
Graphs	E	Eye surgery ^{17, 18}	F
Keylining	F	Fracture room ¹⁷	
Layout and artwork	F	General	E
Photographs, moderate detail	E ¹³	Local	F
		Inhalation therapy	D
		Laboratories ¹⁷	
		Specimen collecting	E
		Tissue laboratories	F
		Microscopic reading room	D
		Gross specimen review	F

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

II. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Chemistry rooms	E	Radiological suite ¹⁷	
Bacteriology rooms		Diagnostic section	
General	E	General ¹⁸	A
Reading culture plates	F	Waiting area	A
Hematology	E	Radiographic/fluoroscopic room	A
Linens		Film sorting	F
Sorting soiled linen	D	Barium kitchen	E
Central (clean) linen room	D	Radiation therapy section	
Sewing room, general	D	General ¹⁸	B
Sewing room, work area	E	Waiting area	B
Linen closet	B	Isotope kitchen, general	E
Lobby	C	Isotope kitchen, benches	E
Locker rooms	C	Computerized radiotomography section	
Medical illustration studio ^{17, 18}	F	Scanning room	B
Medical records	E	Equipment maintenance room	E
Nurseries ¹⁷		Solarium	
General ¹⁸	C	General	C
Observation and treatment	E	Local for reading	D
Nursing stations ¹⁷		Stairways	C
General	D	Surgical suite ¹⁷	
Desk	E	Operating room, general ¹⁸	F
Corridors, day	C	Operating table	(see page 7-12)
Corridors, night	A	Scrub room ¹⁸	E
Medication station	E	Instruments and sterile supply room	D
Obstetric delivery suite ¹⁷		Clean up room, instruments	E
Labor rooms		Anesthesia storage	C
General	C	Substerilizing room	C
Local	E	Surgical induction room ^{17, 18}	E
Birthing room	F ⁷	Surgical holding area ^{17, 18}	E
Delivery area		Toilets	C
Scrub, general	G	Utility room	D
General	G	Waiting areas ¹⁷	
Delivery table	(see page 7-15)	General	C
Resuscitation	G	Local for reading	D
Postdelivery recovery area	E	Homes (see Residences)	
Substerilizing room	B	Hospitals (see Health care facilities)	
Occupational therapy ¹⁷		Hotels	
Work area, general	D	Bathrooms, for grooming	D
Work tables or benches	E	Bedrooms, for reading	D
Patients' rooms ¹⁷		Corridors, elevators and stairs	C
General ¹⁸	B	Front desk	E ³
Observation	A	Linen room	
Critical examination	E	Sewing	F
Reading	D	General	C
Toilets	D	Lobby	
Pharmacy ¹⁷		General lighting	C
General	E	Reading and working areas	D
Alcohol vault	D	Canopy (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Laminar flow bench	F	Kitchens (see Food service facilities or Residences)	
Night light	A	Libraries	
Parenteral solution room	D	Reading areas (see Reading)	
Physical therapy departments		Book stacks (vertical 760 millimeters (30 inches) above floor)	
Gymnasiums	D	Active stacks	D
Tank rooms	D	Inactive stacks	B
Treatment cubicles	D	Book repair and binding	D
Postanesthetic recovery room ¹⁷			
General ¹⁸	E		
Local	H		
Pulmonary function laboratories ¹⁷	E		

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

20

Fig. 2-2. Continued

II. Continued

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Cataloging	D ³	Electronic data processing tasks	
Card files	E	CRT screens	B ^{12, 13}
Carrels, individual study areas (see Reading)		Impact printer	
Circulation desks	D	good ribbon	D
Map, picture and print rooms (see Graphic design and material)		poor ribbon	E
Audiovisual areas	D	2nd carbon and greater	E
Audio listening areas	D	Ink jet printer	D
Microform areas (see Reading)		Keyboard reading	D
Locker rooms	C	Machine rooms	
Merchandising spaces		Active operations	D
Alteration room	F	Tape storage	D
Fitting room		Machine area	C
Dressing areas	D	Equipment service	E ¹⁰
Fitting areas	F	Thermal print	E
Locker rooms	C	Handwritten tasks	
Stock rooms	D	#3 pencil and softer leads	E ³
Wrapping and packaging	D	#4 pencil and harder leads	F ³
Sales transaction area	E	Ball-point pen	D ³
Circulation (see page 8-6) ⁹		Felt-tip pen	D
Merchandise (see page 8-6) ⁸		Handwritten carbon copies	E
Feature display (see page 8-6) ⁵		Non photographically reproducible colors	F
Show windows (see page 8-6) ⁸		Chalkboards	E ³
Hotels (see Hotels)		Printed tasks	
Municipal buildings—fire and police		6 point type	E ³
Police		8 and 10 point type	D ³
Identification records	F	Glossy magazines	D ¹³
Jail cells and interrogation rooms	D	Maps	E
Fire hall	D	Newsprint	D
Museums		Typed originals	D
Displays of non-sensitive materials	D	Typed 2nd carbon and later	E
Displays of sensitive materials (see page 7-29) ⁷		Telephone books	E
Lobbies, general gallery areas, corridors	C	Residences	
Restoration or conservation shops and laboratories	E	General lighting	
Nursing homes (see Health care facilities)		Conversation, relaxation and entertainment	B
Offices		Passage areas	B
Accounting (see Reading)		Specific visual tasks ²⁰	
Conference areas (see Conference rooms)		Dining	C
Drafting (see Drafting)		Grooming	
General and private offices (see Reading)		Makeup and shaving	D
Libraries (see Libraries)		Full-length mirror	D
Lobbies, lounges and reception areas	C	Handcrafts and hobbies	
Mail sorting	E	Workbench hobbies	
Off-set printing and duplicating area	D	Ordinary tasks	D
Post offices (see Offices)		Difficult tasks	E
Reading		Critical tasks	F
Copied tasks		Easel hobbies	E
Ditto copy	E ³	Ironing	D
Micro-fiche reader	B ^{12, 13}	Kitchen duties	
Mimeograph	D	Kitchen counter	
Photographs, moderate detail	E ¹³	Critical seeing	E
Thermal copy, poor copy	F ³	Noncritical	D
Xerograph	D	Kitchen range	
Xerography, 3rd generation and greater	E	Difficult seeing	E
		Noncritical	D
		Kitchen sink	
		Difficult seeing	E
		Noncritical	D
		Laundry	
		Preparation and tubs	D
		Washer and dryer	D

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

II. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Music study (piano or organ)		Schools (see Educational facilities)	
Simple scores	D	Service spaces (see also Storage rooms)	
Advanced scores	E	Stairways, corridors	C
Substand size scores	F	Elevators, freight and passenger	C
Reading		Toilets and wash rooms	C
In a chair		Service stations	
Books, magazines and newspapers	D	Service bays (see Part III, Industrial Group)	
Handwriting, reproductions and poor copies	E	Sales room (see Merchandising spaces)	
In bed		Show windows (see page 8-6)	
Normal	D	Stairways (see Service spaces)	
Prolonged serious or critical	E	Storage rooms (see Part III, Industrial Group)	
Desk		Stores (see Merchandising spaces and Show windows)	
Primary task plane, casual	D	Television (see Section 11)	
Primary task plane, study	E	Theatre and motion picture houses (see Section 11)	
Sewing		Toilets and washrooms	C
Hand sewing		Transportation terminals	
Dark fabrics, low contrast	F	Waiting room and lounge	C
Light to medium fabrics	E	Ticket counters	E
Occasional, high contrast	D	Baggage checking	D
Machine sewing		Rest rooms	C
Dark fabrics, low contrast	F	Concourse	B
Light to medium fabrics	E	Boarding area	C
Occasional, high contrast	D		
Table games	D		
Restaurants (see Food service facilities)			
Safety (see page 2-45)			

III. Industrial Group

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Aircraft maintenance (see page 9-12) ²¹		Book binding	
Aircraft manufacturing (see page 9-12) ²¹		Folding, assembling, pasting	D
Assembly		Cutting, punching, stitching	E
Simple	D	Embossing and inspection	F
Moderately difficult	E	Breweries	
Difficult	F	Brew house	D
Very difficult	G	Boiling and keg washing	D
Exacting	H	Filling (bottles, cans, kegs)	D
Automobile manufacturing (see page 9-17) ²¹		Building construction (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Bakeries		Building exteriors (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Mixing room	D	Candy making	
Face of shelves	D	Box department	D
Inside of mixing bowl	D	Chocolate department	
Fermentation room	D	Husking, winnowing, fat extraction, crushing and refining, feeding	D
Make-up room		Bean cleaning, sorting, dipping, packing, wrapping	D
Bread	D	Milling	E
Sweet yeast-raised products	D	Cream making	
Proofing room	D	Mixing, cooking, molding	D
Oven room	D	Gum drops and jellied forms	D
Fillings and other ingredients	D	Hand decorating	D
Decorating and icing		Hard candy	
Mechanical	D	Mixing, cooking, molding	D
Hand	E		
Scales and thermometers	D		
Wrapping	D		

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

2-10 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

III. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Die cutting and sorting	E	Control rooms (see Electric generating stations—interior)	
Kiss making and wrapping	E		
Canning and preserving		Corridors (see Service spaces)	
Initial grading raw material samples	D	Cotton gin industry	
Tomatoes	E	Overhead equipment—separators, driers, grid cleaners, stick machines, conveyers, feeders and catwalks	D
Color grading and cutting rooms	F	Gin stand	D
Preparation		Control console	D
Preliminary sorting		Lint cleaner	D
Apricots and peaches	D	Bale press	D
Tomatoes	E		
Olives	F	Dairy farms (see Farms)	
Cutting and pitting	E	Dairy products	
Final sorting	E	Fluid milk industry	
Canning		Boiler room	D
Continuous-belt canning	E	Bottle storage	D
Sink canning	E	Bottle sorting	E
Hand packing	D	Bottle washers	22
Olives	E	Can washers	D
Examination of canned samples	F	Cooling equipment	D
Container handling		Filling: inspection	E
Inspection	F	Gauges (on face)	E
Can unscramblers	E	Laboratories	E
Labeling and cartoning	D	Meter panels (on face)	E
CASTING (see Foundries)		Pasteurizers	D
Central stations (see Electric generating stations)		Separators	D
Chemical plants (see Petroleum and chemical plants)		Storage refrigerator	D
Clay and concrete products		Tanks, vats	
Grinding, filter presses, kiln rooms	C	Light interiors	C
Molding, pressing, cleaning, trimming	D	Dark interiors	E
Enameling	E	Thermometer (on face)	E
Color and glazing—rough work	E	Weighing room	D
Color and glazing—fine work	F	Scales	E
Cleaning and pressing industry		Dispatch boards (see Electric generating stations—interior)	
Checking and sorting	E	Dredging (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Dry and wet cleaning and steaming	E	Electrical equipment manufacturing	
Inspection and spotting	G	Impregnating	D
Pressing	F	Insulating: coil winding	E
Repair and alteration	F	Electric generating stations—interior (see also Nuclear power plants)	
Cloth products		Air-conditioning equipment, air preheater and fan floor, ash sluicing	B
Cloth inspection	I	Auxiliaries, pumps, tanks, compressors, gauge area	C
Cutting	G	Battery rooms	D
Sewing	G	Boiler platforms	B
Pressing	F	Burner platforms	C
Clothing manufacture (men's)		Cable room	B
Receiving, opening, storing, shipping	D	Coal handling systems	B
Examining (perching)	I	Coal pulverizer	C
Sponging, decating, winding, measuring	D	Condensers, deaerator floor, evaporator floor, heater floors	B
Piling up and marking	E	Control rooms	
Cutting	G	Main control boards	D ²³
Pattern making, preparation of trimming, piping, canvas and shoulder pads	E	Auxiliary control panels	D ²³
Fitting, bundling, shading, stitching	D	Operator's station	E ²³
Shops	F		
Inspection	G		
Pressing	F		
Sewing	G		

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

III. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Maintenance and wiring areas	D	General shop area (machinery repair, rough sawing)	D
Emergency operating lighting	C	Rough bench and machine work (painting, fine storage, ordinary sheet metal work, welding, medium benchwork)	D
Gauge reading	D	Medium bench and machine work (fine wood-working, drill press, metal lathe, grinder)	E
Hydrogen and carbon dioxide manifold area	C	Miscellaneous areas	
Laboratory	E	Farm office (see Reading)	
Precipitators	B	Restrooms (see Service spaces)	
Screen house	C	Pumphouse	C
Soot or slag blower platform	C		
Steam headers and throttles	B	Farms—poultry (see Poultry industry)	
Switchgear and motor control centers	D		
Telephone and communication equipment rooms	D	Flour mills	
Tunnels or galleries, piping and electrical	B	Rolling, sifting, purifying	E
Turbine building		Packing	D
Operating floor	D	Product control	F
Below operating floor	C	Cleaning, screens, man lifts, aiseways and walkways, bin checking	D
Visitor's gallery	C		
Water treating area	D	Forge shops	E
Electric generating stations—exterior (see Part IV, Outdoor Facilities)			
Elevators (see Service spaces)		Foundries	
Explosives manufacturing		Annealing (furnaces)	D
Hand furnaces, boiling tanks, stationary driers, stationary and gravity crystallizers	D	Cleaning	D
Mechanical furnace, generators and stills, mechanical driers, evaporators, filtration, mechanical crystallizers	D	Core making	
Tanks for cooking, extractors, percolators, nitrators	D	Fine	F
		Medium	E
		Grinding and chipping	F
		Inspection	
		Fine	G
		Medium	F
		Molding	
		Medium	F
		Large	E
		Pouring	E
		Sorting	E
		Cupola	C
		Shakeout	D
		Garages—service	
		Repairs	E
		Active traffic areas	C
		Write-up	D
		Glass works	
		Mix and furnace rooms, pressing andlehr, glass-blowing machines	C
		Grinding, cutting, silvering	D
		Fine grinding, beveling, polishing	E
		Inspection, etching and decorating	F
		Glove manufacturing	
		Pressing	G
		Knitting	F
		Sorting	F
		Cutting	G
		Sewing and inspection	G
		Hangars (see Aircraft manufacturing)	
		Hat manufacturing	
		Dyeing, stiffening, braiding, cleaning, refining	E

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

2-12 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

III. Continued

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Forming, sizing, pouncing, flanging, finishing, ironing	F	Storage room	C
Sewing	G	Engineered safety features equipment	D
Inspection		Diesel generator building	D
Simple	D	Fuel handling building	
Moderately difficult	E	Operating floor	D
Difficult	F	Below operating floor	C
Very difficult	G	Off gas building	C
Exacting	H	Radwaste building	D
Iron and steel manufacturing (see page 9-63) ²¹		Reactor building	
Jewelry and watch manufacturing	G	Operating floor	D
Laundries		Below operating floor	C
Washing	D	Packing and boxing (see Materials handling)	
Flat work ironing, weighing, listing, marking	D	Paint manufacturing	
Machine and press finishing, sorting	E	Processing	D
Fine hand ironing	E	Mix comparison	F
Leather manufacturing		Paint shops	
Cleaning, tanning and stretching, vats	D	Dipping, simple spraying, firing	D
Cutting, fleshing and stuffing	D	Rubbing, ordinary hand painting and finishing art, stencil and special spraying	D
Finishing and scarfing	E	Fine hand painting and finishing	E
Leather working		Extra-fine hand painting and finishing	G
Pressing, winding, glazing	F	Paper-box manufacturing	E
Grading, matching, cutting, scarfing, sewing	G	Paper manufacturing	
Loading and unloading platforms (see Part IV, Outdoor Facilities)		Beaters, grinding, calendaring	D
Locker rooms	C	Finishing, cutting, trimming, papermaking machines	E
Logging (see Part IV, Outdoor Facilities)		Hand counting, wet end of paper machine	E
Lumber yards (see Part IV, Outdoor Facilities)		Paper machine reel, paper inspection, and laboratories	F
Machine shops		Rewinder	F
Rough bench or machine work	D	Parking areas (see page 14-24)	
Medium bench or machine work, ordinary automatic machines, rough grinding, medium buffing and polishing	E	Petroleum and chemical plants (see page 9-51) ²¹	
Fine bench or machine work, fine automatic machines, medium grinding, fine buffing and polishing	G	Plating	D
Extra-fine bench or machine work, grinding, fine work	H	Polishing and burnishing (see Machine shops)	
Materials handling		Power plants (see Electric generating stations)	
Wrapping, packing, labeling	D	Poultry industry (see also Farm—dairy)	
Picking stock, classifying	D	Brooding, production, and laying houses	
Loading, inside truck bodies and freight cars	C	Feeding, inspection, cleaning	C
Meat packing		Charts and records	D
Slaughtering	D	Thermometers, thermostats, time clocks	D
Cleaning, cutting, cooking, grinding, canning, packing	D	Hatcheries	
Nuclear power plants (see also Electric generating stations)		General area and loading platform	C
Auxiliary building, uncontrolled access areas	C	Inside incubators	D
Controlled access areas		Dubbing station	F
Count room	E ²³	Sexing	H
Laboratory	E	Egg handling, packing, and shipping	
Health physics office	F	General cleanliness	E
Medical aid room	F	Egg quality inspection	E
Hot laundry	D	Loading platform, egg storage area, etc.	C
		Egg processing	
		General lighting	E
		Fowl processing plant	
		General (excluding killing and unloading area)	E
		Government inspection station and grading stations	E
		Unloading and killing area	C

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

III. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Feed storage		Punches	E
Grain, feed rations	C	Tin plate inspection, galvanized	F
Processing	C	Scribing	F
Charts and records	D	Shoe manufacturing—leather	
Machine storage area (garage and machine shed)	B	Cutting and stitching	
Printing industries		Cutting tables	G
Type foundries		Marking, buttonholing, skiving, sorting, vamping, counting	G
Matrix making, dressing type	E	Stitching, dark materials	G
Font assembly—sorting	D	Making and finishing, nailers, sole layers, welt beaters and scarfers, trimmers, welters, lasters, edge setters, sluggers, randers, wheelers, treers, cleaning, spraying, buffing, polishing, embossing	F
Casting	E	Shoe manufacturing—rubber	
Printing plants		Washing, coating, mill run compounding	D
Color inspection and appraisal	F	Varnishing, vulcanizing, calendering, upper and sole cutting	D
Machine composition	E	Sole rolling, lining, making and finishing processes	E
Composing room	E	Soap manufacturing	
Presses	E	Kettle houses, cutting, soap chip and powder	D
Imposing stones	F	Stamping, wrapping and packing, filling and packing soap powder	D
Proofreading	F	Stairways (see Service spaces)	
Electrotyping		Steel (see Iron and steel)	
Molding, routing, finishing, leveling molds, trimming	E	Storage battery manufacturing	D
Blocking, tinning	D	Storage rooms or warehouses	
Electroplating, washing, backing	D	Inactive	B
Photoengraving		Active	
Etching, staging, blocking	D	Rough, bulky items	C
Routing, finishing, proofing	E	Small items	D
Tint laying, masking	E	Storage yards (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Receiving and shipping (see Materials handling)		Structural steel fabrication	E
Railroad yards (see Part IV, Outdoor Facilities)		Sugar refining	
Rubber goods—mechanical (see page 9-56) ²¹		Grading	E
Rubber tire manufacturing (see page 9-56) ²¹		Color inspection	F
Safety (see page 2-45)		Testing	
Sawmills		General	D
Secondary log deck	B	Exacting tests, extra-fine instruments, scales, etc.	F
Head saw (cutting area viewed by sawyer)	E	Textile mills	
Head saw outfeed	B	Staple fiber preparation	
Machine in-feeds (bull edger, resaws, edgers, trim, hula saws, planers)	B	Stock dyeing, tinting	D
Main mill floor (base lighting)	A	Sorting and grading (wool and cotton)	E ¹⁸
Sorting tables	D	Yarn manufacturing	
Rough lumber grading	D	Opening and picking (chute feed)	D
Finished lumber grading	F	Carding (nonwoven web formation)	D ²⁴
Dry lumber warehouse (planer)	C	Drawing (gilling, pin drafting)	D
Dry kiln colling shed	B	Combing	D ²⁴
Chipper infeed	B	Roving (slubbing, fly frame)	E
Basement areas		Spinning (cap spinning, twisting, texturing)	E
Active	A	Yarn preparation	
Inactive	A	Winding, quilling, twisting	E
Filing room (work areas)	E	Warping (beaming, sizing)	F ¹⁶
Service spaces (see also Storage rooms)		Warp tie-in or drawing-in (automatic)	E
Stairways, corridors	B		
Elevators, freight and passenger	B		
Toilets and wash rooms	C		
Sheet metal works			
Miscellaneous machines, ordinary bench work	E		
Presses, shears, stamps, spinning, medium bench work	E		

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

2-14 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

III. Continued

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Fabric production		Upholstering	F
Weaving, knitting, tufting	F		
Inspection	G ¹⁶	Warehouse (see Storage rooms)	
Finishing			
Fabric preparation (desizing, scouring, bleaching, singeing, and mercerization)	D	Welding	
Fabric dyeing (printing)	D	Orientation	D
Fabric finishing (calendaring, sanforizing, sueding, chemical treatment)	E ¹⁶	Precision manual arc-welding	H
Inspection	G ^{16, 25}	Woodworking	
Tobacco products		Rough sawing and bench work	D
Drying, stripping	D	Sizing, planing, rough sanding, medium quality machine and bench work, gluing, veneering, cooperage	D
Grading and sorting	F	Fine bench and machine work, fine sanding and finishing	E
Toilets and wash rooms (see Service spaces)			

IV. Outdoor Facilities

Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Building (construction)			Stairs and platforms	50	5
General construction	100	10	Ground level areas including precipitators, FD and ID fans, bottom ash hoppers	50	5
Excavation work	20	2	Cooling towers		
Building exteriors			Fan deck, platforms, stairs, valve areas	50	5
Entrances			Pump areas	20	2
Active (pedestrian and/or conveyance)	50	5	Fuel handling		
Inactive (normally locked, infrequently used)	10	1	Barge unloading, car dumper, unloading hoppers, truck unloading, pumps, gas metering	50	5
Vital locations or structures	50	5	Conveyors	20	2
Building surrounds	10	1	Storage tanks	10	1
Buildings and monuments, floodlighted			Coal storage piles, ash dumps	2	0.2
Bright surroundings			Hydroelectric		
Light surfaces	150	15	Powerhouse roof, stairs, platform and intake decks	50	5
Medium light surfaces	200	20	Inlet and discharge water area	2	0.2
Medium dark surfaces	300	30	Intake structures		
Dark surfaces	500	50	Deck and laydown area	50	5
Dark surroundings			Value pits	20	2
Light surfaces	50	5	Inlet water area	2	0.2
Medium light surfaces	100	10	Parking areas		
Medium dark surfaces	150	15	Main plant parking	20	2
Dark surfaces	200	20	Secondary parking	10	1
Bulletin and poster boards			Substation		
Bright surroundings			Horizontal general area	20	2
Light surfaces	500	50	Vertical tasks	50	5
Dark surfaces	1000	100	Transformer yards		
Dark surroundings			Horizontal general area	20	2
Light surfaces	200	20	Vertical tasks	50	5
Dark surfaces	500	50	Turbine areas		
Central station (see Electric generating stations—exterior)			Building surrounds	20	2
Coal yards (protective)	2	0.2	Turbine and heater decks, unloading bays	50	5
Dredging	20	2			
Electric generating stations—exterior					
Boiler areas					
Catwalks, general areas	20	2			

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

IV. Continued

Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Entrances, stairs and platforms	50 ^a	5 ^a	Hump and car rider classification yard		
Flags, floodlighted (see Bulletin and poster boards)			Receiving yard		
Gardens¹⁹			Switch points	20	2
General lighting	5	0.5	Body of yard	10	1
Path, steps, away from house	10	1	Hump area	50	5
Backgrounds—fences, walls, trees, shrubbery	20	2	Flat switching yards		
Flower beds, rock gardens	50	5	Side of cars (vertical)	50	5
Trees, shrubbery, when emphasized	50	5	Switch points	20	2
Focal points, large	100	10	Trailer-on-flatcars		
Focal points, small	200	20	Horizontal surface of flatcar	50	5
Gasoline station (see Service stations in Part II)			Hold-down points (vertical)	50	5
Highways (see page 14-8)			Container-on-flatcars	30	3
Loading and unloading platforms	200	20	Roadways (see page 14-8)		
Freight car interiors	100	10	Sawmills (see also Logging)		
Logging (see also Sawmills)			Cut-off saw	100	10
Yarding	30	3	Log haul	20	2
Log loading and unloading	50	5	Log hoist (side lift)	20	2
Log stowing (water)	5	0.5	Primary log deck	100	10
Active log storage area (land)	5	0.5	Barker in-feed	300	30
Log booming area (water)—foot traffic	10	1	Green chain	200 to 300 ²⁶	20 to 30 ²⁶
Active log handling area (water)	20	2	Lumber strapping	150 to 200 ²⁶	15 to 20 ²⁶
Log grading—water or land	50	5	Lumber handling areas	20	2
Log bins (land)	20	2	Lumber loading areas	50	5
Lumber yards	10	1	Wood chip storage piles	5	0.5
Parking areas (see page 14-24)			Service station (at grade)		
Piers			Dark surrounding		
Freight	200	20	Approach	15	1.5
Passenger	200	20	Driveway	15	1.5
Active shipping area surrounds	50	5	Pump island area	200	20
Prison yards	50	5	Building faces (exclusive of glass)	100 ¹⁴	10 ¹⁴
Quarries	50	5	Service areas	30	3
Railroad yards			Landscape highlights	20	2
Retarder classification yards			Light surrounding		
Receiving yard			Approach	30	3
Switch points	20	2	Driveway	50	5
Body of yard	10	1	Pump island area	300	30
Hump area (vertical)	200	20	Building faces (exclusive of glass)	300 ¹⁴	30 ¹⁴
Control tower and retarder area (vertical)	100	10	Service areas	70	7
Head end	50	5	Landscape highlights	50	5
Body	10	1	Ship yards		
Pull-out end	20	2	General	50	5
Dispatch or forwarding yard	10	1	Ways	100	10
			Fabrication areas	300	30
			Smokestacks with advertising messages (see Bulletin and poster boards)		
			Storage yards		
			Active	200	20
			Inactive	10	1
			Streets (see page 14-8)		
			Water tanks with advertising messages (see Bulletin and poster boards)		

For footnotes, see page 2-19.

2-16 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

V. Sports and Recreational Areas					
Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Archery (indoor)			Bowling on the green		
Target, tournament	500 ¹⁴	50 ¹⁴	Tournament	100	10
Target, recreational	300 ¹⁴	30 ¹⁴	Recreational	50	5
Shooting line, tournament	200	20	Boxing or wrestling (ring)		
Shooting line, recreational	100	10	Championship	5000	500
Archery (outdoor)			Professional	2000	200
Target, tournament	100 ¹⁴	10 ¹⁴	Amateur	1000	100
Target, recreational	50 ¹⁴	5 ¹⁴	Seats during bout	20	2
Shooting line, tournament	100	10	Seats before and after bout	50	5
Shooting line, recreational	50	5	Casting—bait, dry-fly, wet-fly		
Badminton			Pier or dock	100	10
Tournament	300	30	Target (at 24 meters [80 feet] for bait casting and 15 meters [50 feet] for wet or dry-fly casting)	50 ¹⁴	5 ¹⁴
Club	200	20	Combination (outdoor)		
Recreational	100	10	Baseball/football		
Baseball			Infield	200	20
Major league			Outfield and football	150	15
Infield	1500	150	Industrial softball/football		
Outfield	1000	100	Infield	200	20
AA and AAA league			Outfield and football	150	15
Infield	700	70	Industrial softball/6-man foot- ball		
Outfield	500	50	Infield	200	20
A and B league			Outfield and football	150	15
Infield	500	50	Outfield and football	150	15
Outfield	300	30	Croquet or Roque		
C and D league			Tournament	100	10
Infield	300	30	Recreational	50	5
Outfield	200	20	Curling		
Semi-pro and municipal league			Tournament		
Infield	200	20	Tees	500	50
Outfield	150	15	Rink	300	30
Recreational			Recreational		
Infield	150	15	Tees	200	20
Outfield	100	10	Rink	100	10
Junior league (Class I and Class II)			Fencing		
Infield	300	30	Exhibitions	500	50
Outfield	200	20	Recreational	300	30
On seats during game	20	2	Football		
On seats before and after game	50	5	Distance from nearest sideline to the farthest row of specta- tors		
Basketball			Class I Over 30 meters [100 feet]	1000	100
College and professional	500	50	Class II 15 to 30 meters [50 to 100 feet]	500	50
College intramural and high school	300	30	Class III 9 to 15 meters [30 to 50 feet]	300	30
Recreational (outdoor)	100	10	Class IV Under 9 meters [30 feet]	200	20
Bathing beaches			Class V No fixed seating facilities	100	10
On land	10	1	It is generally conceded that the distance be- tween the spectators and the play is the first consideration in determining the class and light- ing requirements. However, the potential seating capacity of the stands should also be considered and the following ratio is suggested: Class I for		
150 feet from shore	30 ¹⁴	3 ¹⁴			
Billiards (on table)					
Tournament	500	50			
Recreational	300	30			
Bowling					
Tournament					
Approaches	100	10			
Lanes	200	20			
Pins	500 ¹⁴	50 ¹⁴			
Recreational					
Approaches	100	10			
Lanes	100	10			
Pins	300 ¹⁴	30 ¹⁴			

For footnotes, see page 2-19.

Fig. 2-2. Continued

V. Continued					
Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
over 30,000 spectators; Class II for 10,000 to 30,000; Class III for 5000 to 10,000; and Class IV for under 5000 spectators.			Dragstrip		
Football, Canadian—rugby (see Football)			Staging area	100	10
Football, six-man			Acceleration, 400 meters [1320 feet]	200	20
High school or college	200	20	Deceleration, first 200 meters [660 feet]	150	15
Jr. high and recreational	100	10	Deceleration, second 200 meters [660 feet]	100	10
Golf			Shutdown, 250 meters [820 feet]	50	5
Tee	50	5	Horse	200	20
Fairway	10, 30 ¹⁴	1, 3 ¹⁴	Motor (midget of motorcycle)	200	20
Green	50	5	Racquetball (see Handball)		
Driving range			Rifle 45 meters [50 yards]—outdoor		
At 180 meters [200 yards]	50 ¹⁴	5 ¹⁴	On targets	500 ¹⁴	50 ¹⁴
Over tee area	100	10	Firing point	100	10
Miniature	100	10	Range	50	5
Practice putting green	100	10	Rifle and pistol range (indoor)		
Gymnasiums (refer to individual sports listed)			On targets	1000 ¹⁴	100 ¹⁴
General exercising and recreation	300	30	Firing point	200	20
Handball			Range	100	10
Tournament	500	50	Rodeo		
Club			Arena		
Indoor—four-wall or squash	300	30	Professional	500	50
Outdoor—two-court	200	20	Amateur	300	30
Recreational			Recreational	100	10
Indoor—four-wall or squash	200	20	Pens and chutes	50	5
Outdoor—two-court	100	10	Roque (see Croquet)		
Hockey, field	200	20	Shuffleboard (indoor)		
Hockey, ice (indoor)			Tournament	300	30
College or professional	1000	100	Recreational	200	20
Amateur	500	50	Shuffleboard (outdoor)		
Recreational	200	20	Tournament	100	10
Hockey, ice (outdoor)			Recreational	50	5
College or professional	500	50	Skating		
Amateur	200	20	Roller rink	100	10
Recreational	100	10	Ice rink, indoor	100	10
Horse shoes			Ice rink, outdoor	50	5
Tournament	100	10	Lagoon, pond, or flooded area	10	1
Recreational	50	5	Skeet		
Horse shows	200	20	Targets at 18 meters [60 feet]	300 ¹⁴	30 ¹⁴
Jai-alai			Firing points	50	5
Professional	1000	100	Skeet and trap (combination)		
Amateur	700	70	Targets at 30 meters [100 feet] for trap, 18 meters [60 feet] for skeet	300 ¹⁴	30 ¹⁴
Lacrosse	200	20	Firing points	50	5
Playgrounds	50	5	Ski slope	10	1
Quilts	50	5	Soccer (see Football)		
Racing (outdoor)			Softball		
Auto	200	20	Professional and championship		
Bicycle			Infield	500	50
Tournament	300	30	Outfield	300	30
Competitive	200	20	Semi-professional		
Recreational	100	10	Infield	300	30
Dog	300	30	Outfield	200	20

For footnotes, see page 2-19.

2-18 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

V. Continued					
Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Industrial league			Tennis (indoor)		
Infield	200	20	Tournament	1000	100
Outfield	150	15	Club	750	75
Recreational (6-pole)			Recreational	500	50
Infield	100	10	Tennis (outdoor)		
Outfield	70	7	Tournament	300	30
Slow pitch, tournament—see industrial league			Club	200	20
Slow pitch, recreational (6-pole)—see recreational (6-pole)			Recreational	100	10
Squash (see Handball)			Tennis, platform	500	50
Swimming (indoor)			Tennis, table		
Exhibitions	500	50	Tournament	500	50
Recreational	300	30	Club	300	30
Underwater—1000 [100] lamp lumens per square meter [foot] of surface area			Recreational	200	20
Swimming (outdoor)			Trap		
Exhibitions	200	20	Targets at 30 meters [100 feet]	300 ¹⁴	30 ¹⁴
Recreational	100	10	Firing points	50	5
Underwater—600 [60] lamp lumens per square meter [foot] of surface area			Volley ball		
			Tournament	200	20
			Recreational	100	10
VI. Transportation Vehicles					
Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Aircraft			Road Conveyances		
Passenger compartment			Step well and adjacent ground area	100	10
General	50	5	Fare box	150	15
Reading (at seat)	200	20	General lighting (for seat selection and movement)		
Airports			City and inter-city buses at city stop	100	10
Hangar apron	10	1	Inter-city bus at country stop	20	2
Terminal building apron			School bus while moving	150	15
Parking area	5	0.5	School bus at stops	300	30
Loading area	20 ¹⁴	2 ¹⁴	Advertising cards	300	30
Rail conveyances			Back-lighted advertising cards (see Rail conveyances)		
Boarding or exiting	100	10	Reading	300 ³	30 ³
Fare box (rapid transit train)	150	15	Emergency exit (school bus)	50	5
Vestibule (commuter and inter-city trains)	100	10	Ships		
Aisles	100	10	Living Areas		
Advertising cards (rapid transit and commuter trains)	300	30	Staterooms and Cabins		
Back-lighted advertising cards (rapid transit and commuter trains)—860 cd/m ² (250 fL) average maximum.			General lighting	100	10
Reading	300 ³	30 ³	Reading and writing	300 ^{15,3}	30 ^{15,3}
Rest room (inter-city train)	200	20	Prolonged seeing	700 ^{16,3}	70 ^{16,3}
Dining area (inter-city train)	500	50	Baths (general lighting)	100	10
Food preparation (inter-city train)	700	70	Mirrors (personal grooming)	500	50
Lounge (inter-city train)			Barber shop and beauty parlor	500	50
General lighting	200	20	On subject	1000	100
Table games	300	30	Day rooms		
Sleeping car			General lighting	200 ¹⁵	20 ¹⁵
General lighting	100	10	Desks	500 ^{16,3}	50 ^{16,3}
Normal reading	300 ³	30 ³	Dining rooms and messrooms	200	20
Prolonged seeing	700 ³	70 ³			

For footnotes, see page 2-19.

Fig. 2-2. Continued

VI. Continued					
Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandles
Enclosed promenades			Service Areas		
General lighting	100	10	Food preparation		
Entrances and passageways			General	200 ^{1b}	20 ^{1b}
General	100	10	Butcher shop	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Daytime embarkation	300	30	Galley	300 ^{1b}	30 ^{1b}
Gymnasiums			Pantry	200 ^{1b}	20 ^{1b}
General lighting	300	30	Thaw room	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Hospital			Sculleries	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Dispensary (general lighting)	300 ^{1b}	30 ^{1b}	Food storage (non-refrigerated)	100	10
Operating room			Refrigerated spaces (ship's stores)	50	5
General lighting	500 ^{1b}	50 ^{1b}	Laundries		
Doctor's office	300 ^{1b}	30 ^{1b}	General	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Operating table	20000	2000	Machine and press finishing, sorting	500	50
Wards			Lockers	50	5
General lighting	100	10	Offices		
Reading	300	30	General	200	20
Toilets	200	20	Reading	500 ^{1b,3}	50 ^{1b,3}
Libraries and lounges			Passenger counter	500 ^{1b,3}	50 ^{1b,3}
General lighting	200	20	Storerooms	50	5
Reading	300 ^{1b,3}	30 ^{1b,3}	Telephone exchange	200	20
Prolonged seeing	700 ^{1b,3}	70 ^{1b,3}	Operating Areas		
Purser's office	200 ^{1b}	20 ^{1b}	Access and casing	100	10
Shopping areas	200	20	Battery room	100	10
Smoking rooms	150	15	Boiler rooms	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Stairs and foyers	200	20	Cargo handling (weather deck)	50 ^{1b}	5 ^{1b}
Recreation areas			Control stations (except navigating areas)		
Ball rooms	150 ^{1b}	15 ^{1b}	General		
Cocktail lounges	150 ^{1b}	15 ^{1b}	Control consoles	200	20
Swimming pools			Gauge and control boards	300	30
General	150 ^{1b}	15 ^{1b}	Switchboards	300	30
Underwater			Engine rooms	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Outdoors—600 [60] lamp lumens/square meter [foot] of surface area			Generator and switchboard rooms	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Indoors—1000 [100] lamp lumens/square meter [foot] of surface area			Fan rooms (ventilation & air conditioning)	100	10
Theatre			Motor rooms	200	20
Auditorium			Motor generator rooms (cargo handling)	100	10
General	100 ^{1b}	10 ^{1b}	Pump room	100	10
During picture	1	0.1	Shaft alley	100	10
Navigating Areas			Shaft alley escape	30	3
Chart room			Steering gear room	200	20
General	100	10	Windlass rooms	100	10
On chart table	500 ^{1b,3}	50 ^{1b,3}	Workshops		
Gyro room	200	20	General	300 ^{1b}	30 ^{1b}
Radar room	200	20	On top of work bench	500 ^{1b}	50 ^{1b}
Radio room	100 ^{1b}	10 ^{1b}	Tailor shop	500 ^{1b}	50 ^{1b}
Radio room, passenger foyer	100	10	Cargo holds		
Ship's offices			Permanent luminaires	30 ^{1b}	3 ^{1b}
General	200 ^{1b}	20 ^{1b}	Passageways and trunks	100	10
On desks and work tables	500 ^{1b,3}	50 ^{1b,3}			
Wheelhouse	100	10			

¹ Include provisions for higher levels for exhibitions.

² Specific limits are provided to minimize deterioration effects.

³ Task subject to veiling reflections. Illuminance listed is not an ESI value. Currently, insufficient experience in the use of ESI target values precludes the direct use of Equivalent Sphere Illumination in the present consensus approach to recommend illuminance values. Equivalent Sphere Illumination may be used as a tool in determining the effectiveness of controlling veiling reflections and as a part of the evaluation of lighting systems.

⁴ Illuminance values are listed based on experience and consensus. Values relate to needs during various religious ceremonies.

⁵ Degradation factors: Overlays—add 1 weighting factor for each overlay; Used material—estimate additional factors.

MEDICIONES DE ILUMINANCIA

CON EL OBJETO DE EVALUAR EL SISTEMA DE ILUMINACION DE UNA INSTALACION ACTUAL, ES NECESARIO EL MEDIR O INVESTIGAR LA CALIDAD Y CANTIDAD DE ILUMINACION EN UN AMBIENTE, EN PARTICULAR. EL IESNA ESTABLECIO UN METODO TANTO PARA LA INVESTIGACION COMO PARA REPORTAR DE UNA MANERA UNIFORME LOS DATOS RECOPIRADOS. LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTA INVESTIGACION SE PUEDEN USAR COMO TALES, O BIEN CON PROPOSITOS DE COMPARACION CON EL OBJETO DE DETERMINAR HASTA QUE GRADO SE ESTA CUMPLIENDO CON LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS, Y PUEDE SER USADO PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE MANTENIMIENTO, MODIFICACIONES O REEMPLAZOS.

LAS MEDICIONES EN EL CAMPO (INTERIORES O EXTERIORES) SE APLICAN SOLAMENTE BAJO LAS CONDICIONES EXISTENTES DURANTE LA INVESTIGACION, DE TAL MANERA QUE DEBERAN DE REGISTRARSE TODOS LOS DETALLES QUE EN UN MOMENTO DADO PODRIAN AFECTAR LOS RESULTADOS DEL AREA BAJO INVESTIGACION, TALES COMO: REFLECTANCIAS DE LAS SUPERFICIES, TIPO DE LAMPARAS, Y TIEMPO DE INSTALADAS, VOLTAJE E INSTRUMENTOS USADOS.

EN EL CASO ESPECIFICO DE MEDICIONES DE ILUMINANCIA, SE DEBERAN USAR INSTRUMENTOS CON FOTOCELDA CUYA CARACTERISTICA SEA COSENO Y COLOR CORREGIDO. DEBERA USARSE DE SER POSIBLE A UNA TEMPERATURA MINIMA DE 15°C (60°F) Y MAXIMA 50°C (120°F). SE REQUIERE EVITAR CAMBIOS BRUSCOS DE NIVELES DE ILUMINACION, POR LO CUAL SE RECOMIENDA QUE ANTES DE CUALQUIER LECTURA CON FOTOCELDAS, ESTA SEA EXPUESTA A UNA ILUMINANCIA DE VALOR APROXIMADO A LA QUE VA A SER MEDIDA HASTA QUE SE ESTABILICE; LO QUE REQUIERE APROXIMADAMENTE DE 5 A 15 MINUTOS.

EN EL CASO DE SISTEMAS DE ILUMINACION EN BASE A LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD O SISTEMAS CON LAMPARAS FLUORESCENTES, ESTOS DEBERAN DE ENCENDERSE AL MENOS UNA HORA ANTES DE QUE SE EFECTUEN LAS MEDICIONES CON EL FIN DE ASEGURAR LA OPERACION NORMAL DEL SISTEMA Y LA COMPLETA PRODUCCION LUMINICA DEL MISMO. LAS MEDICIONES EN SISTEMAS CON LAMPARAS DE DESCARGA RELATIVAMENTE NUEVAS DEBERAN DE TOMARSE CUANDO HAYAN TRANSCURRIDO AL MENOS 100 HORAS DE OPERACION.

EN SISTEMAS CON LAMPARAS INCANDESCENTES, LA MADURACION DE LOS MISMOS SE LOGRA EN MENOR TIEMPO, RECOMENDANDOSE AL MENOS 20 HORAS DE OPERACION ANTES DE TOMAR LAS LECTURAS.

MEDICIONES DE ILUMINANCIA PROMEDIO

DETERMINACION DE LA ILUMINANCIA PROMEDIO EN UN PLANO HORIZONTAL - DEL SISTEMA DE ILUMINACION GENERAL.

EL USO DE ESTE METODO EN EL TIPO DE AREAS DESCRITAS, DEBERA RESULTAR EN VALORES DE ILUMINANCIA PROMEDIO, DENTRO DEL 10% DE LOS VALORES QUE PODRIAN OBTENERSE DE DIVIDIR EL AREA EN CUADRADOS DE -- $0.6 \text{ m}^2 (2 \text{ ft}^2)$, TOMANDO LECTURAS EN CADA CUADRADO Y OBTENIENDO UN PROMEDIO.

LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION (FOTOCELDAS) DEBERAN DE COLOCARSE EN FORMA REGULAR A 760 mm (30 pulgs.) DEL PISO. LA LUZ DEL DIA DEBE RA DE EXCLUIRSE DURANTE LA MEDICION DE ILUMINANCIA, POR LO QUE SE RECOMIENDA EFECTUAR LAS MEDICIONES DURANTE LA NOCHE.

E J E M P L O S :

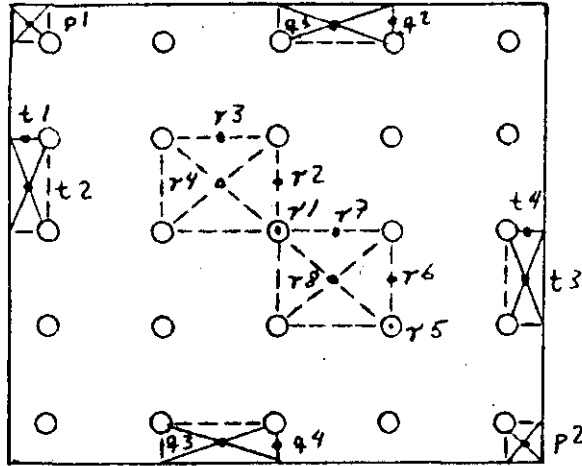
I.) AREA REGULAR CON LUMINARIOS ESPACIADOS SIMETRICAMENTE EN -- DOS O MAS HILERAS. Figura "A"

- 1.) TOMESE LAS LECTURAS EN LOS PUNTOS r-1, r-2, r-3 Y r-4 - DE UNA AREA TIPICA INTERIOR; REPITASE LA OPERACION EN - LOS PUNTOS r-5, r-6, r-7 Y r-8 DE UNA AREA CENTRAL. OB -- TENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS 8 LECTURAS, LO QUE DA COMO RESULTADO UN VALOR "R".
- 2.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS q-1, q-2, q-3 Y q-4 - CUYAS AREAS REPRESENTAN AREAS EXTREMAS DEL LOCAL. OB -- TENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS 4 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO UN VALOR "Q".
- 3.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS t-1, t-2, t-3 Y t-4 - CUYAS AREAS REPRESENTAN AREAS EXTREMAS DEL LOCAL. OB -- TENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS 4 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO UN VALOR "T".
- 4.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS p-1 Y p-2 LOCALIZADOS EN LAS ESQUINAS DEL LOCAL. OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS 2 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO UN VALOR "P".
- 5.) DETERMINESE EL VALOR DE ILUMINANCIA PROMEDIO APLICANDO LA SIGUIENTE ECUACION:

#

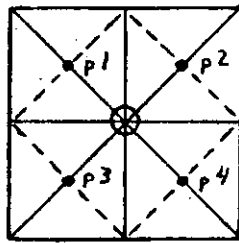
$$A.I = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

Donde N = NUMERO DE LUMINARIOS POR HILERA
M = NUMERO DE HILERAS



II.) AREA REGULAR CON UNA LUMINARIA SIMETRICAMENTE COLOCADA. Fi
gura "B"

- 1.) TOMESE LAS LECTURAS EN LOS PUNTOS p-1, p-2, p-3 Y p-4. OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS CUATRO LECTURAS Y SE RA LA ILUMINANCIA PROMEDIO DEL AREA



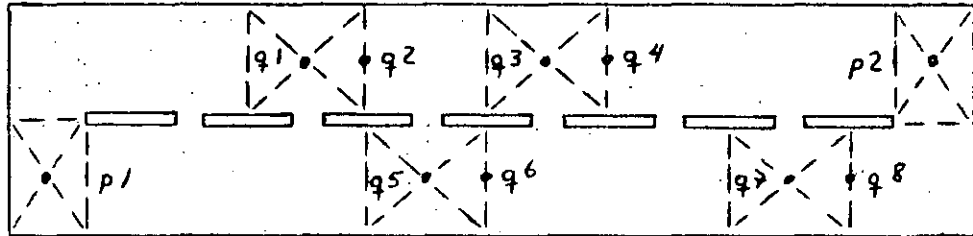
III.) AREA REGULAR CON UNA HILERA DE LUMINARIOS

- 1.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS q-1 AL q-8. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS 8 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO UN VALOR "Q"
- 2.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS p-1 Y p-2, PUNTOS TIPICOS EN LAS ESQUINAS. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS 2 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO UN VALOR "P".
- 3.) DETERMINESE EL VALOR DE ILUMINANCIA PROMEDIO APLICANDO LA SIGUIENTE ECUACION:

#

$$A.I = \frac{Q(N-1) + P}{N}$$

Donde N = NUMERO DE LUMINARIOS



IV.) AREA REGULAR CON 2 Ó MAS HILERAS CONTINUAS DE LUMINARIOS. -
Figura "D"

- 1.) TOMESE LAS LECTURAS EN LOS PUNTOS r-1, r-2, r-3 Y r-4 - LOCALIZADOS CERCA DEL AREA CENTRAL. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS CUATRO LECTURAS, RESULTANDO "R"
- 2.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS q-1 Y q-2 LOCALIZADOS EN EL PUNTO MEDIO DEL LOCAL Y LA PARTE MEDIA DE LA ULTIMA HILERA Y LA PARED. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS 2 LECTURAS, RESULTANDO "Q"
- 3.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS t-1, t-2, t-3 Y t-4. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS 4 LECTURAS, DANDO COMO RESULTADO "T"
- 4.) TOMESE LAS LECTURAS DE LOS PUNTOS p-1 Y p-2 EN LAS ESQUINAS. OBTENGASE EL PROMEDIO DE LAS 2 LECTURAS, RESULTANDO "P"
- 5.) DETERMINE EL VALOR DE ILUMINANCIA PROMEDIO APLICANDO LA SIGUIENTE OPERACION:

$$A.I = \frac{RN(M-1) + QN + T(M-1) + P}{M(N-1)}$$

Donde N = NUMERO DE LUMINARIOS POR HILERA

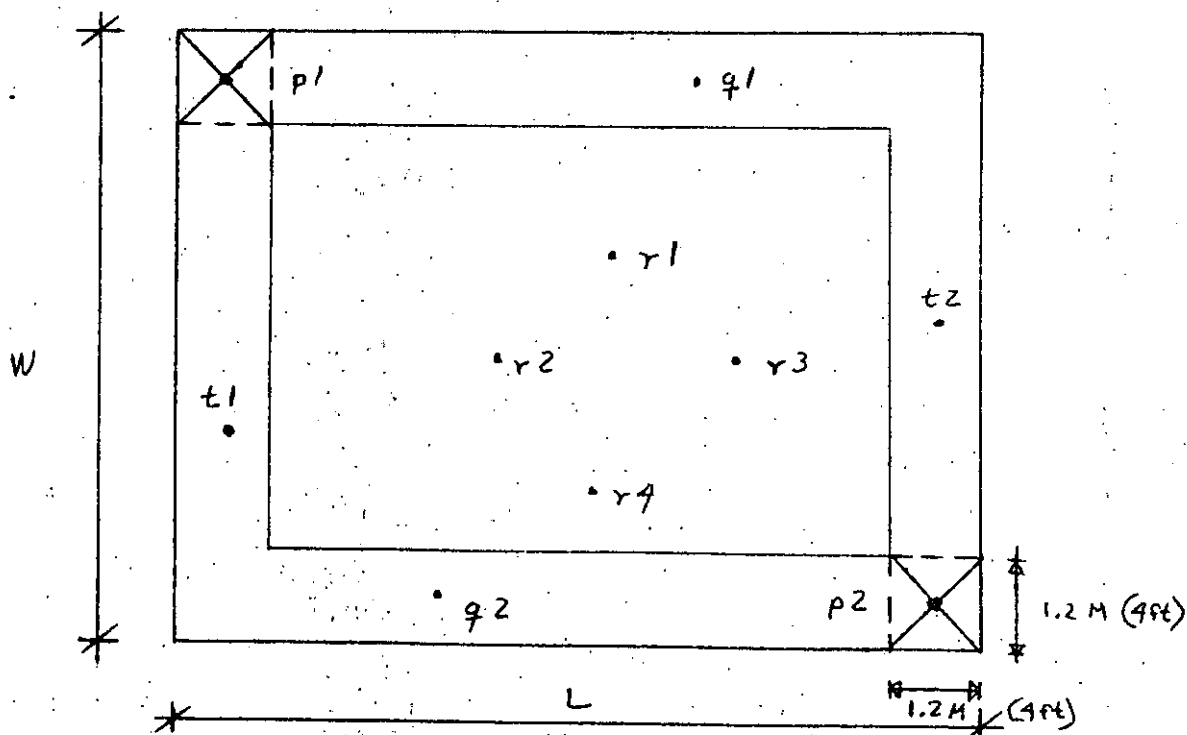
M = NUMERO DE HILERAS

VI.) AREA REGULAR CON PLAFON LUMINOSO. Figura "F"

- 1.) TOMESE LECTURAS EN LOS PUNTOS r-1, r-2, r-3 Y r-4 LOCALIZADOS AL AZAR EN LA PARTE CENTRAL DEL AREA. OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO DE LAS 4 LECTURAS, RESULTANDO "R"
- 2.) TOMESE LECTURAS EN LOS PUNTOS q-1 Y q-2 LOCALIZADOS A 0.6 M (2 ft) DE LAS PAREDES DEL LOCAL. OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO, RESULTANDO "Q"
- 3.) TOMESE LECTURAS EN LOS PUNTOS t-1 Y t-2 Y OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO, RESULTANDO "T"
- 4.) TOMESE LECTURAS EN LOS PUNTOS p-1 Y p-2 LOCALIZADOS EN LAS ESQUINAS OPUESTAS A 0.6 M (2 ft) DE CADA PARED. OBTENGASE EL VALOR PROMEDIO, RESULTANDO "P"
- 5.) DETERMINESE EL VALOR DE ILUMINANCIA PROMEDIO APLICANDO LA SIGUIENTE ECUACION:

$$A.I = \frac{R(L-8)(W-8) + 8Q(L-8) + 8T(W-8) + 64P}{WL}$$

Donde W = ANCHO DEL LOCAL
L = LARGO DEL LOCAL





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

A) NUEVA REGLAMENTACION

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

NORMAS ¹ TÉCNICAS

Del Reglamento de Instalaciones Eléctricas

SON DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA EN TODO EL PAIS

PROPOSITO ~ Establecer los requisitos que deben satisfacer las instalaciones eléctricas a fin de que ofrezcan condiciones de seguridad para las personas y su patrimonio.

En vigor desde el 22 de julio de 1981. - Parte I
(Instalaciones para el uso de la energía eléctrica)

AUTORIDAD COMPETENTE ~ SECRETARIA DE COMERCIO
Y FOMENTO INDUSTRIAL ~ DIREC. GRAL. DE NORMAS
SUBDIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD Y GAS

CONTENIDO DE LAS NORMAS TECNICAS

- GENERALIDADES
- PROYECTO Y PROTECCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.
- METODOS DE INSTALACION, CONDUCTORES Y CANALIZACIONES
- EQUIPO ELECTRICO DIVERSO
- INSTALACIONES ESPECIALES
- SUBESTACIONES

OBJETIVOS DE LAS NORMAS TECNICAS

- ESTABLECE CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO
- FIJA REQUISITOS TECNICOS Y DE SEGURIDAD
- SU OBSERVANCIA EVITA DAÑOS A LA INTEGRIDAD FISICA DE LAS PERSONAS. Y A SUS PROPIEDADES.

CAPITULO 4.- EQUIPO ELECTRICO DIVERSO

- ALUMBRADO Y CONTACTOS.
- MOTORES.
- TABLEROS.

CAPITULO 5.- INSTALACIONES ESPECIALES

- LOGARES PELIGROSOS.
- EMERGENCIA.
- ELEVADORES.
- PISCINAS.
- ANUNCIOS.
- SOLDADORAS.

CAPITULO 6.- SUBESTACIONES.

③

CAPITULO 2

SECCION 201.-

- MEDIO PRINCIPAL DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL.
 - DEBE SITUARSE LO MAS CERCA A LA ENTRADA DEL SERVICIO.
 - DEBE SER UN SOLO INTERRUPTOR DE APERTURA SIMULTANEA.
 - DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA ADECUADA. DE FUSIBLES O INT. AUTOMATICO.

SECCION 202.-

- CIRCUITOS DERIVADOS.
 - TENSION MAXIMA; 150 V. A TIERRA (LAMPARAS Y CONTACTOS).
EXCEPCION ; LOCALES INDUSTRIALES.

- CAIDA DE TENSION; NO MAYOR DEL 3%, Y SUMADO A LA DEL ALIMENTADOR, NO MAYOR DEL 5%.

- CALIBRE MINIMO; PARA CARGAS DEFINIDAS NO MENOR DEL No. 14, Y PARA CARGAS INDEFINIDAS NO MENOR DEL No. 12 AWG.

- PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE; EL DISPOSITIVO DEBE ESTAR DE ACUERDO CON EL VALOR DE LA CORRIENTE PERMISIBLE EN LOS CONDUCTORES.

- USOS DE LOS CTOS. DERIVADOS;

• De 15 y 20 A - CUALQUIER TIPO DE LOCAL, PARA ALIMENTAR UNIDADES DE ALUMBRADO Y FUERIA.

• De 30 A - UNIDADES DE ALUMBRADO FIJAS, EN LOCALES QUE NO SEAN CASAS HABITACION.

⑨

• De 40 y 50 A - SIMILAR AL ANTERIOR, Y PARA ALIMENTAR APARATOS FIJOS, CUYA CAPACIDAD NO EXCEDA DEL 80% DE LA CAPACIDAD NOMINAL DEL CIRCUITO.

NOTA.- LAS CARGAS INDIVIDUALES MAYORES DE 50 AMP, DEBEN ABASTECERSE CON CIRCUITOS DERIVADOS INDIVIDUALES.

- CONTACTOS DE PUESTA A TIERRA; LOS CIRCUITOS DERIVADOS DEBEN INCLUIR UN CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA O ESTAR ALOJADOS EN CARRILACIONES METALICAS.

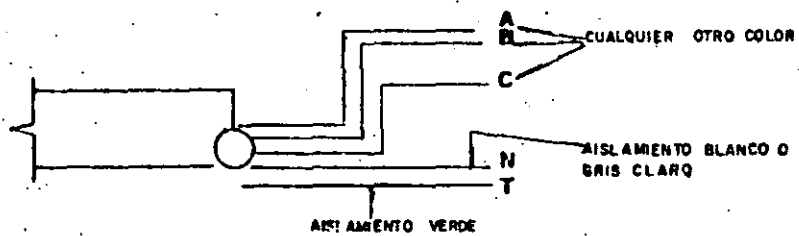
IDENTIFICACION (ART. 202.4)

OBJETIVOS:

- Hacer más fácil y rápida la revisión o mantenimiento a los sistemas o circuitos.
- Evitar la seguridad al personal.

LA RECOMENDACION ES:

- Aislamiento verde para el conductor de puesta a tierra.
- Aislamiento blanco ó gris claro para el conductor neutro.
- Cualquier otro color para los activos.



4

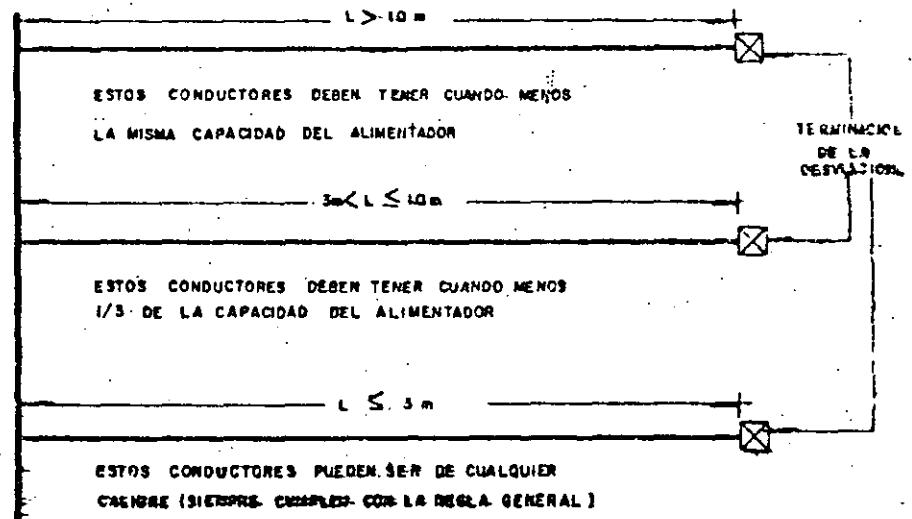
DERIVACIONES (ART. 203.7)

DEBE CUMPLIR CON LO SIGUIENTE:

REGLA GENERAL

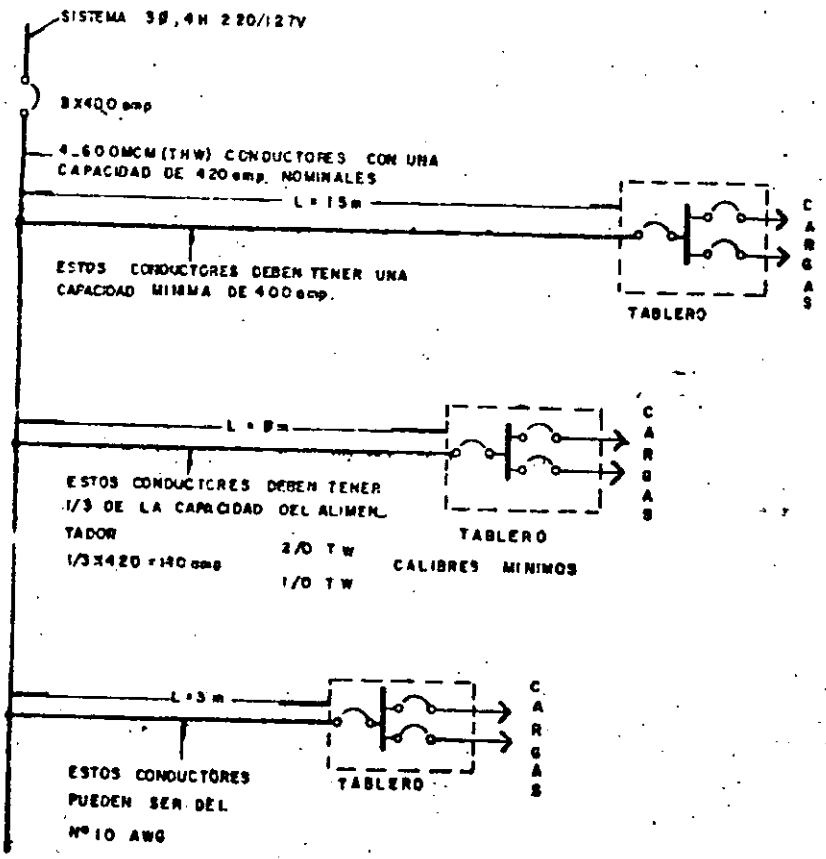
El conductor debe tener una capacidad adecuada a la carga por servir.

ADEMAS:



EJEMPLO

(Carga por servir 10 Kw
 $I = 26.2 \text{ amp.}$
 (número 10 AWG)



CARGA POR SERVIR 10 Kw. $I = 26.2 \text{ amp.}$
 (mínimo 10 AWG)

REGLAS GENERALES PARA EL CALCULO DE LA CARGA EN CIRCUITOS DERIVADOS

5

- DEBE CONSIDERARSE EL 100% DE LA CARGA CONECTADA AL CIRCUITO
- EN CASAS-HABITACION Y HOTELES
 - CADA SALIDA DE ALUMBRADO = 125 W.
 - CADA CONTACTO = 180 W.
- + SIN IMPORTAR QUE SE INSTALEN LAMPARAS DE MENOS DE 125 WATTS O APARATOS DE MENOS DE 180 WATTS EN LOS CONTACTOS. +
- PARA EFECTOS DE ESTIMACION DE CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS, PUEDE UTILIZARSE LA TABLA 201.2 a. 2)

TIPO DE LOCAL	WATTS / M ²
BODEGAS o ALMACENES	2.5
ESTACIONAMIENTOS	5
AUDITORIOS E IGLESIAS	10
CASAS HAB., CLUBES, CASINOS, Ed. IND., ESCUELAS, HOSPITALES, HOTELES, RESTAUR.	20
BANCOS, OFICINAS, TELQUERTAS, TIENDAS	30

CÁLCULO DE LA CARGA EN ALIMENTADORES

ARTS. 204.7 y 204.8

REGLA GENERAL:

La carga en alimentadores puede calcularse sumando las cargas conectadas a los circuitos derivados

$$C_{ALM} = \sum C_{CIRC. DERIVADOS}$$

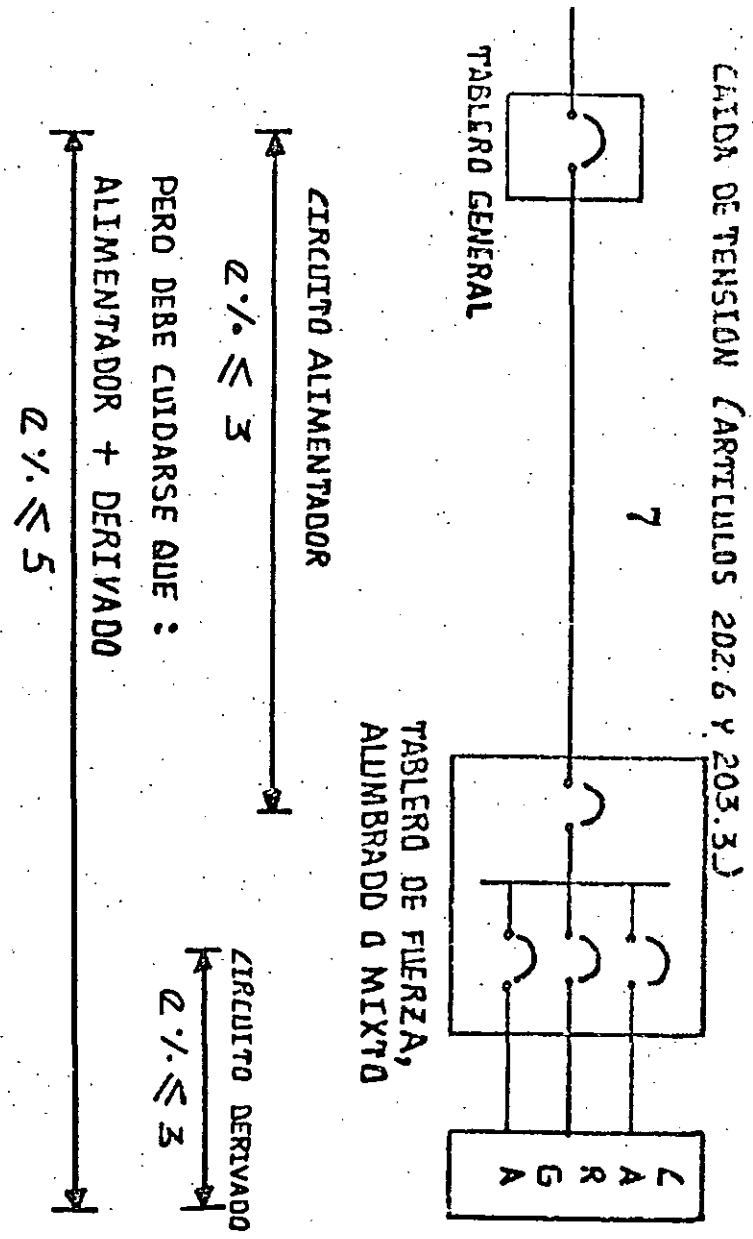
Pueden aplicarse a este cálculo la siguiente tabla de factores de demanda.

T A B L A 204.8 e)

CASAS	3000 W ó MENOS	-----	100%
	EXCESO	-----	35%
HOTELES	20000 W ó MENOS	-----	50%
	EXCESO	-----	40%
HOSPITALES	50000 W ó MENOS	-----	40%
	EXCESO	-----	20%
OFICINAS Y ESCUE- LAS	20000 W ó MENOS	-----	100%
	EXCESO	-----	70%
OTROS LOCALES	CARGA TOTAL	-----	100%

LA CAIDA DE TENSION REPRESENTA PERDIDAS DE ENERGIA EN LOS CONDUCTORES

6



CAIDA DE TENSION (ARTICULOS 202.6 Y 203.3)

7

CARGA DEL CONDUCTOR NEUTRO

LA CORRIENTE QUE SE CONSIDERE PARA EL CONDUCTOR NEUTRO, EN UN CIRCUITO ALIMENTADOR, NO DEBE SER MENOR QUE EL Desequilibrio MAXIMO DE LA CARGA DEL CIRCUITO.

PARA EFECTOS DE CALCULO, ESTE Desequilibrio MAXIMO, DEBE CONSIDERARSE IGUAL A LA CARGA MAXIMA CONECTADA ENTRE EL NEUTRO Y CUALQUIERA DE LOS CONDUCTORES ACTIVOS.

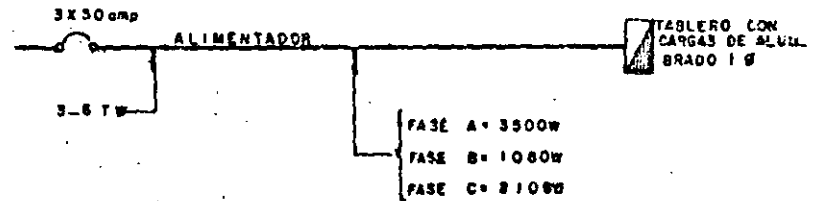
(7)

CARGA DEL NEUTRO (ART. 204.9)

REGLA GENERAL:

La corriente a considerar debe ser igual al máximo desbalanceo posible

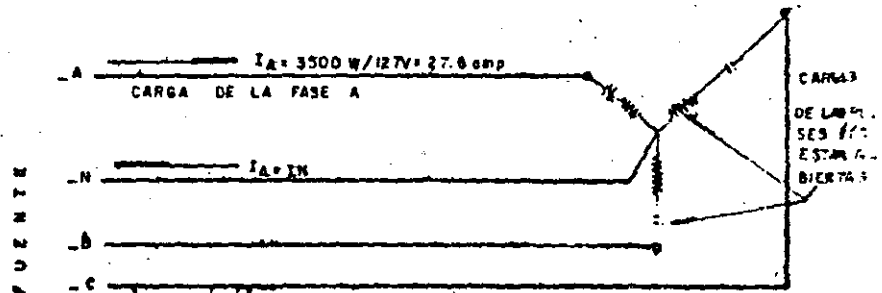
EJEMPLOS:



¿Cuándo ocurre el máximo desbalanceo?

CUANDO LA FASE "A" (fase más cargada) ESTÁ OPERANDO SOLA

¿De qué magnitud es?





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

B) METODOS DE INSTALACION CONDUCTORES Y CANALIZACIONES.

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

CAPITULO 3

-① - 1

METODOS DE INSTALACION. CONDUCTORES Y CANALIZACIONES.

SECCION 301. METODOS DE INSTALACION. REQUISITOS GENERALES.

- LONGITUD LIBRE DE CONDUCTORES EN CAJAS DE SALIDA. SE RECOMIENDA COMO MINIMO 15 CM. EN CADA CAJA DE SALIDA, PARA EFECTOS DE CONEXIONES, EMPALMES, O POSIBLES MODIFICACIONES.
- CAJAS DE CONEXION. DEBE INSTALARSE - UNA CAJA DE CONEXIONES; EN CADA DERIVACION, SALIDA, PUNTO DE INTERRUPCION O PUNTO DE INTERSECCION DE UNA CANALIZACION.
- CONDUCTORES DE DIFERENTES SISTEMAS.
 - LOS CONDUCTORES DE FUERZA Y DE SISTEMAS DE TENSIONES DIFERENTES

POR EJEMPLO, UNO DE 220 V. 3 + 4 HILOS, Y OTRO DE 440 V. 3 + 4 HILOS, NO DEBEN OCUPAR LA MISMA CANALIZACION.

•• LOS CONDUCTORES PARA COMUNICACION, (TELEFONOS, RADIOCOMUNICACION, ETC), NO DEBEN OCUPAR LAS CANALIZACIONES DE LOS CONDUCTORES DE FUERZA Y ALUMBRADO.

- SUJECION DE CONDUCTORES EN CANALIZACIONES VERTICALES. DEBE HACERSE A INTERVALOS NO MAYORES QUE LOS INDICADOS EN LA TABLA 301.12.

TABLA 301.12.

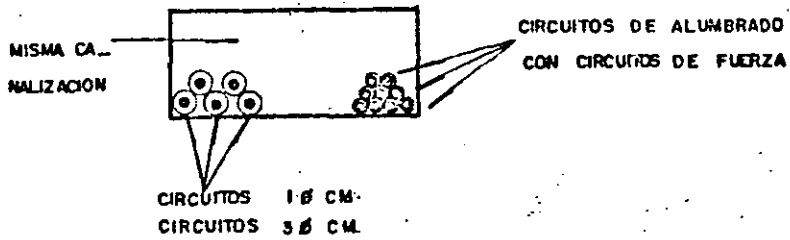
SEPARACION MAXIMA ENTRE SOPORTES PARA CANALIZACIONES VERTICALES.

CAJIBRE DEL CONDUCTOR (AWG - MCM)	SEPARACION ENTRE SOPORTES	
	COND. DE COBRE	COND. DE ALUMINIO
1/8 a 1/4	30 m.	30 m.
1/2 a 1/0	30 "	30 "
2/0 a 4/0	24 "	27 "
250 a 350	18 "	20 "
400 a 500	16 "	17 "
600 a 750	12 "	15 "
MAYORES a 750	10 "	13 "

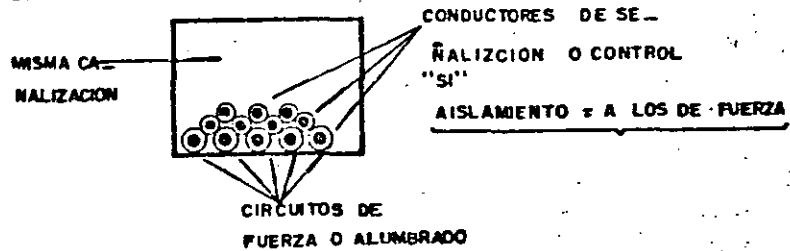
(2)

ARREGLOS PERMITIDOS

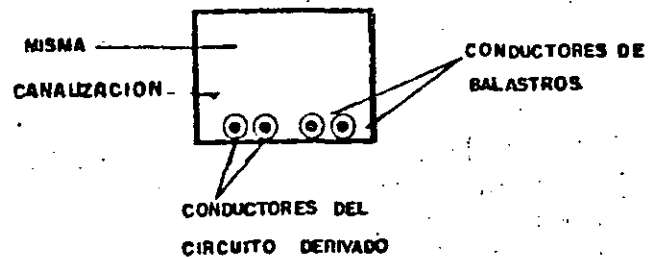
A-



C-

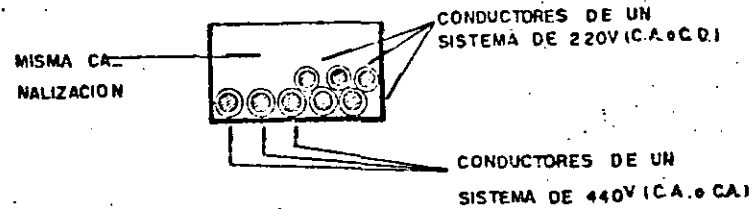


D-

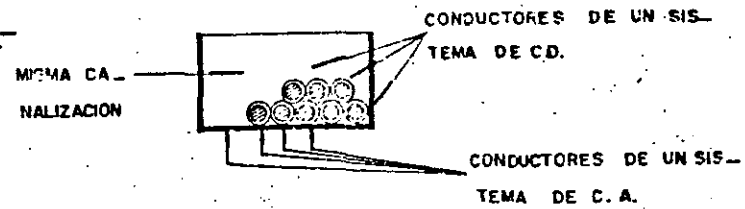


8 ARREGLOS NO PERMITIDOS

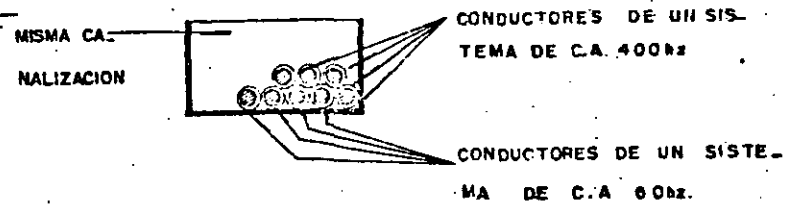
A-



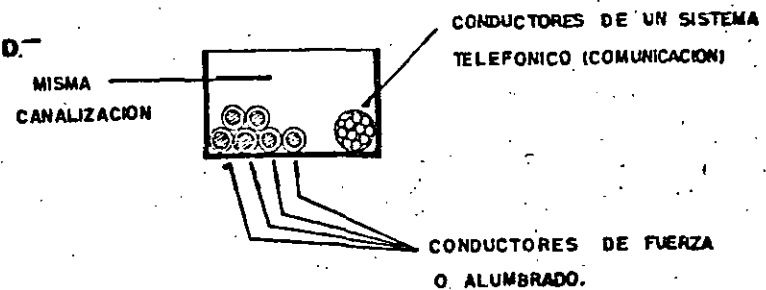
B-



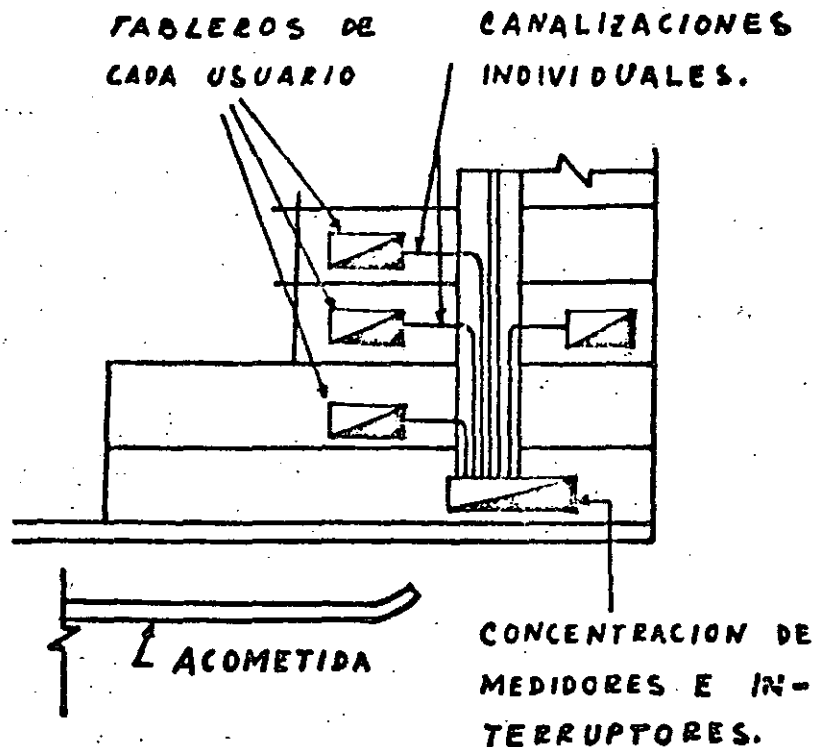
C-



D-



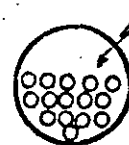
- CANALIZACIONES EN CONDOMINIO. EN - EDIFICIOS EN CONDOMINIO, DEBEN - INSTALARSE CANALIZACIONES DE ALIMENTADORES SEPARADAS PARA CADA USUARIO.



23

SECCION 302. CONDUCTORES DE USO GENERAL.

- CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDUCTORES AISLADOS.
 - CORRECCION POR AGRUPAMIENTO. SI EL NUMERO DE CONDUCTORES EN UNA CANALIZACION ES MAYOR DE 3, DEBEN APLICARSE LOS FACTORES - QUE INDICA LA TABLA 302.4c)
 - CORRECCION POR TEMPERATURA. SI LOS CONDUCTORES SE INSTALAN EN LOCALES CON TEMPERATURA AMBIENTE MAYOR DE 30°C SE APLICAN LOS FACTORES DE CORRECCION DE LA TABLA 302.4b).



NO COND. = 15

F. AGRUP = 0.7. } DE
F. TEMP = 0.88 } TABLAS.

T AMB. = 40°C
T AISL. = 75°C.

- CAPACIDAD DEL CONDUCTOR =
CAPACIDAD POR CORRIENTE
x 0.7 x 0.88.

Tabla 302.4 a)

Factores de corrección por agrupamiento

Número de conductores	Por ciento del valor indicado en la Tabla 302.4
4 o 6	80
7 o 24	70
25 o 42	60
Más de 42	50

Notas.

Cuando se instalen conductores de sistemas diferentes dentro de una canalización, los factores de corrección por agrupamiento anteriores deben aplicarse solamente al número de conductores para fuerza y alumbrado.

En el caso de un conductor neutro que transporte solamente la corriente de desequilibrio de otros conductores, como en el caso de los circuitos normalmente equilibrados de tres o más conductores, no se debe afectar su capacidad de corriente con los factores indicados en esta tabla.

Tabla 302.4 b)

Factores de corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento					
	60 °C	75 °C	85 °C	90 °C	110 °C	125 °C
40	0.82	0.88	0.90	0.90	0.94	0.95
45	0.71	0.82	0.85	0.85	0.90	0.92
50	0.58	0.75	0.80	0.80	0.87	0.89
55	0.41	0.67	0.74	0.74	0.83	0.86
60	-	0.58	0.67	0.67	0.79	0.83
70	-	0.35	0.52	0.52	0.71	0.76
80	-	-	0.30	0.30	0.61	0.69

.. CALIBRE MINIMO.

LOS ALAMBRES Y CABLES DE INSTALACIONES DE UTILIZACION NO DEBEN SER MENORES DEL - Nº 14 AWG.

SECCION 303. CORDONES Y CABLES - FLEXIBLES.

• CALIBRE MINIMO.

LOS CONDUCTORES DE CORDONES Y CABLES FLEXIBLES NO DEBEN SER DE UN CALIBRE MENOR AL 18 AWG.

SECCION 304. TUBO METALICO RIGIDO.

• SECCION Y DIAMETRO MINIMO.

NO DEBE USARSE TUBO METALICO RIGIDO DE DIAMETRO INFERIOR A 13 MM (1/2 PS).

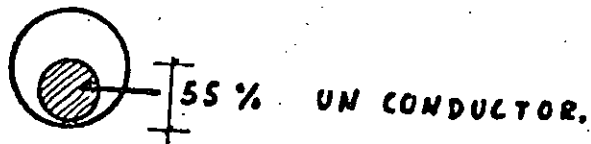
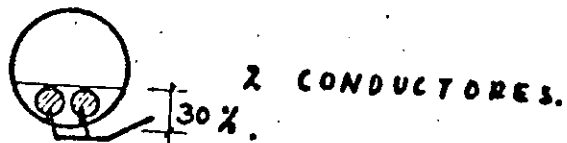
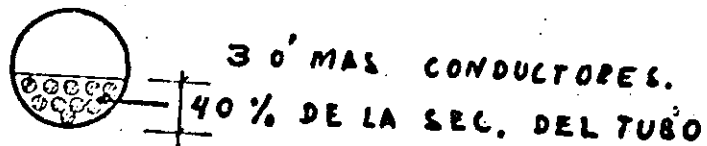
• PUEDE USARSE COMO CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

(5)

4

• NUMERO DE CONDUCTORES. FACTORES DE RELLENO.

- EN EL CASO DE 3 CONDUCTORES O MAS, ESTOS NO DEBEN OCUPAR MAS DEL 40% DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL TUBO.
- EN EL CASO DE DOS CONDUCTORES NO MAS DEL 30% DE LA SECCION.
- EN CASO DE UN SOLO CONDUCTOR NO MAS DEL 55% DE LA SECCION.



- TUBO METALICO RIGIDO PESADO Y SEMIPESADO.

• USOS.

- EN INSTALACIONES VISIBLES U OCULTAS.
- EMBEBIDO EN CONCRETO.
- EMBUTIDO EN MAMPOSTERIA
- ENTERRADO CON PROTECCION ADECUADA.
- NO DEBE EXPONERSE A CONDICIONES AMBIENTALES CORROSIVAS SIN LA PROTECCION ADECUADA.

- TUBO METALICO RIGIDO LIGERO.

- NO USARSE EN AMBIENTES PELIGROSOS, NI EN LUGARES HUMEDOS.
- NO USARSE DIRECTAMENTE ENTERRADO.
- USARSE SOLO EN AMBIENTES SECOS NO CORROSIVOS.

②

5

• **DIAMETRO MAXIMO.**

NO DEBE USARSE TUBO METALICO RIGIDO LIGERO DE DIAMETRO MAYOR A 51 MILIMETROS (2 PG).

- **TUBO METALICO FLEXIBLE.**

• **USOS.**

- .. EN LUGARES SECOS, NO EXPUESTO A CORROSION O DAÑOS MECANICOS
- .. NO DEBE USARSE COMO MEDIO DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

• **DIAMETRO PERMITIDO.**

NO DEBE USARSE TUBO METALICO FLEXIBLE DE DIAMETRO INFERIOR A 13 mm (1/2 PG), NI SUPERIOR A 102 mm (4 PG).

- **TUBO RIGIDO PVC. (POLICLORURO DE VINILO)**

• **USOS.**

- .. EN INSTALACIONES VISIBLES 5 -

OCULTAS SI NO ESTA EXPUESTO A DAÑO MECANICO.

- .. EN LUGARES HUMEDOS O MOJADOS SI EL AGUA NO PENETRA EN SU INTERIOR.
- .. ENTERRADO A UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 0.50 METROS.
- .. NO DEBE EXPONERSE A TEMPERATURAS MAYORES DE 70°C
- .. NO USARSE EN LUGARES CLASIFICADOS COMO PELIGROSOS.

• **DIAMETRO MINIMO.**

SE PERMITE 13 mm (1/2 PG) COMO DIAMETRO MINIMO.

- SON APLICABLES LOS FACTORES DE RE-LLENO DEL TUBO METALICO.
- ES NECESARIO INSTALAR UN CONDUCTOR DE TIERRA (PARA PUESTA A TIERRA) EN CANALIZACIONES NO METALICAS.

(7)

6

TUBO NO METALICO (ART. 306.1)

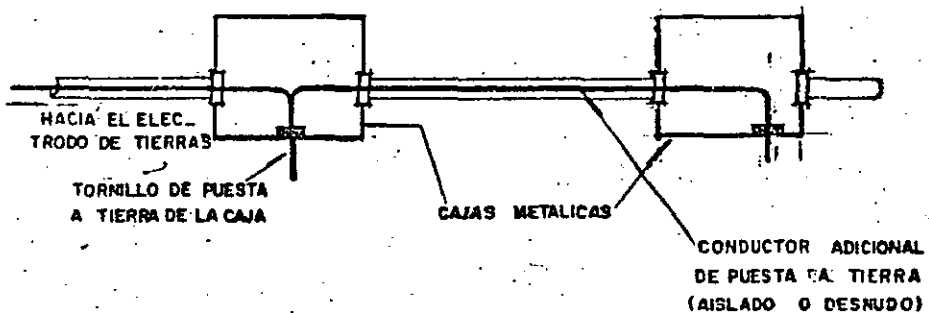
La Norma se refiere unicamente a:

- El tubo de policloruro de vinilo (PVC) (color verde olivo).
- El tubo de polietileno (PE) (color naranja)

Cajas y accesorios (art. 306.10)

- De preferencia deben ser del mismo material que el tubo (PVC ó PE)
- Si son metálicos, deben conectarse firmemente a tierra:

TUBO DE PVC ó PE



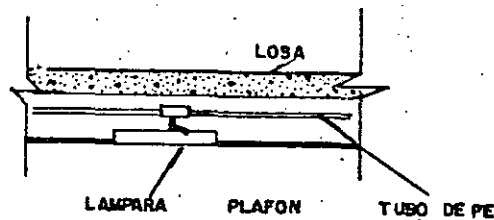
Si la canalización abastece a equipos que requieran conectarse a tierra, debe tenderse el conductor adicional también.

USO PROHIBIDO DEL TUBO DE PE (ART.306.25)

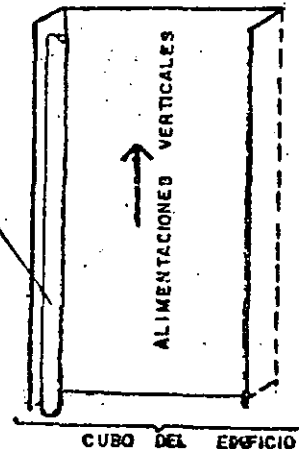
- Todas las limitaciones del tubo de PVC

ADEMAS:

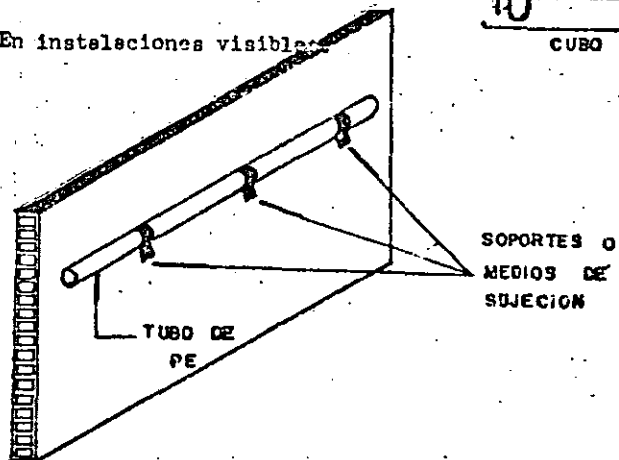
- Oculto por plafones



- En cubos de edificios.



- En instalaciones visibles

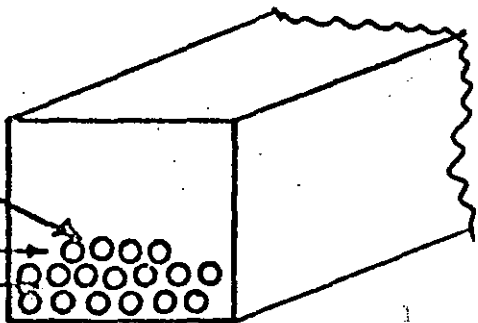


3

7

SECCION 308. DUCTOS METALICOS CON TAPA.

NO OCUPAR MAS DEL 40 % DEL AREA.



NO MAS DE 30 CONDUCTORES.

SI OCUPAN MENOS DEL 20 % DEL AREA NO SE APLICA FACTOR DE AGRUPAMIENTO

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES (ART 308.5)

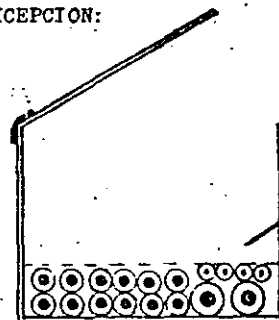
- No se permiten más de 30 conductores activos
- No se consideran activos a :

Los conductores de señalación y control.

Los conductores de puesta a tierra

- Conductores neutros se concideren activos.

EXCEPCION:



Conductores ocupando el 20% o menos del área del ducto.



No se requiere aplicar factores de agrupamiento.

Limite de conductores = 30 Activos

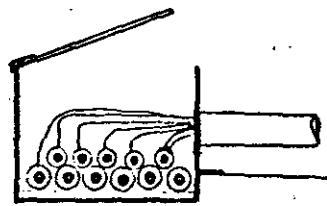
Area útil (FR = 20 %)

845 mm ²	Ducto 6.5 x 6.5 cms.
2000 mm ²	Ducto 10 x 10 cms.
4500 mm ²	Ducto 15 x 15 cms.

∞

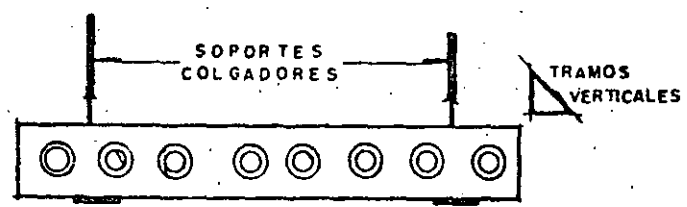
EMPALMES (ART 308.7)

- Pueden hacerse empalmes y derivaciones dentro del ducto.
ducto.



Los conductores, empalmes y derivaciones no deben ocupar más del 75% del área del ducto.

Soportes (art. 308.9)



SOPORTES COLGADORES
1.50 m MAXIMO
3.0 m
EN CASO DE SOPORTES ESPECIALES
NO MAS DE UNA UNION
TRAMOS VERTICALES

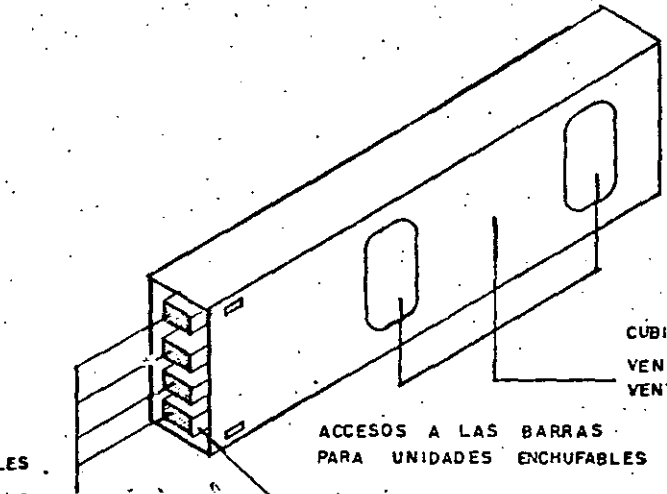
Puestos a tierra (art. 308.12)

Puede usarse como medio de puesto a tierra.

99

ELECTRODUCTOS:

(Ductos con barras, ductos alimentadores o ductos enchufables)

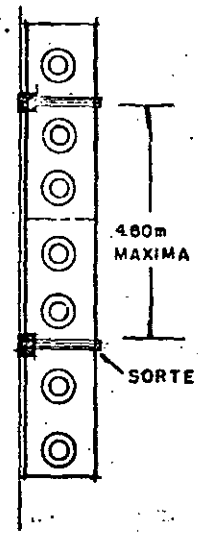


TRAMOS VERTICALES
CUBIERTA METALICA VENTILADA O NO VENTILADA
ACCESOS A LAS BARRAS PARA UNIDADES ENCHUFABLES
BARRAS CIRCULARES O RECTANGULARES TRI-NEUTRO
FASCOS 3 O 4 POLOS VENTAJAS QUE PRESENTA

- Gran capacidad de conducción (2000 amp. ó más);
- Baja caída de tensión
- Rapidez de instalación

TIPOS PRINCIPALES

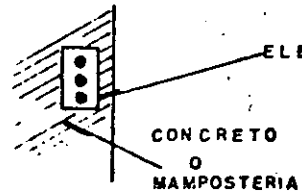
- Electroducto alimentador
- Electroducto enchufable
- Electroducto trolley.



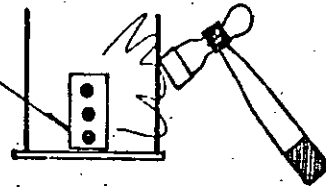
4.80m MAXIMA
SORTE

USO PROHIBIDO (ART 309.3)

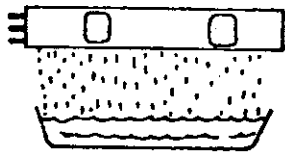
- Instalaciones no visibles



- Daño mecánico severo



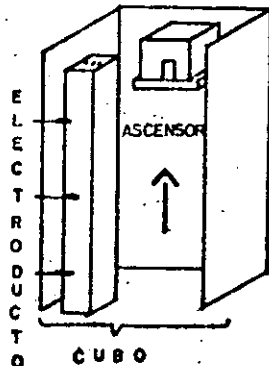
- Sometidos a gases o vapores corrosivos



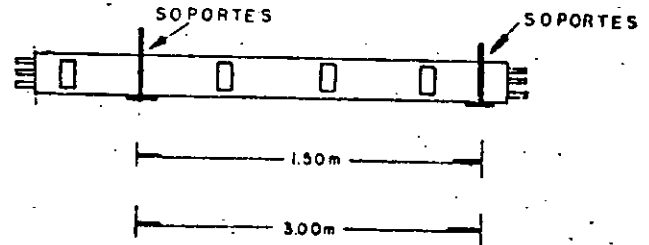
Cubos de ascensores



Si se instalan a la interperie o en locales húmedos o mojados, deben tener protección especial para evitar la entrada de agua.



SOPORTES (ART 309.4)

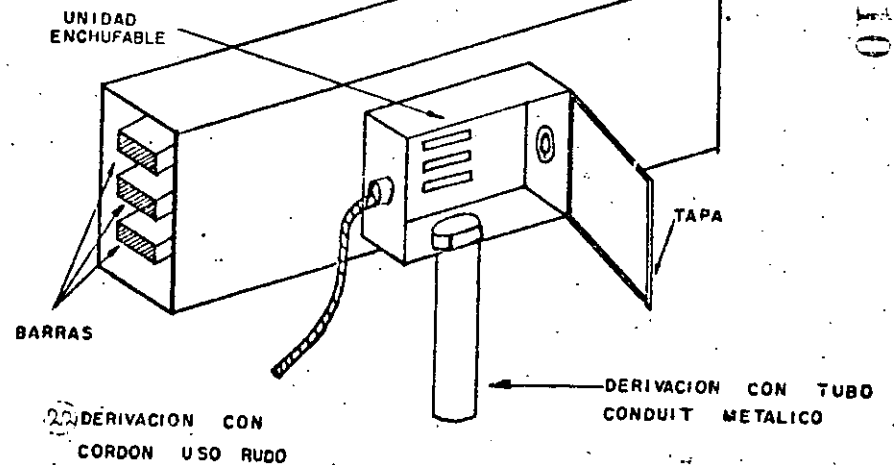


EN CASO DE SOPORTES ESPECIALES

DERIVACIONES (art. 309,8)

- Debe preverse una conexión efectiva y permanente a las barras

- De preferencia hacerles con protecciones enchufables (interruptores de fusibles o termomagnéticos)



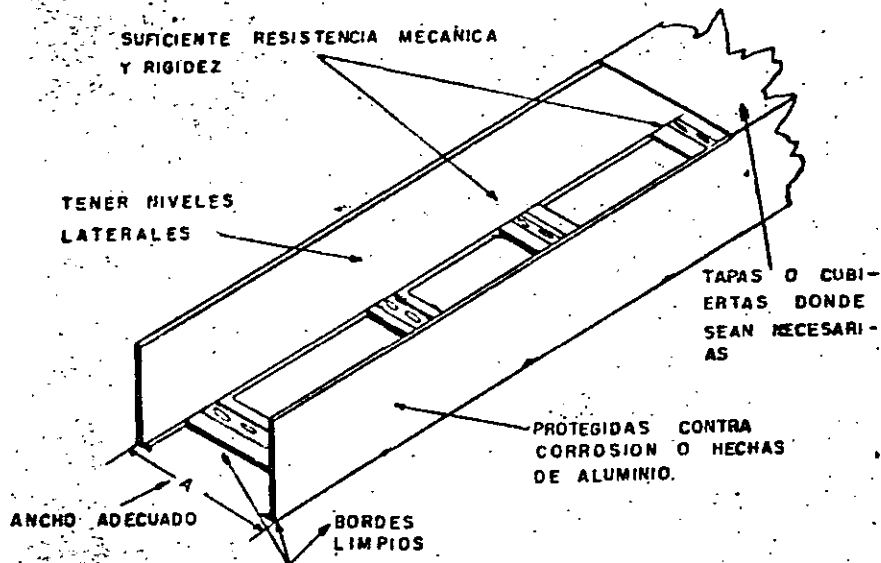
CHAROLAS PARA CABLES:

Pueden ser:

- Charolas
- Escalerillas
- Caneles o caneletas

De metal u otro material incombustible.

CONSTRUCCION E INSTALACION: (ART 311.5 y 311.6)



- Contar con accesorios de cambios de dirección y nivel adecuados.

Anchos comunes: 30.5 cms., 45.8 cms. y 61 cms.

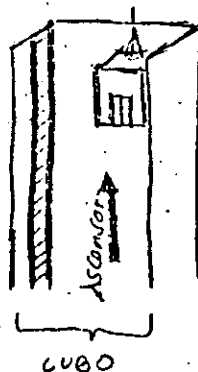
CHAROLAS DE ACERO GALVANIZADO.

11

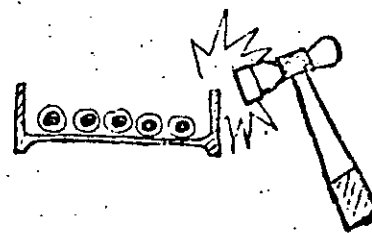
Uso Prohibido (Art 311.4)

37

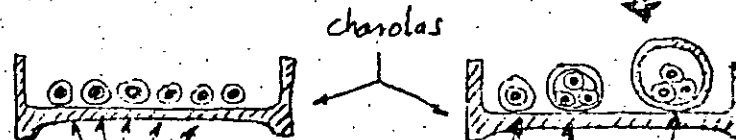
- En carros de ascensores



- Expuestos a daño mecánico severo



- En áreas peligrosas



cables con aislamiento convencional

cables normales dentro de tubos apilados

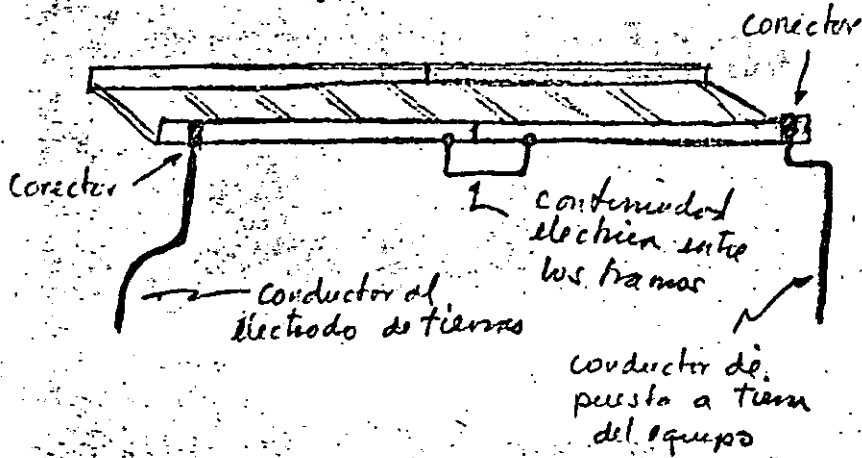
cables multicables ductiles con cubiertas especiales

cables con cubierta instalada o cubierta especial

Puesta a tierra (Art 311.7)

(58)

- La chavila (metálica), debe conectarse a tierra
- Puede utilizarse como medio de puesta a tierra.



Instalación de cables (Art 311.8)

- Pueden hacerse empalmes y derivaciones
- En tramos verticales, sujetar los cables
- Instalar los conductores por circuitos (agrupados y encintados)

54)

(12)

Numero de cables (Art 311.9)

(39)



Cables multiconductores una sola capa



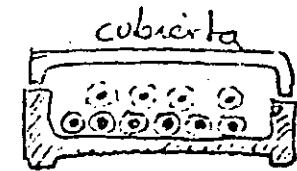
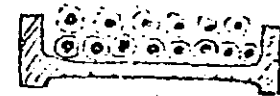
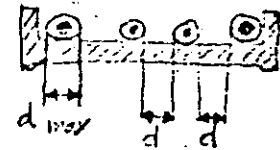
Cables individuales 2 capas máximo

Capacidad de Corriente

(Art 311.10)

Valores de la tabla 302.4 o aplicar

- En tubería
- al aire
- al aire $\times 0.75$
- al aire $\times 0.7$



ARRREGLOS 12

55)



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

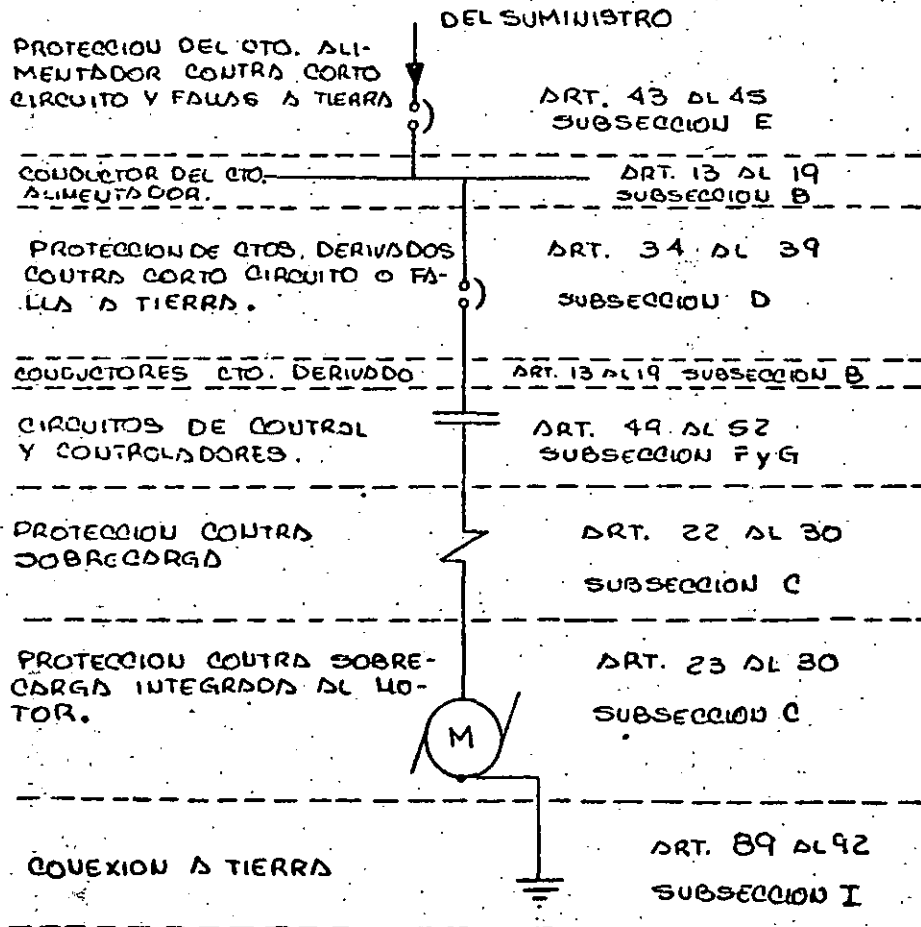
C) MOTORES

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

SECCION 403 MOTORES

PUNTOS QUE COMPRENDE ESTA SECCION.

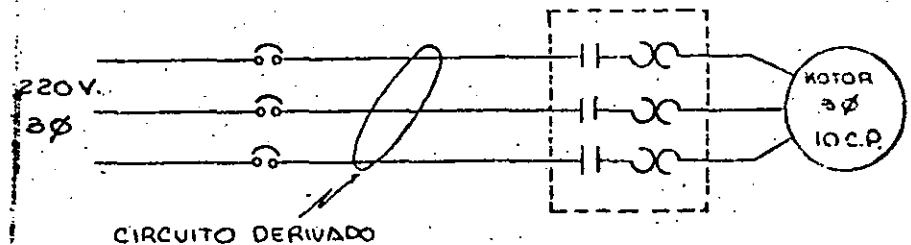


- SUBSECCION B -

- CONDUCTOR DE CIRCUITOS DERIVADOS.
- PARA MOTORES INDIVIDUALES DE SERVICIO CONTINUO.

LOS CONDUCTORES DE UN CIRCUITO PARA UN SOLO MOTOR DE SERVICIO CONTINUO DEBEN TENER UNA CAPACIDAD DE CONDUCCION NO MENOR AL 125 % DE LA CORRIENTE NOMINAL, DEL MOTOR (Art. No. 403.14 N.T.I.E).

EJEMPLO 8 (DIAGRAMA TRIFILAR)



DATOS :

MOTOR 3φ, 220V, 10 C.P., $I_{p.c.} = 28 \text{ Amp.}$

MOTOR DE INDUCCION.

- LA MINIMA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE LOS CONDUCTORES, DEL CIRCUITO DERIVADO, DEBE SER:

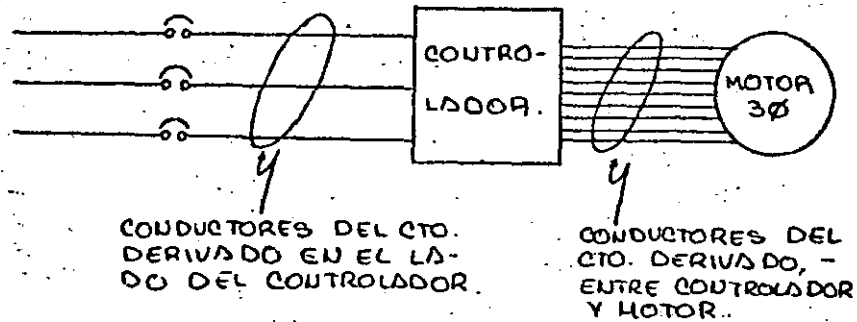
$$1.25 \times 28 = 35 \text{ Amp.}$$

POR LO TANTO SE SELECCIONAN CONDUCTORES NO. 8 AWG TW, ALOJADOS EN TUBERIA - 60°C → 40 Amp.

O BIEN NO. 10 AWG (THW) - 90°C → 40 Amp.

(46)

- PARA UN MOTOR DE VELOCIDAD MULTIPLE DE SERVICIO CONTINUO, LA SELECCION DE LOS CONDUCTORES DE SU CIRCUITO DERIVADO EN EL LADO DEL CONTROLADOR DEBE ESTAR BASADA EN LA CORRIENTE MAYOR MOSTRADA EN LA PLACA DEL MOTOR.



- PARA MOTORES INDIVIDUALES DE SERVICIO NO CONTINUO, LA CAPACIDAD DE CONDUCCION, NECESARIA DE LOS CONDUCTORES DEPENDE DE LA CLASE DE SERVICIO Y SU REGIMEN DE TRABAJO

• VER TABLA SIGUIENTE : (403.14 U.T.I.E.)

(2)

TABLA (403.14 U.T.I.E.)

FACTORES PARA SELECCIONAR LOS CONDUCTORES PARA MOTORES QUE NO SEAN DE SERVICIO CONTINUO.

TIPO DE SERVICIO QUE REQUIERE LA CARGA.	PORCIENTO DE LA CORRIENTE NOMINAL INDICADA EN LA PLACA DE DATOS.			
	REGIMEN DE TRABAJO PARA EL CUAL FUE DISEÑADO EL MOTOR.			
	5 MINUTOS	15 MINUTOS	30 Y 60 MINUTOS	CONTINUO
DE CORTO TIEMPO : Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc.	110	120	150	—
INTERMITENTE : Ascensores y Montacargas, Máquinas-Herramientas, Bombas, Puentes Levadizos, o giratorios, plataformas giratorias, etc. (Para soldadoras de arco véase el artículo 518.12 U.T.I.E.)	85	85	90	120
PERIODICO : Rodillos, Máquinas para manipulación de mineras, etc.	85	90	95	140
VARIABLE :	110	120	150	200

(3)

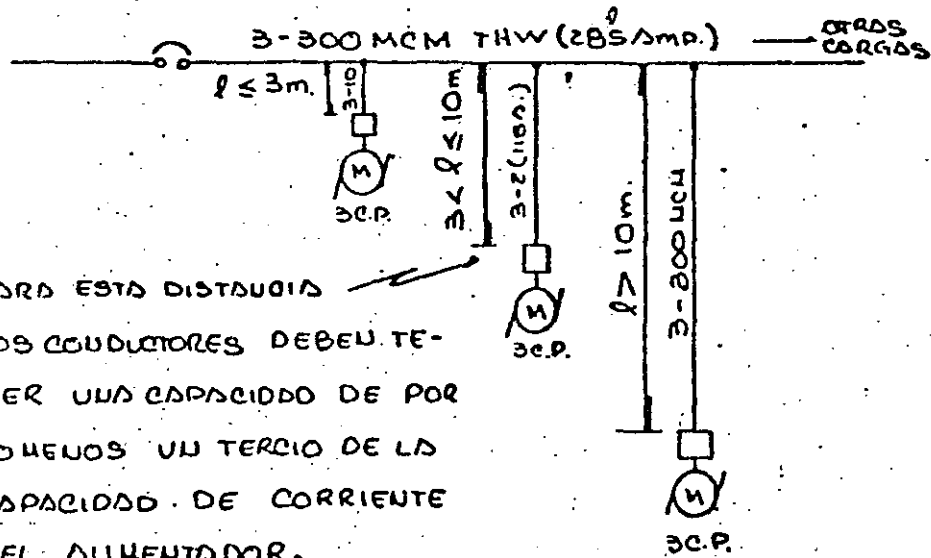
(4)

(57)

DERIVACIONES DESDE UN ALIMENTADOR.

DEBEN TENER UNA CAPACIDAD DE CORRIENTE NO MENOR QUE LA REQUERIDA POR LA CARGA - POR ALIMENTAR Y TERMINAR EN UN DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE.

EJEMPLO: MOTOR DE 3 C.P., 3Ø, 220 V. y
I_{p.c.} = 8.1 Amp.



PARA ESTA DISTANCIA LOS CONDUCTORES DEBEN TENER UNA CAPACIDAD DE POR LO MENOS UN TERCIO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL ALIMENTADOR.

$$\frac{285}{3} = 95 \text{ Amp.}$$

80 3-2 (115A.) THW.
MÍNIMO

(3)

3 CONDUCTORES QUE ALIMENTAN A VARIOS MOTORES DE UN CIRCUITO DERIVADO.

LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN A DOS O MAS MOTORES, DEBEN TENER COMO MÍNIMO UNA CAPACIDAD IGUAL:

- a) LA SUMA TOTAL DE LAS CORRIENTES A PLENA CARGA DE TODOS LOS MOTORES MAS;
- b) EL 25 % DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR MAYOR.

PARA CONDUCTORES QUE ALIMENTEN MOTORES CON SERVICIOS CONTINUO Y NO CONTINUO:

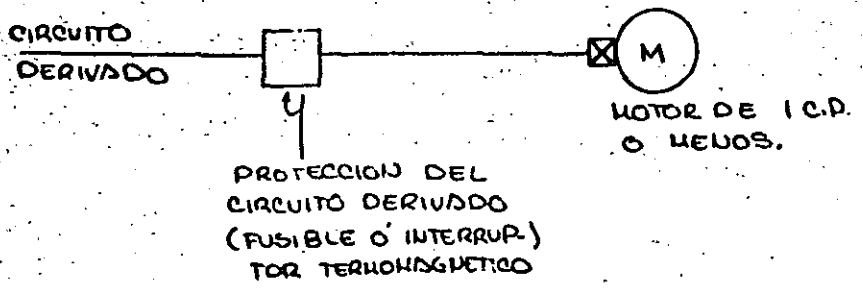
- a) DETERMINAR AMPERES NECESARIOS PARA CADA MOTOR DE SERVICIO NO CONTINUO CON BASE A LA TABLA 403. K.
- b) DETERMINAR AMPERES NECESARIOS PARA MOTORES DE SERVICIO CONTINUO (100%).
- c) SE OBTIENE EL 25 % DE LA CAPACIDAD DEL MOTOR MAYOR CALCULADO EN a y b.
- d) SUMANDO a, b y c, SE SELECCIONA EL CONDUCTOR.

(3)

- PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.

(4) 4

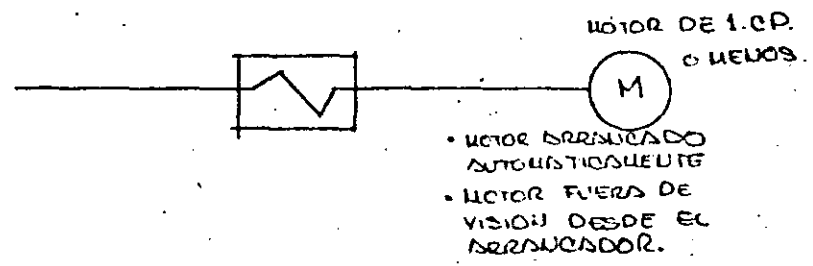
- PARA MOTORES DE SERVICIO CONTINUO DE MAS DE 1 C.P., SU VALOR NO DEBE EXCEDER DEL 125% DE LA I_{pe} DEL MOTOR.
- SI EL CRITERIO ANTERIOR RESULTA INSUFICIENTE PARA EL ARRANQUE DEL MOTOR, O NO CORRESPONDE A UN TAMAÑO NORMALIZADO; PUEDE UTILIZARSE EL TAMAÑO SUPERIOR SI NO EXCEDE DEL 140% DE LA I_{pe} DEL MOTOR.
- DE UN CABALLO DE POTENCIA O MENOS. (ARRANQUE MANUAL). PARA SERVICIO CONTINUO Y ESTE A LA VISTA DEL PUNTO, DONDE SE EFECTUA SU ARRANQUE, SE CONSIDERA PROTEGIDO CONTRA SOBRECARGA POR LA PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO DEL CIRCUITO DERIVADO.



SI NO ESTA A LA VISTA DESDE EL ARRANCADOR, DEBE PROTEGERSE COMO UN MOTOR DE MAS DE 1 C.P. EXCEPTO EN EL CASO QUE LA IMPEDANCIAS DE LOS DEVIADOS SEA TAL, QUE PREVENGA UN SOBRECALENTAMIENTO DEBIDO A FALSA EN EL ARRANQUE.

MOTORES DE 1 C.P. O MENOS (ARRANQUE AUTOMATICO).

DEBEN PROTEGERSE CONTRA SOBRECARGA IGUAL QUE LOS MOTORES DE MAS DE 1 C.P.



MOTORES DE SERVICIO NO CONTINUO.

NO REQUIEREN PROTECCION CONTRA SOBRECARGA. Y SE CONSIDERAN PROTEGIDOS POR EL DISPOSITIVO CONTRA CORTO CIRCUITO DEL CTO. DERIVADO.

✓ 5
 * MOTORES CONECTADOS A CIRCUITOS DERIVADOS DE USO GENERAL

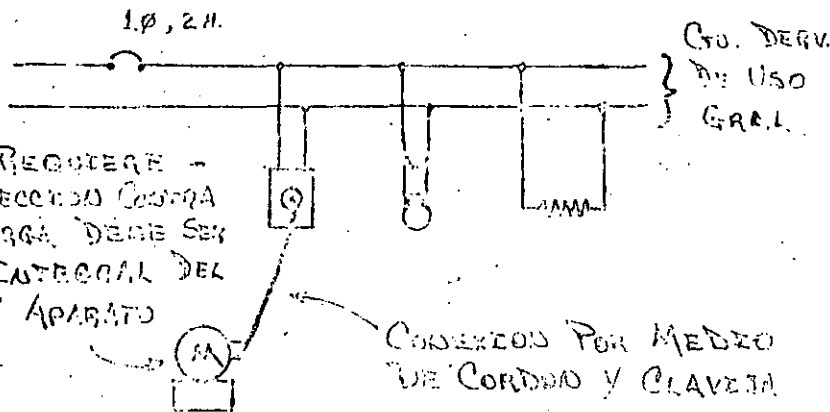
1). MOTORES DE ≤ 1 C.P.

UNO O MAS MOTORES PUEDEN SER CONECTADOS SIN PROTECCION INDIVIDUAL CONTRA SOBRECARGA, CUMPLIENDO SUS LIMITACIONES CONTRA CIRCUITOS CORTOS

2). DE MAS DE 1 C.P.

CON CORRIENTE A PLENA CARGA ≤ 5 Amp. DEBEN ESTAR PROVEISTOS DE LA PROTECCION INDIVIDUAL CONTRA SOBRECARGA.

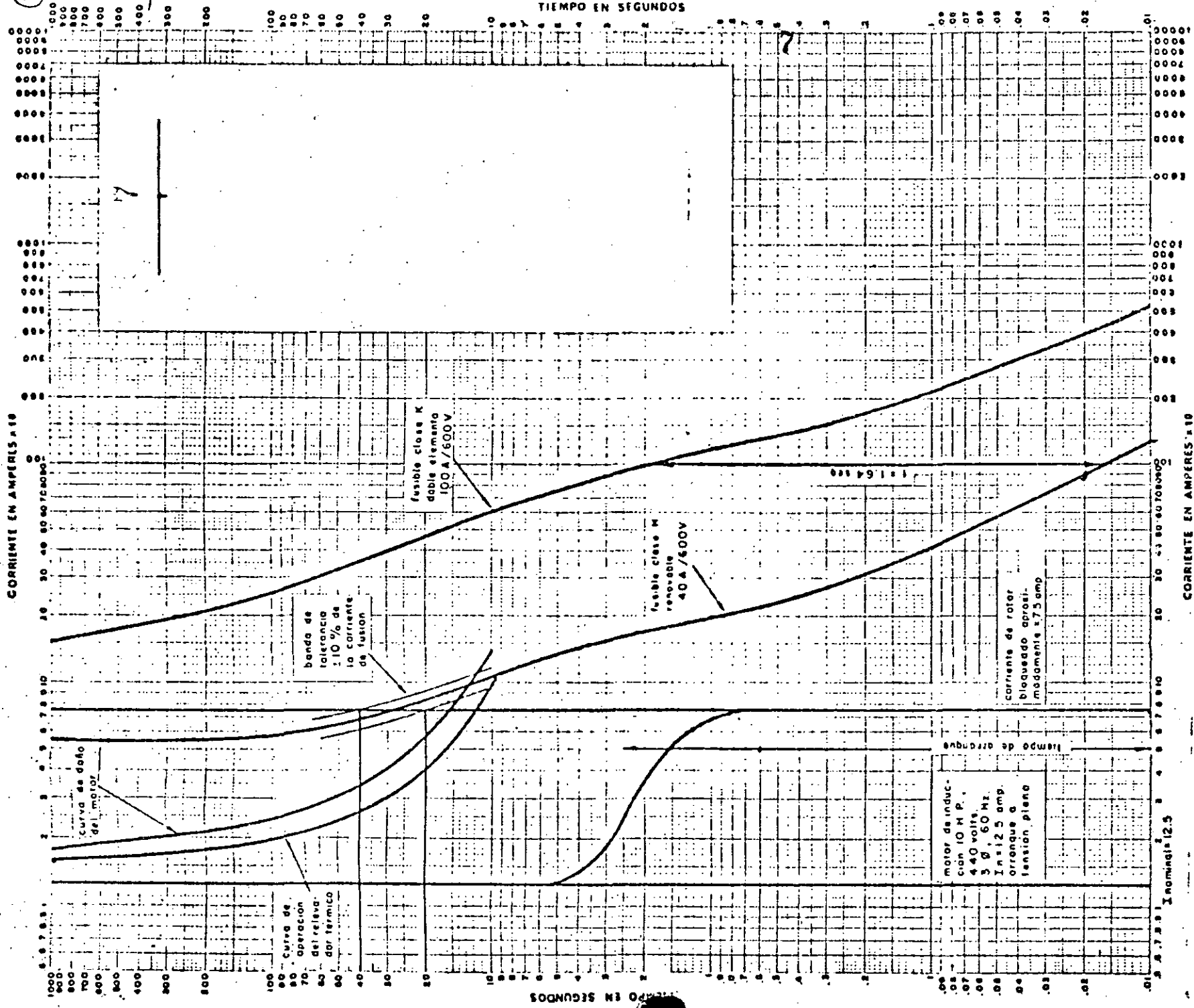
3). CONEXION A TRAVES DE CLAVISA Y CONTACTO.



✓
 SUBSECCION - D

PROTECCION INDIVIDUAL CONTRA CORTO CIRCUITOS Y FALLAS A TIERRA.

Iupc MOTOR	PORCENTAJE A APLICAR PARA SELECCIONAR LA PROTECCION		
	FUSIBLES / RETARDO DE TIEMPO E INT. DE TIEMPO INVERSO	FUSIBLES / RETARDO DE TIEMPO	INTERRUPTOR DESPACHO INSTANTANEO
> 6 Amp	400 %	225 %	1300 %
≤ 6 Amp. DISPOSITIVO ≤ 20 AMP.			



- VARIOS MOTORES Y OTRAS CARGAS EN UN CIRCUITO DERIVADO.

• DOS O MAS MOTORES Y OTRAS CARGAS, PUEDEN PROTEGERSE CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA POR EL MISMO DISPOSITIVO, BAJO ALGUNA DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES :

a) HASTA 1 C.P.

DOS O MAS MOTORES CON POTENCIA INDIVIDUAL NO MAYOR DE 1 C.P. PUEDEN PROTEGERSE A NO MAS DE 20 AMPERS. SI LA CORRIENTE A PLENA CARGA DE CADA MOTOR NO EXCEDE DE 5 AMPERS Y SU PROTECCION CONTRA SOBRECARGA ESTA CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 403.23.

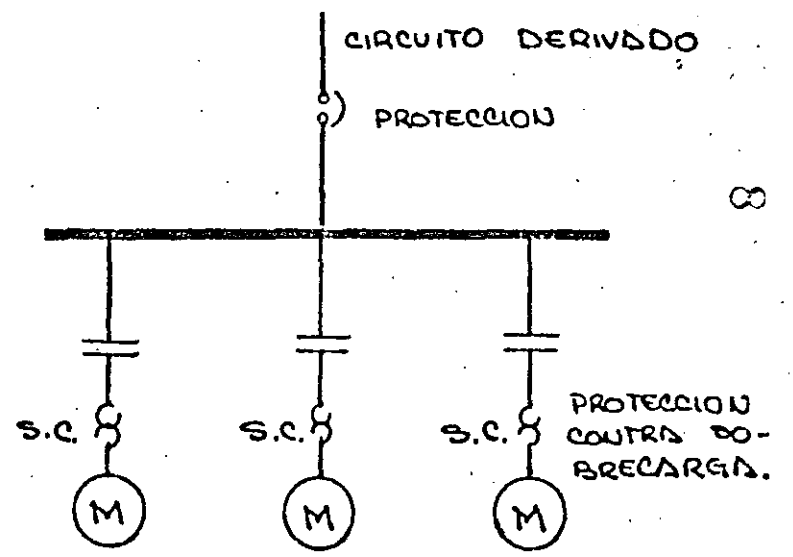
b) PROTECCION DEL CIRCUITO BASADA EN EL MOTOR DE MENOR POTENCIA.

SI LA PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO NO ES MAYOR DE LO PERMITIDO EN EL ART. 403.35, PARA EL MOTOR DE MENOR POTENCIA; SE PUEDEN CONECTAR DOS O MAS MOTORES Y OTRAS CARGAS CON SU RESPECTIVA PROTECCION INDIVIDUAL CONTRA SOBRECARGA.

c). OTROS CASOS.

PUEDEN CONECTARSE DOS O MAS MOTORES DE CUALQUIER POTENCIA, SIEMPRE Y CUANDO :

- CADA MOTOR TENGA PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.
- QUE EL CIRCUITO DERIVADO ESTE PROTEGIDO POR FUSIBLES O POR UN INTERRUPTOR AUTOMATICO DEL TIPO DE TIEMPO INVERSO.
- EL DISPOSITIVO DE PROTECCION — CONTRA SOBRECARGA Y CONTROLADOR DE CADA MOTOR, DEBE ESTAR APROBADO PARA SU INSTALACION EN GRUPO.



SUBSECCION E.

d) PARA LOS ARREGLOS ANTES DESCRITOS, LOS CONDUCTORES DE CUALQUIER DERIVACION QUE ABASTEZCA A UN SOLO MOTOR, NO NECESITAN DE PROTECCION INDIVIDUAL, BAJO CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- QUE LA CORRIENTE PERMISIBLE EN SUS CONDUCTORES NO SEA MENOR QUE LA DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO.

- O QUE LA LONGITUD DE SUS CONDUCTORES NO EXCEDA DE 10 METROS Y CON CAPACIDAD DE CONDUCCION:

- NO MENOR DEL 125% DE LA I.P.C. DEL MOTOR,

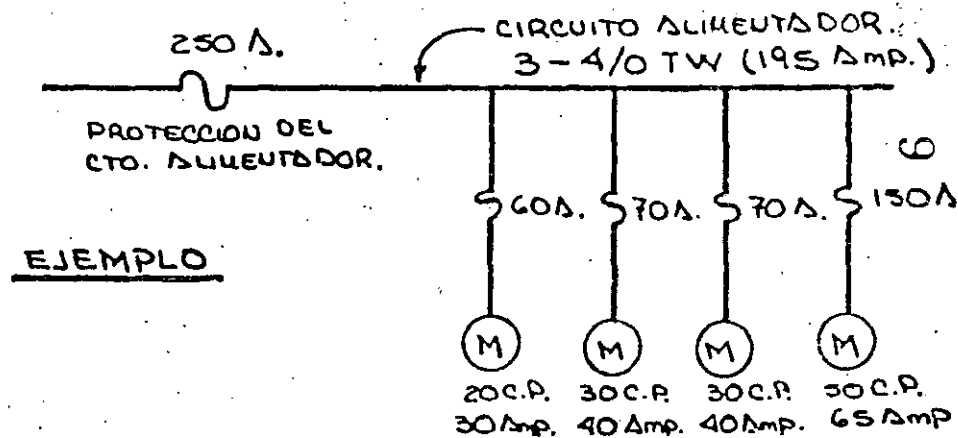
- NI MENOR QUE 1/3 DE LA CORRIENTE PERMISIBLE EN LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO.

PROTECCION DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.

- LA CAPACIDAD DE ESTA PROTECCION NO DEBE EXCEDER:

- DEL VALOR DE LA PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS DEL CIRCUITO DERIVADO CORRESPONDIENTE AL MOTOR DE MAYOR POTENCIA, MAS LA SUMA DE LAS CORRIENTES A PLENA CARGA DE LOS DEMAS MOTORES. (VER EJEMPLO)

- CUANDO SE PREVEN FUTUROS AUMENTOS DE CARGA, LA CAPACIDAD DE ESTA PROTECCION PUEDE ESTAR BASADA EN EL 125% DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES DE DICHS ALIMENTADORES.



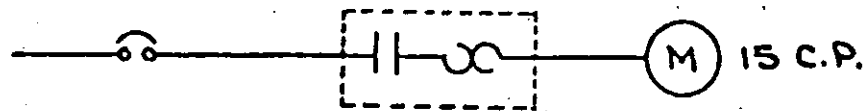
SUBSECCIONES F Y G.

10
10

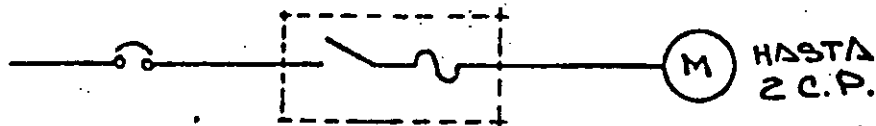
CONTROLADORES DE MOTORES.

ESTE DISPOSITIVO QUE SE UTILIZA PARA ARRANCAR Y PARAR UN MOTOR PUEDE SER:

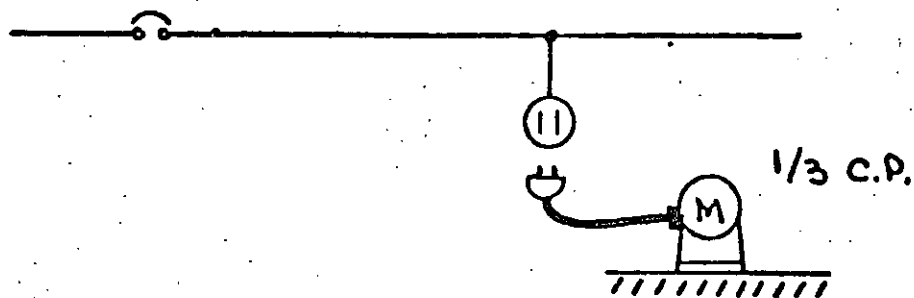
- ARRANCADOR MAGNETICO.



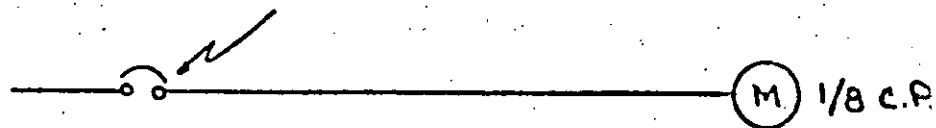
- INTERRUPTOR DE NAVAJAS.



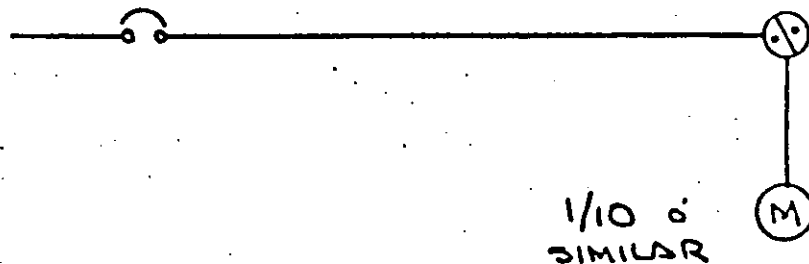
- CLAVIJA Y CONTACTO.



- PROTECCION DEL CIRCUITO.



- POR APAGADOR.



- CAPACIDAD DE CONTROLADORES.

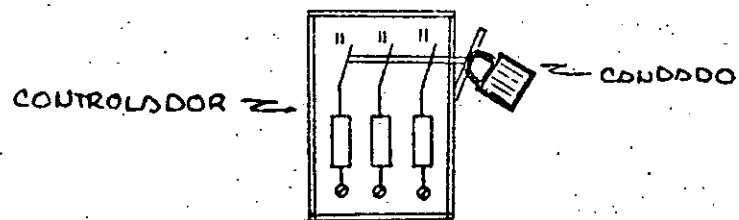
• NO DEBE SER MENOR QUE LA CAPACIDAD DEL MOTOR QUE VA A CONTROLAR.

• INTERRUPTORES DE NAVAJAS PUEDEN USARSE COMO CONTROLADORES DE MOTORES DE HASTA 2 C.P. Y 300 VOLTS ENTRE LINEAS.

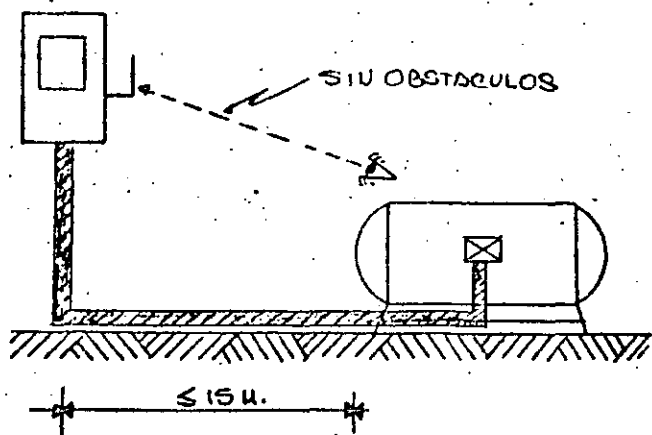
CAPACIDAD MINIMA $\geq 2 I_{pc}$ Moto

MOTOR QUE NO ESTA A LA VISTA DESDE EL CONTROLADOR, DEBE REUNIR CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES.

- DISPOSITIVOS PARA ASEGURAR EN LA POSICION DE ABIERTO AL CONTROLADOR.



- MEDIO DE DESCONEXION A LA VISTA DEL MOTOR.

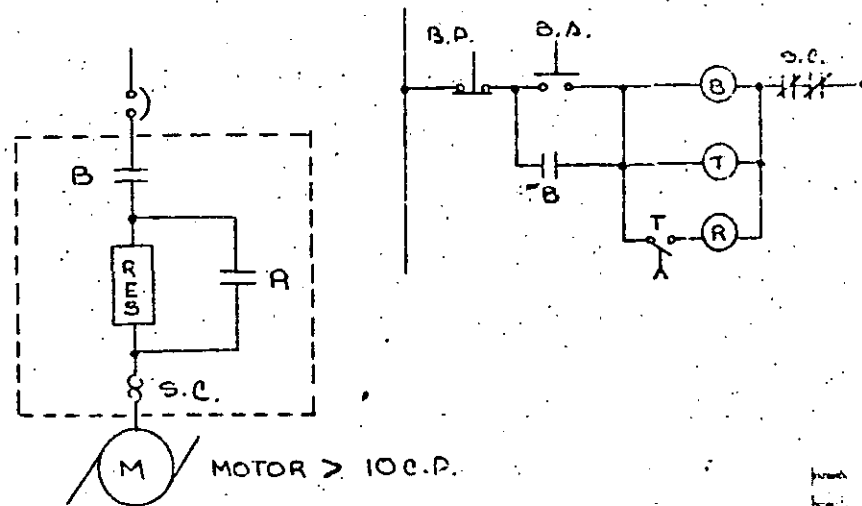


REDUCCION DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE EN BAJA TENSION.

ACOMETIDAS EN BAJA TENSION.

LOS MOTORES MAYORES DE 10 C.P. DEBEN TENER UN CONTROLADOR QUE REDUZCA LA CORRIENTE DE ARRANQUE.

EJEMPLO:



ACOMETIDAS EN ALTA TENSION.

EN SISTEMAS SUMINISTRADOS A TRAVES DE SUBESTACIONES CON CAPACIDAD SUFICIENTE, PUEDEN USARSE CONTROLADORES A TENSION PLENA EN MOTORES DE CUALQUIER CAPACIDAD.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES I.I.

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

D) SUBESTACIONES

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

1. - MEDIO DE DESCONEXION Y PROTECCION GENERAL. (ARTICULOS 601.5 Y 601.6).

(Independiente de la cuchilla de paso)

(Ver Figura 6. 1a, 6. 1b y 6. 1c.

a). - Debe ser capaz de operar con carga.

EXCEPCION.- En subestaciones tipo intemperie-abierto de 500 KVA o menos, el medio de desconexión no es necesario que -- opere con carga. Pero sí es necesario que en el lado secundario o del transformador exista un interruptor automático. (Ver Figura 6. 1d

b). - El medio de protección debe ser de capacidad interruptiva - adecuada. (Artículo 601.7)

- . Este dato debe consultarse con C.F.E. y verificarse con el indicado en el proyecto (auxiliarse de catálogos).
- . Es recomendable que esta protección no sobrepase el 250% de la corriente nominal primaria del transformador (Ver ejemplo 6. I)

2. - SISTEMA DE PROTECCION DEL USUARIO. (ARTICULO 601.8)

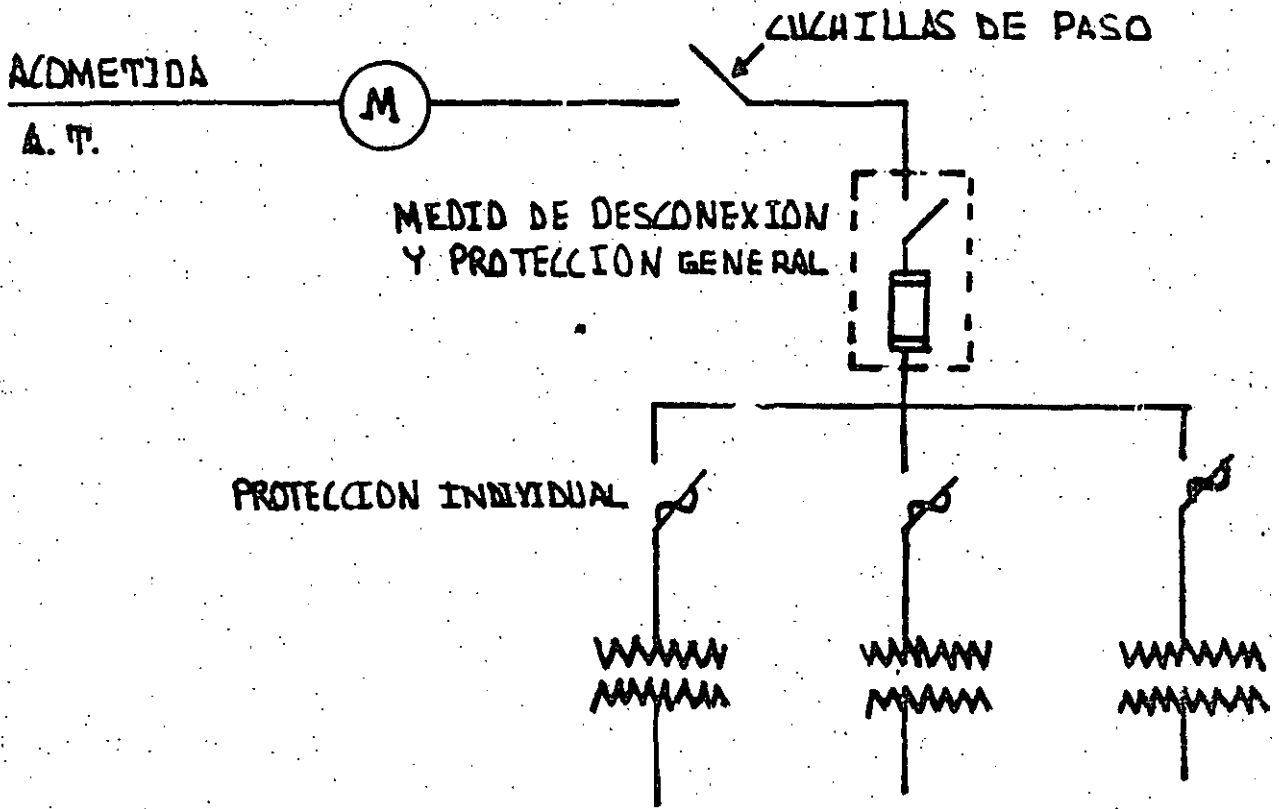
a). - La protección del equipo eléctrico instalado en la subestación del usuario debe ubicarse dentro de su predio.

3. - CUCHILLAS DE PRUEBA Y PASO. (ARTICULO 601.9 Y 605.14)

(Ver Figura 6. 1. e y 6. 1. f.)

ARREGLO ACEPTADO

FIGURA 6.1.2



ARREGLOS INCORRECTOS.

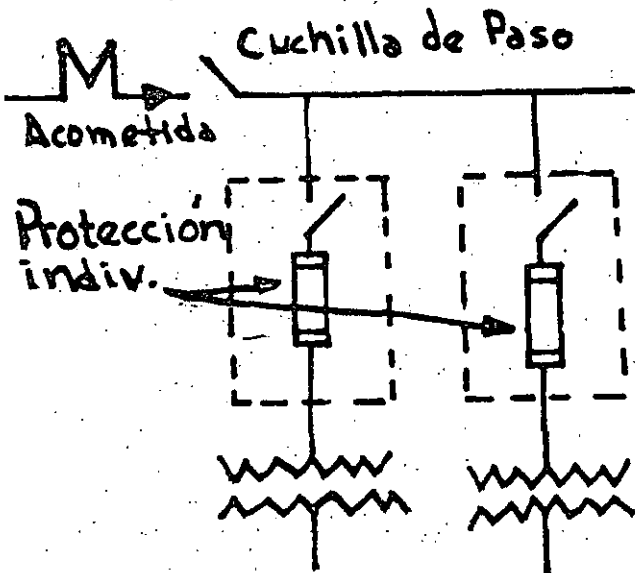


FIGURA 6.1.b

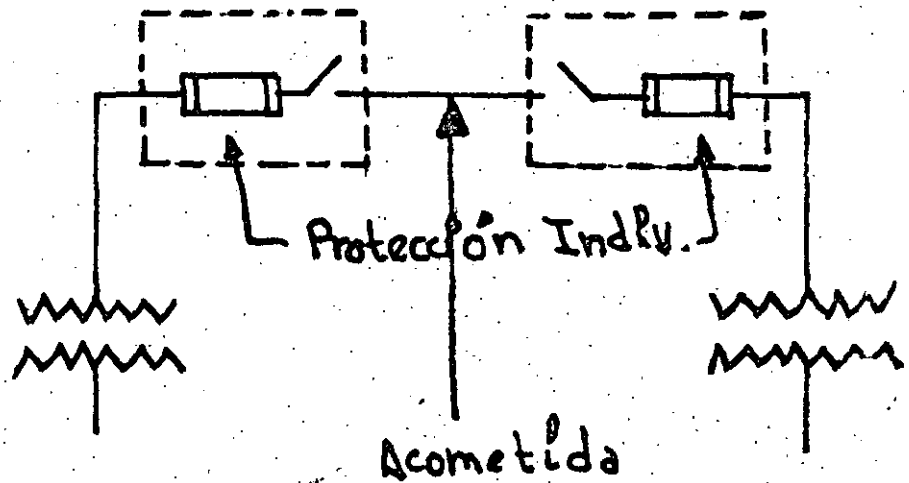
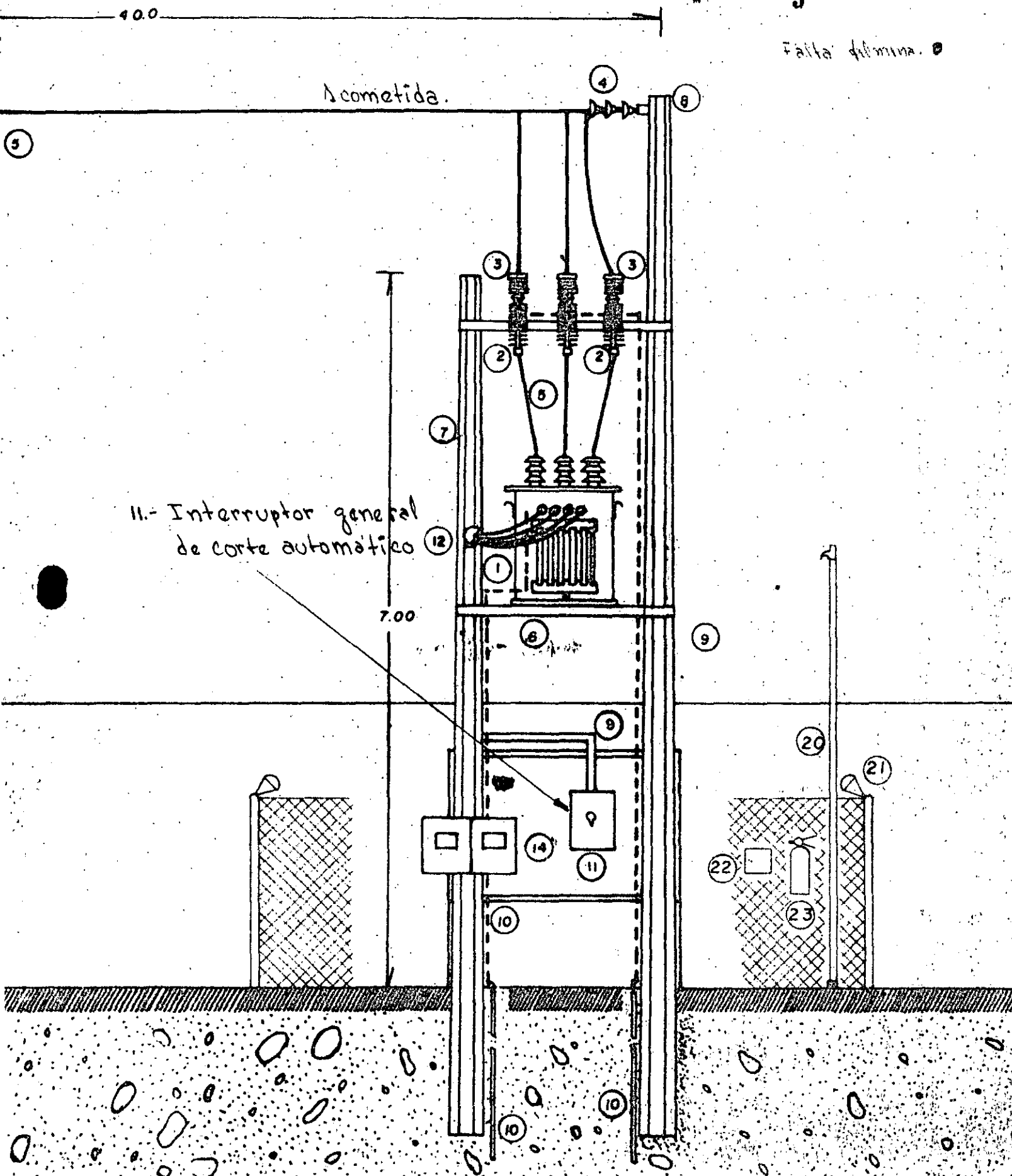


FIGURA 6.1.c



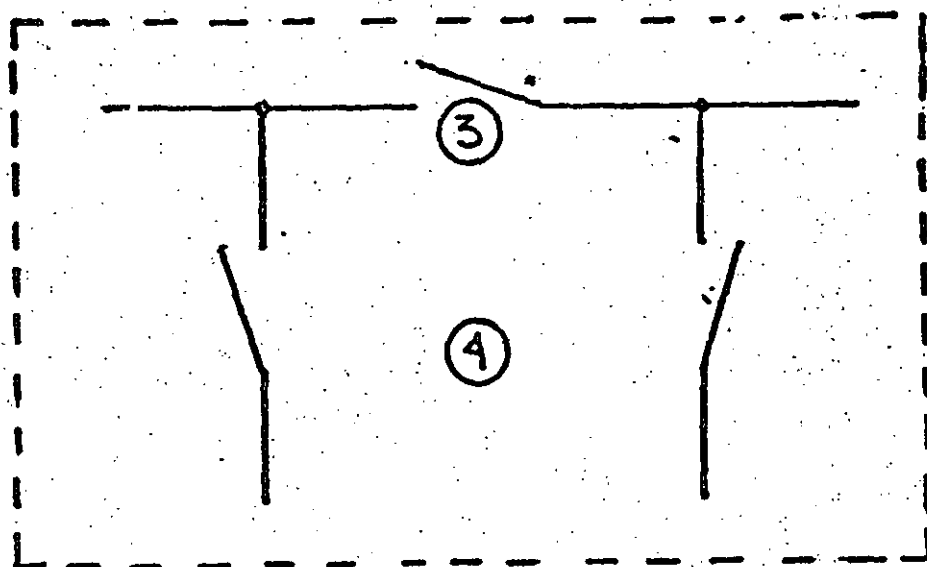
11.- Interruptor general
de corte automatico

Figura 61d

④ CUCHILLAS DE PRUEBA

4 Falla 4000000

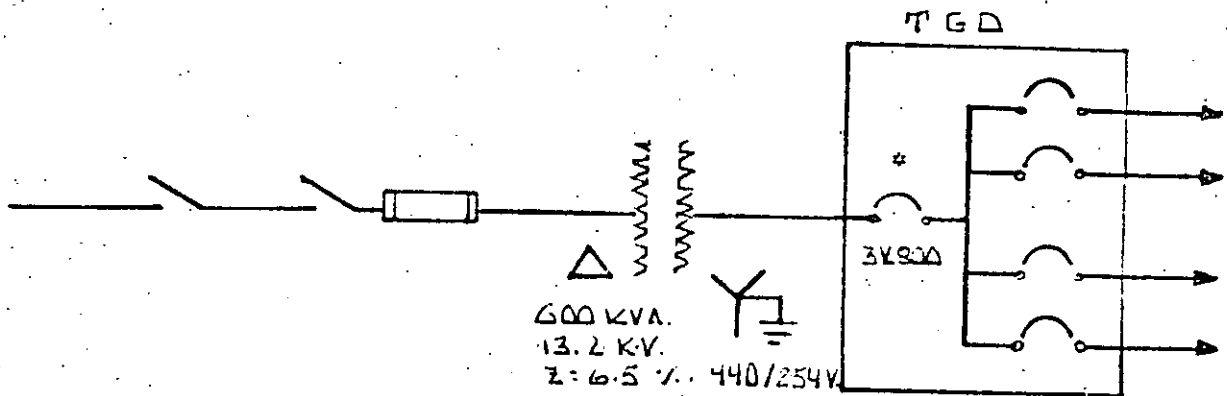
EN SUBESTACIONES GRANDES CONVIENE INSTALAR OTROS DOS JUEGOS DE CUCHILLAS DESCONECTADORAS, CON EL PROPÓSITO DE QUE PERMITAN INTERCALAR EL EQUIPO DE MEDICIÓN DE PRUEBA Y ASÍ NO SE INTERRUMPA EL SERVICIO.



③ CUCHILLAS DE PASO.

④ CUCHILLAS DE PRUEBA.

CASO 2. - Transformador con protección secundaria, calibrado a no más del 250% de la corriente nominal secundaria.



Corriente Primaria:
$$= \frac{600 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV.}} = 26.24 \text{ Amps.}$$

Corriente Secundaria:
$$= \frac{600 \text{ KVA}}{3 \times 0.44 \text{ KV.}} = 787.3 \text{ Amps.} *$$

. Fusibles = $3 \times 26.24 = 78.7 \text{ Amp.}$

Valor comercial del fusible: 70 Amps.

. Interruptores = $4 \times 26.24 = 105 \text{ Amps.}$

Calibración: 100 Amps.

* Nótese que el valor de la protección no excede el 250% de la corriente secundaria.

EJEMPLO 6. I.

CONDICION

PORCENTAJE MAXIMO SOBRE I_n DE TRANSFORMADORES

Sin Protección Secundaria

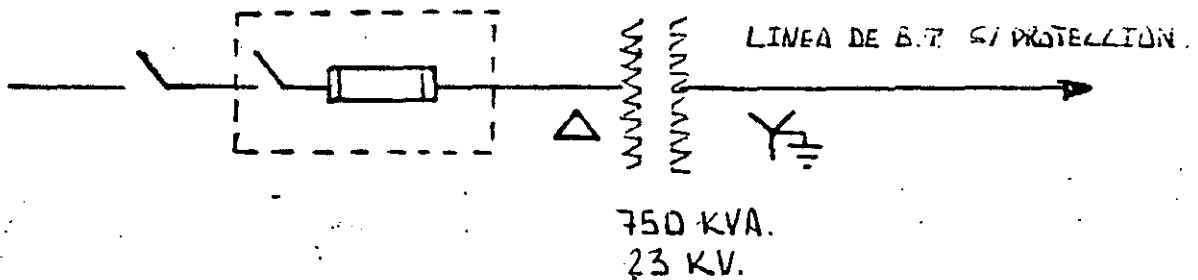
- Fusibles 250%
- Otros interruptores 300%

Con protección secundaria calibrada a no más del 250 %

de la I_n secundaria

- Fusibles 300%
- Otros interruptores
- $Z_T \leq 6\%$ 600%
- $Z_T > 6\%$ 400%

Caso I. - Transformador sin protección secundaria.



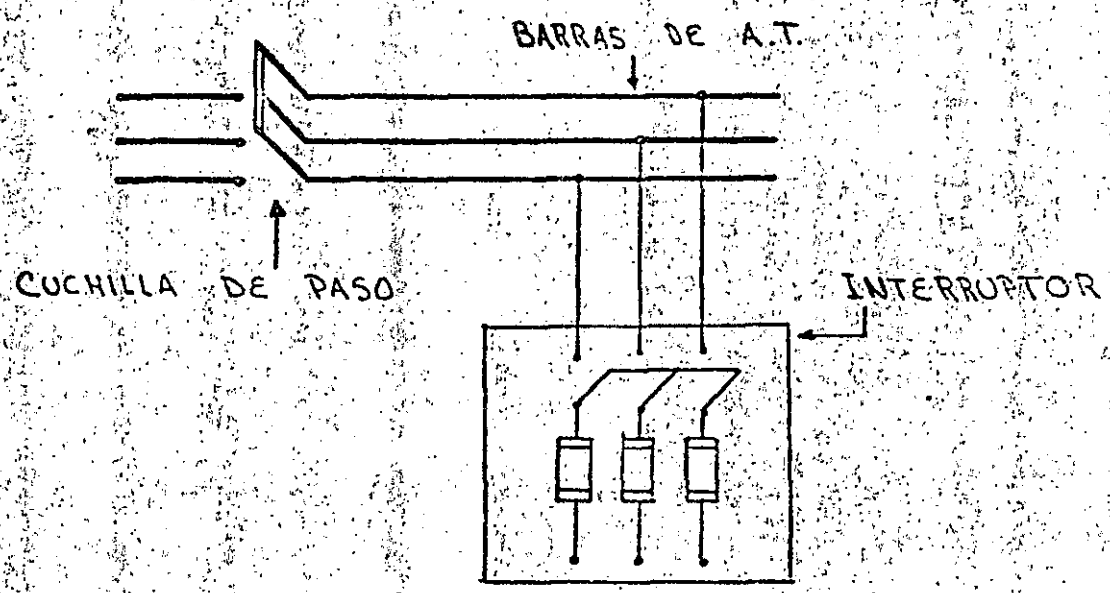
Corriente nominal primaria = $\frac{\text{KVA}}{\text{KV}}$ = 18.83 A.

- Fusibles = $2.5 \times 18.83 = 47.07$ Amps.
Fusible comercial: 50 Amps.
- Interruptores = $3 \times 18.83 = 56.48$ Amps.

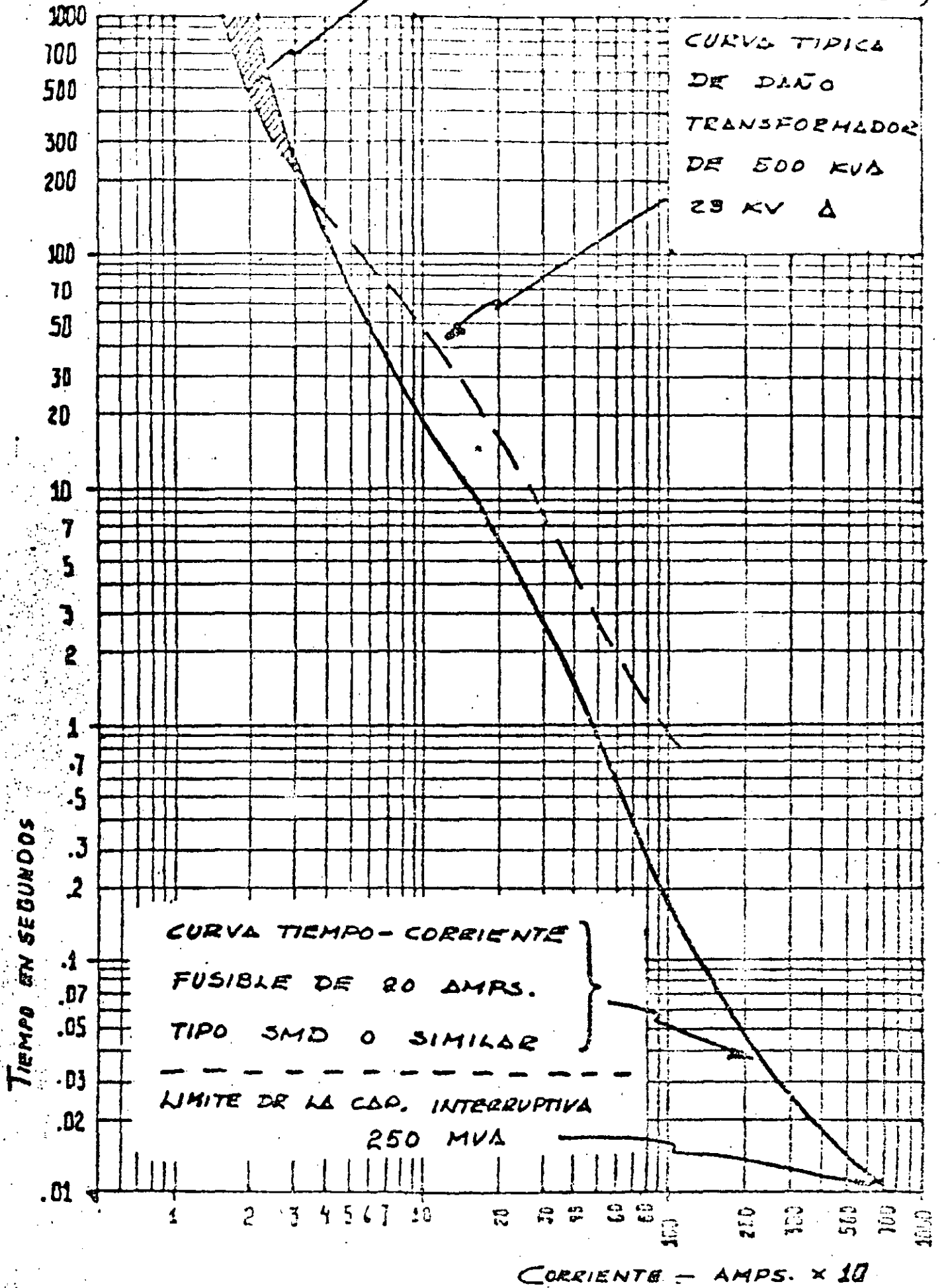
③ CUCHILLA DE PASO

5. FIGURA 6.1.8.

- -EQUIPOS QUE TIENEN LA FUNCIÓN DE DES-CONECTAR UN CIRCUITO Y AISLAR LAS PARTES ENERGIZADAS
- NORMALMENTE SON DE OPERACIÓN SIN CARGA Y ACCIÓN SIMULTÁNEA (EN S.E. CONTACTOS)
- SE INSTALA UN JUEGO ANTES DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL.



- -PERMITEN CAMBIAR SIN PELIGRO LOS FUSIBLES Y DAR MANTENIMIENTO AL INTERRUPTOR. ADEMÁS POR REGULAMENTO DEBEN INSTALARSE ENTRE EL E.U. Y MEDIO DE PROTECCIÓN Y DESCONEXIÓN GRAL. ART. 605.14 (N.T.E.)



- a). - Las cuchillas de prueba pueden omitirse siempre y cuando pueda interrumpirse el servicio en el momento en que se requiera (Advertir al usuario).
- b). - Independientemente del medio de desconexión general, - debe instalarse entre éste y la fuente de suministro un - desconectador (cuchilla de paso).

4. - INSTALACION DE ALUMBRADO (ARTICULO 602.3)

- a). - Las subestaciones deben contar con alumbrado adecuado.
- b). - El circuito que alimenta las lámparas y contactos en las - subestaciones debe ser independiente.
- c). - Las lámparas deben ubicarse en lugares de acceso seguro

5. - SALIDAS. - (Artículo 602.5).

- a). - Las puertas del local deben abrir hacia afuera.
- b). - Debe existir en las puertas un rotulo con la leyenda "PE-
LIGRO ALTA TENSION"

6. - EXTINGUIDORES. - (Artículo 602.6).

- a). - Deben instalarse cuando menos dos, en puntos cercanos a la entrada.

7. - SISTEMA DE TIERRAS. - (Articulo 603.2)

- a). - La resistencia total de la malla de tierras no debe ser mayor de 10 ohms.
- b). - Recomendar que la malla encierre el área ocupada por la subestación y que el conductor de la malla sea de cobre, con un calibre mínimo de 4/0 y los conductores de la puesta a tierra del equipo no sean menores de un calibre No. 2.
- c). - Comprobar este valor con los datos del proyecto, empleando la fórmula contenida en el inciso c) del Artículo 603.2. (Ver Ejemplo 6. II.)
- d). - Todas las partes metálicas no conductoras de corriente del equipo instalado en las subestaciones deben conectarse a tierra. Verificar esto en el proyecto (Artículo 605.6, 605.24)

8.- TARIMAS Y TAPETES AISLANTES. - (Artículo 604.3)

Verificar la existencia y características de estos elementos en el proyecto.

9.- ESPACIOS PARA TRABAJAR. - (Artículo 604.15)

Verificar que alrededor del equipo exista el espacio necesario para realizar maniobras de revisión y mantenimiento.

RECOMENDACION: Ancho mínimo frente al equipo principal:

1.50 m.

1) RESISTENCIA A TIERRA DE LAS UNLUS.

LA RESISTENCIA TOTAL DE LAS UNLUS CON RESPECTO A TIERRA SE PUEDE DETERMINAR EN FORMAS SIMPLIFICADAS, POR LA EXPRESION:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad (\Omega)$$

DONDE:

r : Es el radio en metros de una placa circular equivalente, cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.

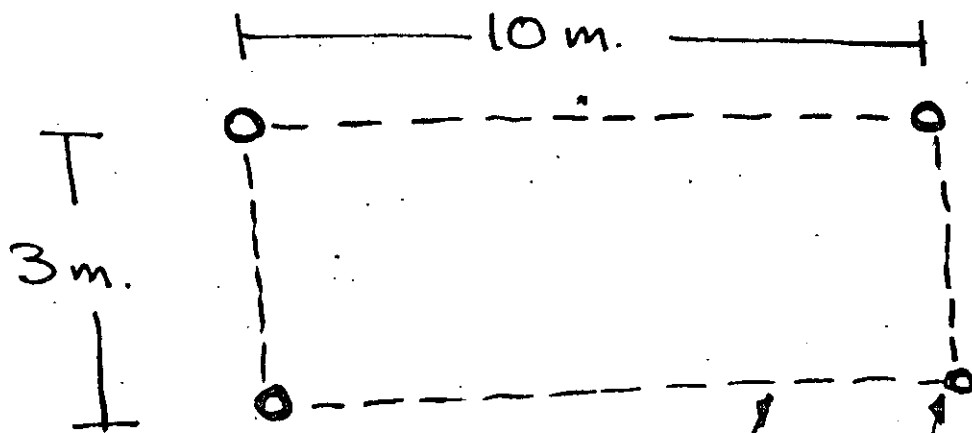
L : Es la longitud total de los conductores y varillas enterrados (metros.)

ρ : Es la resistividad eléctrica del terreno ($\Omega \cdot m$)

DATOS :

$$\rho = 50 \Omega \cdot m$$

$$L = 38 \text{ m.}$$



CONDUCTOR DE COBRE
4/0 AWG

WIRELESS COPPER WELD
DE 3 m. DE LONGITUD

$$r = ?$$

$$\Delta_{\text{RECTANGULO}} = L \times \Delta$$

$$\Delta_{\text{CIRCULO}} = \pi \times r^2$$

IGUALANDO AREAS :

$$L \times A = \pi \times r^2$$

DONDE :

$$r = \left(\frac{L \times A}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$r = \left(\frac{10 \times 3}{\pi} \right)^{1/2} = 3.1 \text{ mts.}$$

POR LOTASUTO :

$$R = \frac{50}{4 (3.1)} + \frac{50}{38} = 5.34 \Omega$$

$$R = 5.34 \Omega < 10 \Omega$$

10. - INTERRUPTORES EN ACEITE . (Artículo 605.11)

- a). - En subestaciones de más de 7.5 KV, los interruptores deben contar con control local y remoto.
- b). - Antes de estos interruptores deben instalarse desconectores.

11. - APARTARRAYOS. - (Artículo 605.29)

- a). - Deben instalarse apartarrayos en plantas industriales.
- b). - Los apartarrayos deben conectarse a tierra con un conductor de baja impedancia (No menor que el más pequeño usado en la malla de tierra). Ver figura 6.1.g.

6.2. SUBESTACIONES ABIERTAS.

a). - Servicio Interior.

- De cualquier capacidad o tensión, su medio principal de desconexión debe ser capaz de operar con carga (Artículo 601.5)
Por ejemplo: Interruptores en aceite o en aire o de expansión o de cuchillas.
- Todos los fusibles empleados deben ser del tipo desconector. No de mordaza.
- Los fusibles No deben ser del tipo de expulsión. Ver figuras 6.2.1 y 6.2.2.

APARTARRAYOS.

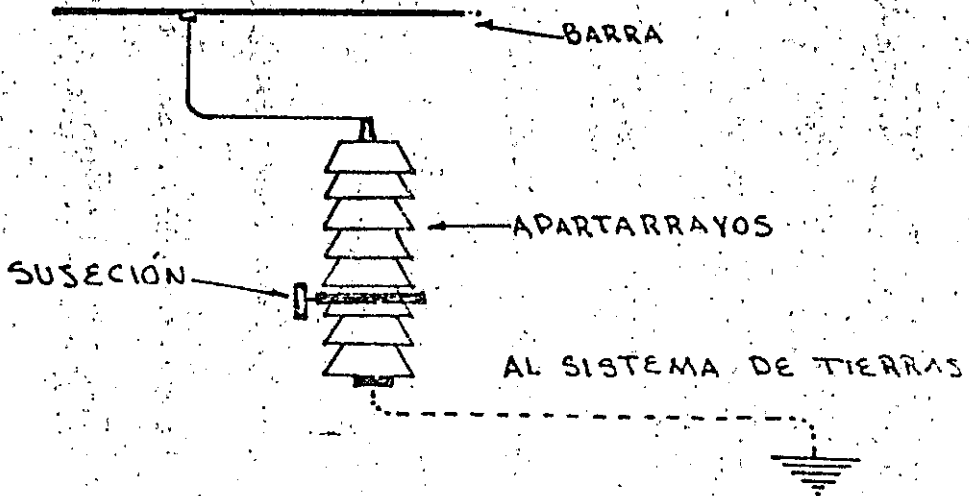
FIGURA 6.1.8

15-16

—SU FUNCION ES CORTAR LAS SOBRESIONES OCASIONADAS POR:

- SWITCHEO.
- DESCARGAS ATMOSFERICAS.
- CONTACTO CON LINEAS DE MAYOR TENSION

—SE CONECTAN ENTRE FASE Y TIERRA.

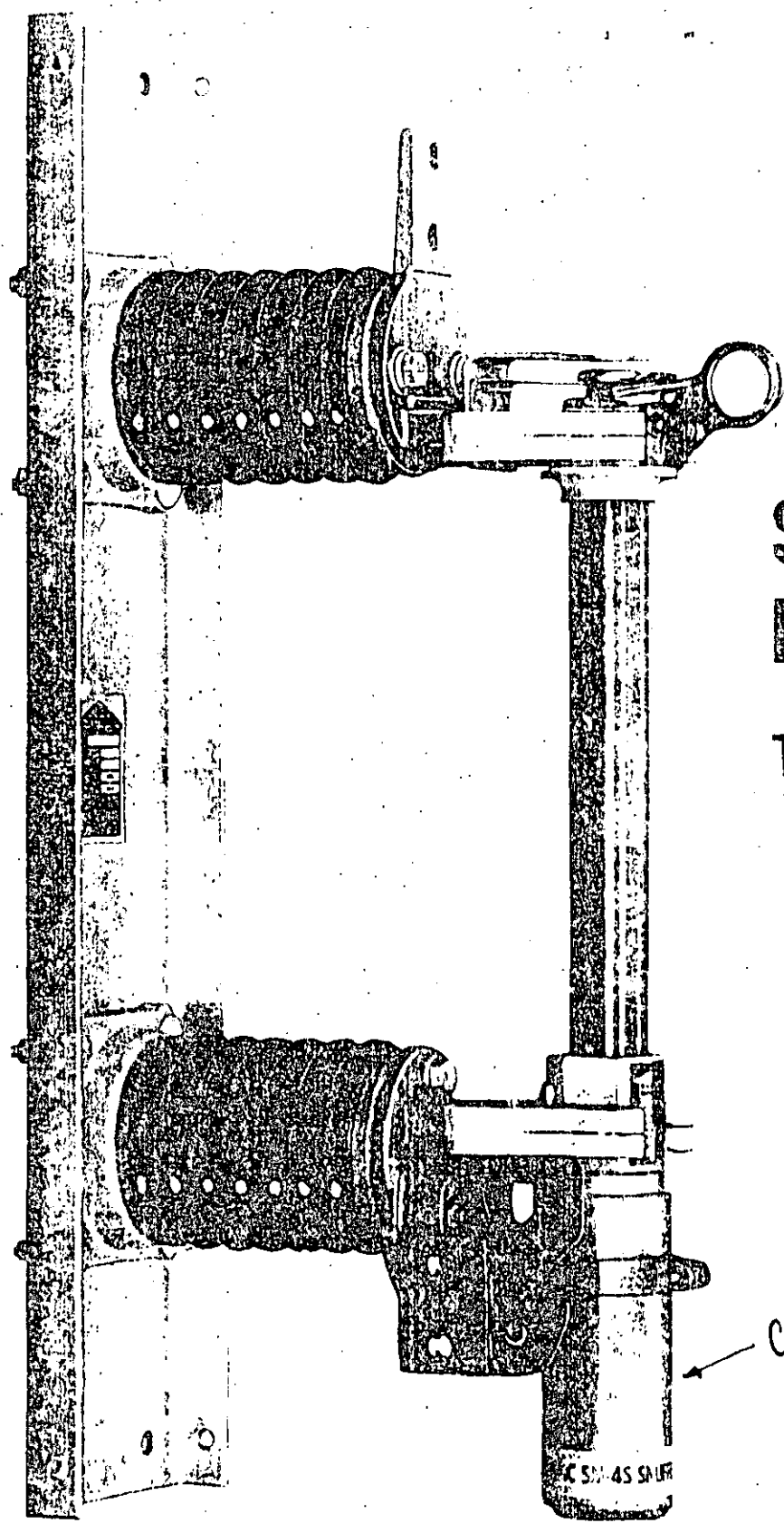


—SE INSTALAN ANTES DE EQUIPO IMPORTANTE

- INTERRUPTORES.
- BANCOS DE CAPACITORES.
- TRANSFORMADORES.

—SU TENSION DE OPERACION DEBE SER SIMILAR A LA DEL EQUIPO E INSTALACIONES QUE PROTEGE.

This publication is in preparation and will be distributed when it becomes available.

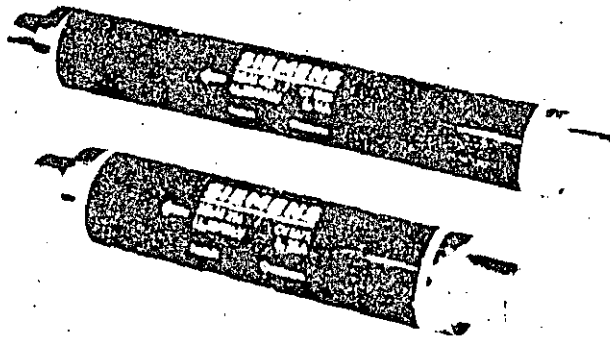


S&C Power Fuses Type SM — Indoor

← Condensador de Gases
(MUFFLER)

FIGURA 6.2.1.

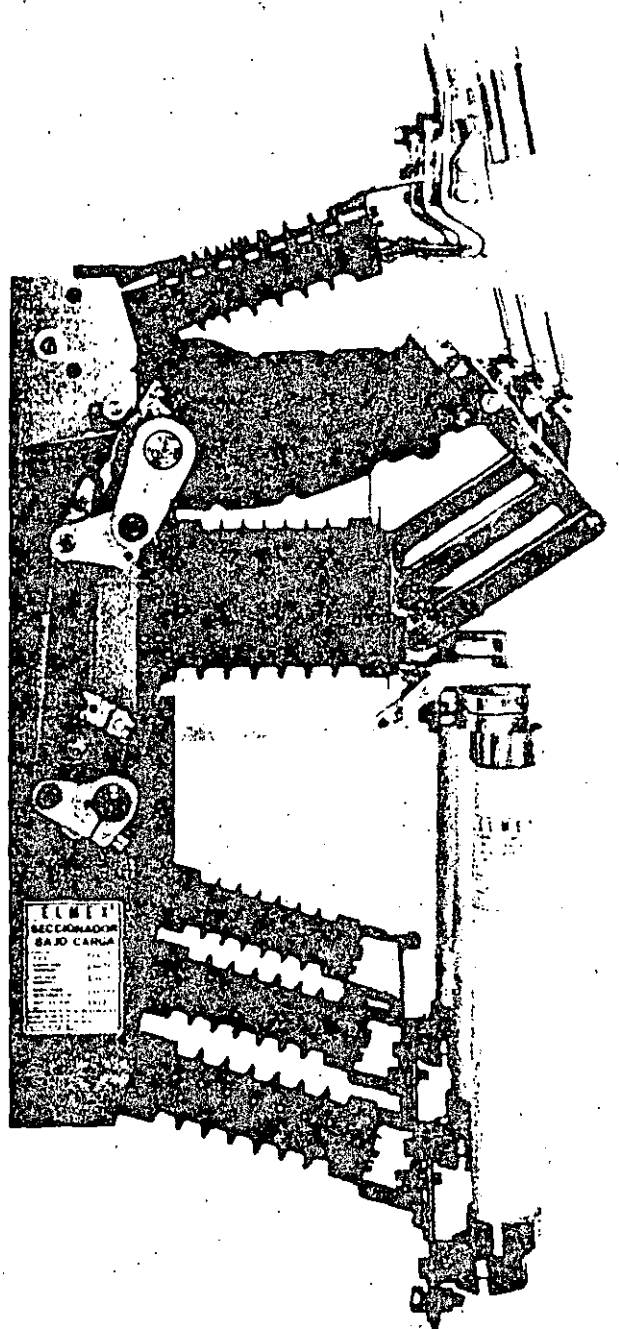




Falta de dimension.

FIGURA 6.2.2.

INTERRUPTOR DE POTENCIA
CON FUSIBLES CERRADOS
(NO DE EXPULSION)



- Los locales deben construirse con materiales incombustibles. Deben estar exentos de polvo o pelusas combustibles, gases inflamables o corrosivos, en cantidades peligrosas. Deben tener ventilación adecuada. (Artículo 602.2)
 - Resguardo de partes vivas.
Todas las partes vivas descubiertas deben respetar las siguientes distancias. (Artículo 604.1). Ver tabla 1
 - Para tensiones mayores de 2500 Volts a tierra el aislamiento no debe considerarse como protección. (Artículo 604.2d)
 - Deben existir tarimas y tapetes aislantes. (Artículo 604.3), frente a las palancas de mando de los interruptores, cuchillas desconectadoras, etc.
 - Debe existir el espacio apropiado para el empleo de la pértiga.
- b). - Servicio Intemperie
- Deben estar resguardadas por medio de cercas de tela de alambre. (Artículo 602.1)

Para la puesta a tierra de las cercas, debe observarse lo siguiente: (Artículo 603.3).

Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, ésta debe quedar a 1.50 m. fuera de la cerca como mínimo. Ver figura 6.2.3.

Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente

TABLA 1.- DISTANCIAS MINIMAS A PARTES VIVAS DESCUBIERTAS.

1 Tensión nominal entre fases, Volts	2 Altura mínima metros	3 Distancia hori- zontal mínima, metros	4 Distancia mínima de resguardo a partes vivas, metros
Hasta 600	2.40	1.00	0.05
Más de 600			
Hasta 6 600	2.50	1.00	0.15
13 800	2.70	1.10	0.20
23 000	2.80	1.10	0.25
34 500	2.90	1.20	0.35
69 000	3.20	1.50	0.65
85 000	3.30	1.70	0.90
115 000	3.50	1.90	1.05
138 000	3.70	2.00	1.25
161 000	4.00	2.40	1.50
230 000	4.30	2.60	2.10

Los valores de la columna 4 no fijan un requisito para diseñar el equipo, sino que fijan una norma mínima para la instalación del resguardo.

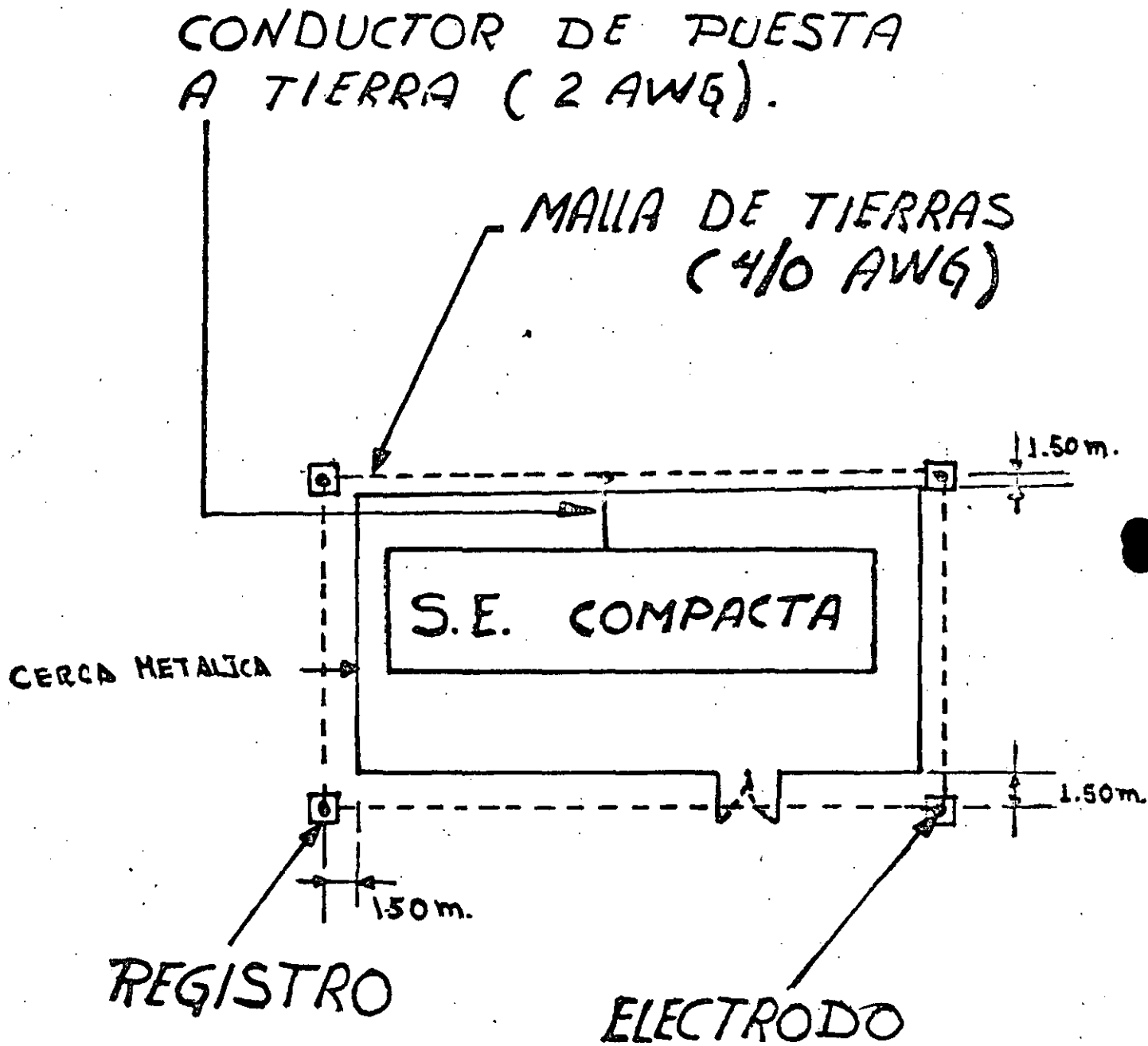


FIGURA 6.2.3.

a la malla debe alejarse del límite de ésta, por lo menos 2 metros. Ver figura 6.2.4

Las cercas metálicas deben conectarse a sus propios electrodos de tierra. A menos que la cerca se encuentre próxima al equipo puesto a tierra, que una persona pueda tocar simultáneamente a la cerca y al equipo. Ver figura 6.2.5

- En las subestaciones de este tipo, de hasta 500 KVA, el medio principal de des-conexión, puede ser de operación sin carga. Pero debe instalarse en el lado secundario del transformador, un interruptor automático. Artículo 601.5. Ver Figura 6.d.

- Todos los fusibles deben ser del tipo desconectador. No de mordaza. Ver Figura 6.2.6.

- Todas las partes vivas descubiertas deben respetar las mismas distancias que se indican en la Tabla 1.

6.3 SUBESTACIONES COMPACTAS.

a). - Interiores

b). - Intemperie.

- Deben estar autorizadas por la Secretaría para su venta y uso. De acuerdo a lo previsto en el Artículo 29 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

- Se fabrican para 6 KV, 13.8 KV y 34.5 KV

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA (2 AWG).

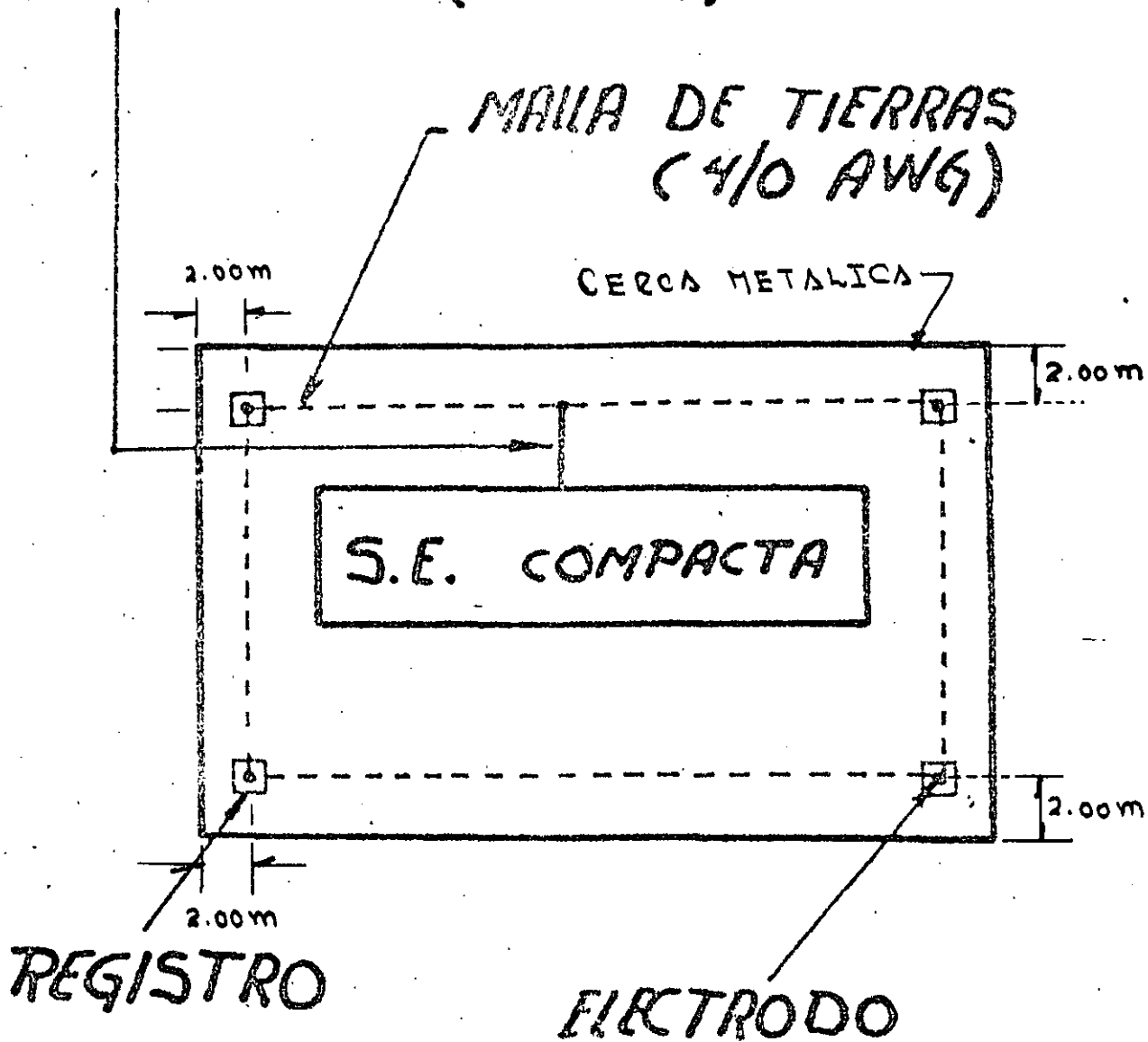


Figura 6.2.4

CONDUCTOR DE PUESTA
A TIERRA (2 AWG).

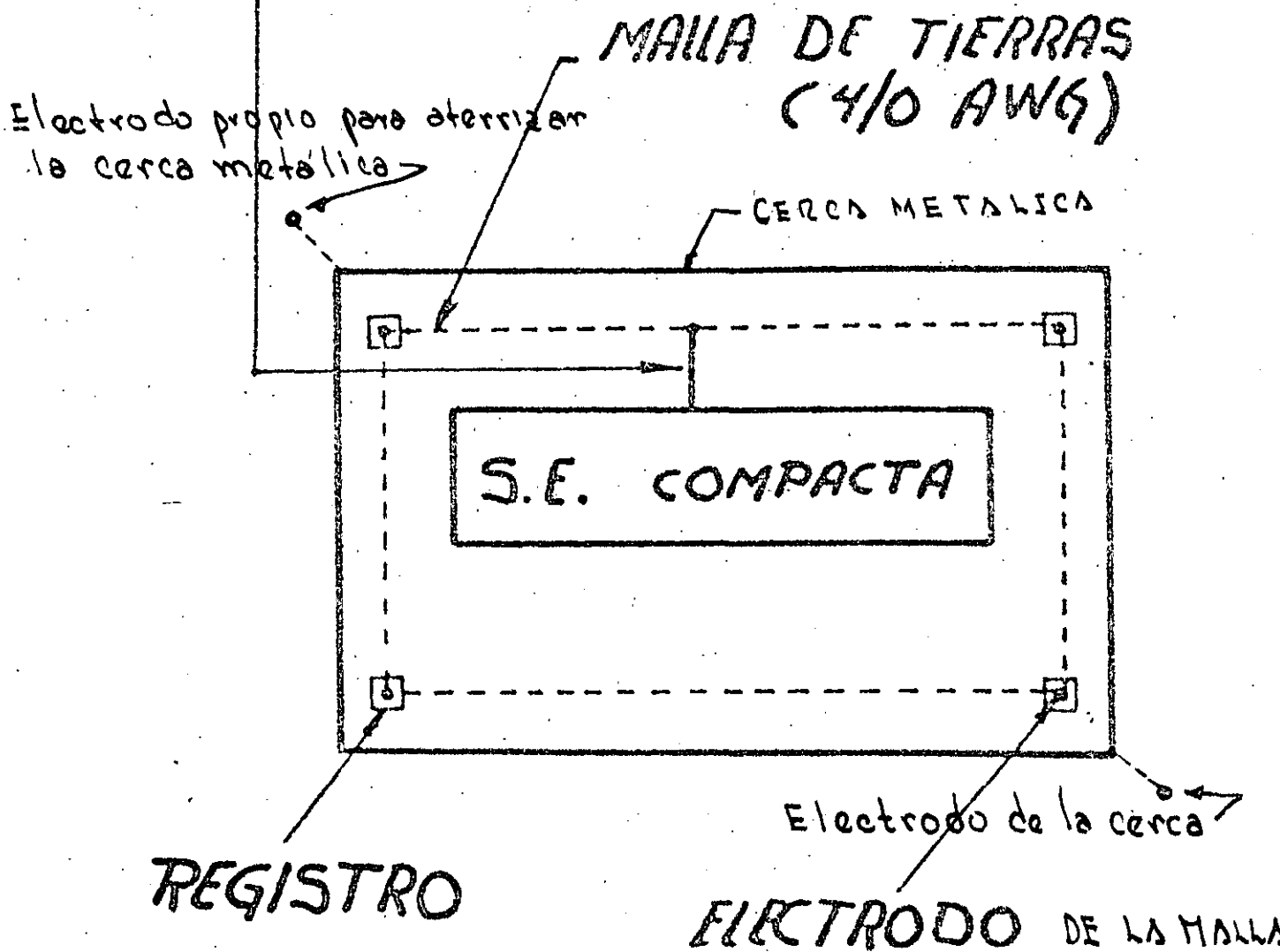


Figura 6.2.5

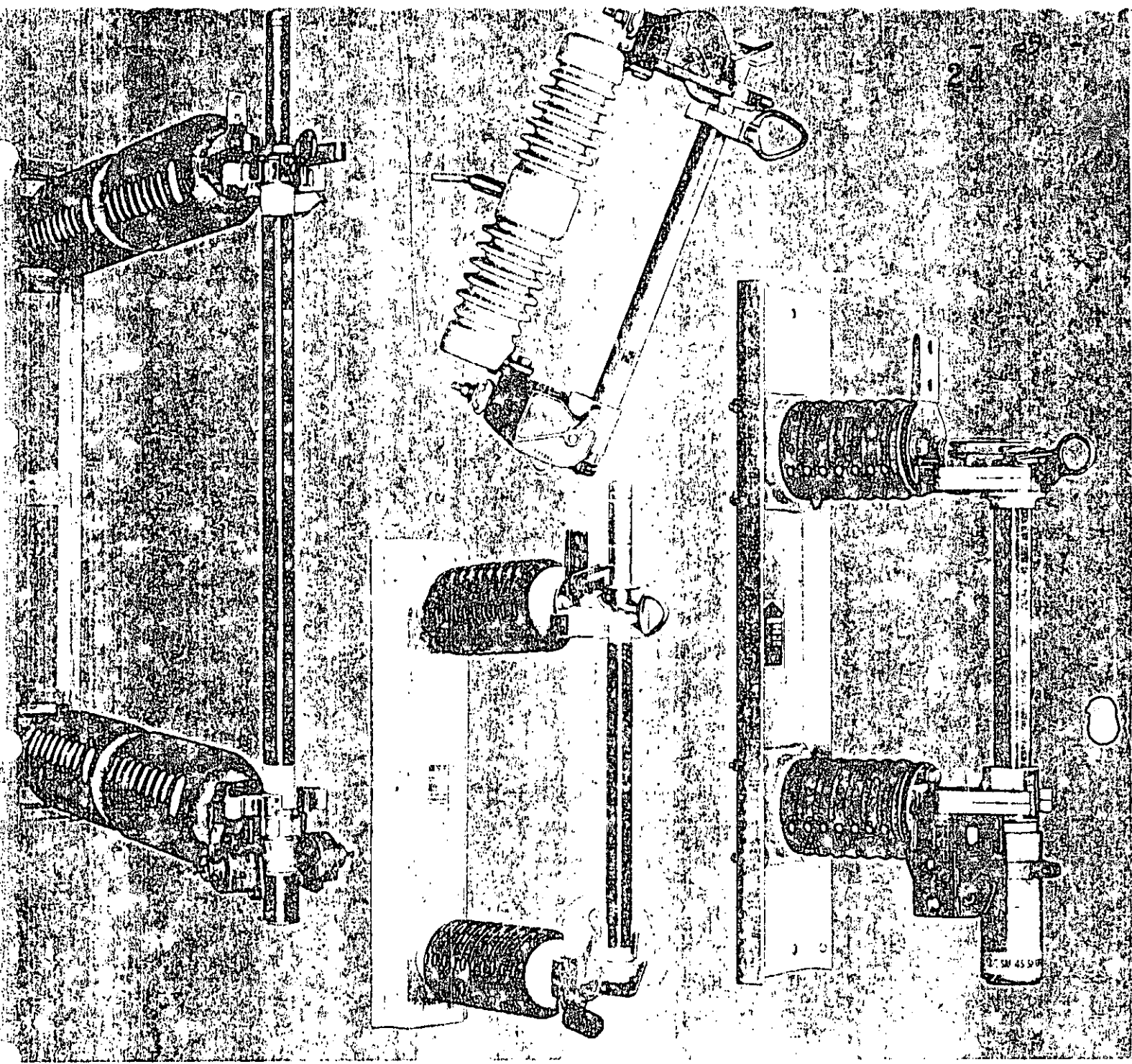


FIG. 6.2.6

S&C POWER FUSES
Type SM — Type SMD
50/60-Cycle
Short-Circuit Interrupting Ratings

• Full information.

- Debe mostrarse el arreglo interno del equipo y demás -- componentes eléctricos.
- Deben contar con bloqueos que impidan abrir sus puertas cuando el interruptor se encuentre en la posición de "cerrado"
- Aún cuando estas subestaciones cuentan, de fábrica, con una solera de cobre para tierra, es recomendable que exista una red o malla de tierra alrededor de sus gabinetes y transformador (es).
- Si la interconexión entre el interruptor y el primario del transformador es a base de cables aislados, sus pantallas metálicas deben aterrizarse. Deben utilizarse conos de -- alivio.
 - . Si estos cables se les retira la pantalla, no deben tocar partes metálicas. Ver Figura 6.3.1)
- El medio de desconexión debe ser de operación con carga -- sin importar la capacidad de la subestación.
- Si existen fusibles, estas no deben ubicarse al fondo del -- gabinete. Estos fusibles NO DEBEN SER DE EXPULSION.
- Si al operar un fusible no se interrumpe en forma auto-- mática el circuito, debe instalarse un interruptor de corte automático, trifásico simultáneo en el lado de baja tensión del transformador a efecto de evitar el monofaseo.
- Debido a que no tiene partes vivas descubiertas, no nece-- sariamente deben existir locales o cercas que las circunden.

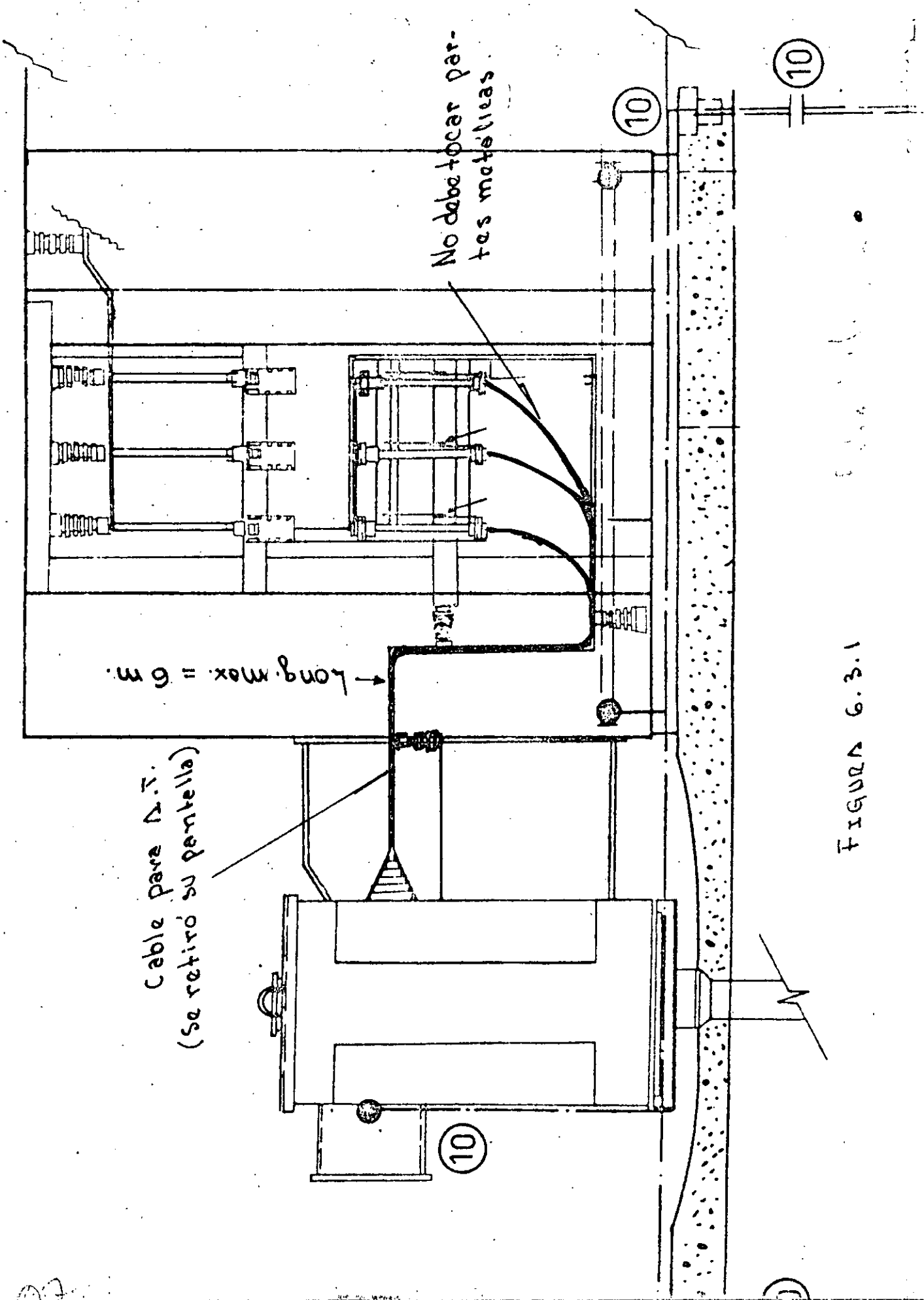


FIGURA 6.3.1



CONDUMEX

CABLES DE ENERGIA VULCANEL
EP TIPO DS, PARA 15 Y 25 KV.

DESCRIPCION:

Conductor compacto de aluminio. Pantalla semiconductora extruida sobre el conductor. Aislamiento de Etileno-Propileno (EP). Pantalla semiconductora extruida sobre el aislamiento. Pantalla electrostática a base alambres de cobre suave dispuestos helicoidalmente y cubierta de PVC roja.

APLICACION:

Este cable está diseñado para usarse en sistemas trifásicos de distribución y es apropiado para instalación aérea, en ducto o directamente enterrado.

TENSION NOMINAL DEL CABLE:

15 y 25 Kv entre fases (Nivel de aislamiento 100%)*
15 y 25 Kv entre fases (Nivel de aislamiento de .133%)*

TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION:

Normal -90°C
Sobrecargas 130°C
Corto Circuito 250°C

PROPIEDADES:

1. Gran estabilidad térmica.
2. Resistencia excepcional a la ionización (corona).
3. Flexibilidad (facilidad de manejo).
4. Alta rigidez dieléctrica.
5. Gran resistencia a arborescencias.
6. Bajas pérdidas dieléctricas.
7. Bajo coeficiente de expansión térmica.

ESPECIFICACIONES:

CFE E 0000-16

DATOS PARA PEDIDO:

Cable de energía Vulcanel EP, tipo DS, tensión entre fases, nivel de aislamiento, calibre y longitud total en metros.

REGISTROS:

SIC-DGE 2824 y SePaNaI 21127.

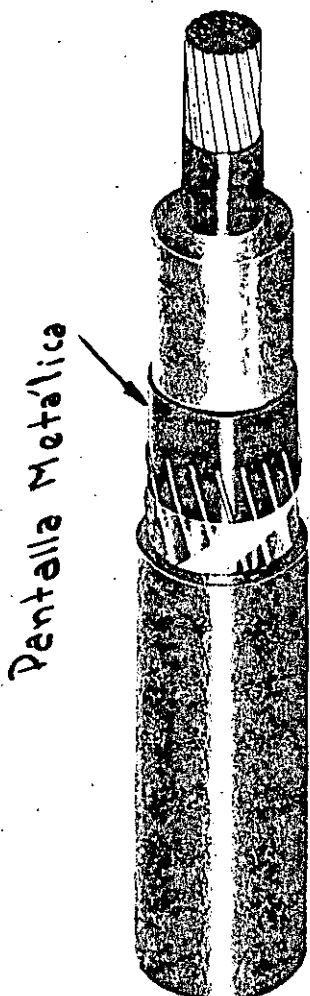


Fig. 6.3.1.

CABLE VULCANEL EP TIPO DS CONDUCTOR DE ALUMINIO

Conductor de aluminio			Diámetro mm*				Peso*		Rca 90°C y 60 Hz Ohms/km	
Calibre	Area	Número	Conductor	Aislamiento*		Total		kg/km		
AWG-MCM	mm ²	de hilos	mm	15 kV	25 kV	15 kV	25 kV	15 kV		23 kV
2	33.6	7	6.8	17.1	—	22.5	—	640	—	1.099
1/0	53.5	19	8.5	18.9	23.3	24.3	28.7	750	982	0.691
2/0	67.4	19	9.6	19.9	24.3	25.3	29.7	830	1100	0.549
3/0	85.0	19	10.7	21.1	25.5	26.5	30.9	907	1294	0.435
4/0	107.0	19	12.1	22.4	27.1	27.8	32.5	1036	1320	0.345
250	127.0	37	13.2	23.8	28.4	29.2	33.8	1123	1424	0.293
350	177.0	37	15.7	26.2	30.9	31.6	36.3	1351	1674	0.210
500	253.0	37	18.7	29.3	33.9	34.7	39.3	1683	2025	0.147
600	304.0	61	20.7	31.5	36.1	36.9	41.5	2015	2430	0.123
750	380.0	61	23.1	33.9	38.5	39.3	43.9	2165	2715	0.098
900	456.0	61	25.4	36.2	40.9	41.6	46.3	2595	2980	0.083
1000	507.0	61	26.9	37.8	41.8	43.2	47.2	2817	3258	0.075

Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias normales de manufactura.
* Nivel de aislamiento 100%.

⁽¹⁾ Condiciones para el cálculo de corriente:

Temperatura del conductor 90°C
 Temperatura ambiente del aire 40°C
 Temperatura del terreno 25°C
 Resistividad térmica del terreno 120°C cm/Watt
 Factor de carga 100%
 Cables en ductos y directamente enterrados en configuración plana con espaciamiento de 20 cm.

* NIVEL 100% (CLASE 1): Quedan incluidos en esta clasificación los cables utilizados en sistemas cuyas protecciones liberan fallas a tierra en no más de un minuto.

NIVEL 133% (CLASE 2): Se incluyen en esta categoría los cables destinados a sistemas que no cumplen con los requisitos del nivel 100%, pero que en cualquier caso, se libera la falla en no más de una hora.

Calibre	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE ⁽¹⁾		
	En aire	En ductos sub-terráneos	Directamente enterrados
2	130	135	135
1/0	170	175	160
2/0	200	200	195
3/0	230	225	220
4/0	265	250	245
250	300	280	270
350	370	330	310
500	460	390	370
600	510	420	400
750	590	460	440
900	630	480	460
1000	650	490	470

- Si la subestación se ubica a la intemperie, es necesario que el gabinete y demás componentes que la integran -- estén autorizados por la Secretaría para tales condiciones.
- Las distancias mínimas entre fases y a tierra (cubierta) no deben ser menores a las siguientes, en condiciones normales de trabajo. (Artículos 604.7). Ver tabla 2.

6.4 SUBESTACIONES TIPO POSTE. Ver Figura 6.4.1

- El medio de desconexión puede ser de operación sin carga, pero en el lado secundario del transformador debe existir un interruptor automático general. Artículo 601.5
- El interruptor de baja tensión, si está colocado a la intemperie debe ser a prueba de lluvia.
- Normalmente se diseñan para una capacidad máxima de 225 -- KVA y 23 KV. Se basan generalmente en las especificaciones internas de la C.F.E.
- El electrodo de tierras debe ser de los tipos enunciados en el -- Artículo 206.48
- Debe existir el espacio adecuado para las maniobras de reposición de fusibles.
- Los apartarrayos no deben utilizarse como aisladores soporte.

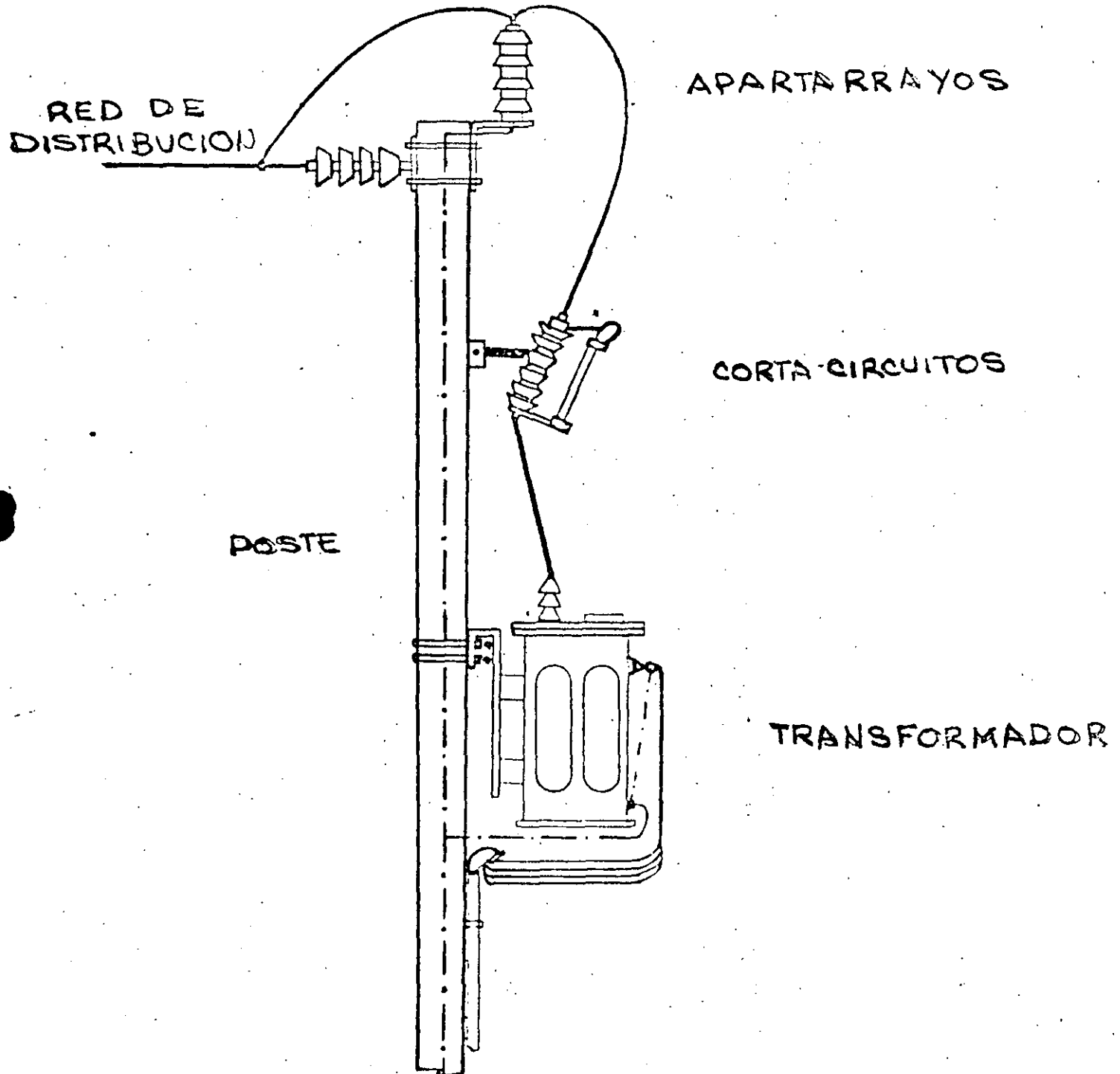
6.5 SUBESTACIONES EN AZOTEA. Ver Figura 6.5.1

TABLA 2

DISTANCIAS MINIMAS ENTRE FASES Y A TIERRA, EN CONDUCTORES DESNUDOS RIGIDOS.

Tensión nominal entre fases KV	Distancia mínima cm			
	Entre fases		De fase a tierra	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior
2.4-4.16	12	18	8	15
6.6	14	18	10	15
13.8	19	31	13	18
23	27	38	19	26
34.5	32	38	24	26
	46	46	33	33
69		54		43
		79		64
85		107		88
115		135		107
138		135		107
		160		127
161		160		127
		183		148
230		183		148
		226		180
		267		211

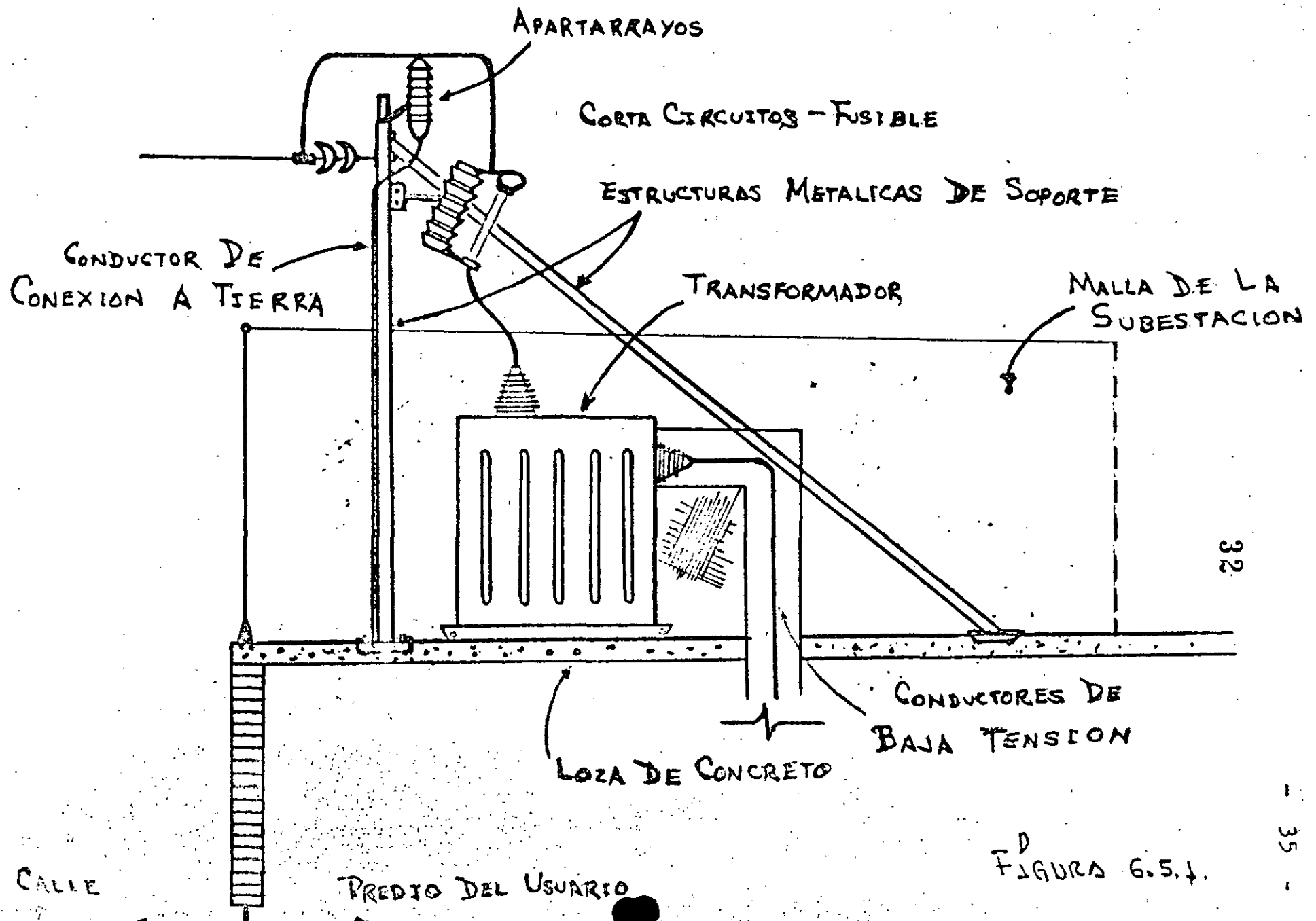
SUBESTACION RURAL. (TIPO POSTE)



A EQUIPO DE MEDICION EN BAJA TENSION.

FIGURA 6.4.1

SUBESTACION TIPO AZOTEA



32

FIGURA 6.5.1.

- Debe delimitarse la zona ocupada por la propia subestación y por su acometida de servicio.
- Debe existir el espacio suficiente para realizar maniobras de mantenimiento y revisión.
- El conductor de tierra no debe tocar ni estar próximo (cuando menos 1.80 m) a ninguna parte metálica del edificio. Debe bajar lo más recto posible a su electrodo o malla de tierras, la cual, también debe estar separada de otras partes metálicas, cuando menos 1.80 m.
- No se deben utilizar escaleras tipo marino.

6.6. SUBESTACIONES TIPO PEDESTAL. Ver Figura 6.6.1 y 6.6.2

- Debe instalarse un medio de desconexión visual antes de estas subestaciones.
- No necesariamente deben existir cercas metálicas alrededor de ellas.
- Deben estar aprobadas para su venta y uso, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 29 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

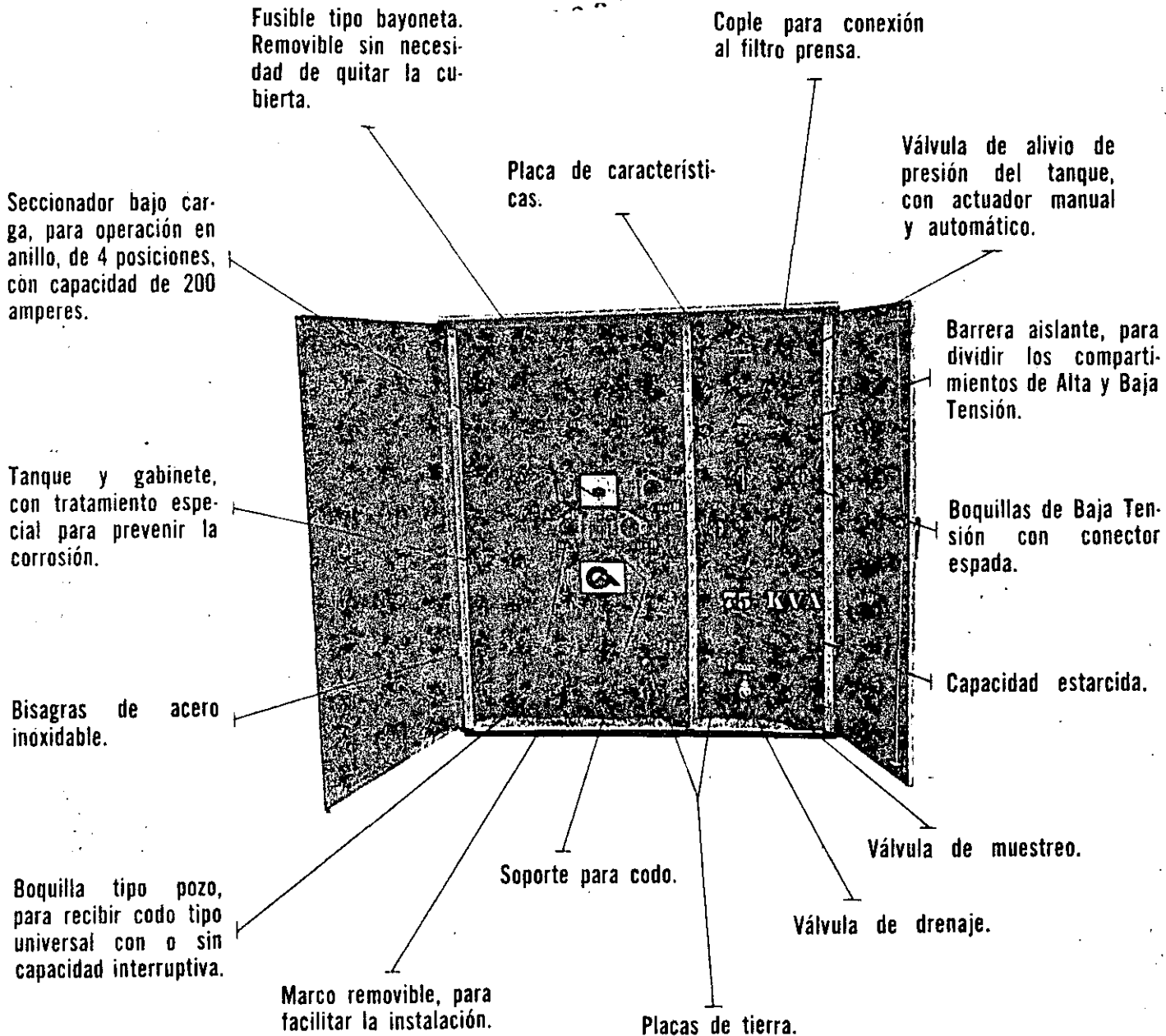


FIG. 6.6.1.

OTRAS CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- Gabinete construido con lámina de acero calibre No. 10.
- La puerta de acceso al compartimiento de Baja Tensión lleva manija con portacandado.
- Tanque construido con lámina de acero de 6.35 mm. de espesor.
- El acceso al compartimiento de Alta Tensión se logra quitando un seguro localizado en el compartimiento de Baja Tensión.

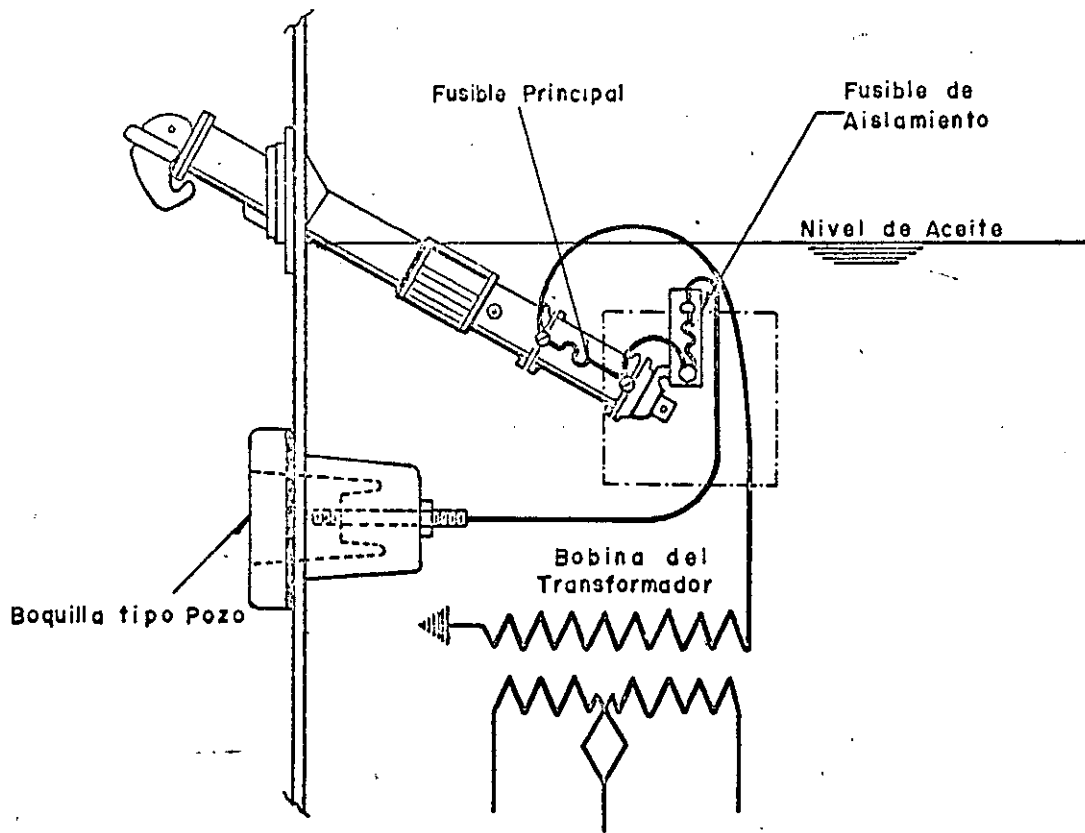


FIGURA 6.6.2

ENSAMBLE TIPO BAYONETA PARA FUSIBLES DE EXPULSION.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

E) INSTALACIONES ESPECIALES

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

CAPITULO 5

INSTALACIONES ESPECIALES

SECCION 501. LUGARES PELIGROSOS

501.6 CLASIFICACION
(DE ACUERDO DE LA NATURALEZA DE
SU PELIGROSIDAD)

CLASE I .. GASES O VAPORES INFLAMA-
BLES O EXPLOSIVOS.

CLASE II .. POLVOS COMBUSTIBLES O
ELECTRICAMENTE CONDUCTORES

CLASE III .. FIBRAS O PELUSAS INFLA-
MABLES (EN POCA CANTIDAD)

501.7, 501.8 y 501.9
DIVISION DE LAS DIFERENTES
CLASES

DIVISION I - LUGARES CON CONDICIO-
NES MUY CRITICAS.

DIVISION 2 - LUGARES CON CONDI-
CIONES POCO PELIGROSAS
O CRITICAS ESPORADICAMEN-
TE.

501.11 LAS AREAS PELIGROSAS DE-
PENDEN DE :

- TIPO DE FUENTE DE PELIGRO
- CANTIDAD Y DENSIDAD DE AGENTE
- TIPO DE VENTILACION

501.15 EL EQUIPO ELECTRICO A
UTILIZAR DEPENDERA DE :

- LA CLASE DE LUGAR DE QUE SE
TRATA
- TIPO ESPECIFICO DE AGENTE
CONTAMINANTE EN LA ATMOS-
FERA.

501.16 AGRUPACION DE LAS DIFEREN-
TES ATMOSFERAS PELIGROSAS
GRUPOS "A" A LA "G"

SECCIONES 502 , 503 Y 504

CONTIENEN LAS CARACTERISTICAS
Y REQUISITOS DEL EQUIPO INSTALA-
DO EN CADA AREA.

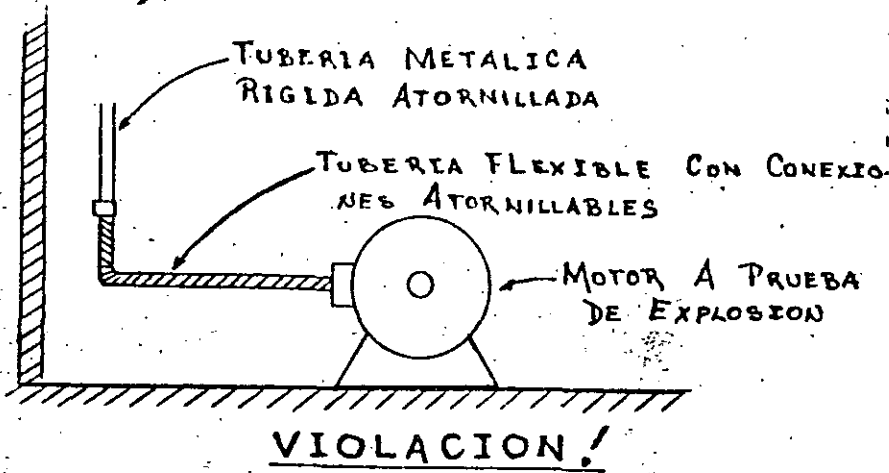
10

1

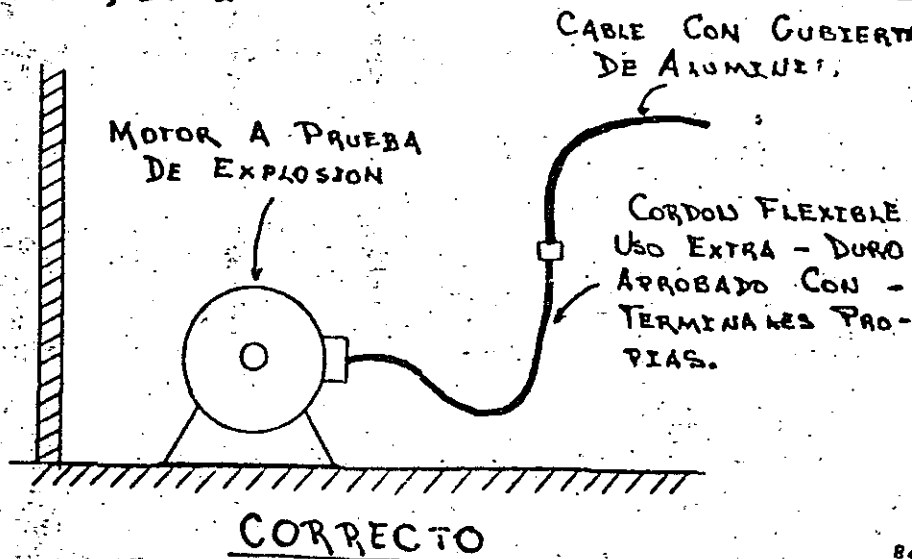
36

EJEMPLO

CLASE I, DIV. 1



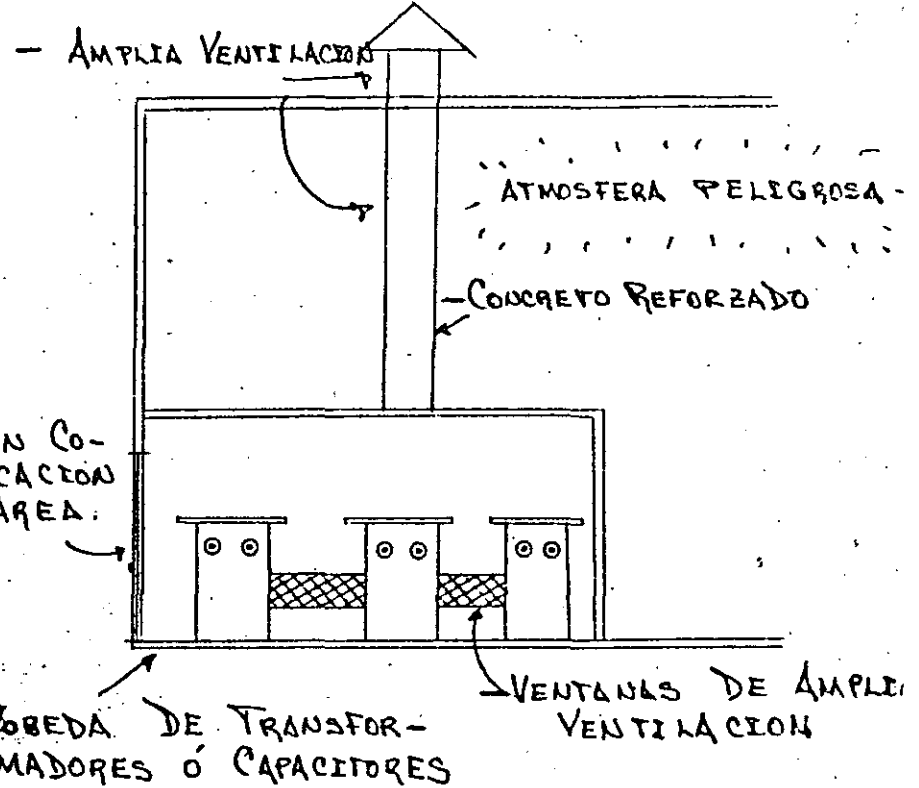
CLASE I, DIV. 2



② INSTALACION DE TRANSFORMADORES Y CAPACITORES

SI CONTIENEN LIQUIDOS INFLAMABLES:

- DEBEN INSTALARSE FUERA DEL AREA PELIGROSA



* ESTAS DISPOSICIONES VARIAN CON RESPECTO AL TIPO DE AREA.

2

37

83

84

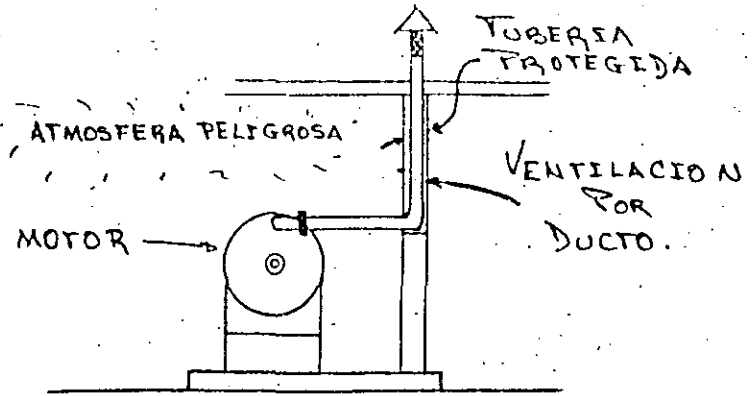
2

INSTALACION DE MOTORES Y GENERADORES

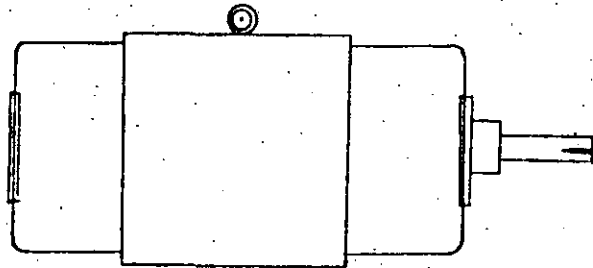
EN GENERAL :

- DEBEN SER DEL TIPO APROBADO PARA EL LUGAR A UTILIZARSE.

③



3

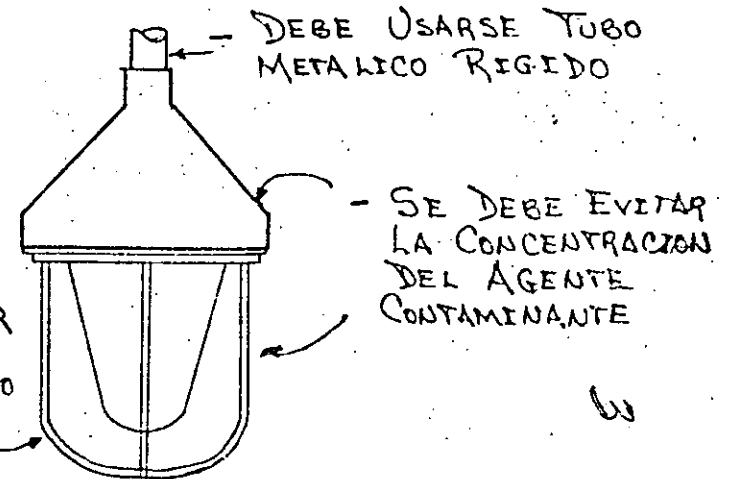


INSTALACION DE LUMINARIOS

- DEBE SER DEL TIPO APROBADO PARA EL LUGAR CLASIFICADO.

• PERO EN GENERAL :

- CLASE I : - A PRUEBA DE EXPLOSION ó
- TOTALMENTE CERRADO (VENTILACION POR DUCTOS)
- CLASE II : - A PRUEBA DE IGNICION POR POLVO
- TOTALMENTE CERRADO (VENTILACION POR DUCTOS)
- CLASE III : - TOTALMENTE CERRADOS NO VENTILADOS
- TOTALMENTE CERRADOS
• CON VENTILACION POR DUCTOS
• ó CON VENTILACION FORZADA.



- LA TEMPERATURA DE OPERACION NO DEBE SER MAYOR AL 80% DE IGNICION DEL AGENTE.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS
Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

INT. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

ORGANO RECTOR DE INSTALACIONES
ELECTRICAS DE UTILIZACION.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO
INDUSTRIAL

SUBSECRETARIA DE COMERCIO INTERIOR

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS

SUBDIRECCION DE ELECTRICIDAD.

- DEPTO. DE AUTORIZACIONES
ELECTRICAS.
- DEPTO. DE AUTORIZACION DE
PROYECTOS ELECTRICOS.
- DEPTO. DE RESPONSABLES
EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

FUNCIONES Y FACULTADES DE LA SECOFI EN MATERIA DE ELECTRICIDAD

- VERIFICAR QUE LOS PROYECTOS ELECTRICOS SE ADEGUEN A LA REGLAMENTACION VIGENTE
(REVISION Y ESTUDIO DE PROYECTOS)
- VERIFICAR QUE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS SEAN SEGURAS.
(INSPECCION Y REVISION DE INSTALACIONES)
- REGISTRAR Y CONTROLAR LAS ACTIVIDADES DE LAS PERSONAS REGISTRADAS COMO RESPONSABLES EN MATERIA ELECTRICA.
- ACTUALIZAR LAS NORMAS TECNICAS Y DEMAS DISPOSICIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD ELECTRICA.

LEGISLACION ELECTRICA

LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA
ELECTRICA.

(Publicada en el Diario Oficial de la Federación del 22 de Diciembre de 1975)

ARTICULO 28. - DEBE EXISTIR UN PROYECTO DEBIDAMENTE ELABORADO, PREVIAMENTE A LA EJECUCION DE LAS ~ INSTALACIONES ELECTRICAS.

(MODIFICACION. - Diario Oficial de la Federación del 27 de Diciembre de 1983)

(SE REQUIERE LA AUTORIZACION DE LA SECOFI PARA CONTRATAR EL SERVICIO ELECTRICO CON LA CFE LOS SI ~ GUIENTES TIPOS DE INSTALACIONES INDUSTRIAS, ALTA TENSION, LOCALES DE CONCENTRACION PUBLICA Y CON AMBIENTES PELIGROSOS, EDIFICIOS CON DOS O MAS USUARIOS)

(LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD ~
NO PROPORCIONARA EL SERVICIO SI LAS ~
INSTALACIONES DEL TIPO ANTERIOR NO ~
CUENTAN CON LA AUTORIZACION DE SECOFI.)

ARTICULO 29 ~ SOLO PODRAN PONERSE A LA
VENTA O UTILIZARSE LOS EQUIPOS Y
COMPONENTES ELECTRICOS AUTORIZA ~
DOS POR LA SECRETARIA.

VENTAJAS :

- MAYOR CONFIANZA EN SU BUEN FUNCIONA
MIENTO.
- MAYOR SEGURIDAD PARA EL USUARIO.
- BRINDA PROTECCION AL CONTRATISTA
- REFACCIONES Y FOLLETOS INSTRUCTIVOS.
- DEFINE CAMPOS DE RESPONSABILIDAD.

REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO
PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA.

CAPITULO XI - DE LAS OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS.

ARTICULOS 93 AL 97, 101 y 102.

CAPITULO XVIII - DE LA INSPECCION Y VIGILANCIA.

ARTICULO 202 -

I - INICIALES

II - PERIODICAS

III - EXTRAORDINARIAS.

CAPITULO XIX - DE LAS PERSONAS CAPACITADAS PARA PROYECTAR Y EJECUTAR OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS.

PERITOS RESPONSABLES

FUNCIONES:

- 6 - VERIFICAR QUE LOS PROYECTOS CUMPLAN CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD.
- VERIFICAR QUE LAS OBRAS ELECTRICAS CUMPLAN CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD.
- ASESORAR A LOS USUARIOS SOBRE EL USO ADECUADO, SEGURO Y ECONOMICO DE LA ENERGIA ELECTRICA.
- AUXILIAR A LOS USUARIOS SOBRE EL MANTENIMIENTO ADECUADO Y LA OPERACION APROPIADA DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

RESPONSABLES DE OBRAS Y PROYECTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS

REGIDOS POR: REGLAMENTO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA - CAPITULO XIX

CLASIFICACION

GRUPO I- PROFESIONALES

FACULTADES PARA PROYECTAR, CONSTRUIR Y OPERAR CUALQUIER INSTALACION SIN LIMITACION DE CAPACIDAD O TENSIONES

12

FORMAN ESTE GRUPO LOS INGENIEROS TITULADOS DE:

IPN - OPCION POTENCIA O UTILIZACION.

UNAM - ESPECIALIZACION ELECTRICIDAD.

ADEMAS:

UAM.

ITESM.

(E)

INSTITUTOS TECNOLOGICOS REGIONALES.
UNIVERSIDADES PRIVADAS.
UNIVERSIDADES PUBLICAS DE PROVINCIA.

OTRAS INSTITUCIONES, UNIVERSIDADES, COLEGIOS DE ENSEÑANZA SUPERIOR, SIEMPRE QUE EXISTA CONSTANCIA ESCRITA EXPLICITA DE HABER CURSADO A NIVEL DE LICENCIATURA LOS TEMAS DE:

- _ SUBESTACIONES.
- _ LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION.
- _ INSTALACIONES ELECTRICAS DE FUERZA Y ALUMBRADO.

(D) GRUPO - II TECNICOS

FACULTADES PARA PROYECTAR, CONSTRUIR Y OPERAR INSTALACIONES CON CAPACIDAD TOTAL NO MAYOR DE 1000 KVA, SIN QUE EXISTAN EQUIPOS INDIVIDUALES MAYORES DE 100 KVA;

FORMAN ESTE GRUPO

- _ TODOS LOS PASANTES DE LAS CARRERAS E INSTITUCIONES MENCIONADAS PARA EL GRUPO I, SIEMPRE QUE EXISTA CONSTANCIA ESCRITA EXPLICITA DE HABER CURSADO LAS MATERIAS CITADAS A NIVEL LICENCIATURA.
- _ EGRESADOS TITULADOS DE LA ESCUELA WILFRIDO MASSIEU, QUE HAYAN TERMINADO UN AÑO DE ESPECIALIZACION ADICIONAL EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

FORMAN ESTE GRUPO EGRESADOS DE :

- CECYT
- CENETI
- INSTITUTOS TECNOLOGICOS REGIONALES
(A NIVEL TECNICO)
- OTRAS ESCUELAS O INSTITUCIONES EDUCATIVAS
PUBLICAS O PRIVADAS. (A NIVEL TECNICO)

ES NECESARIO QUE EXISTA CONSTANCIA ESCRITA DE HABER CURSADO A NIVEL TECNICO LOS TEMAS DE :

- SUBESTACIONES
- SISTEMAS DE UTILIZACION
(FUERZA Y ALUMBRADO)
- PLANTAS GENERADORAS
- SISTEMAS DE TIERRAS
- PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE.
- CANALIZACIONES
- CONDUCTORES (SELECCION Y CALCULO).

LOS DOCUMENTOS EXPEDIDOS POR LOS CENTROS EDUCATIVOS DEBEN ESTAR REGISTRADOS POR LA S. E. P.

A FALTA DE DOCUMENTOS SE PUEDE SUSTENTAR UN EXAMEN DE COMPETENCIA ANTE LA SECRETARIA.

GRUPO III - "OBREROS CALIFICADOS"

FACULTADES:

PROYECTOS - UNICAMENTE EN BAJA TENSION Y CON CAPACIDAD NO MAYOR DE 100 KVA.

OBRAS ELECTRICAS - IDEM. (CON EXCEPCION DE LAS INSTALACIONES QUE CONTENGAN GRUAS, MONTACARGAS Y ELEVADORES A CUALQUIER VALOR DE TENSION.

DOCUMENTOS: CERTIFICADOS O DIPLOMAS EXPEDIDOS O REVALIDADOS POR S.E.P.

EN LOS QUE CONSTEN MATERIAS RELACIONADAS CON LOS TEMAS :

- SISTEMAS DE UTILIZACION (FUERZA Y ALUMBRADO)
- PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE
- CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

TAMBIEN PUEDE PRESENTARSE UN EXAMEN DE COMPETENCIA A FALTA DE DOCUMENTOS PARA OBTENER EL REGISTRO.

LAS SOLICITUDES PARA TRAMITAR EL REGISTRO DE PERSONAS RESPONSABLES DEBEN HACERSE POR ESCRITO Y DIRIGIRSE A :

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
DIRECCION GENERAL DE NORMAS
DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS
AVE. CUAUHTEMOC # 80, 1er PISO.

EL REGISTRO TIENE UNA VIGENCIA DE DOS AÑOS

SU REFRENDO PUEDE HACERSE EN OFICINAS CENTRALES (D.F.) O EN CUALQUIER DELEGACION DE LA SECOFI.

EXAMEN DE COMPETENCIA:DACA 1/10/12
0

PROCEDIMIENTO:

- SOLICITUD POR ESCRITO DIRIGIDO A SECOFI OFICINAS EN D.F. O EN CUALQUIERA DE SUS DELEGACIONES ESTATALES.
- SEÑALAR DE COMUN ACUERDO LA FECHA DEL EXAMEN EL CUAL VERSARA SOBRE CONCEPTOS - TECNICOS QUE SE INDICAN EN EL TEMARIO QUE LA SECOFI ENTREGARA.
- REALIZAR EL EXAMEN ANTE LA PRESEN CIA DE UN REPRESENTANTE DE LA SECOFI, OTRO DE C.F.E. Y OTRO, SI LO DESEA EL SOLI CITANTE, DE SU SINDICATO O GREMIO AL CUAL PERTENEZCA.
- SI EL EXAMEN ES APROBADO SE CONCEDE EL REGISTRO SOLICITADO.

PUEDE NUEVAMENTE PRESENTARSE EL EXAMEN SIGUIENDO LOS PASOS ANTERIORES, EXIS TIENDO 6 MESES CUANDO MENOS ENTRE UN EXAMEN Y EL SIGUIENTE.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8

ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS
Y NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES

G) ACUERDO SECRETARIAL PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL
DE LA FEDERACION DEL 18 DE JUNIO DE 1984.

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

SEPTIEMBRE, 1985.

ACUERDO SECRETARIAL PUBLICADO EN EL
DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL
18 DE JUNIO DE 1984.

ESTABLECE Y DEFINE LOS PUNTOS SIGUIENTES:

- TIPOS DE INSTALACIONES QUE REQUIEREN
LA AUTORIZACION PARA SU SUMINISTRO.

- TODOS LOS SERVICIOS PROPORCIONADOS
EN ALTA TENSION DE CUALQUIER TIPO.

- TODOS LOS EDIFICIOS DE DOS O MAS
USUARIOS.

- TODOS LOS SERVICIOS INDUSTRIALES
DE MAS DE 20 KW DE CARGA CONEC-
TADA.

- TODOS LOS SERVICIOS QUE INVOLUCREN
AMBIENTES EXPLOSIVOS O INFLAMABLES.

- TODOS LOS CENTROS DE REUNION PUBLICA:

SALAS DE DIVERSION Y ESPARCIMIENTO

ESCUELAS

CENTROS COMERCIALES DE MAS DE
20 KW

INSTITUCIONES BANCARIAS (Δ 3 ϕ)

IGLESIAS (Δ 3 ϕ)

RESTAURANTS, BARES, CANTINAS
(Δ 3 ϕ)

Etc.

— CONDICIONES Y REQUISITOS QUE DEBEN SATISFACER LOS PROYECTOS ELECTRICOS.

- PLANOS

- MEMORIAS DESCRIPTIVAS Y DE CALCULO.

— CONDICIONES Y REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

- INSTALACIONES CON BASE EN UN PROYECTO PREVIAMENTE APROBADO.
 - EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRICOS AUTORIZADOS.
 - REALIZACION DE PRUEBAS ELECTRICAS EN LAS INSTALACIONES.
- REQUISITOS QUE DEBEN CUBRIRSE PARA RECA-
BAR LA AUTORIZACION PARA EL SUMINISTRO.
- SOLICITUD DE AUTORIZACION QUE CONTENGA LOS DATOS DEL USUARIO INCLUYENDO LISTA DE CARGAS.
 - MENCION DEL N° Y FECHA DEL OFICIO DE APROBACION DEL PROYECTO.
 - CARTA DE RESPONSIVA DE LA CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS. CONTENIENDO LOS DATOS SIGUIENTES;

DECLARACION DEL RESPONSABLE BAJO
PROTESTA DE DECIR VERDAD :

QUE LA CONSTRUCCION SE ADEGA
AL PROYECTO APROBADO.

QUE SE UTILIZARON EQUIPOS
Y COMPONENTES ELECTRICOS AU-
TORIZADOS POR LA SECRETARIA

QUE LA INSTALACION ELECTRICA
CUMPLE CON LAS NORMAS TECNICAS
DEL REGLAMENTO DE INSTALACIO-
NES ELECTRICAS.

QUE SE EFECTUARON LAS PRUE-
BAS ELECTRICAS. - (Anexar
una copia del resultado de ~
pruebas).

- LA SECRETARIA EJERCERA INSPECCION EN
LAS INSTALACIONES ELECTRICAS SI ASI LO ~
JUZGA CONVENIENTE.

- LA SECRETARIA EJERCERA CONTROL SOBRE LAS ACTIVIDADES DE LOS RESPONSABLES.

- INCIDIRA SOBRE EL REGISTRO O DEFRENDO.
- SE APLICARAN SANCIONES ADMINISTRATIVAS

SI EXISTE DOLO O MALAFE

SI EXISTE INDOLENCIA O IGNORANCIA DE LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS DE SEGURIDAD ELECTRICA. (NORMAS TECNICAS).

SI EXISTE DESACATO A CUALQUIER ORDENAMIENTO DE LA SECOFI RELACIONADO CON SU ACTIVIDAD.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 8
COMPLEMENTO

SISTEMAS DE TIERRAS: BAJA TENSION

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

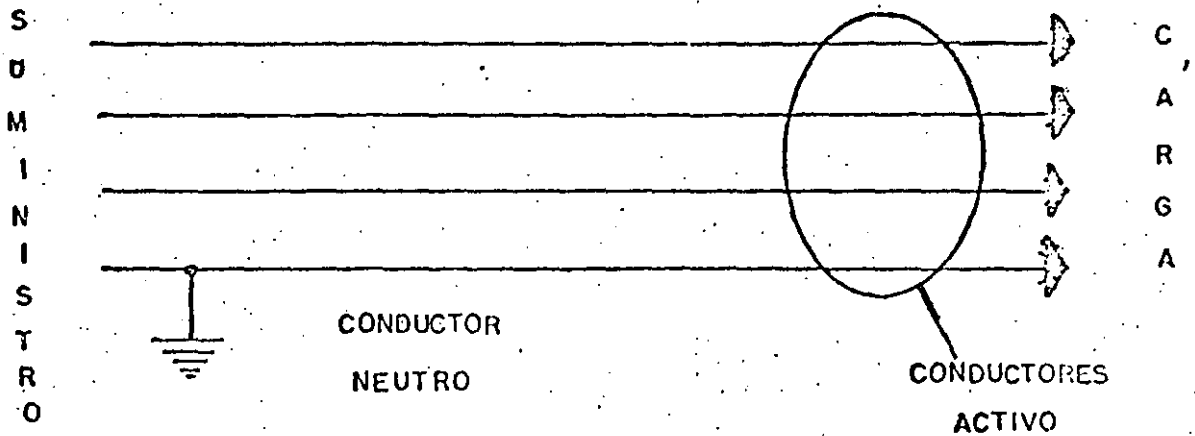
SEPTIEMBRE, 1985.

SISTEMA DE TIERRAS

	PAGINA
- CONEXION A TIERRA DE SISTEMAS ELECTRICOS	2
- SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA QUE REQUIEREN CONECTARSE A TIERRA	7
- SISTEMAS DE CORRIENTE DIRECTA QUE REQUIEREN CONECTARSE A TIERRA	8
- PUESTA A TIERRA DE LAS PARTES METALICAS - NO CONDUCTORAS DE CORRIENTE	13
- ELECTRODOS DE TIERRA	19
- PUENTE DE UNION	23

SECCION 206 CONEXION A TIERRA

10.1. - CONEXION A TIERRA DEL SISTEMAS ELECTRICOS



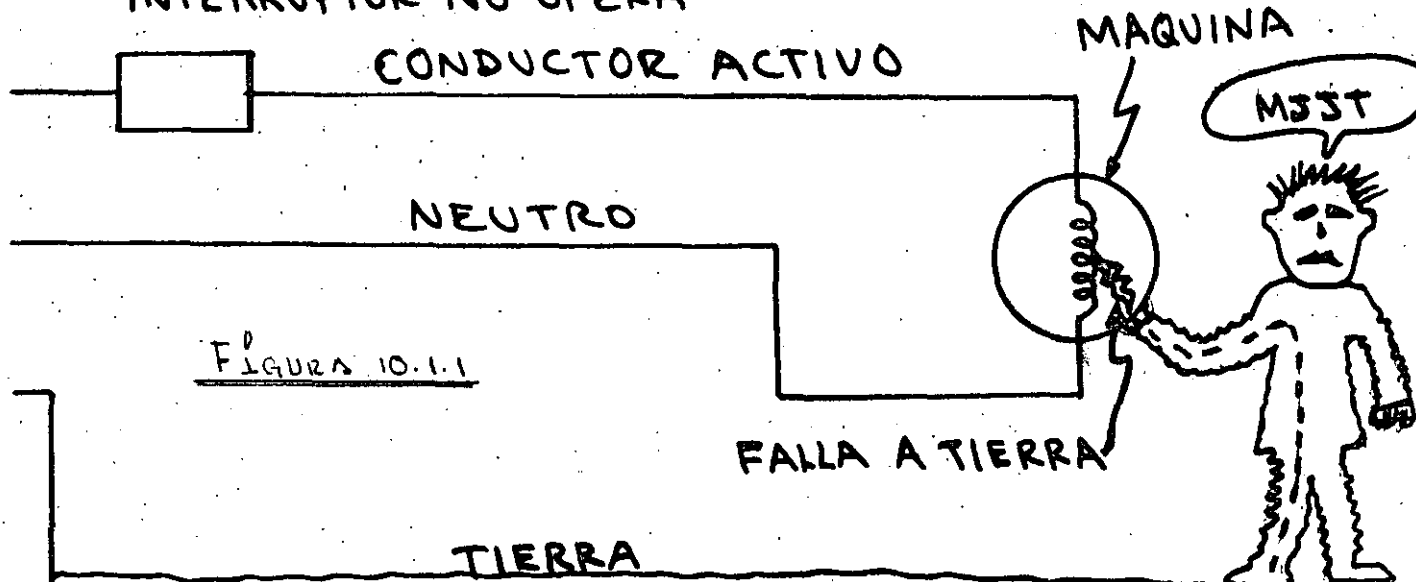
OBJETIVOS: CONEXION A TIERRA DEL SISTEMA ELECTRICO

- _ Limitar las sobretensiones causadas por los rayos.
- _ Limitar las sobretensiones transitorias internas - (switchero, maniobras, etc,)
- _ Evita las sobretensiones causadas por contacto con lineas de mayor tension.
- _ Limita la tension a tierra (seguridad para el personal, el usuario y los aparatos de la instalacion)
- _ Facilita la operacion de las protecciones contra fugas a tierra. - Ver Figura 10.1.1 y 10.1.2.

IMPORTANCIA DE LA CONEXION A TIERRA

EQUIPOS NO CONECTADOS A TIERRA

INTERRUPTOR NO OPERA

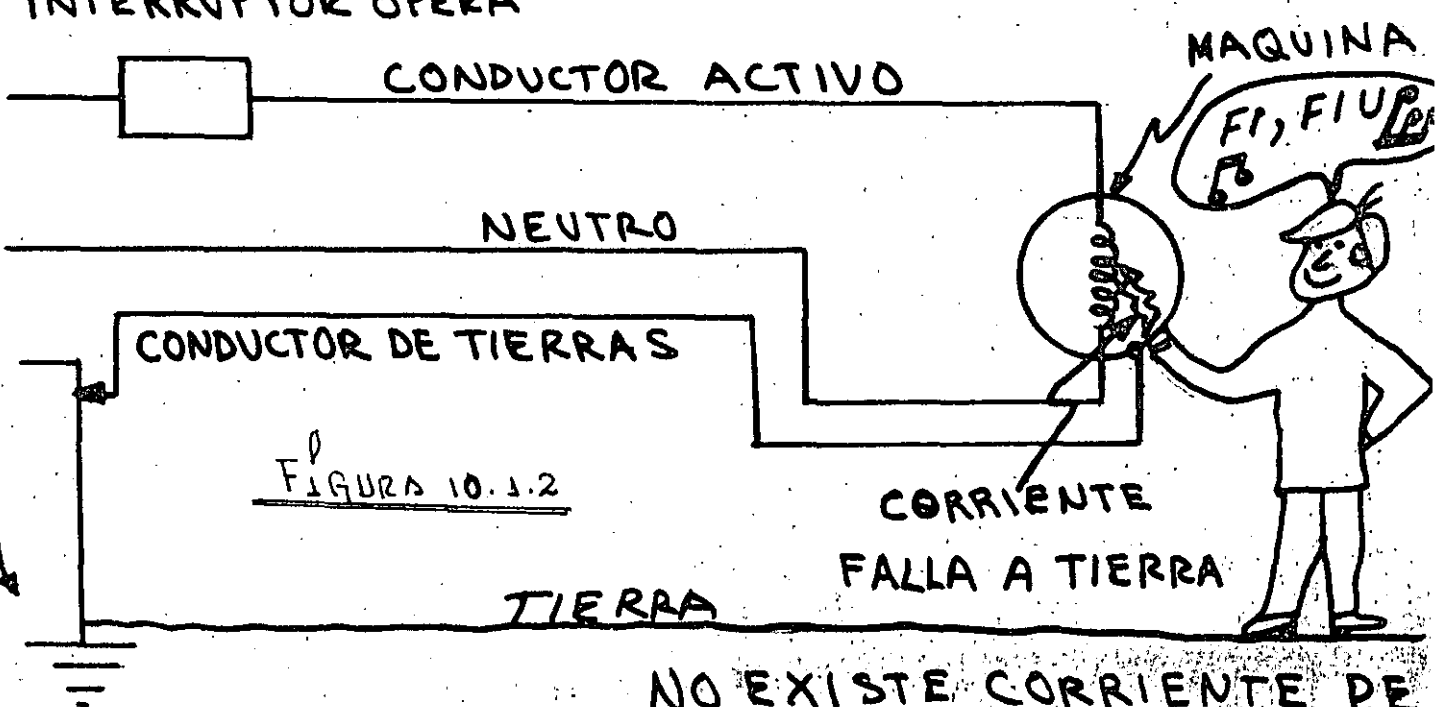


CONEXION A TIERRA
EN LA ACOMETIDA

CORRIENTE DE FUGA A TIERRA
PELIGRO DE MUERTE

EQUIPOS CONECTADOS A TIERRA

INTERRUPTOR OPERA



NO EXISTE CORRIENTE DE
FUGA A TIERRA
NO HAY PELIGRO

10.2. - La conexión a tierra de los sistemas debe hacerse de tal forma que no circulen corrientes inconvenientes por los conductores de puesta a tierra. Artículo 206.11.

- . No deben considerarse como inconvenientes a las corrientes momentáneas de descarga a tierra, cuando los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección.

10.3. - En un sistema secundario de suministro puesto a tierra, cada servicio individual debe tener una conexión a tierra a un electrodo de tierra. Artículo 206.13.

- . Esta conexión debe hacerse en la entrada del servicio, en el lado de abastecimiento del medio de desconexión principal y no en el lado de la carga. Ver Figuras 10.3.1 y 10.3.2

- . Es recomendable interconectar al electrodo mencionado anteriormente, el conductor puesto a tierra del sistema de suministro.

CONEXION A TIERRA DE VARIOS SERVICIOS

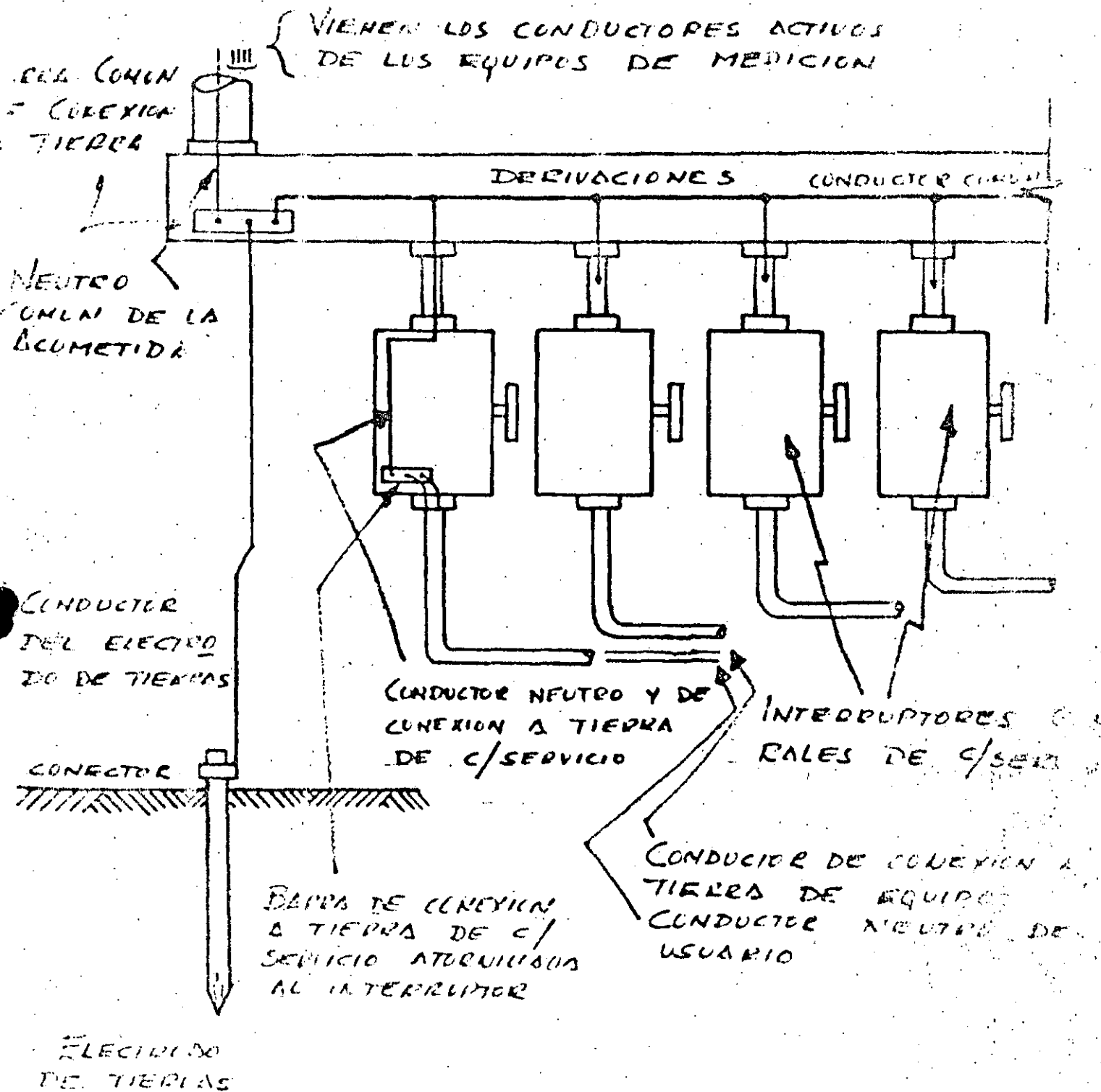
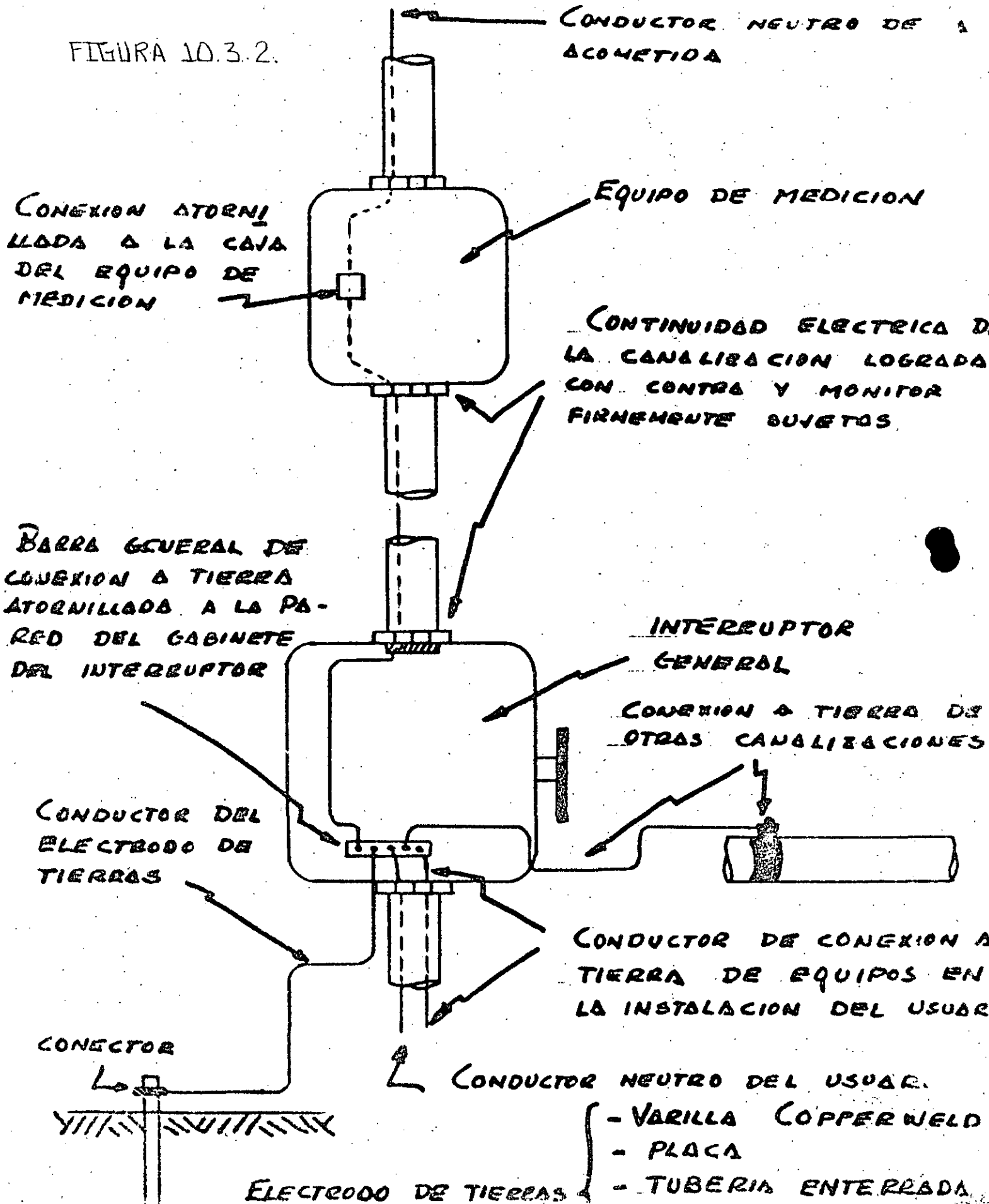


FIGURA 10.3.1.

CONEXION A TIERRA DE UN SERVICIO

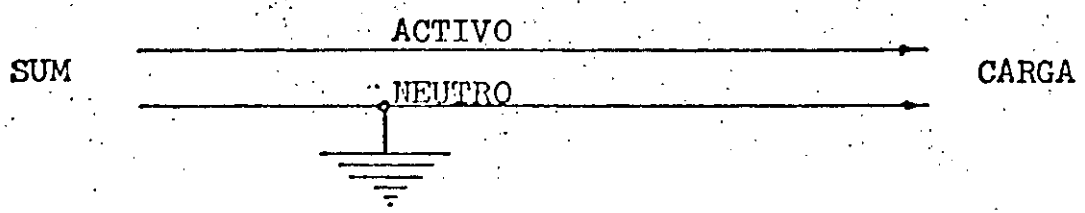
FIGURA 10.3.2.



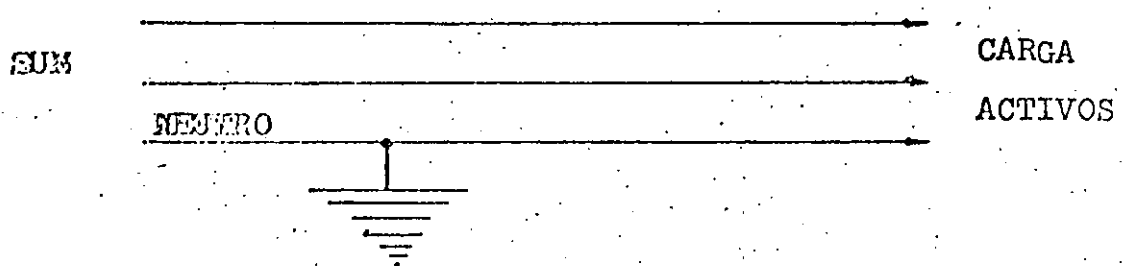
10.4-ART. 206.5 SISTEMAS QUE REQUIEREN CONECTARSE A TIERRA. - C.A.

a). - Sistemas de 50 hasta 1000 Volts.

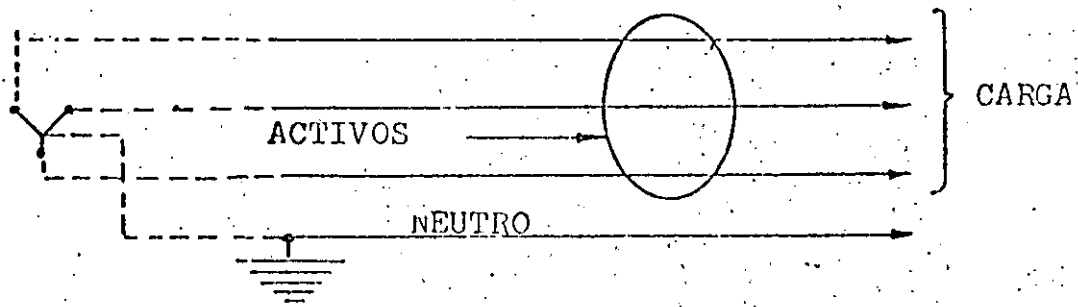
- SISTEMA MONOFASICO 127 V (1 ϕ , 2H)



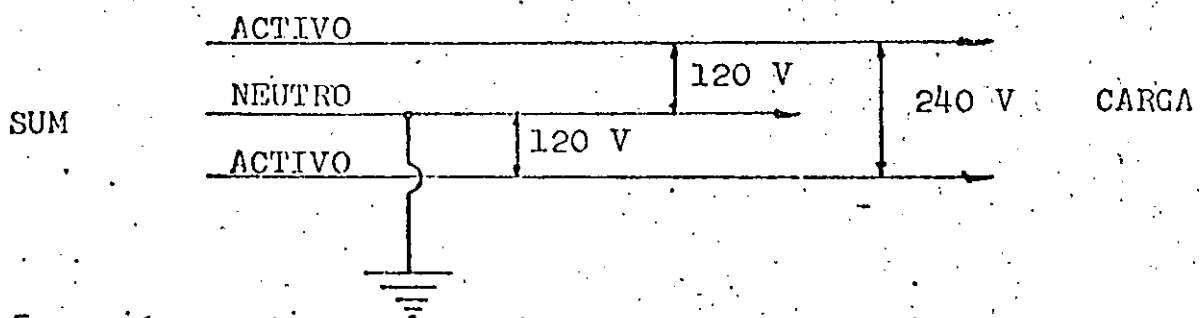
- SISTEMA BIFASICO 220 V (2 ϕ , 3H)



- SISTEMA TRIFASICO ESTRELLA DE 220 V, 440 V y 480 V



- SISTEMA MONOFASICO 240/120 V (1 ϕ 3H)



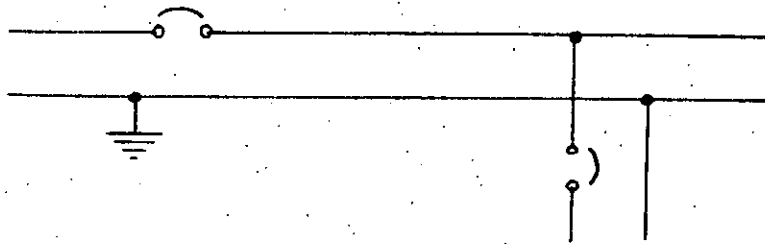
Excepción - Sistemas eléctricos usados exclusivamente para alimentar hornos industriales de fundición, refinado, etc., no requieren ser puestos a tierra.

b). - Sistemas de más de 1000 Volts. - solamente si alimentan equipo portátil.

c). - Una instalación de utilización que tenga un conductor puesto a tierra, solo puede conectarse eléctricamente a una red de alimentación que tenga, a su vez, un conductor puesto a tierra. Los dos conductores deben estar conectados entre sí.

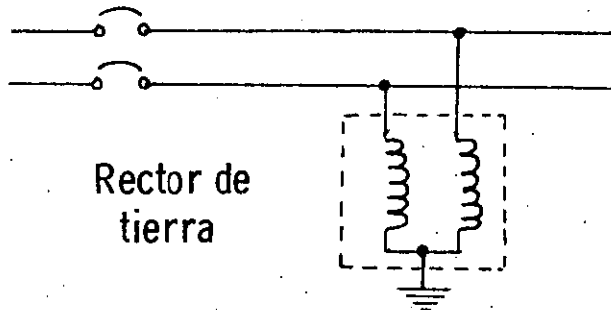
10.5.- Los sistemas de corriente directa que deben conectarse a tierra son:
(Artículo 206.4).

a). - Sistemas de 2 hilos.



Excepto bajo los siguientes casos:

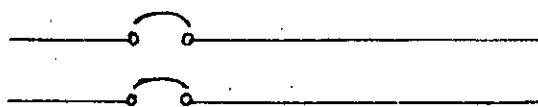
- Equipo con detector a tierra:



Reactor de tierra

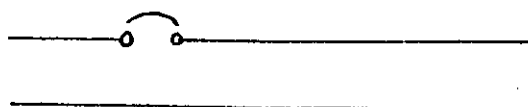
Sistema de equipo industrial en una area limitada

- Sistemas de 50 Volts ó menos entre conductores:



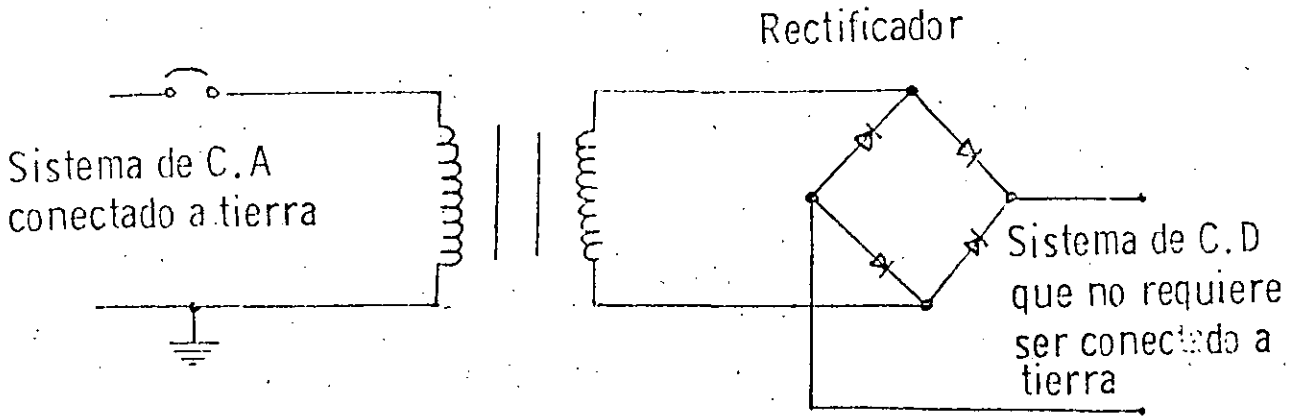
50 Volts o menos entre conductores

- Sistemas sobre 300 Volts entre conductores:



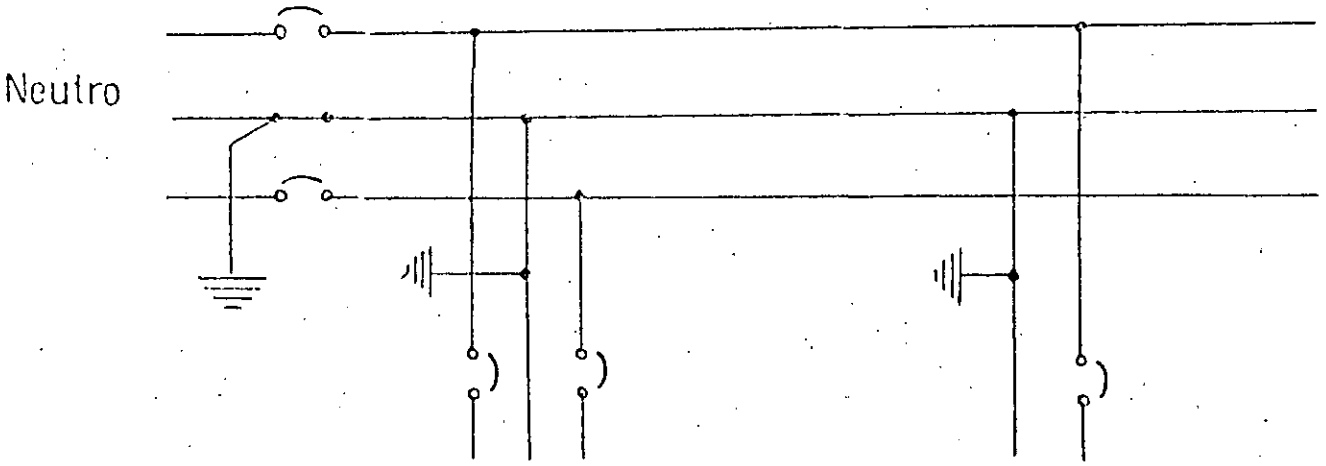
Más de 300 Volts entre conductores

- Los rectificadores para un sistema de corriente directa derivado de un sistema de corriente alterna.



b) . - Sistemas de tres hilos.

El conductor neutro de este sistema, en una red de distribución debe conectarse a tierra, junto con las derivaciones que este conductor abastezca.



10.6. - Circuitos que no deben estar conectados a tierra. Artículo 206.6

a). - Circuitos que alimenten a los conductores de contacto de - grúas viajeras ó equipo similar - ubicadas en lugares de - clase III de la Sección 501. - (Fibras o pelusa combustible).

b). - Circuitos de menos de 50 Volts.

Excepto si se alimentan de un transformador cuyo primario está conectado a una tensión mayor de 150 Volts a tierra.

10.7. - El conductor de puesta a tierra para un sistema de corriente directa, no debe ser más delgado que el de mayor calibre utilizado en el mismo sistema. Artículo 206.56

En ningún caso el conductor de puesta a tierra debe ser más delgado que el calibre # 8 AWG. de cobre.

10.8. - El conductor de puesta a tierra para un sistema de corriente alterna no debe ser menor que el indicado a continuación para -- conductores de cobre. TABLA I - Artículo 206.57

Si se trata de otro material, su resistencia eléctrica no debe ser mayor que la equivalente al conductor de cobre correspondiente.

T A B L A 1

Calibre del conductor más grande de la acometida (o del alimentador general del servicio)

Calibre del conductor del electrodo de tierra.

AWG ó MCM (cobre)	AWG ó MCM (cobre)
2 ó menor	8
1/0	6
2/0 a 3/0	4
4/0 a 350 MCM	2
400 a 600 MCM	1/0
Más de 600 MCM a 1100 MCM	2/0
Más de 1100 MCM	3/0

Ver ejemplo 10.8. a y 10.8. b

10.9. - Conductor del electrodo de tierra. - Artículo 206.54 a) ver figura 10.3.1.

Debe ser:

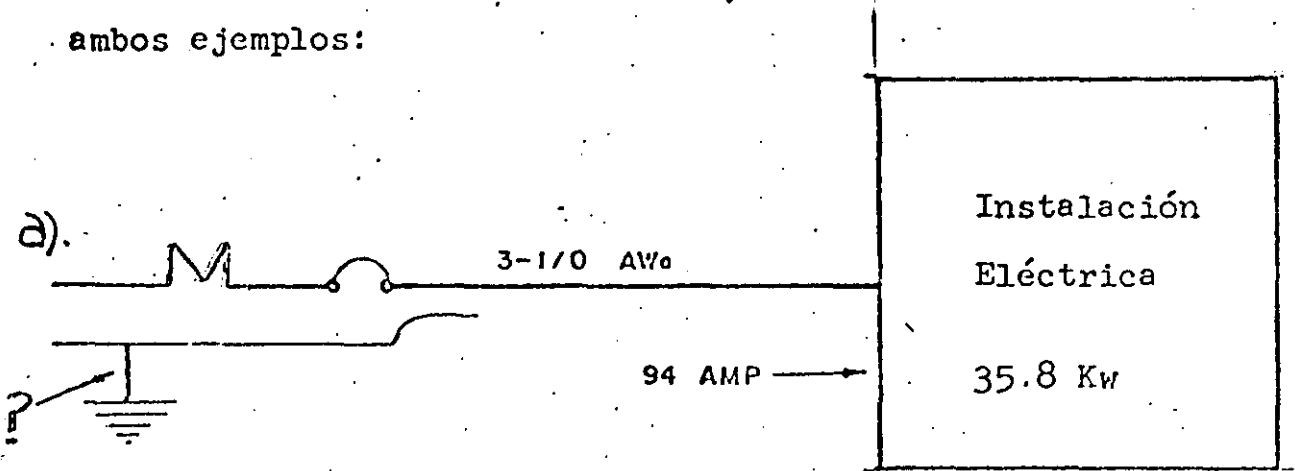
- De cobre
- De cualquier otro material conductor que no se corroa fácilmente.

Puede ser:

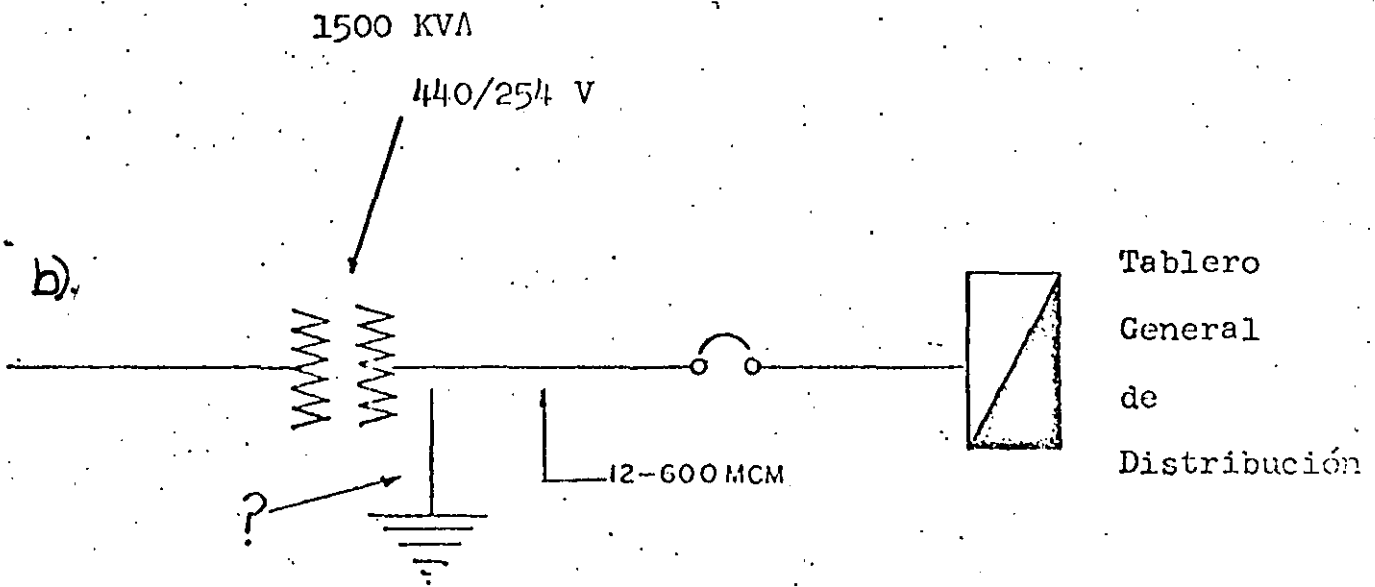
- Sólido
- Trenzado
- Aislado
- Desnudo

EJEMPLOS: 10.8

Seleccionar el conductor de conexión a tierra del sistema de ambos ejemplos:



Conductor seleccionado = 6 como mínimo



4-600 MCM/ fase = 2400 MCM/ fase

Conductor seleccionado = 3/0 como mínimo

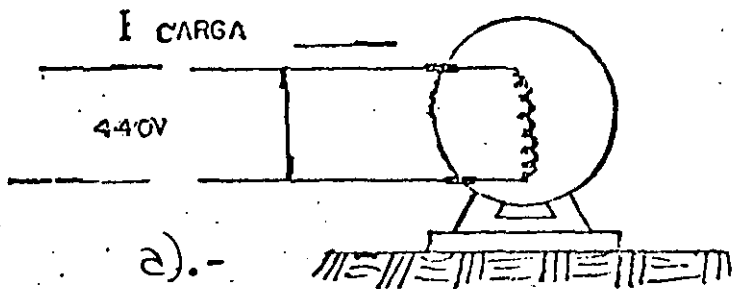
PUESTA A TIERRA DE PARTES METALICAS NO CONDUCTORAS

Figs. 10.11.

Talla. h. l. m. n. a. o.

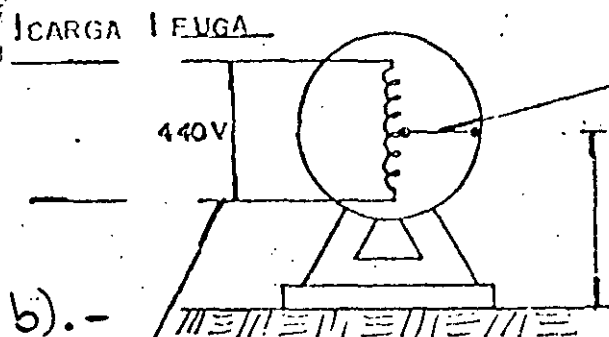
Objetivo Principal:

Evitar que, sobre partes expuestas exista un potencial elevado peligroso



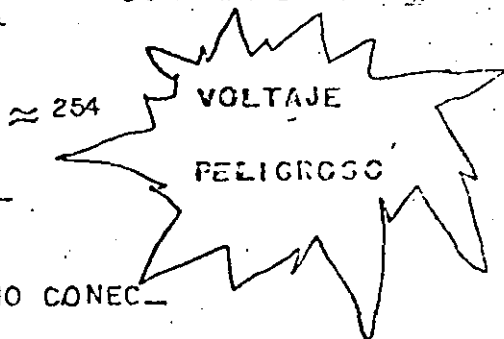
MOTORES EN OPERACION NORMAL.

1er. Caso
PROTECCION NO OPERA

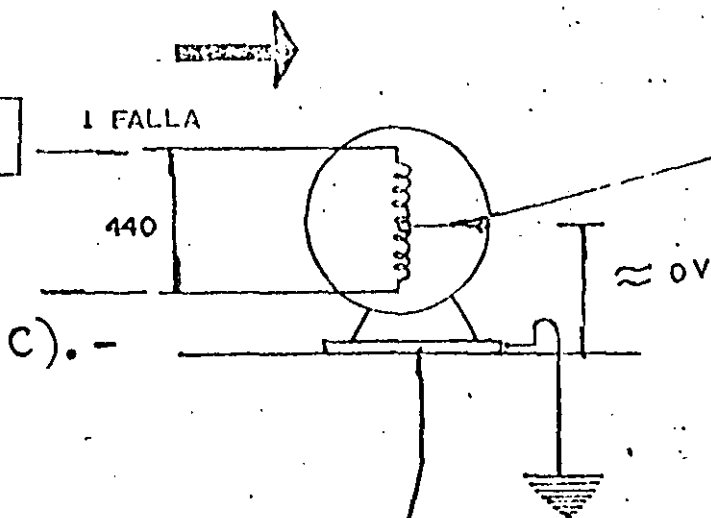


CARCAZA NO CONECTADA A TIERRA

CONTACTO ELECTRICO CON LA CARGA



2o. Caso
PROTECCION OPERA



CARGA CONECTADA A TIERRA

CONTACTO ELECTRICO CON LA CARGA

$\approx 0V$
VOLTAJE INOCUO

No deben hacerse conexiones ni empalmes en el conductor del electrodo de tierra.

10. 10. - Puesta a tierra de canalizaciones metálicas. - Artículo 206. 21

- Tubo Conduit
- Ducto con tapa
- Electroducto
- Charola
- Armadura de Cables

10. 11. -Puesta a tierra de equipo. - Artículo 206. 26 y 206. 27. fig. 10. 11

- Tensión mayor de 150 Volts a tierra.
- Equipo en lugares húmedos o mojados
- Equipos en áreas peligrosas
- Elevadores y Gruas
- Armazones de Generadores
- Tableros de piso y pared
- Anuncios luminosos
- Cubiertas, resguardos o divisiones metálicas.
- Equipos de proyección cinematográfica del tipo profesional
- Cuando dichas partes se encuentren dentro de una distancia de 2.50 metros, verticalmente, o de 1.50 metros, horizontales, con respecto a tierra u objetos metálicos puestos a tierra y estén expuestas a contacto de personas.

Ver ejemplo 10.11.1

10.12. - Equipo conectado mediante cordón y clavija. Artículos 206.29, -
202.10.

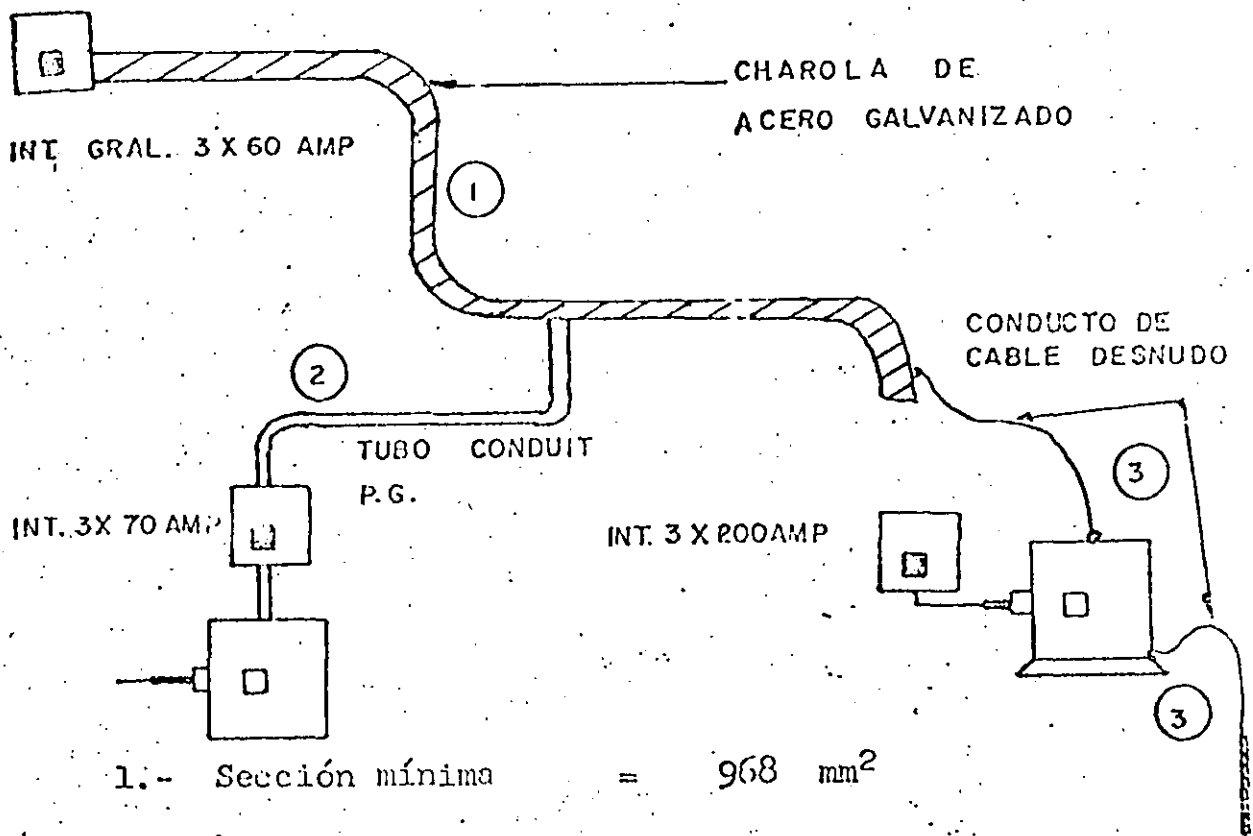
Los contactos que se emplean para la conexión de aparatos descritos posteriormente, deben ser del tipo de puesta a tierra. Ver figura 10.12.1.

- . Equipos de más de 150 Volts a tierra.
- . En lugares húmedos y mojados.
- . En lugares clasificados como peligrosos.
- . Refrigeradores y congeladores.
- . Aire acondicionado.
- . Lavadoras y secadoras de ropa.
- . Máquinas Lavaplatos.
- . Taladros, esmeriles y sierras.
- . Segadoras de pasto.
- . Pulidoras de piso.

10.13. - El conductor de puesta a tierra de los equipos, puede estar - -
constituido por alguno de los medios siguientes: Artículo - -
206.54.

Ejemplos: 10.11.1

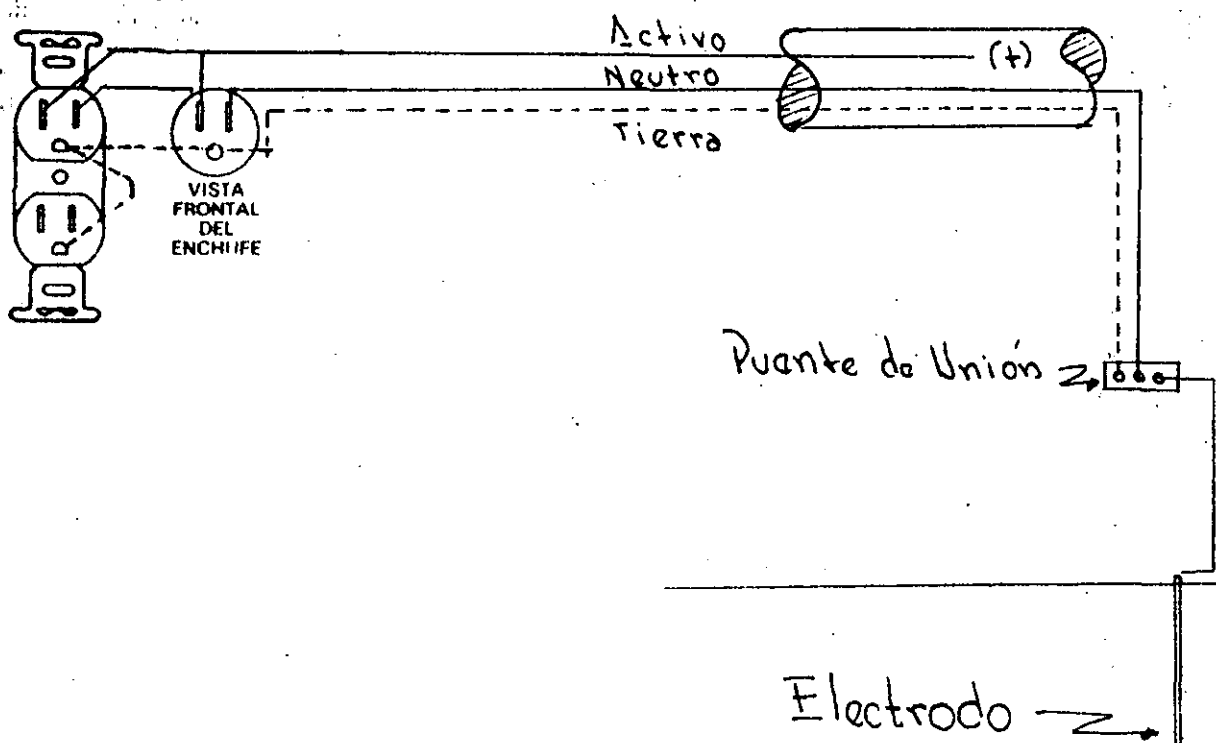
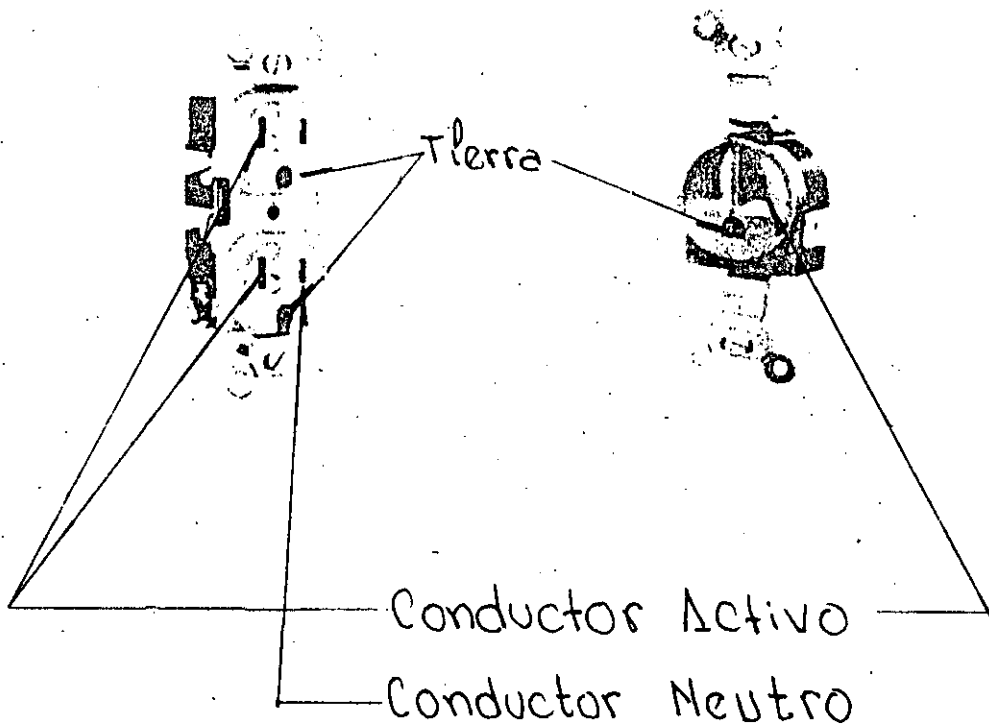
Seleccionar el conductor de puesta a tierra del equipo .



1.- Sección mínima = 968 mm²

2.- Diámetro mínimo = 25 mm ϕ

3.- Calibre mínimo = 6 AWG



Talla filmada

a). - Conductores

- . De cobre
- . De otro material que sea resistente a la corrosión.

- Puede ser:

- . Solidos (Alambre o barra)
- . Trenzado
- . Aislado
- . Desnudo

b). - Canalizaciones metálicas (aprobadas), excepto tubería flexible.

- . Charolas
- . Tubo metálico rígido
- . Ductos y electroductos.

c). - La cubierta metálica de cables blindados.

10.14. - instalación. - Artículo 206.55.

- Deben ser electricamente continuos, desde el punto de unión a las cubiertas ó equipos hasta el electrodo de puesta a tierra.

- Los conductores de puesta a tierra deben alojarse dentro de las canalizaciones donde viajan los activos.

EXCEPCION: En los circuitos de C. D. puede ir separado este conductor de puesta a tierra. Artículo 206.54.

10.15. - El conductor de puesta a tierra de los equipos no debe ser menor al indicado en la tabla II anexa. - Artículo 206.58

10.16. - Electrodo de Tierra. - Subsección G. -

a). - Electrodo Naturales. (Ver Figura 10.16.1)

. Tubería de agua fría. - Debe ser metal continua subterránea, no menor de 3 metros. - Artículo 206.46.

. Estructura metálica de un edificio si esta efectivamente puesta a tierra. - Artículo 206.47 a).

. Tubería metálica de revestimiento de un pozo profundo. - Artículo 206.47 c).

b). - Electrodo Artificiales. - Artículo 206.48. Ver Figura 10.16.2

. Electrodo de Placa

. Electrodo de Tubo

. Electrodo de Barra

10.17. - Resistencia de Electrodo Artificiales. - Artículo 206.49

. No debe ser mayor de 25 Ohms.

10.18. - Medios de conexión a electrodos. - Artículo 206.71.

El conductor del electrodo de tierra debe unirse con:

T A B L A II

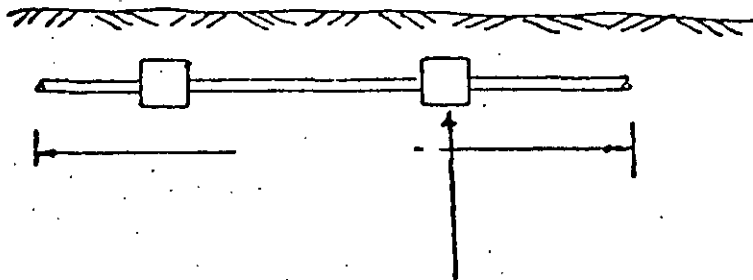
CALIBRE DE CONDUCTORES Y SECCION DE CANALIZACIONES PARA PUESTA A TIERRA DE PARTES METALICAS NO PORTADORAS DE CORRIENTE.

valor de la protección antes del equipo que requiere conectarse a tierra. no mayor de (amps)	calibre del conductor de puesta a tierra AWG o MCM	TUBOS CONDUCTORES.		CHAROLAS METALICAS	
		P.G. mm	P.D. mm	Acero mm ²	Aluminio mm ²
20 30 60	14 12 10	13 13 13	13 13 13	129 129 129	129 129 129
100 200 400	8 6 4	13 19 19	13 25 32	285 452 645	129 129 258
600 800 1000	2 1/0 2/0	25 25 32	32 51 51	968 para circuitos mayores de 600 amp. no es recomendable el uso de charolas de acero.	258 387 387
1200 1600 2000	3/0 4/0 250	32 51 para circuitos mayores de 1200 amp. no es recomendable el uso de tubos.			645 968 1290
2500 3000	350 400				

FIG. 10.16.1

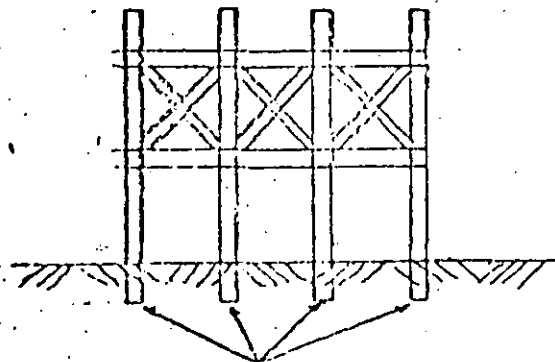
ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.

Electrodos naturales



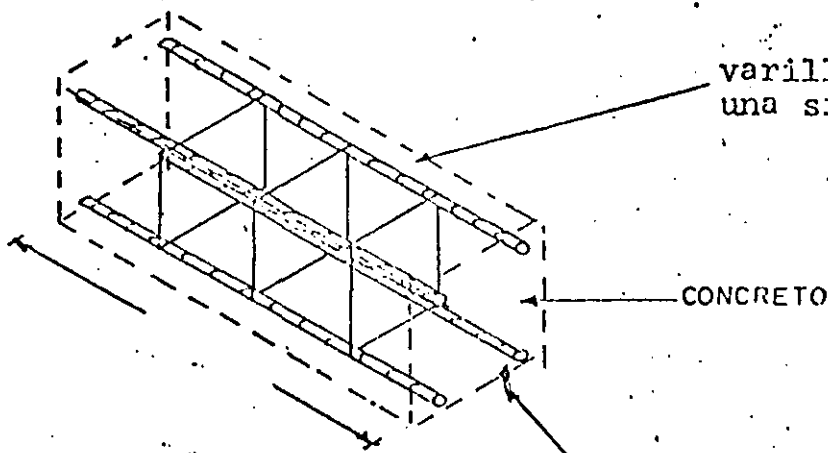
tubería metálica
subterránea de -
agua.

checa continuidad entre tramos



estructura metáli-
ca de un edificiõ

conexión efectiva a tierra

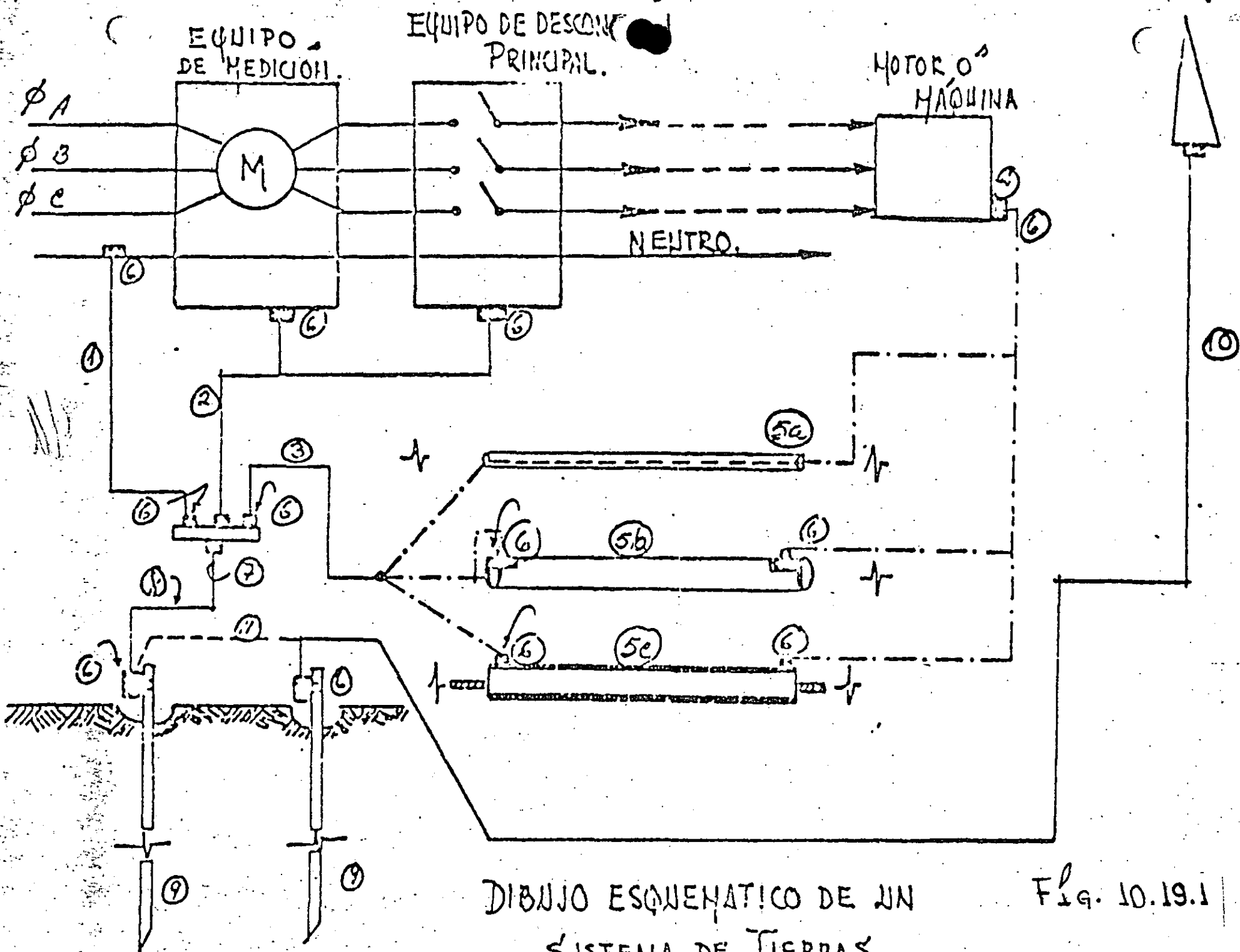


varillas de refuerzo de
una simentación.

CONCRETO

VARILLA DE 13 mm ϕ (1/2")

- Tubería metálica de revestimiento de un pozo profundo.
- Cañerías metálicas de drenaje
- Tanques metálicos enterrados.



DIBUJO ESQUEMATICO DE UN SISTEMA DE TIERRAS.

Fig. 10.19.1

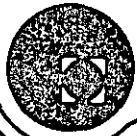
- ① CONDUCTOR DE CONEXIÓN A TIERRA DEL SISTEMA.
- ② CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE MEDICIÓN Y EQUIPO DE DESCONEJÓN PRINCIPAL.
- ③ CONDUCTORES PRINCIPALES DE PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO.
- ④ CARCASA O PARTES METÁLICAS NO CONDUCTORAS DE CORRIENTE, DEL EQUIPO QUE DEBA SER CONECTADO A TIERRA.
- ⑤ CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO QUE PUEDEN SER:
 - a) UN CONDUCTOR AISLADO O DESNUDO QUE TIENDA DENTRO DE LA CANALIZACIÓN O FUERA DE ELLA.
 - b) TUBO METÁLICO O RÍGIDO O DUCTOS METÁLICOS.
 - c) CUBIERTA METÁLICA DE CABLE ARJADO.
- ⑥ ACCESORIOS DE SUJECIÓN (ABRAZADERAS, UNIONES, ETC)
- ⑦ PUENTE DE UNIÓN PRINCIPAL.
- ⑧ CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA.
- ⑨ ELECTRODO DE TIERRA, QUE PUEDEN SER. °

NATURAL: TUBERIA METÁLICA DE AGUA, DRENAJE, REVES-TIMIENTO, ETC.

ARTIFICIAL: BARRA, TUBO, PLACA. ETC.

(10) CONDUCTOR "DE BAJADA" DEL PARARAYOS.

(11) CONEXIÓN DEL PARARAYOS AL ELECTRODO DE TIERRA DEL SISTEMA Y DEL EQUIPO (NO EN TODOS LOS CASOS ES POSIBLE).



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 9

PRESUPUESTO, COSTOS UNITARIOS Y CONTROL DE OBRAS

ING. JOSE A. MARTINEZ M.

SEPTIEMBRE, 1985.

CONTROL DE OBRAS.

A) Controles de Campo:

- 1.- Estudio de un proyecto para su construcción y montaje.
- 2.- Desglose de un proyecto (Incisos).
- 3.- Presupuesto.
- 4.- Plan de trabajo detallado para la ejecución de la obra.
- 5.- Planeación y programación de la obra (Ruta Crítica).
- 6.- Libro de Campo.
- 7.- Normas de instalación y sus ventajas.

B) Controles de Avance y Costo:

- 1.- Métodos para recabar la información de hombre-hora y costo.
- 2.- Costos directos, costos indirectos, costos totales.
- 3.- Avances.

C) Aplicaciones:

- 1.- Problema de selección de diseño (Teoría de Decisiones).
- 2.- Problema de optimización de transportes de materiales (P. del Agente Viajero).
- 3.- Presupuesto y Control de obras por módulo (Costos Norma).
- 4.- Control de personal por computadora.
- 5.- Control de información por computadora.

- 1-a Estudio de un proyecto para la construcción y --
montaje.

La palabra PROYECTO tenía en el pasado un sentido más_ reducido que el que se le da actualmente. Anteriormente con siderábamos como proyecto a un conjunto de diseños únicamen te. La influencia de la literatura de habla inglesa que se - relaciona con el tema, ha ampliado su significado de la pala bra y su sentido actual que sin duda ya ha tomado carta per manente de naturaleza, es el de diseño y desarrollo conjun-- tos.

Un proyecto es cualquier tarea que tiene un principio_ y un fin definibles y que requiere el empleo de uno o más re cursos, en cada una de las actividades separadas, pero inter dependientes que deben ejecutarse para alcanzar los objeti-- vos del proyecto.

Los proyectos pueden se cíclicos, como el de fabrica-- ción en serie de un producto industrial o no cíclicos, como_ la construcción de una nueva fábrica. Los sistemas de admi nistración de proyectos que vamos a estudiar se aplican bás_i camente a los proyectos no cíclicos, existiendo otros siste mas más adecuados para controlar los proyectos cíclicos.

Un proyecto es normalmente el producto del trabajo con junto interdisciplinario de profesionales y especialistas de-

muy diversas ramas. La metodología que aquí vamos a estudiar es especialmente adecuada para lograr la coordinación de los esfuerzos de todos los participantes de un proyecto, con el objeto de alcanzar en forma adecuada las metas comunes.

La planeación y programación de cualquier proyecto en sus diversas etapas de desarrollo, requiere de un proceso de aproximaciones sucesivas. Durante el avance del mismo es necesario llevar a cabo un trabajo permanente de planeación y programación que conduzca en todo momento el camino mejor para el éxito del proyecto.

1.1 Etapas generales de un proyecto.-

Un proyecto se genera con una idea y el propósito de un promotor, ya sea un individuo o una organización, de llevarla adelante. El primer paso necesario para el desarrollo del proyecto es la asignación de un presupuesto que haga posible la realización de los estudios previos que a su vez permitan determinar cuál es la mejor forma de alcanzar los propósitos que se generaron con la idea.

Aprobado el presupuesto y disponiéndose de los fondos necesarios para llevar a cabo los estudios, la primera etapa del proyecto consiste en la definición del problema a resolver y el planteamiento de sus diferentes alternativas de solución, definiendo al mismo tiempo un modelo de decisión que nos permita comparar adecuadamente las alternativas y elegir la mejor.

La etapa anterior constituye lo que se acostumbra a denominar: Evaluación de un proyecto. Una vez terminada la evaluación y tomada la decisión de elegir una determinada alternativa de solución, comienza propiamente la administración.

Las etapas principales de la administración de un proyecto son las siguientes:

- ++ Preparación de la ingeniería de detalle.
- ++ Solución y adquisición del equipo principal.
- ++ Construcción y montaje del proyecto.
- ++ Pruebas y puesta en servicio.
- ++ Entrega a operación normal.

Como vemos un proyecto tiene cuatro funciones principales que son: Ingeniería, adquisiciones, construcción, pruebas y puesta en servicio. Estas funciones se realizan en parte en forma secuencial y en parte en forma paralela y tienen un conjunto importante de permanentes interrelaciones. El éxito de la administración del proyecto, depende fundamentalmente de la capacidad de realizar adecuadamente cada función, pero al mismo tiempo de la habilidad de coordinarlas todas en base a los objetivos y metas del proyecto en su conjunto.

1.2 Planeación y programación de un proyecto.-

No debemos olvidar que al hablar de la planeación y programación de un proyecto nos estamos refiriendo a la etapa de realización del mismo, después de que ya se ha terminado el proceso de evaluación.

Tomemos por objeto la previsión del futuro con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad, para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo determinado y de acuerdo con ciertas políticas establecidas. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

La planeación la podemos dividir en: Estratégica y Táctica. En la planeación estratégica se toman decisiones que tienen efectos más permanentes y que son más difíciles de cambiar y tienen repercusiones a plazos más largos; la planeación táctica por otra parte, se realiza para acciones a corto plazo y más fácilmente cambiables. Ambos tipos de planeación son necesarios y complementarios.

En términos generales se acostumbra dividir a la planeación en cuatro rangos: A corto, mediano, largo plazo y prospectiva. La duración de cada uno de estos rangos es variable con la rama de actividad en la que se realiza la planeación y del dinamismo con que dicha rama se desarrolle.

La Programación.-

Es la etapa final de la planeación, ya que con los factores establecidos en ésta, se procede a realizar el programa detallada de cada una de las actividades que se van a realizar, que quedarán finalmente establecidas con fechas de calendario claramente determinadas. Esta es la Programación.

Es importante tener en cuenta el realizar los dos procesos anteriores que una obra puede terminarse en tiempos -- muy disímiles dependiendo de la forma y la cantidad en que se utilicen los recursos disponibles. Al hacer un programa para realizar un Proyecto el objetivo fundamental que se persigue es el de terminarlo con la mayor CALIDAD y con el menor TIEMPO Y COSTO posibles.

Revisión periódica de la planeación y programación.-

Nunca debe olvidarse que los proyectos son dinámicos y que cualquier sistema de planeación y programación de los mismos tiene que serlo también. Muchas personas creen que todo termina con la preparación de un buen programa, que se pasa al personal técnico y administrativo para su ejecución. Esto es un gran error. Desde luego es mejor hacer un buen programa una sola vez que no hacer ninguno y avanzar en la obra a base de improvisación e intuición, pero no es suficiente.

La periodicidad de revisión de los programas detallados del Proyecto dependen básicamente del tipo de éste y de las restricciones internasy externas del mismo y en forma -- muy especial de la variabilidad con el tiempo de dichas restricciones y de la incertidumbre de su ocurrencia.

Haciendo un resumen muy conciso de los diferentes métodos utilizados para el control de proyectos, podemos clasificarlos esquemáticamente de la siguiente manera:

- 1) Experiencia, Intuición, Memoria.
- 2) Diagramas de Barras.
- 3) Diagramas de Flechas, Ruta Crítica.
- 4) Combinación de Diagramas de Flechas y Estadística.
- 5) Planeación conjunta de Diseños, Entrega de materiales y equipo y Construcciones.
- 6) Aplicación de Ingeniería de Sistemas.

Todos estos caminos llevan a un solo resultado: PREVISION Y CONTROL, tenerlos nos permiten conocer en cualquier proyecto y en cualquier momento, los siguiente:

- a) Qué es lo que hay que hacer.
- b) Cuándo va a realizarse y cuánto se va a tardar en hacerlo.
- c) Qué ha sido ya hecho.
- d) Qué se está haciendo.
- e) Qué falta por hacer.
- f)Cuál es el costo de lo realizado hasta la fecha y cuánto se estima que costará ejecutar lo que falta por hacer.

Para lograr estos controles que son totalmente indispensables para el buen manejo de los proyectos, el empleo de computadoras electrónicas representa un poderoso auxiliar -- que hace posible en la actualidad tener los controles citados en forma adecuada, por grande que sea el proyecto que se trata de controlar.

Cuando se pone un proyecto en nuestras manos para su realización debemos estudiarlo con todo detalle, para conocer perfectamente qué vamos a hacer, dónde lo vamos a hacer y cuándo se requiere que lo hagamos y cuáles son sus restricciones.

1.3 Pasos de la Planeación.-

Para una mejor comprensión de los pasos necesarios para llevar a cabo la planeación de un proyecto, vamos a analizar inicialmente los que se siguen en la administración de una empresa tradicional y de allí derivaremos en forma natural los pasos correspondientes que es necesario dar, para establecer la planeación de un proyecto.

Los pasos característicos de la planeación en una empresa tradicional son los siguientes:

- 1.- Establecimiento de objetivos generales.
- 2.- Establecimiento de metas cualitativas y cuantitativas para cada parte de la organización.
- 3.- Establecimiento de políticas estratégicas referentes a:
 - Principales líneas de productos.
 - Estructura de la organización.
 - Mercadotecnia.
 - Precios.
 - Finanzas.
 - Relaciones Laborales.

Investigación y desarrollo.

Ingeniería.

Las estrategias anteriores se proporcionan al diseñador de los sistemas de control gerencial, para que a partir de las mismas establezca los procedimientos y los métodos de control, estableciendo procedimientos y un sistema de información para anticipar errores, desviaciones y fallas en el plan, con objeto de prevenirlos o corregirlos en forma permanente.

El establecimiento de las estrategias forma parte de la FORMULACION DE POLITICAS, en oposición a la ADMINISTRACION. La formulación de políticas se refiere a la planeación a largo plazo. La administración a las operaciones corrientes.

La elección de la estructura de la organización cae en el ámbito de la planeación estratégica, aunque está parcialmente determinada por las consideraciones del control.

Las actividades repetitivas como preparación de listas de raya, inventarios, distribución y producción de la línea, requieren muy poca planeación una vez que los procedimientos para llevar a cabo las actividades han sido preparados y aprobados. En este caso los sistemas administrativos se enfocan predominantemente sobre análisis de variancia.

1.4 Nacimiento de un Proyecto.-

Como se establece en la teoría de la administración, -

Las actividades administrativas son:

- ++ La Planeación
- ++ La Organización
- ++ La Integración
- ++ La Dirección
- ++ El Control

Las actividades anteriores se llevan a cabo durante el proceso de administración de un proyecto nuevo, en la forma siguiente:

1.- La Planeación.- Establecimiento de objetivos y metas generales del proyecto.

Estimación de los recursos generales necesarios:

Humanos

Financieros

Tecnológicos

Establecimiento de la estructura de la organización, existiendo las siguientes alternativas:

- a) Con recursos propios existentes.
- b) Con recursos propios parcialmente nuevos
- c) Con la misma estructura organizativa o con modificaciones menores.
- d) Con una nueva estructura.
- e) Con recursos de organización ajenas, total o parcialmente.

Análisis de los efectos que el nuevo proyecto va a tener en el futuro funcionamiento de la empresa.

2.- La Organización.- Establecimiento de la estructura que va a controlar el proyecto y sus relaciones con la organización existente:

Funciones:

Ingeniería

Construcción

Administración

Encargándose la Administración de:

Controles de materiales y equipo

Finanzas

Lista de Raya

Caja

Adquisiciones

Transportes

Control de contratistas

Capacitación, Etc.

Dentro de la actividad de organización que se distribuye entre las diferentes funciones, está la de preparar los manuales de organización y de procedimientos.

3.- La Integración.- Juntas de trabajo para formar equipo.

Participación del personal que estará a cargo del proyecto en la planeación de éste.

Juntas periódicas de revisión del avance de las diferentes áreas del proyecto, con el propósito adicional de mantener la integración.

Formación de comités específicos de personal de las tres funciones citadas, para la realización de determinadas tareas.

4.- La Dirección y el Control.- Establecimiento de los sistemas de retroalimentación para conocer el estado de avance de las actividades y los problemas surgidos, fuera de los planes establecidos.

Revisión periódica de las rutas críticas.

Preparación de curvas, reportes gráficos y preparación de información estadística del cumplimiento de todas las tareas, por excepción, en relación con:

- a) Avance de Obra.
- b) Entrega de planos e instructivos.
- c) Entrega de equipos, materiales y herramientas.
- d) Información sobre la contratación de personal.
- e) Informes de costos.
- f) Informes de egresos.
- g) Estadísticas del personal.

- h) Estadísticas de accidentes de trabajo.
- i) Informes periódicos del avance del proyecto.
- j) Informes de pruebas de equipos.
- k) Informes del seguimiento de equipos en fábrica.
- l) Informes y estadísticas de equipo de transporte.

1.5 Fases de la Administración de Proyectos.-

La Administración de proyectos puede tener muy diferentes fases, según la importancia del mismo y según el organismo en que se origine. Además es muy común que en un proyecto se combine la acción de muy diferentes organizaciones - que pueden jugar muy diferentes papeles en el desarrollo del mismo.

Partiremos de los casos más simples, para llegar a los más complejos. El caso más desarrollado lo representa un organismo completo de diseño y construcción que está organizado para el control de muchos proyectos simultáneamente y en que se están manejando el mismo tiempo proyectos en diversas etapas de su desarrollo.

La primera etapa la representa una empresa que decida su ampliación, a escala menor. En este mismo caso existen diferentes alternativas. La primera es que el Departamento que tenga que ver más con el proyecto se haga cargo de la dirección del proyecto, nombrando un Administrador del Proyecto, el cual tendrá autoridad para el desarrollo y puesta en servicio de las nuevas instalaciones. En todos los casos deberemos

analizar quien va a encargarse de las áreas principales del --
proyecto, éstas son:

Ingeniería del Proyecto.

- ++ Diseño conceptual.
- ++ Especificaciones del equipo principal.
- ++ Ingeniería de detalle.
- ++ Adquisición del equipo principal.
- ++ Adquisición del equipo complementario.
- ++ Preparación del Plan de la Obra.
- ++ Preparación de los programas generales, para la --
coordinación de la ingeniería, las adquisiciones y
entregas, la construcción y el montaje.

Construcción.

- ++ Preparación del libro de campo para la construcción.
- ++ Adquisiciones de los equipos, herramientas y mate-
rial de consumo. Seguimiento
- ++ Contratación del personal.
- ++ Establecimiento de los sistemas de control.
- ++ Realización de la construcción y el montaje.

Entrega a operación o producción.

- ++ Pruebas y puesta en servicio.
- ++ Operación inicial de las instalaciones.
- ++ Recpección de las instalaciones para su operación
y mantenimiento normales.

++ Preparación del Libro de Montaje.

Este Administrador del Proyecto coordinará los diferentes trabajos que tendrán que realizar los otros departamentos de la empresa en una forma equivalente a como funciona un subcontratista y complementará los recursos necesarios ya sea contratando personal propio o contratistas que a su vez podrán hacer todo el trabajo ellos mismos o con la ayuda de subcontratistas.

En cualquiera de las alternativas citadas se deberá procurar que los departamentos funcionales no se distraigan de sus labores fundamentales, este hecho dará la medida de la posibilidad de que colaboren con el proyecto.

Si la empresa tiene otros proyectos podrá en principio seguir el mismo método, nombrando otros Administradores de proyectos. Sin embargo, al ir aumentando la importancia y la variedad de los proyectos será conveniente analizar la conveniencia de cambiar la forma de organización.

En cualquiera de los casos puede que a una empresa le convenga desarrollar más una fase del proyecto para lo cual se encuentre mejor preparada, por ejemplo la Ingeniería, creando una Gerencia de Ingeniería para atender todos los nuevos proyectos que se están desarrollando y contratando la construcción y el montaje a otras empresas contratistas. O puede ser que el área que le convenga desarrollar sea la construcción y

el montaje creando una Gerencia de Construcción.

Nace así como siguiente paso un organismo de ingeniería y construcción, nombrando residentes de construcción para cada obra, que se encargan de llevar a cabo la realización del proyecto que coordina un organismo central. Sin embargo, esta organización puede también evolucionar hacia una organización descentralizada, con un Gerente General de Construcción que tiene Gerentes o Subgerentes funcionales, como son Gerente: Civil, Mecánico, Eléctrico, etc., y lo mismo en el área de Ingeniería.

Es muy común también para empresas de ingeniería y construcción muy desarrolladas que exista un organismo central de ingeniería y de apoyo a la construcción, pero el control de los proyectos se realicen en forma descentralizada. Para ello se nombra un Administrador del proyecto que coordina los trabajos en general y quien tiene la responsabilidad total del proyecto, incluyendo, ingeniería y construcción, teniendo el apoyo logístico de una Gerencia funcional de abastecimientos. Para el control de las obras se nombra un Gerente de Construcción quien es responsable del proyecto en el sitio y con quien colabora un gerente administrativo.

Las relaciones, las líneas de autoridad y las coordinaciones pueden ser muy variadas, cambiando entre unas organizaciones y otras.

En estos casos es muy conveniente el empleo de los criterios de:

- Normalización.
- Especialización.
- Mecanización.
- Prefabricación.
- Modulación.

1-b Desglose de un proyecto por incisos:

Una vez que se conocen las características generales de un proyecto, es necesario proceder a la preparación del DESGLOSE DEL PROYECTO como paso preliminar para el análisis detallado del mismo y para el establecimiento de los controles técnicos y administrativos de avances, de hombres-horas, de recepción de equipos y materiales, etc., o sea que, en general, el desglose nos permite establecer los planes para el control de la calidad, el costo y el tiempo del proyecto.

Como ejemplo de lo anterior se puede poner la lista siguiente que formaría parte del desglose del proyecto de una subestación de alta tensión:

- 2 000 Obra Eléctrica
- 2 100 Transformadores de potencia
- 2 110 Vías de maniobra

- 2 120 Instalación de los transformadores
- 2 130 Instalación del transformador extra
- 2 140 Reactores de los neutros
- 2 200 Interruptores de potencia
- 2 210 De 85 kv
- 2 220 De 23 kv

- 2 300 Cuchillas desconectadoras
- 2 310 De 85 kv
- 2 320 De 23 kv
- 2 330 Portafusibles

1.- INTRODUCCION.-

En esta sección veremos el método de Ruta Crítica que --
consiste en forma fundamental en lo siguiente:

1) Es una herramienta del coordinador de proyectos que
sirve para definir y coordinar las actividades que deben de --
ser realizadas para cumplir con éxito y a tiempo, los objeti-
vos y metas del proyecto.

2) Es una técnica que ayuda en la toma de decisiones, --
pero no toma las decisiones por sí misma.

3) Existen dos alternativas básicas en el uso de la Ru-
ta Crítica que se analizarán con más detalle después: El C.P.
M. (Critical Path Method) y el P.E.R. (Program Evaluation and
Review Technique). La diferencia fundamental entre los dos -
procedimientos es que el primero asigna tiempos determinísti-
cos a las actividades del proyecto y el segundo asigna tiem--
pos aleatorios, basándose en la distribución BETA.

4) Es un método que permite al coordinador del proyecto
dirigir su atención hacia:

- a) Los problemas latentes que requieren solución.
- b) Los procedimientos y ajustes en lo que se refiere -
al tiempo, los recursos el mejoramiento de la efi-
ciencia, que permitan mejorar la capacidad que se -
tiene para cumplir con los objetivos propuestos.

Los pasos para Planear y Programar un proyecto son los siguientes:

1) Hacer una relación cuidadosa del trabajo a efectuar, a partir de los planos, especificaciones, memorias y condiciones del proyecto.

2) Separar el trabajo en sus partes principales, analizando que CALIDAD se requiere en cada una de ellas.

3) Hacer el estudio de métodos, tiempos y movimientos de cada una de las actividades a realizar, para encontrar el procedimiento más adecuado para llevar a cabo cada actividad y -- conocer la suma de recursos que se van a necesitar para su -- ejecución, asignando TIEMPOS a cada actividad finalmente.

4) Establecer la secuencia lógica necesaria entre las diferentes actividades.

5) Asignar los RECURSOS disponibles a las diferentes -- actividades.

6) Calcular las fechas límite de inicio y terminación -- de todas y cada una de las actividades del proyecto.

7) PROGRAMACION de las fechas de inicio y terminación -- de cada una de las actividades, dentro de sus límites de tiempo, y de acuerdo con los RECURSOS disponibles.

8) Analizar el tiempo total resultante para dar terminación total del proyecto o de una de sus partes, si así se requiere para ver si es mayor, igual o menor que el requerido. En caso de que el resultado no sea satisfactorio hacer una nueva Planeación y Programación.

9) Calcular los costos Directos e Indirectos del proyecto. En caso de que el costo no se considere adecuado, hacer una nueva planeación y programación o llegar a la conclusión de que el proyecto no es factible.

Diagramas de Flechas.-

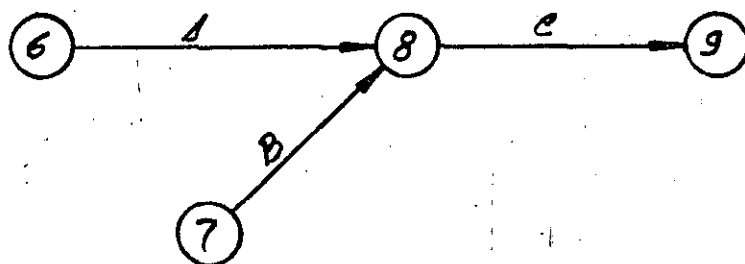
El Diagrama de Flechas es un modelo lógico del programa. En este diagrama cada flecha representa a una diferente actividad. La longitud de cada flecha no tiene importancia ni tampoco su dirección. La cola de la flecha representa el principio de la actividad y su punto el fin de la misma. Como se trata de un modelo lógico, la escala con que se dibuje el tamaño de la flecha no tiene importancia.

Para sacar provecho de los diagramas de flechas en necesario prepararlos siguiendo una serie de convenciones y reglas. Unos autores recomiendan unas, otros recomiendan otras y la práctica otras más, habiendo en conjunto muchas reglas comunes en las que todos están de acuerdo.

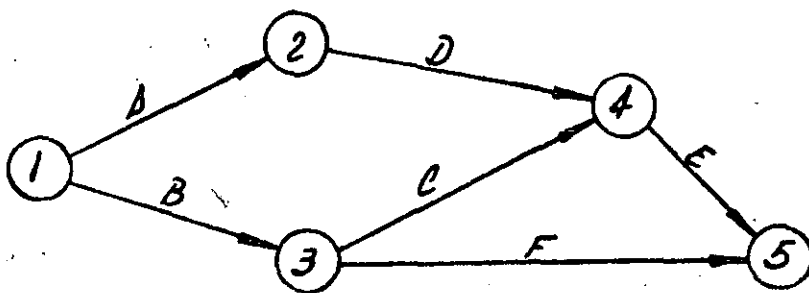
Estas reglas, por otra parte, van cambiando con el tiempo, a medida que se van desarrollando nuevos métodos o se

crean nuevos programas para la solución de estos problemas, -- por medio de computadoras electrónicas. En nuestro caso las -- reglas que van a ser empleadas son las siguientes:

Regla 1ª. Las actividades se representan por medio de flechas. Las actividades quedan limitadas por nodos o EVENTOS que son acontecimientos que tienen lugar cuando terminan una -- o varias de las actividades que concurren a ese nodo o evento.



Regla 2. Se usa una flecha y sólo una para repre-- sentar cada actividad, no teniendo ninguna importancia ni sig-- nificación la longitud, la forma y el sentido de cada flecha. La cola representa el comienzo de la actividad y la punta -- el final de la misma.

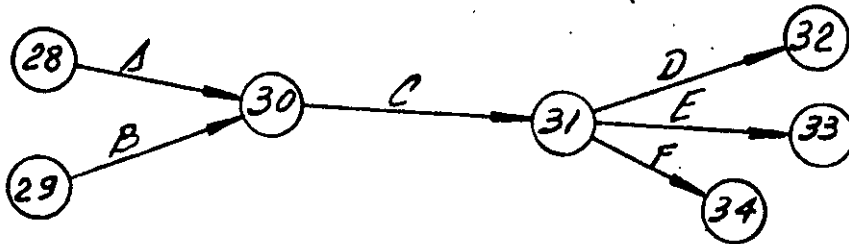


Regla 3. Cada flecha o actividad quedará denominada de acuerdo con el nodo que la antecede y que la precede y la descripción de la actividad se coloca sobre la flecha misma.

En el diagrama anterior la actividad "A" se denomina (1-2).

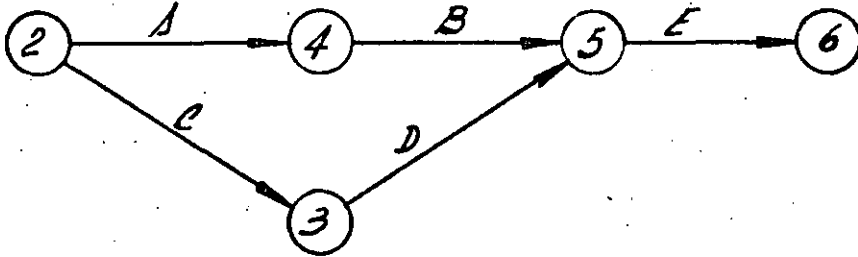
Regla 4. Para dibujar el diagrama de flechas de un proyecto lo más práctico es dibujar todas las flechas correspondientes a las actividades iniciales y avanzar hacia adelante, siguiendo la lógica del programa y estableciendo sistemáticamente todas las relaciones lógicas que existen entre las diversas actividades, hasta llegar a la actividad final.

Regla 5. A los nodos en que concurren más de una actividad se les denomina "CONCURRENTES" y a aquellos de los que parten más de una actividad, se les llama DIVERGENTES.

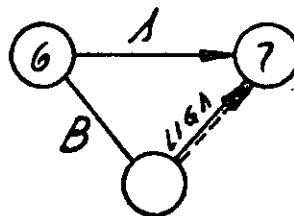
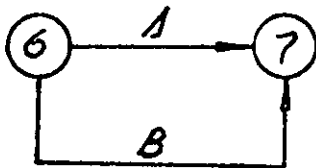


Regla 6. Antes de que una actividad pueda comenzar se deben haberse terminado todas las actividades que concurren al nodo donde dicha actividad comienza. Así, por ejemplo, en la figura siguiente la actividad (5-6) no puede ser comenzada -

mientras no se terminen las actividades (4-5) y (3-5).

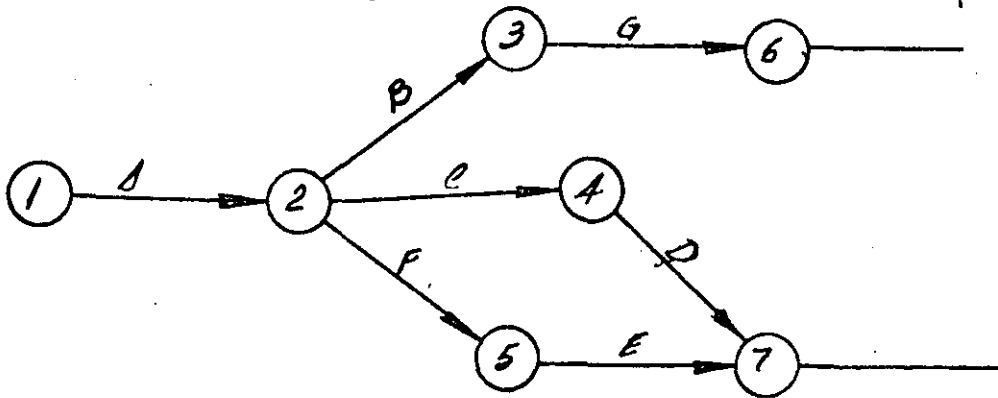


Regla 7. Como según la Regla 2 no podemos representar a dos actividades con los mismo números y en muchos casos ocurre que hay dos actividades y sólo dos que comienzan en un mismo nodo y terminan en un mismo nodo, se utilizan las "FLECHAS DE LIGA", adicionales, que no tienen duración, pero sí tienen utilidad para dar una secuencia lógica al diagrama de flechas.



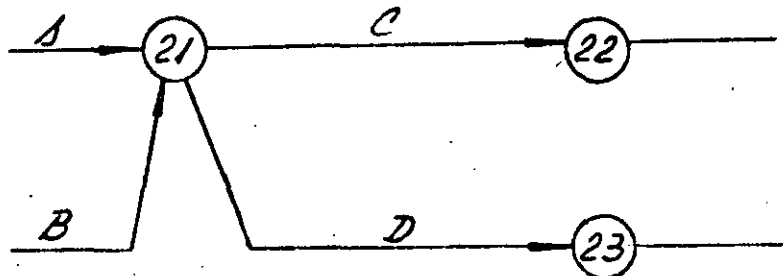
Regla 8. En algunos casos es conveniente poner el prin

cipio de todo un diagrama de flechas una flecha de tiempo de iniciación o que corresponda a actividades previas del proyecto en sí. A esta flecha se le puede asignar o no, según convenga, un tiempo posteriormente.

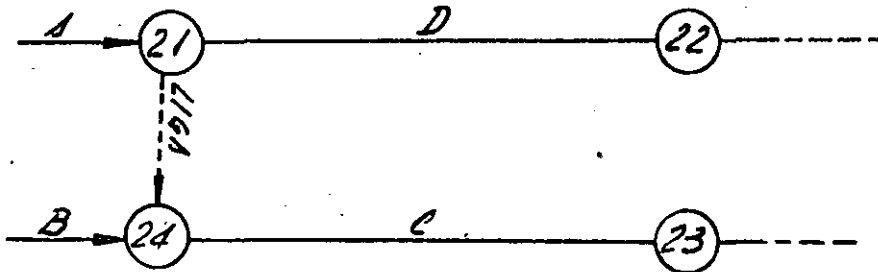


Regla 9. Cuando se hace un diagrama de flechas debe tenerse especial cuidado en que las secuencias lógicas sean correctas. Es muy común cometer errores a este respecto.

Tenemos, por ejemplo, el caso de que exista una actividad "C" que depende de dos actividades "A y "B" y una actividad "D", que depende exclusivamente de la actividad "A". Es fácil cometer un error dibujando el diagrama, como indica la figura siguiente.



La forma correcta de dibujar el diagrama es diseñarlo -- tal como se indica a continuación, utilizando una flecha de li-- ga, para dar la secuencia lógica.



Al realizar un proyecto existen siempre diferentes for-- mas, a veces muy disímiles, de llevarlo a cabo. La prepara-- ción del diagrama de flechas y la programación posterior de -- las actividades nos permiten estudiar en el papel los diferen-- tes caminos posibles de ejecución, antes del comienzo real de los trabajos, pudiéndose así escoger la mejor solución sin ne-- cesidad de realizar costosas experiencias prácticas para encon-- trarlo.

Por otra parte, como los diagramas de flechas sirven -- fundamentalmente para coordinar los trabajos de un proyecto, es indispensable que en la preparación de los mismos partici-- pen , con VOZ y VOTO, los sobrestantes, ingenieros o administra-- dores que vayan a controlar los trabajos que se estan progra-- mando. En esta forma, al tener una participación directa y -- viva en la preparación del programa, lo sentirán como suyo y --

se interesarán más activamente en su realización y se sentirán más responsables del cumplimiento de las fechas establecidas.

ASIGNACION DE TIEMPOS A LAS ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

La asignación de tiempos a las actividades del diagrama se puede ir haciendo a medida que se dibuja cada flecha, o --- bien, se puede terminar el diagrama completo para establecer - todas las secuencias lógicas y, entonces, asignar la duración_ a cada actividad.

En páginas anteriores hemos indicado cuál es el proceso que debe seguirse para Planear y Programar el proyecto y allí se indicó que la duración de cada actividad se deberá, básicamente de los recursos que decidamos utilizar para su realización.

Cuando se utiliza el método conocido como C.P.M. la asignación de los tiempos se hace basándose en la experiencia de las personas que realizan la planeación, considerando que ya - han participado en actividades similares la considerada y que - pueden estimar con bastante aproximación el valor medio que -- tendrá dicha actividad.

Hay, por otra parte, ciertos tipos de proyectos como, por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos o de investigación, en los que hay mucha incertidumbre acerca de la posible duración.

de las actividades. Para resolver este problema, se ha desarrollado una solución estadística, que es la base del Sistema "PERT" y se funda en que la distribución de probabilidades de los tiempos de duración de actividades con mucha incertidumbre, sigue la distribución conocida como "DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES BETA", la que para ser utilizada requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad.

El tiempo optimista. Es el tiempo menor en que se estima que determinada actividad puede ser realizada o sea, el tiempo que tomaría realizarla si todo sucediera mejor de lo esperado.

El tiempo más probable. Es la mejor estimación del tiempo en que pueda realizarse una actividad, si todo ocurre normalmente.

El tiempo pesimista. Es el tiempo mayor que se estima que puede durar la actividad, o sea, el tiempo que tomaría si todo saliera mal. No debe considerarse en estos casos la posibilidad de catástrofes.

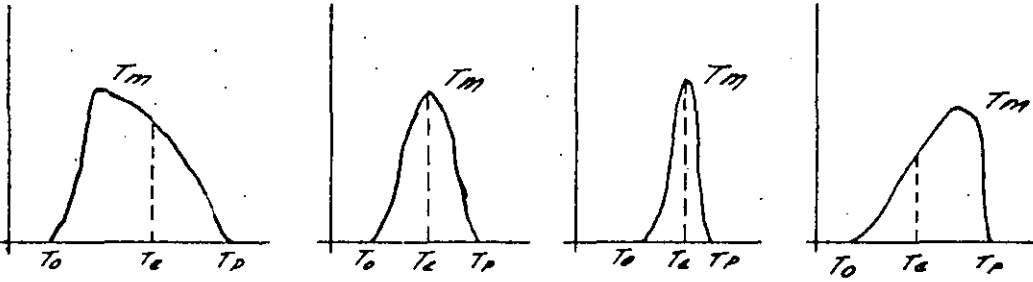
Cuando se hacen estimaciones de tiempo como las tres indicadas, se están estableciendo curvas de distribución de probabilidades como las que se indican en las figuras siguientes, donde;

T_o = al tiempo optimista.

T_m = al tiempo más probable.

T_p = al tiempo pesimista.

T_e = al tiempo esperado o medio.



Las posiciones relativas de T_e , T_m , y T_p , en las curvas de distribución, dependen lógicamente de los valores numéricos que hayan sido dados por el programador.

El valor de T_e para cualquier tipo de distribución como los aquí estudiados es:

$$T_e = \frac{T_0 + 4T_m + T_p}{6}$$

INCERTIDUMBRE Y VARIANCI

Cuanto mayor sea la separación entre el tiempo optimista y el pesimista, mayor será la incertidumbre acerca del tiempo en que realmente se ejecutará la actividad. El concepto ---

VARIANCIA nos da una medida de la incertidumbre.

Cuando la VARIANCIA es grande hay mayor incertidumbre acerca de cual será el tiempo real de realización de una actividad.

Por otra parte, la duración de una actividad es una variable aleatoria, cuya distribución de probabilidad tiene características que dependen del grado de control que se tenga de los factores que intervienen en la ejecución de la actividad.

Una actividad bien controlada tiene una Variancia chica y se tiene una menor incertidumbre acerca del tiempo real en que va a realizarse.

Al calcular los diagramas de flechas, cualquiera que sea el método que se use para dar valor a la duración de las actividades, siempre se trabaja con un solo valor, ya sea el directamente estimado o el calculado como tiempo medio, usando el sistema del PERT.

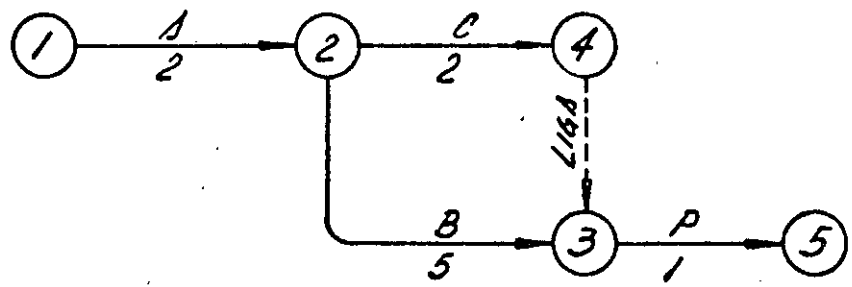
CALCULO DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Antes de proceder al cálculo de un Diagrama de flechas es conveniente definir algunos términos que se usarán en los cálculos.

t = tiempo directamente estimado o tiempo medio calculado a base de T_o , T_m y T_p .

- FMP = Fecha más próxima en que puede ocurrir un evento.
- FML = Fecha más lejana en que puede ocurrir un evento.
- CMP = Comienzo más próximo de una actividad o sea, la -- fecha más próxima en que puede comenzar.
- CML = Comienzo más lejano de una actividad, o sea, la --- fecha más lejana en que puede comenzar.
- TMP = Terminación más próxima de una actividad, o sea, -- la fecha más próxima en que puede terminar.
- TML = Terminación más lejana de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede terminar.
- MT = Margen total de tiempo o tiempo flotante total.
- ML = Margen libre de tiempo o tiempo flotante libre.
- MI = Margen independiente , o tiempo flotante indepen--- diente.

Para mejor comprender el proceso de cálculo vamos a considerar el diagrama elemental que se indica a continuación, en el que hemos sustituido la descripción de las actividades, por una letra mayúscula.



En este caso el evento inicial lo hemos denominado (1) y a éste le corresponde un tiempo cero. En esta forma los tiempos, que pueden ser días, horas, minutos o cualquiera otra unidad de tiempo, se calculan como las edades de las personas, ya que se considera que un niño no tiene un año sino hasta que no ha transcurrido el primer año.

El cálculo de los tiempo del diagrama de flechas se hace recorriendo ésta actividad por actividad, sin dejar ninguna, -- hasta llegar al evento final, en un camino de recorrido hacia adelante. Después se completan los cálculos haciendo, como -- veremos un recorrido semejante, pero en sentido contrario, desde el evento final hasta el inicial.

RECORRIDO HACIA ADELANTE.

Las reglas que deben reguirse para el cálculo del diagrama de flechas, en el recorrido hacia adelante son las siguientes:

- 1) La fecha más próxima en que puede ocurrir el evento inicial se hace igual a cero.

$$FMP = 0, \text{ para el evento inicial.}$$

- 2) Se considera que cada actividad comienza en cuanto el evento anterior correspondiente tiene lugar, o sea, $CMP \text{ de una actividad} = FMP \text{ del evento que la precede.}$

- 33
- 3) En los nodos concurrentes, la flecha más próxima en que puede ocurrir el evento correspondiente al nodo en cuestión, es la fecha alejada de las terminaciones más próximas de todas las actividades que ocurren a este nodo.

FMP = Fecha más próxima de un evento, es la más alejada de las terminaciones más próximas ($TMP_1, TMP_2, \dots, TMP_n$), para un evento concurrente, con n actividades que concurren.

Aplicando esta reglas al diagrama de la página 22 - tenemos:

Nodo 1. Hacemos $FMP_1 = 0$

Actividad A, (1-2).-

$$CMPA = FMP_1 = 0$$

$$TMPA = CMPA + t = 0 + 3 = 3$$

Nodo 2. $FMP_2 = 3$, ya que antes del nodo 2 -- existe únicamente la actividad "A"

A continuación podemos seguir los cálculos por cualquiera de las dos rutas posibles, por 2-3, ó por 2-4; en este caso seguiremos por 2-3.

Actividad B, (2-3).-

$$CMPB = FMP_2 = 3$$

$$TMPB = CMPB + t = 3 + 2 = 5$$

Nodo 3. $FMP_3 = TMPB = 5$

Actividad D, (3-5).-

$$CMPD = FMP_3 = 5$$

$$TMPD = CMPD + t = 5 + 1 = 6$$

Actividad C, (2-4).-

$$CMPC = FMP_2 = 3$$

$$TMPC = CMPC + t = 3 + 4 = 7$$

Nodo 4. $FMP_4 = TMPC = 7$

Actividad E, (4-5).-

$$CMPE = FMP_4 = 7$$

$$TMPE = CMPE + t = 7 + 2 = 9$$

Nodo 5. FMP_5 es el mayor de los tiempos $TMP_{_}$ de las actividades (3-5) y (4-5) que concurren a este nodo.

Por lo tanto $FMP_5 = 9$

Actividad F, (5-6).-

$$CMPF = FMP_5 = 9$$

$$TMPF = CMPF + t = 9 + 2 = 11$$

Nodo 6. $FMP_6 = TMPF = 11$

EL VALOR DE FMP_6 NOS DA LA DURACION TOTAL DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

En el caso que se pone como ejemplo, si se cumplen los tiempos de ejecución planeados, la duración total del proceso será de 11 unidades de tiempo.

- 17 -

30

RECORRIDO HACIA ATRAS.

El objetivo que se persigue al recorrer el diagrama de -- flechas en sentido contrario al anterior es el de calcular la -- fecha más lejana en que puede tener lugar cada evento y las fechas de terminación más lejana de las actividades del diagrama.

Para hacer estos cálculos se hacen las siguientes consideraciones:

- 1) La fecha más lejana en que puede tener lugar el --- evento final, debe ser igual a la fecha más próxima que se calculó en el recorrido hacia adelante.

Es decir:

$$FML_6 = FMP_6 = 11$$

- 2) El comienzo más lejano de cualquier actividad es -- igual a la fecha más lejana de evento que la sucede menos la duración de la actividad en cuestión.

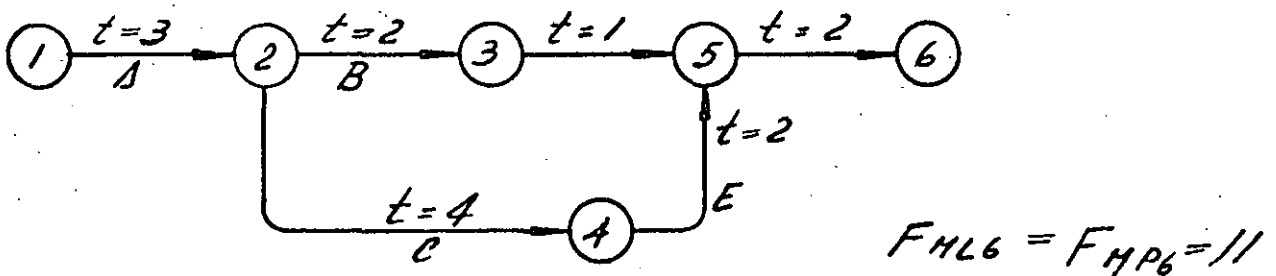
$$TML \text{ (De una actividad)} = FML \text{ (Del evento -- posterior).}$$

$$CML \text{ (De una actividad)} = TML \text{ (De la misma act.)} - t = FML - t$$

- 3) La fecha más lejana en que puede ocurrir un evento es la más cercana de las fechas de comienzo más lejano de las actividades que salen de este evento.

FML (De un evento) = a la más cercana de la fechas más lejana de comienzo de las actividades que se originan en dicho evento ($CML_1, CML_2, \dots, CML_n$) para n actividades.

Para mejor comprensión de las reglas vamos a aplicarlas al mismo ejemplo anterior:



Nodo 6. Hacemos $FML_6 = FMP_6 = 11$

Actividad F, (5-6).-

$$TMLF = FML_6 = 11$$

$$CMLF = TMLF - t = 11 - 2 = 9$$

Nodo 5. $FML_5 = CMLF = 9$

Actividad D, (3-5).-

$$TMLD = FML_5 = 9$$

$$CMLD = TMLD - t = 9 - 1 = 8$$

Actividad E, (4-5).-

$$TMLE = FML_5 = 9$$

$$CMLE = TMLE - t = 9 - 2 = 7$$

Nodo 4. $FML_4 = CMLE = 7$

Nodo 3. $FML_3 = CMLD = 8$

Actividad B, (2-3).-

$$TMLB = FML_3 = 8$$

$$CMLB = TMLB - t = 8 - 2 = 6$$

Actividad C, (2-4).-

$$TMCL = FML_4 = 7$$

$$CMLC = TMCL - t = 7 - 4 = 3$$

Nodo 2. La fecha más lejana en que puede ocurrir este evento es la menor de las fechas n comienzo más lejano de las actividades B y C.

Por lo tanto: $FML_2 = 3$

Actividad A, (1-2).-

$$TMLA = FML_2 = 3$$

$$CMLA = TMLA - t = 3 - 3 = 0$$

Este resultado final de $CMLA = 0$, nos sirve de probación de los cálculos, ya que $FMP_1 = FML_1 = FML_1 = 0$ en el evento --

inicial; de la misma forma que $FML_6 = FMP_6$ en el evento final.

CALCULO DEL MARGEN TOTAL, PARA CADA ACTIVIDAD.

El Margen Total es igual a la diferencia entre la fecha -- más lejana del Evento sucesor de una actividad y la fecha de -- terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = FML - TMP$$

El Margen Total es, por lo tanto, el tiempo que puede retrasarse cualquier actividad, sin que se afecte el Comienzo más próximo o la fecha de ocurrencia de cualquier actividad o evento, del Camino Crítico del diagrama de flechas.

La definición anterior es equivalente a decir que el Margen Total es igual a la diferencia entre la Terminación más lejana y la Terminación más próxima de una actividad, o entre el Comienzo más lejano y el Comienzo más próximo de la misma.

$$MT = TML - TMP = CML - CMP$$

El Margen Total es el número de unidades de tiempo que -- faltan para que la actividad se vuelva crítica.

El Margen Total es, en general, el número de unidades de tiempo que puede tomar adicionalmente el tiempo de realización de una actividad, sin causar un retraso, o sea, sin aumentar,

la fecha esperada de cualquier evento que se encuentre en la Ruta Crítica.

En nuestro ejemplo anterior las actividades A, C, E y F se encuentran en la Ruta Crítica y no tienen por lo tanto Margen Total. En cambio, las B y S sí tienen Margen Total, que es siguiendo los conceptos expresados.:

Para la actividad B (2-3).-

$$MT = TMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

ó también: $MT = CMLB - CMPB = 6 - 3 = 3$

ó también: $MT = FML_3 - TMPB = 8 - 5 = 3$

Para la actividad D (3-5).-

Siguiendo nada más uno de los caminos de cálculos indicados:

$$MT = CMLD - CMPD = 8 - 5 = 3$$

Se puede ver que cuando dos actividades están en serie, como la B y D tienen el mismo Margen Total. En este caso, constituyen, además, la única Ruta Subcrítica del diagrama en cuestión.

CALCULO DEL MARGEN LIBRE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Lás únicas actividades que tienen Margen Libre, son aquellas que concurren a un nodo y no pertenecen a ninguna Ruta Crítica.

En nuestro ejemplo anterior las actividades A, C, E y F se encuentran en la Ruta Crítica y no tienen por lo tanto Margen Total. En cambio, las B y D sí tienen Margen Total, que es, -- siguiendo los conceptos expresados.

Para la actividad B (2-3).-

$$MT = TMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

ó también: $MT = CMLB - CMPB = 6 - 3 = 3$

ó también: $MT = FML_3 - TMPB = 8 - 5 = 3$

Para la actividad D (3-5).-

Siguiendo nada más uno de los cambios de cálculo indicados:

$$MT = CMLD - CMPD = 8 - 5 = 3$$

Se puede ver que cuando dos actividades están en serie, -- como la B y D, tienen el mismo Margen Total. En este caso, --- constituyen, además, la única Ruta Subcrítica del diagrama en -- cuestión.

CALCULO DEL MARGEN LIBRE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que tienen Margen Libre, son aquellas que concurren a un nodo y no pertenecen a ninguna Ruta Crítica.

El Margen Libre es igual a la diferencia entre la fecha más próxima del evento posterior de una actividad y la fecha correspondiente a la terminación más próxima de la misma actividad.

$$O \text{ sea: } ML = PMP - TMP$$

El Margen Libre, es por lo tanto, el tiempo que puede retrasarse la terminación de una actividad, sin afectar al Comienzo más próximo de cualquier otra actividad o a la fecha más próxima de cualquier evento en el diagrama de flechas correspondiente.

En nuestro ejemplo, la única actividad que tiene Margen Libres es la D (3-5), por ser la única actividad que llega a un nodo concurrente y no está, el mismo tiempo en una Ruta Crítica.

La actividad D (3-5).

$$ML = PMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$ML = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

y

$$ML = FMP - TMP$$

y FML es siempre igual o mayor que FMP.

CALCULO DEL MARGEN INDEPENDIENTE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que pueden tener Margen Independiente positivo son aquellas que llegan a un nodo concurrente y no están en una ruta crítica.

Solamente los Margenes Independientes positivos nos sirven en el trabajo de programación.

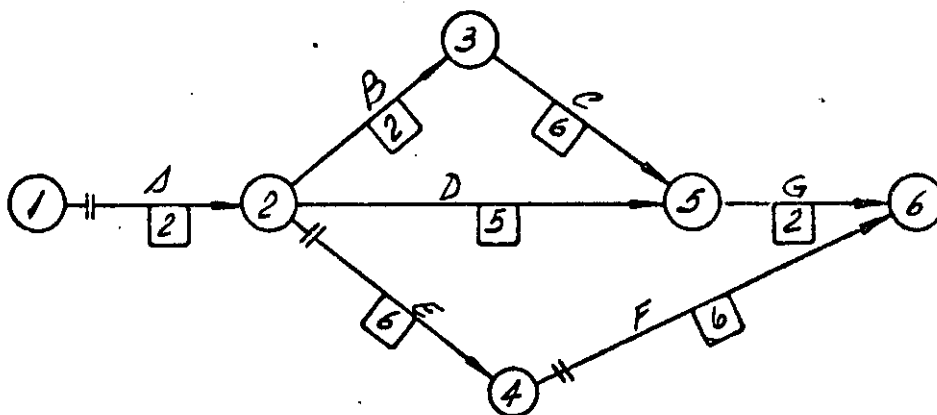
El Margen Independiente se obtiene restando a la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, la suma de la fecha más lejana del evento anterior de la misma actividad y la duración de ésta.

/ O sea: para la actividad: X (M.N)

$$MIX = FMPN - (FMLM + t).$$

Cuando una actividad tiene Margen Independiente, aunque las actividades que concurren a su nodo inicial terminen en su terminación Más Lejana, haciendo que dicho evento tenga lugar en su Fecha Más Lejana, de todas maneras esta actividad puede retrasarse el tiempo correspondiente su Margen independiente, sin afectar a la fecha más próxima de su evento terminal.

En la figura siguiente, sólo la actividad D tiene Margen Independiente positivo. Las duraciones se indican en los rectángulos que aparecen en cada flecha.



En el diagrama anterior, la Ruta Crítica corresponde a las actividades A-E-F, con un tiempo total para todo el diagrama de: $2 + 6 + 6 = 14$.

Si calculamos el diagrama anterior obtenemos lo que se -- muestra en la siguiente tabla:

ACTIVIDAD	DURACION	EMP	CM	TMP	TML	HT	HL	HI	R.C.
A	2	0	0	2	2	0	0	0	x
B	2	2	4	4	6	2	0	0	
C	6	4	6	10	12	2	0	2	
D	5	2	7	7	12	5	3	3	
E	6	2	2	8	8	0	0	0	x
F	6	8	8	14	14	0	0	0	x

Puede observarse en los datos de la tabla anterior que -- para las actividades que están en la Ruta Crítica, todos los -- márgenes son iguales a cero. Y que, por otra parte, las activi-- dades que están en serie, a través de nodos no concurrentes, -- tienen los mismos márgenes totales, tal como se muestra en las -- actividades B y C. Es bueno recordar aquí que "nodo concurren-- te" es aquel al que llegan más de una actividad y "nodo no con-- currente", aquel al que sólo llega una actividad.

Puede constar de las siguientes secciones principales:

1) Relación del trabajo a efectuar.

En este capítulo, debe tenerse un resumen de la obra a realizar y de los métodos generales que van a utilizarse para ejecutarla.

2) Lista de Planos e Instructivos.

3) Programa detallado de la obra por Incisos.

Los principales incisos son:

- a) Personal necesario para el montaje.
- b) Duración del trabajo de cada inciso y su costo (puede ser con un solo dato de tiempo o varios).
- c) Métodos de trabajos especiales.
- d) Herramienta y equipo de montaje necesarios.
- e) Equipo por instalar.
- f) Material por instalar.
- g) Material de consumo.

4) Programa de trabajo general.

(Primero un programa tentativo, varios tanteos y un programa definitivo inicial)

5) Personal de administración, supervisión y su costo.

6) Resúmen de costos indicando las fechas parciales de los egresos principales de pago de listas de raya, materiales y equipos

¿ PORQUE HACER UN ESTUDIO DE SELECCION DE EQUIPOS DE PROCESAMIENTO ELECTRONICO
DE DATOS ?

¿ Necesito un equipo de procesamiento electrónico de datos, ó requiero cambiar el actual?.

Si así es. ¿ De qué características generales, tipo, rango y --- costo?.

¿Cuál de todos los proveedores de equipos de procesameinto electrónico de datos (microcomputadoras, minicomputadoras y/o computadoras de escala mediana y mayor), de los existentes en el mercado mexicano, me proporciona la mejor relación costo/beneficio?.

Una de las inquietudes más frecuentes que se le presentan al ejecutivo contemporáneo, es la relativa a la adquisición (compra, arrendamiento o renta) de un equipo de procesamiento electrónico de datos, para satisfacer en mejor forma sus necesidades de información y control, y coadyuvar así al logro de los objetivos de la empresa, tomando decisiones en forma más oportuna y confiable.

La proliferación de vendedores, tamaños y modelos de equipo de procesamiento electrónico de datos en nuestro país, microcomputadoras, minicomputadoras y computadoras de escala mediana y mayor, ha elevado su número a cerca de 50 compañías y alrededor de más de 200 diferentes modelos.

Por las razones expuestas y debido principalmente a:

Una importante reducción en los costo de los equipos;

La disponibilidad de aplicaciones ya programadas (paquetes) para satisfacer las necesidades administrativas más comunes: contabilidad, nóminas, cuentas por cobrar, facturación, estadística de ventas, control de inventarios, etc.; y

El hecho de que los equipos modernos pueden ser operados por el --
propio personal de la empresa;

...se reducen considerablemente los requisitos de personal técnico
especializado y se abaten los gastos asociados a la operación del computador,
al menos en un 40%.

Por otra parte, las empresas empiezan a preguntarse si no les re--
sultará más económico y menos riesgoso, el utilizar varias computadoras descen-
tralizadas (proceso disperso y/o distribuido) que el mantener un solo equipo_
de procesamiento electrónico de datos central de mayor capacidad.

¿ COMO EFECTUAR BAJO ESTAS CIRCUNSTANCIAS UN BUEN ESTUDIO DE SELECCION DE EQUIPOS Y ALTERNATIVAS DE MECANIZACION ?.

Para desarrollar un estudio de selección de equipos de procesamiento de datos, existen algunos PRINCIPIOS Y REGLAS BASICAS que la experiencia nos ha proporcionado:

- . Aplicación de nuestra metodología y estándares correspondientes.
- . Conocimiento conceptual de los Sistemas de Información que se desean procesar, sus volúmenes actuales y su proyección de crecimiento para los próximos tres y cinco años.
- . Determinación de los volúmenes de entrada, almacenamiento y salida de información, asociados a los diferentes elementos que definan las características de los Sistemas de Información.
- . Definición de las alternativas y medio más adecuados para el procesamiento de los datos:
 - MANUALES
 - MECANIZADOS:
 - * Equipo propio
 - * Buró de Servicio
- . Evaluación de estas alternativas, considerando entre otros aspectos, si el proceso debe centralizarse o descentralizarse, llevarse cabo con proceso -- disperso y/o distribuido, tipo de equipo, elaboración de programación específica o uso de paquetes pre-programados, etc.
- . Establecimiento del rango y características generales de los equipos de procesamiento electrónicos de datos por seleccionar.

- . Definición de los criterios con los que serán evaluados los diferentes proveedores y equipos.
- . Preselección de proveedores.
- . Entrega a los proveedores de las especificaciones necesarias.
- . Prevaluación de propuestas y cotizaciones.
- . Primeras negociaciones con los proveedores finalistas.
- . Demostración de los procesos de las principales Sistemas de Información utilizando datos de prueba.
- . Evaluación definitiva de proveedores y equipos.
- . Negociaciones finales con los proveedores seleccionados.
- . Decisión del proveedor más adecuado.

Al efectuar un estudio de selección de equipos de procesamiento electrónico de datos, se pueden reducir los costos de una empresa en cientos de miles de pesos, con base a esta importante decisión.

CARACTER Y OBJETO DE LA CONSULTORIA DE EMPRESAS

En su guía para miembros, el Instituto de Consultores de Empresas del Reino Unido define la consultoria de empresas de la siguiente manera:

"Servicio prestado por una persona o personas independientes y calificadas en la identificación e investigación de problemas relacionados con políticas, organización, procedimientos y métodos; recomendación de medidas apropiadas y prestación de asistencia en la aplicación de dichas recomendaciones".

Las definiciones empleadas por otras asociaciones profesionales, como la Asociación de Ingenieros Consultores de Empresas, de los Estados Unidos, son muy parecidas. Esto indica que la consultoria de empresas es un servicio al cual los directores de empresa pueden recurrir si sienten necesidad de ayuda en la solución de problemas. El trabajo del consultor empieza al surgir alguna situación juzgada insatisfactoria y susceptible de mejora y termina, idelamente, en una situación en que se ha producido un cambio que constituye una mejora.

Ciertos rasgos particulares de la consultoria de empresas que deben subrayarse desde el principio.

En primer lugar, la consultoria es un servicio independiente. Se caracteriza por la imparcialidad del consultor, que es un rasgo fundamental de su papel. Pero esta independencia significa al mismo tiempo una relación muy compleja con las organizaciones clientes y con las personas que trabajan en ellas. El consultor no tiene autoridad directa para tomar decisiones y ejecutarlas. Pero esto no debe considerarse una debilidad si el consultor sabe actuar como promotor de cambio y dedicarse a su función sin por ello dejar de ser independiente. Por consiguiente, debe asegurar la máxima participación del cliente en todo lo que hace, de modo que el éxito final se logre en virtud

del esfuerzo de ambos.

En segundo lugar, la consultoria es esencialmente un servicio consultivo. Esto significa que no se contrata a los consultores para dirigir -- organizaciones o para tomar decisiones en nombre de directores o en dificultad. Su papel es el de actuar como asesores, con responsabilidad por la calidad e integridad de su consejo; los clientes asumen las responsabilidades que resulten de la aceptación de dicho consejo. (Por supuesto, en la práctica de la consultoria hay muchas variaciones y grados de *consejo*) No sólo se trata de dar el consejo adecuado, sino de darlo de la manera adecuada y en el momento apropiado, ésta es la cualidad fundamental del consultor. El cliente por su parte debe ser capaz de aceptar y utilizar esa ayuda del consultor. Estos elementos son tan importantes.

En tercer lugar, la consultoria es un servicio que proporciona conocimientos y capacidades profesionales para resolver problemas prácticos.

Una persona llega a ser consultor de empresas en el pleno sentido del término después de haber acumulado una masa considerable de conocimientos sobre los diversos problemas y situaciones que afectan a la dirección de empresas, y adquirido las capacidades necesarias para identificar los problemas, hallar la información pertinente, analizar y sintetizar, elegir entre posibles soluciones, comunicarse con personas, etc. Cierto es que los dirigentes de las empresas también tienen que poseer estas capacidades. Lo que distingue a los consultores es que pasan por muchas organizaciones y que la experiencia adquirida en las tareas pasadas puede tener aplicación en las empresas en que realizan nuevas tareas. Además, los consultores profesionales se mantienen continuamente al tanto de los progresos en métodos y técnicas, incluso los que

se realizan en universidades e instituciones de investigación, señalan estos progresos a sus clientes; y contribuyen a su aplicación. Funcionan, pues, como vínculo entre la teoría y la práctica.

En cuarto lugar, la consultoria no proporciona soluciones milagrosas. Sería un error suponer que, una vez que se ha contratado un consultor, las dificultades desaparecen. La consultoria es un trabajo difícil basado en el análisis de hechos concretos y en la búsqueda de soluciones originales pero factibles. El empleo decidido de la dirección de la empresa en resolver los problemas de ésta y la cooperación entre cliente y consultor son por lo menos tan importantes para el resultado final como la calidad del consejo del consultor.

¿PORQUE SE EMPLEAN CONSULTORES?

El director de una empresa no vería razón alguna para emplear un consultor si éste no pudiera aportar algo que falta en aquélla. En general, los consultores se emplean por una o más de las siguientes razones:

1.- Para que aporten conocimientos y capacidades especiales.

Una organización llama a un consultor cuando no dispone de personas capaces de enfrentarse con determinado problema con la misma probabilidad de éxito. Tal problema requiere a menudo técnicas y métodos nuevos en que el consultor tiene especial pericia. En otros casos, el problema puede tener carácter más general si la organización no logra realizar su objetivo y si las lagunas que es necesario superar se refieren a política de dirección en general, planificación, coor-

dinación o liderazgo.

2.- Para que presten ayuda intensiva en forma transitoria.

Un examen a fondo de los problemas principales, como la organización de la empresa o la política de comercialización, exigiría la plena dedicación de altos directivos durante -- largos períodos. Ahora bien, la dirección cotidiana de una organización económica no permite disponer de mucho tiempo y , peor aún, hace difícil concentrarse simultáneamente en problemas operacionales y en problemas conceptuales.

Los consultores sólo intervienen el tiempo necesario y dejan la organización una vez que han terminado su tarea.

3.- Para que den un punto de vista parcial.

Los miembros de una organización pueden estar demasiado influenciados por su propia experiencia o participación y tradiciones o hábitos establecidos para aclarar el verdadero carácter de un problema y proponer soluciones factibles. El consultor en cambio, puede, gracias a su independencia, ser imparcial en situaciones en que ninguna persona que trabaja en la organización podría serlo.

4.- Para que den a la dirección argumentos que justifiquen decisiones predeterminadas.

Se da el caso de que una organización recurra a consultores con el fin de que sus dirigentes puedan justificar una decisión remitiéndose a la recomendación del consultor. En otras

palabras, un dirigentes puede saber exactamente lo que desea y cuál será su decisión, pero prefiere pedir un informe a un consultor para fundamentar su posición. Esta forma de actuar no deja ser lógica, pero, por principio y en su propio beneficio. Los consultores profesionales deben cuidar de no aceptar tareas en las cuales sus recomendaciones podrían emplearse con fines de política interna de la organización. Las razones indicadas pueden estar presentes en grados tan variables y estar tan interrelacionadas que el consultor puede verse frente a una situación muy compleja; no obstante, debe esforzarse por mantener una visión clara de las razones por las cuales se emplean sus servicios, incluso si en el curso de su tarea las razones iniciales cambian o se descubren otras completamente nuevas.

5.- Duración de la tarea.

Los servicios de consultoria no son baratos, y los consultores profesionales no tratan de aumentar sus ingresos prolongando su tarea más del tiempo necesario. Por ejemplo, no sugieren que se les encargue la supervisión de la aplicación de sus propuestas si pueden adiestrar al personal del cliente para hacer esta operación sin ayuda externa.

Otro caso es el de las tareas urgentes, en que el consejo del consultor es requerido con premura a fin de evitar graves dificultades financieras o de otra índole. El consultor nunca debe tardar más tiempo que el exigido por el problema, y debe hacer todo lo posible por organizar su trabajo de acuerdo con la urgencia de la situación.

PRESUPUESTO DEL TRABAJO EN S. E. EDO. DE HIDALGO

SE. TIPO CLIENTE

NO.	SUBINCISO	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	HRS-HOM	PORCENTAJE	
1	2100.02	TABLERO PROTECCION LINEAS	FZA	2	2860	61.9048		
2	2100.14	TABLERO HILO PILOTO	FZA	2	1760	38.0952		
							EL TOTAL DEL L.C.	2100 ES 4620 N.H.H.
3	2510.01	INTERRUPTOR 85 K.V. S.E. CONV.	FZA	2	2200	11.4001		
							EL TOTAL DEL L.C.	2500 ES 2200 N.H.H.
4	2601.00	BUSES DE CABLE	ACUM	0	1500	7.7728		
5	2605.00	BUSES DE TUBO	ACUM	0	2800	14.5093		
							EL TOTAL DEL L.C.	2600 ES 4300 N.H.H.
6	2705.03	CUCHILLA 85 KV. OPERACION ELEC.	JGO	5	2200	11.4001		
7	2710.03	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE 85 KV.	FZA	18	1584	8.2081		
							EL TOTAL DEL L.C.	2700 ES 3764 N.H.H.
8	2801.00	INSTALACIONES PROVISIONALES	M2	200	600	3.1091		
9	2804.00	SISTEMA DE TIERRA (MALLA)	M2	4000	500	2.5709		
10	2804.01	SISTEMA DE TIERRA (CONX. A EQUIPOS)	ACUM	0	630	3.2646		
11	2810.00	TUB. CONDUIT, DUCTOS, SOPORTES PARA CABLE DE CONTROL	ACUM	0	2080	10.6747		
12	2813.00	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL	ACUM	0	850	4.4046		
13	2817.00	ALUMBRADO EXTERIOR	M2	4000	1200	6.2183		
14	2825.00	HERRAJES	ACUM	0	664	3.4406		
15	2831.00	CONEXION CABLE DE CONTROL	ACUM	0	1084	5.6172		
16	2861.00	PINTURA Y ROTULADO	ACUM	0	382	1.9795		
17	2890.00	PRUEBAS LOCALES	ACUM	0	308	2.6324		
18	2895.00	ENTREGA A DEPTOS. RECEPTORES	ACUM	0	536	2.7775		
							EL TOTAL DEL L.C.	2800 ES 9014 N.H.H.
							EL TOTAL DEL TRABAJO ES	23918 N.H.H.

PRESUPUESTO DEL TRABAJO EN S. E. EDO. DE HIDALGO

SE. TIPO CLIENTE

COSTO MANO DE OBRA DIRECTA		\$2,084,450.00
SUPERVISION LOCAL	\$305,372.00	
SUPERVISION TEC.	\$464,833.00	
SUPERVISION		\$770,206.00
ADMON. SUBGERENCIA		\$1,001,410.00
ADMON. GERENCIA		\$284,583.00

COSTO TOTAL		\$4,740,680.00

55

56

* SUBGERENCIA ELECTRICA *

24-ENE-83

PROGRAMA DE AVANCE DEL TRABAJO EN S. E. EDG. DE HIDALGO

SEL. TIPO CLIENTE

PROGRAMA				REAL					
I	MES	TRAB	COS/ACUM	AVANCE	I	MES	TRAB	COS/ACUM	AVANCE
1983									
1	JUNIO	4	55,778.00	3.75	1	JUNIO			
2	JULIO	9	181,272.00	12.20	2	JULIO			
3	AGOSTO	16	404,578.00	27.21	3	AGOSTO			
4	SEPTIEMBRE	20	633,256.00	45.97	4	SEPTIEMBRE			
5	OCTUBRE	20	962,138.00	64.74	5	OCTUBRE			
6	NOVIEMBRE	16	1,165,240.00	79.75	6	NOVIEMBRE			
7	DICIEMBRE	9	1,310,740.00	83.19	7	DICIEMBRE			
1984									
3	ENERO	4	1,366,510.00	91.94	1	ENERO			

COSTO PROGRAMADO M. G. D. \$ 1,366,510.00

NOTA. - No incluye Fca. Tab., Alumbrado, Pruebas y Entrega a Deptos.

27

* SUBGERENCIA ELECTRICA *

PROGRAMA DE AVANCE DEL TRABAJO EN S. E. CUAUTTEMOC

S. E. NVA 230/23 KV-3 600S 60 MVA-2 CAB-12 ALIH-3 600S CAP.

PROGRAMA				REAL				
I	MES	TRAB	COS/ACUM	AVANCE	MES	TRAB	COS/ACUM	AVANCE
1983								
1	JUNIO	10	159,440.00	0.93	JUNIO			
2	JULIO	14	334,858.00	2.38	JULIO			
3	AGOSTO	19	599,592.00	4.22	AGOSTO			
4	SEPTIEMBRE	24	934,248.00	6.58	SEPTIEMBRE			
5	OCTUBRE	31	1,368,510.00	9.62	OCTUBRE			
6	NOVIEMBRE	37	1,882,440.00	13.25	NOVIEMBRE			
7	DICIEMBRE	44	2,498,980.00	17.57	DICIEMBRE			
1984								
8	ENERO	51	3,207,120.00	22.58	ENERO			
9	FEBRERO	57	4,001,980.00	28.17	FEBRERO			
10	MARZO	62	4,888,450.00	34.26	MARZO			
11	ABRIL	65	5,772,620.00	40.64	ABRIL			
12	MAYO	67	6,707,680.00	47.21	MAYO			
13	JUNIO	67	7,641,310.00	53.79	JUNIO			
14	JULIO	65	8,547,670.00	60.17	JULIO			
15	AGOSTO	62	9,412,200.00	66.28	AGOSTO			
16	SEPTIEMBRE	57	10,207,000.00	71.85	SEPTIEMBRE			
17	OCTUBRE	51	10,918,700.00	76.88	OCTUBRE			
18	NOVIEMBRE	44	11,531,700.00	81.17	NOVIEMBRE			
19	DICIEMBRE	37	12,047,600.00	84.80	DICIEMBRE			
1985								
20	ENERO	31	12,479,900.00	87.85	ENERO			
21	FEBRERO	24	12,814,500.00	90.20	FEBRERO			
22	MARZO	19	13,079,500.00	92.07	MARZO			
23	ABRIL	14	13,274,700.00	93.44	ABRIL			
24	MAYO	10	13,414,100.00	94.42	MAYO			

COSTO PROGRAMADO M.O.D. * 13,414,100.00

NOTA.- No incluye Fca. Tab., Alumbrado, Pruebas y Entrega a Datos.

Compañía "EL FOQUITO MAGICO"

La compañía EL FOQUITO MAGICO, es una empresa de -
 accesoria en diseño y construcción de Subestaciones, a la cual le ofre-
 cen la posibilidad de entrar a un concurso el día 30 de Febrero de -
 1900. Este concurso cuesta 30 U (unidades monetarias) y tiene en -
 caja un saldo de -100 U.

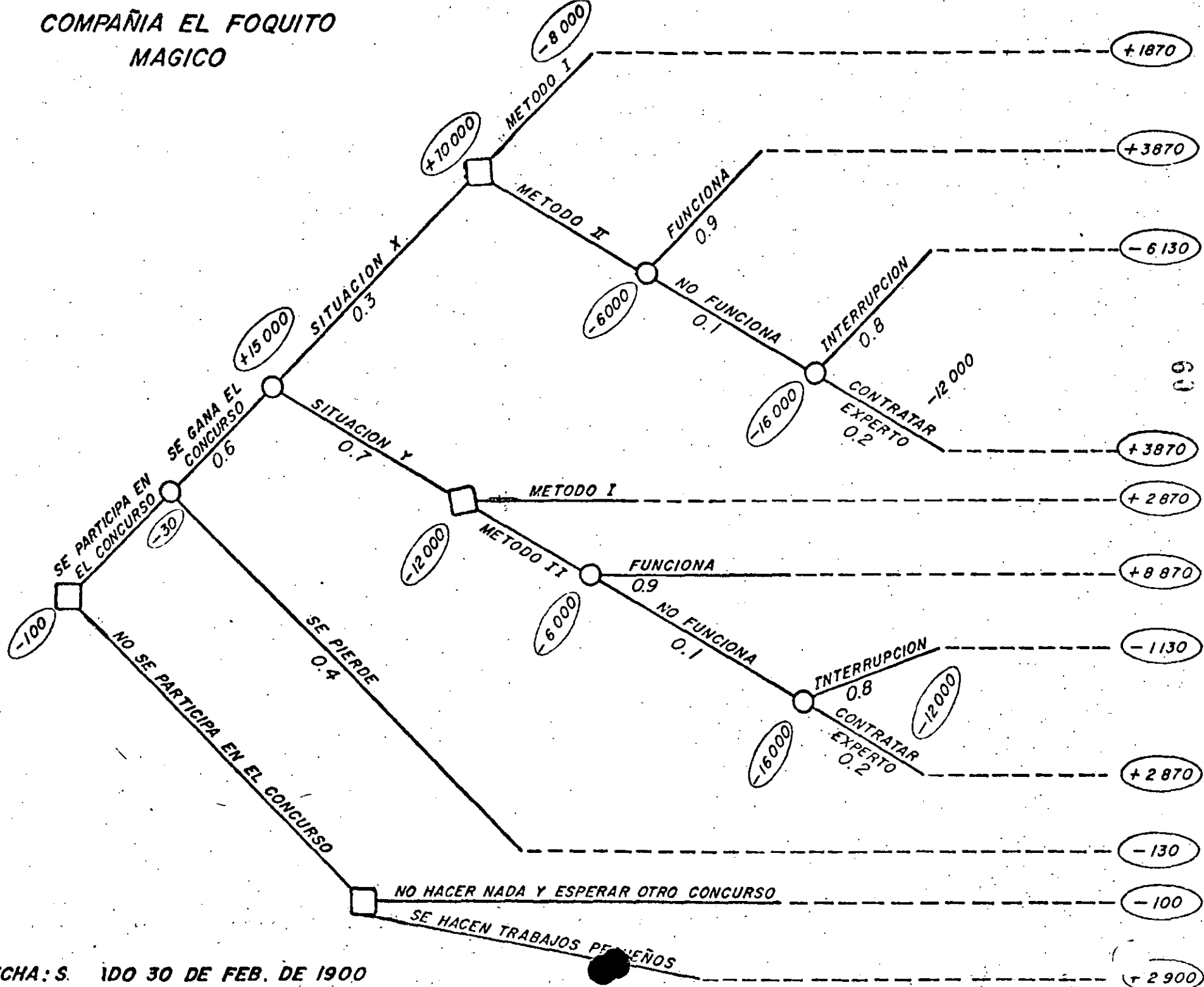
Si no entra al concurso, puede irse a trabajar con un ami-
 go que le ofrece un subcontrato el cual representa + 2900 U, pero si en-
 tra a concursar, tendrá la posibilidad de perder 40%.

Después de haber concursado puede hacer dos diseños di-
 ferentes que son: X (Doble alimentación radial) ó la Y (Alimentación -
 pero de un sólo alimentador). La situación "X" nos daría +10,000 U con
 una posibilidad de 30% y, si se toma la "Y" con el 70%, obtendri-
 amos +15,000 U.

Por último se puede diseñar la subestación con dos tipos-
 diferentes de arreglos: I (Doble barra) y II (Interruptor y medio); el
 hecho de adoptar la situación I, causará una erogación de -8000 U,
 pero si se adopta la situación II, podrá funcionar con un 90% de -
 probabilidades y un costo de -6000 U; si no funciona podrá haber
 dos situaciones: una interrupción con probabilidad de 80%, y un costo
 de -16,000 U ó, la de contratar un experto con un costo de -12,000 U.

¿ Qué decisión se debe tomar ?

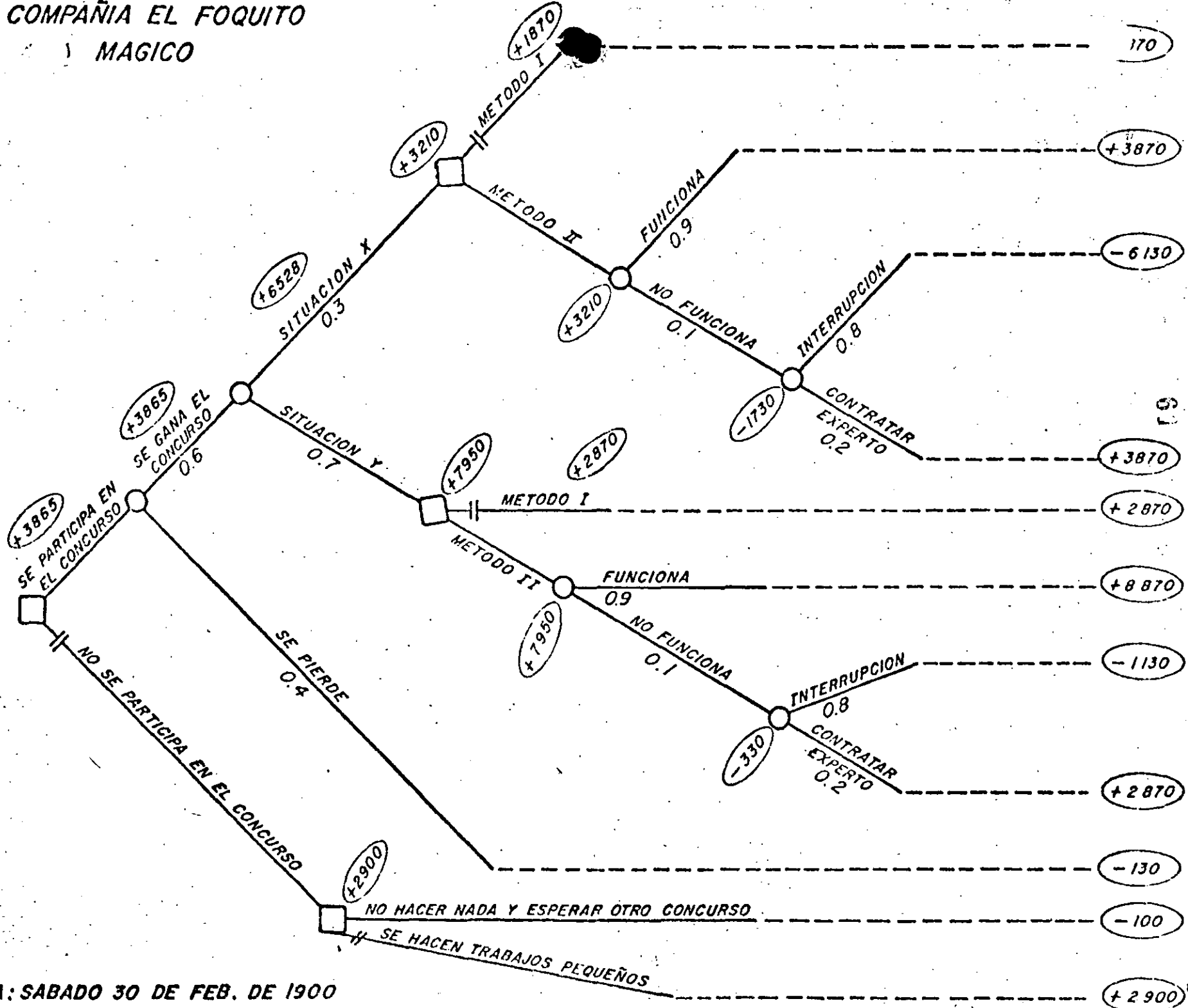
COMPañIA EL FOQUITO MAGICO



FECHA: S. 1DO 30 DE FEB. DE 1900

COMPañIA EL FOQUITO

MAGICO



FECHA: SABADO 30 DE FEB. DE 1900

CIRCUITO DE LA CALIDAD

Veamos el primer cuadro que es el Mercado: tanto si hablamos de productos directos al público, como pueden ser zapatos, tornillos, etc. como si hablamos de un mercado de servicios (luz eléctrica, agua potable, drenaje, etc.) éste debe ser investigado para saber exactamente los requerimientos de los usuarios y poder proporcionarles los -- productos o servicios de acuerdo a sus necesidades.

El Mercado de Servicios es el más complicado de todos los mercados -- para el fabricante porque el producto no va directamente al consumidor, hay toda una serie de gente que tiene una influencia muy fuerte en el resultado final, en la calidad de funcionamiento.

Las siguientes cuatro etapas, corresponden al fabricante de partes, a la producción de materiales.

Decisiones Básicas.— En esta etapa, los Directivos de una empresa de ciden, asesorados por sus técnicos y vendedores, si es posible o no fabricar un producto; si hay mercado para el producto, si la empresa tiene el equipo adecuado, si cuenta con el personal capacitado, en -- fin, si tiene la tecnología necesaria para emprender la fabricación.

Estas decisiones deben estar muy bien pensadas para no incurrir en e rrores que se reflejaran en una inadecuada o mala calidad del produc to.

Programa de Requerimientos.— De acuerdo con el tipo de producto, uso volumen probable de ventas, características de los posibles clientes

y su ubicación se planea la información que se debe dar al usuario, instalador o diseñador, los accesorios que necesita el producto, las Normas de Calidad que deben cumplir, los canales de distribución, el tiempo de entrega, en fin, todo aquello que requiere el producto para llegar a tiempo al usuario constructor y este pueda instalarlo y ponerlo a funcionar en el tiempo proyectado, si algo de esto falla, la calidad de la instalación se vera afectada.

Diseño Ingenieril.- Esta es la etapa en que se decide que forma va a tener el producto, cuales van a ser sus características de resistencia acordes con las normas, cuales sus dimensiones y se concreta la idea en dibujo o planos. Esto es el Diseño Ingenieril.

Si el diseño tiene fallas u omisiones la calidad de la instalación será afectada. Esta es la etapa del " Diseño de la Calidad del Producto ". Y enfatizamos que ninguna cantidad de inspección, después de la producción, puede mejorar fallas en el diseño.

Producción.- Esta etapa se divide en dos partes; en la primera se definen las necesidades de equipo, herramienta, se seleccionan los proveedores de materias primas, y mano de obra para fabricar el producto.

Se hacen las corridas piloto en las cuales se ve la " calidad de conformación " o sea el grado de fidelidad del producto terminado con el diseño, sobre estas corridas piloto se rectifican defectos, y se llevan a cabo los ajustes necesarios para cumplir las necesidades del usuario y cubrir los requisitos que especifica la norma.

La segunda etapa comprende la producción en masa. Es en este momento cuando se establece la rutina de Control de Calidad: " Inspección ". Esta última parte tradicionalmente fue conocida como Control de Calidad; en la actualidad sabemos que sólo es uno de los componentes del Control de Calidad. Al diseñar y fabricar los productos " se hace la calidad " la inspección sólo cuida que esta calidad este de acuerdo con las normas establecidas.

Transporte.- Hace algún tiempo a ninguna persona se le hubiera ocurrido pensar que el transporte de materiales pudiera tener relación con el control de calidad. Pero ... ¿ Qué pasa si a un transportista se le ocurre completar su carga y coloca sobre materiales frágiles, o deformables que lleva, y otras cosas más, cubre su carga con una lona y se va muy orondo y al llegar; los productos rotos o deformados. Aquí se dio al traste con la calidad. En el transporte la calidad. En el transporte la calidad se conserva o se destruye. En esta actividad debe tomarse en cuenta el punto o zona geográfica en donde se va a entregar el producto, el tipo de transporte necesario o disponible y la oportunidad de entrega, todo lo cual tiende a preservar la calidad.

Selección de Materiales.- Actualmente este es un punto crucial para los materiales que van a formar una instalación o sistema, pues el proyectista generalmente no cuenta con una referencia técnica que le permita hacer una selección adecuada a las necesidades imperantes, las posibilidades económicas y los datos técnicos de comportamiento de todos los posibles productos a utilizar en una instalación. Será de gran utilidad un Manual de selección de materiales que el proyectista utilizará para calificar primero y seleccionar después a él o

los materiales más adecuados para una instalación dada.

Un buen material mal aplicado, causa tantos o más problemas que un mal material.

Diseño de la Instalación.-- Todos los técnicos relacionados con las instalaciones saben la importancia de un buen diseño, adecuado a las necesidades presentes y futuras y a las posibilidades técnico - económicas, o sea una " buena calidad de diseño ".

Manejo y Almacenaje de los Productos.-- Al instalador corresponde entre otras responsabilidades, el manejo y almacenaje de los productos que recibe. Por ejemplo en la industria de la construcción existe un dramático desperdicio de materiales, el cual fluctua entre un 20 a 30 % causado por mal manejo, abundantes cortes, falta de coordinación en las operaciones, solo por mal manejo y mal sistema de almacenaje; no está considerado el material que en esta etapa, resulta fuertemente lesionado, pero, cuyo efecto no se ve hasta que está instalado e incluso en muchos casos, no antes de estar en uso.

Construcción del Sistema.-- Aquí el fabricante de materiales tiene gran responsabilidad y consiste en dar al instalador toda la información necesaria; más en cuanto se trate de productos relativamente nuevos.

Si el constructor cuenta con un buen diseño, con los instructivos de instalación de los materiales utilizados, con personal capacitado para hacer esa instalación podrá garantizar una buena calidad de conformación o fidelidad de su instalación con respecto al diseño.

Operación, Funcionamiento y Mantenimiento.-- El funcionamiento se re-

fiere a sistemas los cuales una vez instalados, requieren interven--
ción técnica únicamente para reparación o mantenimiento.

La operación se refiere a sistemas, cuyas características técnicas -
de funcionamiento, hacen necesaria la supervisión continúa de perso-
nal técnico capacitado. En este segundo caso es en donde es indispen-
sable contar con un instructivo o manual para operar adecuadamente -
el sistema y garantizar un servicio de buena calidad.

El mantenimiento es necesario en todas las instalaciones.

Una instalación bien diseñada, bien construida, bien manejada y con
un mantenimiento adecuado tiene una vida indefinida.

Volviendo al circuito de la calidad, si le damos un valor a la cali-
dad de cada etapa, dependiendo de la efectividad con la que fue rea-
lizada y tomando como referencia un valor máximo de uno, cuando se -
haya logrado el objetivo plenamente. El grado de calidad de la insta-
lación y por lo tanto del servicio, será el producto de todos sus --
factores de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$Q = q_1 \times q_2 \times q_3 \times q_4 \times \dots$$

De acuerdo con ésto, si la calidad de una etapa fuera cero, la cali-
dad del servicio resultaría cero.

Sin embargo es lógico pensar que el peso de cada una de las etapas -
no es el mismo, y que es posible corregir, aún cuando esta correc--
ción signifique pérdida económica, de tiempo y en muchos casos des--
prestigio para el instalador.

El análisis anterior nos demuestra que la calidad de una instalación o un sistema no es resultado de una función aislada, es el producto de todas las funciones de las empresas participantes, las cuales --- tienen que ver con la producción de los artículos y servicios.

Ahora bien nosotros debemos estar seguros que los principales básicos del Control total de la Calidad son válidos para cualquier tipo de empresa, para cualquier proceso de fabricación y para todas las - fases de la producción.

INGENIERIA DE MANTENIMIENTO.

ALCANCE: El alcance del departamento de ingeniería de mantenimiento incluye el mantenimiento, construcción, producción y distribución de equipo y numerosas fases de servicio de las operaciones de la planta.

FUNCION: La función del departamento de ingeniería de mantenimiento es -- proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos para la operación segura y eficiente de la planta.

RESPONSABILIDAD: El departamento de ingeniería de mantenimiento se responsabiliza de:

- 1.- Trabajo de ingeniería del mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones pequeñas y reemplazos.
- 2.- Generación y distribución de energía y otros servicios.
- 3.- Administración y supervisión de grupos técnicos.
- 4.- Trabajo de ingeniería y supervisión de proyectos de construcción, dentro del alcance de este grupo.
- 5.- Administración de otros equipos de servicio delegados al grupo.
- 6.- Servicio de Ingeniería y consulta técnica sobre problemas mecánicos de supervisión de la producción.
- 7.- Proporcionar protección adecuada contra incendio de la planta, incluyendo contactos con los representantes de las compañías de seguros -- contra incendio.
- 8.- Establecimiento y mantenimiento de registros adecuados que se refieran a aspectos de llevar y contabilizar el equipo de la planta y demás -- bienes.
- 9.- Implementar nuevas técnicas de control de costos y rendimiento del -- mantenimiento.
- 10.- Desarrollar todas estas funciones en forma segura y eficiente.

DESCRIPCION DE LAS RESPONSABILIDADES

Trabajo de Ingeniería de Mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones pequeñas y reemplazos.

Los principales objetivos de la ingeniería de mantenimiento son:

- a. Proporcionar seguridad de que no va a haber paros durante las operaciones de producción.
- b. Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones.
- c. Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación.
- d. Reducir al mínimo el tiempo ocioso que resulta de los paros.
- e. Reducir al mínimo el costo del mantenimiento que esté de acuerdo con las especificaciones anteriores.
- f. Mantener un alto nivel de ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado por el Departamento.

La obtención de estos fines requiere:

1. La provisión de un grupo de ingeniería adecuadamente asesorado y supervisado.
2. Un programa firme de mantenimiento preventivo.
3. El mantenimiento de refacciones adecuadas de acuerdo con las condiciones normales.
4. Investigación continua de las causas y remedios de los paros de emergencia.
5. Mantenerse informado acerca de las prácticas de la industria, avances técnicos nuevos métodos, equipo y materiales.
6. Estrecha cooperación con la operación de supervisión, para satisfacer los requisitos de equipo y programación.

La responsabilidad para un uso continuo y económico del equipo de producción se encuentra en la supervisión de las operaciones. Sin embargo, es responsabilidad del grupo de ingeniería del departamento de ingeniería de mantenimiento; en colaboración con la supervisión de producción, organizar los programas de mantenimiento

to preventivo, manejar la eficiencia del equipo y disponer del equipo necesario para satisfacer los requisitos de producción programados.

Para proporcionar estos servicios, los ingenieros se asignan para asegurar que el trabajo se realiza en forma rápida y económica, de acuerdo con los programas de producción, con las prácticas de seguridad y con un alto nivel de técnica de ingeniería.

2. Generación y distribución de la energía eléctrica y de otros servicios.

La provisión de sistemas económicos y confiables de vapor, energía eléctrica, aire comprimido, energía hidráulica, agua y drenajes, es función del grupo de energía del departamento de ingeniería de mantenimiento.

El ingeniero de energía es el responsable de la generación y distribución de vapor, compra y distribución de agua y energía eléctrica y de la provisión y distribución de otros servicios, para producir un abastecimiento adecuado de vapor, de la calidad adecuada, al costo mínimo.

3. Administración y supervisión de grupos técnicos.

Para manejar el trabajo mecánico implícito en el desarrollo de las funciones del Departamento de ingeniería de mantenimiento, se necesita una fuerza de trabajo adecuada y adiestrada que disponga del equipo y herramientas y que esté correctamente supervisada. Esta fuerza de trabajo se compone de varias centrales de grupo de técnicos y de una cantidad de grupos de área, cada una con su propio equipo y supervisión. La responsabilidad total de la administración correcta de esta fuerza de trabajo se encuentra en el maestro mecánico. El maestro mecánico y su asistente deben:

1. Proporcionar el tipo y tamaño de los grupos requeridos, determinados sobre la base de un equilibrio entre el costo de establecer y mantener el grupo, contra los costos de contratar el trabajo de otras empresas, considerando el factor de servicio inmediato y a cualquier hora.
2. Planear y coordinar la distribución del trabajo entre las cuadrillas.

3. Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
4. Organizar y desarrollar programas para el adiestramiento de los supervisores y demás personal.
5. Mantener la relación con otras ramas del departamento.

La supervisión de los grupos individuales es responsabilidad del supervisor técnico o mayordomo de área, quienes informan al maestro mecánico. Ellos deben dirigir sus grupos para llevar adelante el trabajo asignado, en tal forma, que se desarrolle con seguridad y eficiencia y de acuerdo con los requerimientos de calidad. También son responsables de la función de conservación de sus áreas, del adiestramiento de su personal y de cooperar con la supervisión de producción y con los ingenieros de área, y las demás obligaciones normales de supervisión.

4. Trabajo de ingeniería y supervisión de proyectos de construcción dentro del alcance del grupo.

La ingeniería de mantenimiento es una parte definitiva del diseño preliminar y final. Es responsabilidad del grupo de ingeniería de mantenimiento conocer todos los proyectos bajo consideración o ejecución que eventualmente se conviertan en parte de la planta. A través de un ingeniero asignado, el grupo de ingeniería de mantenimiento puede manejar los principales proyectos de construcción. Al desarrollar proyectos de este tipo, es básica la cooperación total con la división de ingeniería que cubre el trabajo en proceso y los cambios necesarios. Así como lo son los registros contables e inventarios de bienes que son necesarios para registrar el proyecto final, de acuerdo con los procedimientos establecidos con el fin conservar este propósito.

La responsabilidad primaria para los principales proyectos de construcción se encuentra en la división de ingeniería; la responsabilidad de ingeniería de mantenimiento variará de acuerdo con la naturaleza del proyecto.

Es responsabilidad del departamento de ingeniería de mantenimiento conservar todos los edificios en buenas condiciones. Esto incluye muros, techos, ventanas, cimientos, escaleras, así como iluminación y alambrado, sistemas de aspersion, plomería, lavabos y servicios, servicio de tubería, equipo de calefacción y ventilación, y elevador. La ingeniería de mantenimiento de edificios prepara anualmente un pre-

supuesto, con justificación adecuada que cubra el costo de los anteriores. Es responsable de la ejecución del trabajo necesario dentro de las partidas disponibles de efectivo.

5. Administración de otros equipos de servicio delegados al grupo.

Son éstos los siguientes:

a. Almacenes centrales.

El departamento de ingeniería de mantenimiento se responsabiliza del mantenimiento y administración de un almacén central.

El tipo y cantidad de artículos manejados se determina considerando las economías de los lotes de compra frecuencia de uso, tiempo de envío y disponibilidad. La responsabilidad final del control de los inventarios de almacén pertenece al ingeniero de la planta.

b. Patios, carreteras, lotes de estacionamiento, vías férreas de patio, cercas y desagües.

Es responsabilidad del departamento de ingeniería de mantenimiento conservar en buenas condiciones todos los patios existentes, carreteras, lotes de estacionamiento, cambios de vía, cercas y desagües, para mantener la vigilancia necesaria, limpieza, etc., en tal forma que el patio de la planta, aceras, plataformas y carreteras estén siempre limpias, seguras y aseadas. El supervisor de patio, que reporta al maestro mecánico, es responsable de lo anterior. Además es responsable de la remoción de nieve y arena para las carreteras y aceras esteneen condiciones de uso seguro. Estas operaciones se deben llevar a cabo utilizando un presupuesto establecido para este fin.

c. Disposición y recolección de sobrantes y departamento de recuperación.

Es responsabilidad del departamento de ingeniería de mantenimiento proporcionar la recolección adecuada de sobrantes, sobre una base rutinaria y programada, para evitar la acumulación indebida de desperdicio en las localizaciones designadas para ello, y mantener un departamento de basurero y zanja incineradora para-

todos los excedentes, basura o equipo descartado, en tal forma que se asegure el rendimiento máximo y se eviten condiciones peligrosas e imprevistas.

Todas las ventas a los empleados de este tipo de material se manejan a través -- del departamento de recuperación.

d. Servicio de bienestar para empleados y oficina de servicio de mozos.

Cuando sea práctico, el departamento de ingeniería de mantenimiento proporcionará los servicios de mozos y otros servicios.

e. Contaminación de ríos y del aire.

f. Cuarto de costura y lavandería.

g. Servicios de reparación de camiones de carga.

6. Servicio de Ingeniería y consulta para supervisar la producción.

7. Protección contra incendios.

La responsabilidad de toda la protección contra incendios, de las actividades para abatimiento de incendios, y la relación con las compañías aseguradoras contra incendio caen dentro del departamento de ingeniería de mantenimiento.

El jefe de la protección contra incendios es responsable de establecer y mantener una rutina adecuada de inspección del equipo contra incendios, y un departamento de voluntarios contra incendios, organizado, adiestrado y adecuadamente equipado, que preste servicio las 24 hr. del día y los 7 días de la semana y que esté en -- estrecho contacto con el departamento de bomberos.

Los contactos con las compañías aseguradoras de los siniestros provenientes del incendio, que incluyen inspecciones semestrales, la observación de las recomendaciones, la aprobación de cambios o adiciones y el pleitear las pérdidas y reclamaciones, son responsabilidad del ingeniero encargado del mantenimiento del edificio. El también maneja todos los contactos con la oficina principal de la compañía, en relación con recomendaciones de Seguro Contra Incendio, y colabora con el

departamento de contabilidad en aspectos relacionados con las reclamaciones provenientes de los incendios.

8. Contabilidad de los bienes

El departamento de ingeniería de mantenimiento establece y mantiene registros e informes de todo el equipo, del trabajo en proceso y terminado necesario para proporcionar al departamento de contabilidad toda la información requerida, de acuerdo con las prácticas de la compañía.

Los registros e informes mencionados caen dentro de la responsabilidad del ingeniero de bienes. También funciona como contacto con el departamento de contabilidad, ayuda a otros ingenieros en la contabilización de trabajos, proporciona control de información sobre la ejecución del departamento de ingeniería de mantenimiento y funciona como gerente de la oficina de ingeniería.

9. Implementar nuevas técnicas de control y rendimiento del mantenimiento.

Se debe de ver la posibilidad de implementar todo tipo de técnicas que puedan servir para mejorar la función de mantenimiento así como poder valorar la eficiencia de este tanto a nivel equipo como del personal, estos pueden ser:

- a) Teoría de espera
- b) Optimización de recursos o implementos.
- c) Control de inventarios.
- d) Mecánica reconstructiva.
- e) Etc.

OBSTACULOS QUE PROVOCAN PERDIDAS DE RECURSOS Y
TIEMPO EN UNA OBRA

- 1.- No tener plan definido de trabajo
- 2.- No tener proyecto definido para la obra
- 3.- Que no se tengan especificaciones completas para los trabajos.
- 4.- Que falten planos y catálogos actualizados
- 5.- No tener la lista de materiales necesarios a tiempo
- 6.- No tener el material suficiente a tiempo en la obra.
- 7.- No tener medios para obtener el material a tiempo
- 8.- No hacer anticipadamente las requisiciones de materiales equipo, herramientas, etc., que se van necesitando.
- 9.- No especificar detalladamente en la requisición los materiales o equipos.
- 10.- No hacer a tiempo las órdenes de compra para la adquisición de material
- 11.- Material mal surtido en cuanto a especificaciones
- 12.- Material con falta de calidad
- 13.- Material defectuoso que origine trabajos adicionales no recuperables o que causen vicios ocultos.
- 14.- Pedir más material del necesario
- 15.- Tener que comprar, localmente materiales, sin créditos y en casas que no den los descuentos para contratistas.
- 16.- Compras de emergencia
- 17.- Compras de pánico
- 18.- Sustracciones, desperdicios y pérdidas en la obra.
- 19.- Escasez real o ficticia de material en el mercado
- 20.- No tener contratada la gente a tiempo.

- 21.- No tener bien programada la cantidad de personal de acuerdo con las áreas que se pueden atacar.
- 22.- No tener la gente debidamente contratada.
- 23.- No tener el personal obrero adecuado.
- 24.- No tener el supervisor idóneo para la obra.
- 25.- Que el supervisor no este debidamente enterado de sus funciones, de lo que se pretende, de los trámites de costos, presupuestos, etc.
- 26.- No tener el supervisor personas que le ayuden a labores varias.
- 27.- Bajo rendimiento de personal.
- 28.- Ausentismo en la obra (principalmente foránea), por días festivos, puentes, vacaciones, etc.
- 29.- Que no haya visitas periódicas de sobre supervisión.
- 30.- Problemas con sindicatos.
- 31.- No tener programa de obra para las instalaciones.
- 32.- No tener un control adecuado para el embarque de los materiales.
- 33.- No tener un control adecuado para el recibo de los materiales.
- 34.- No llevar un control adecuado para la entrega de materiales al personal.
- 35.- No llevar control de avance de obra.
- 36.- No tener sistemas y procedimientos adecuados.
- 37.- No tener la papelería necesaria.
- 38.- Que no haya coordinación con las otras secciones.
- 39.- Que los receptores no tengan el personal necesario.
- 40.- Que operación no tome decisiones oportunas.
- 41.- Falta de bitacora en obra.

- 42.- Fallas con la programación de áreas por atacar
- 43.- Falta de control adecuado de los trabajos extras, en bitácora de obra.
- 44.- No hacer las anotaciones procedentes y suficientes en bitácora
- 45.- No lograr la firma de las personas responsables, en bitácora
- 46.- No cumplir con las fechas estipuladas.
- 47.- No obtener constancia de trabajos terminados parcial y totalmente.
- 48.- Que no se cumplan las instrucciones dictadas
- 49.- Falta de balances periódicos de costos contra obra terminada
- 50.- Falta de programas para tomar decisiones
- 51.- Cambios de proyectos por fallas de diseño
- 52.- Desperfectos causados a las instalaciones por otras secciones.
- 53.- Falta de coordinación en los proyectos de las instalaciones principalmente, lo que origina interferencias
- 54.- Falta de bitácora en obra
- 55.- Que no se tengan buenas relaciones en obra
- 56.- Que no haya medidas disciplinarias con el personal
- 57.- Falta de intereses del personal
- 58.- No deslindar responsabilidades a tiempo
- 59.- No aceptar responsabilidades
- 60.- Falta de colaboración de la oficina central con los supervisores.
- 61.- No tener suministro de energía eléctrica, agua y otros elementos en el momento adecuado.
- 62.- Hacer trabajos que no correspondan a instalaciones (obra civil, taladros, resanes, etc.)

- 63.- Cambio del residente por parte del diseñador o de producción.
- 64.- Retraso en las obras imputables a las líneas de fletes y extravío o daño de los materiales y equipo.
- 65.- Falta de seguros de transporte, de maniobra de instalación, etc.
- 66.- No tener el precio unitario de los trabajos a ejecutar.
- 67.- No comprar a buen precio.
- 68.- Falta de equipo y herramienta adecuada.
- 69.- Que el presupuesto no considere el alza del precio en el material y obra de mano.
- 70.- No tener catálogo depurado de materiales y mano de obra para poder presupuestar a tiempo.
- 71.- No presupuestar los extras a tiempo.
- 72.- Gastos adicionales no previstos, como indirectos, otras áreas como auxilio, etc.
- 73.- Alto índice de imprevistos.
- 74.- Gastos fijos elevados.
- 75.- No considerar el valor real de financiamientos.
- 76.- Retraso de pagos a proveedores que reduce créditos.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES II

TEMA 10

SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

ING. JUAN BOTELLO

ING. GABRIEL MALDONADO

SEPTIEMBRE, 1985.

S U M I N I S T R O

D E

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

CURSO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS INDUSTRIALES
U. N. A. M.
SEPTIEMBRE 1985.

2

SUMINISTRO DE ENERGIA ELÉCTRICA

INTRODUCCION

1. DESCRIPCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION
 - 1.1 SISTEMA AEREO
 - 1.2 SISTEMA SUBTERRANEO
 - 1.3 SISTEMA MIXTO

2. ACOMETIDAS
 - 2.1 ACOMETIDAS EN 23 KV
 - 2.1.1 DE 20 KW A 200 KW DE DEMANDA
 - 2.1.2 DE MAS DE 200 KW DE DEMANDA
 - 2.2 ACOMETIDAS EN A.T. DE MAS DE 23 KV
 - 2.3 ACOMETIDAS DE B.T.
 - 2.3.1 ACOMETIDAS EN B.T. HASTA 35 KW DE DEMANDA PROBABLE
 - 2.3.1.1 DE LINEA AEREA
 - 2.3.1.2 DE CABLE SUBTERRANEO
 - 2.3.2 ACOMETIDAS EN B.T. DE 35 KW A 95 KW DE DEMANDA PROBABLE
 - 2.3.2.1 DE LINEA AEREA
 - 2.3.2.2 DE CABLE SUBTERRANEO
 - 2.3.3 ACOMETIDAS EN B.T. DE MAS DE 95 KW DE DEMANDA PROBABLE

3. LOCALES PARA GABINETES 23 KV
 - 3.1 PARA GABINETE TIPO EXTERIOR
 - 3.2 PARA GABINETE TIPO INTERIOR

4. LOCALES PARA S.E. EN INTERIOR DE EDIFICIOS
 - 4.1 REQUISITOS QUE DEBERA PRESENTAR EL SOLICITANTE DEL SERVICIO
 - 4.2 UBICACION DEL LOCAL
 - 4.3 CONSTRUCCION DEL LOCAL

5. BOVEDAS PARA EQUIPOS SUMERGIBLES

INTRODUCCION.

3

Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., tiene normalizadas las siguientes tensiones de distribución: 23 y 6 KV (por desaparecer) para mediana tensión y 220/127 volts en baja -- tensión. La energía proviene de los anillos de 85 y 230 KV - que rodean el Area Metropolitana y las S.E.'s conectadas directamente a dichos anillos, como se muestra en la figura 1.

1. DESCRIPCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION

1.1 SISTEMA AEREO

Las redes aéreas que se realizan montando sobre postera los transformadores, conductores primarios y secundarios equipos de protección y seccionamiento, se localizan por lo general en las guarniciones, conservando las distancias a edificios y alturas reglamentarias. En zonas urbanas con más de 5 MVA/Km² de densidad de carga, presentan un congestionamiento tal que va encontrando limitaciones fuertes en la vía pública, - lo cual representa una restricción al enfrentarla a las potencias por alimentar que están en continuo crecimiento.

Las redes aéreas son muy vulnerables a contingencias físicas (choques de vehículos y cuerpos extraños) y a los agentes -- atmosféricos (rayos, granizo, lluvia, polvos, sales, etc.), lo que hace necesario dotarlos de un mayor número de elementos automáticos de protección, para aumentar su eficiencia, - redundando en un mayor costo adicional.

Tiene la ventaja de ser accesibles para la reparación fallas, para ampliaciones y modificaciones en zonas sujetas a cambios urbanos. Son de tipo radial; este tipo de instalación - se muestra en la figura 2.

1.2 SISTEMA SUBTERRANEO.

4

Los Sistemas Subterráneos presentan una exposición muy reducida a fallas en comparación con las aéreas, ofreciendo un servicio de alta confiabilidad y un alto grado de continuidad. Se utilizan en zonas urbanas de más de 5 MVA/km², ya que su costo es elevado. No presentan un obstáculo a las restricciones al ocupar la vía pública.

En caso de fallas, el tiempo de reposición del servicio es mayor que en el aéreo por estar las instalaciones ocultas.

En la figura 3, se muestra un plano de la Ciudad de México, D. F., donde se indican la zona aérea y la subterránea, con densidades de 5 hasta 40 MVA/Km².

Las redes subterráneas se dividen por su operación en: Radiales y Automáticas. En las primeras se pueden dar servicios tanto en A. T. como en B. T. En las segundas solamente se proporcionan servicios en B. T.

En la figura 4, se muestran las zonas de las diferentes redes subterráneas existentes y por construirse, tanto de operación radial como automática.

1.2.1. RED AUTOMÁTICA.

La Red Automática es un sistema con dos estructuras diferentes a la red primaria que es de tipo radial simple o en derivación múltiple, constituida con alimentadores primarios imbricados y conectados con el mismo banco de la S. E. de potencia. La red secundaria que es de tipo de operación en paralelo, formando una malla solidamente unida, ver figura 5.

1.2.2. RED RADIAL.

Se emplean fundamentalmente dos tipos de estructura en la

red primaria: Anillo abierto (figura 6 y 7) y alimentadores selectivos (figura 8), ambos en seccionamiento. La red secundaria es del tipo de operación radial simple (figura 9) para la estructura de anillo abierto y radial con amarre (figura 10) para alimentadores selectivos.

1.3 SISTEMA MIXTO.

Este sistema es una mezcla de los dos anteriores, siendo aérea la red de A. T. y la B. T. en Cable Subterráneo (figura 11).

2 ACOMETIDAS.

Se define como acometida (aérea ó subterránea), los conductores que ligan la red de distribución del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario. Se le llama también línea de servicio.

De acuerdo con las disposiciones de la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento, señalados en el Capítulo II, Artículo 11o., Párrafo 2o., en ningún caso el suministrador estará obligado a realizar la instalación de equipos limitadores ó de medición en distancias superiores a 5 (cinco) metros de la entrada oficial, medidos paralelamente al piso, observándose lo que disponga el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

2.1 ACOMETIDAS EN 23 KV.

2.1.1 DE 20 KW A 200 KW DE DEMANDA.

Una acometida en A. T., puede derivarse de una línea aérea o de un cable subterráneo. En el primer caso la acometida se hará con cable subterráneo, bajando de una línea aérea hasta la S. E. del usuario, según se muestra en la figura 12 haciendo la medición en el lado de B. T. de su S. E. El segundo caso se proporciona en las zonas de redes radiales, para lo cual el usuario deberá proporcionar un cuarto donde se instalará un gabinete, como se muestra en la figura 13, haciéndose también la medición en el lado de B. T. de su S. E.

2.1.2 DE MAS DE 200 KW DE DEMANDA.

En este caso, también se puede hacer la acometida desde una línea aérea o de un cable subterráneo, en forma similar a la del inciso anterior, la única diferencia que existe con la anterior, es que la medición se realiza directamente en el lado de A. T., como se observa en las figuras-14 y 15.

2.2. ACOMETIDAS EN A. T. DE MAS DE 23 KV.

Cuando la demanda es mayor a 9 MVA ó 12 MVA (dependiendo de la zona donde se encuentre el Servicio), es necesario hacer una solicitud de servicio en 85 KV ó 230 KV. En este caso el proyecto lo elabora la Gerencia de Planeación e Ingeniería, a través del Departamento de Desarrollo de la -- Compañía de Luz; En cada caso se hace el estudio respectivo, para que en el terreno del usuario, se proporcione un espacio para instalar los interruptores y el equipo de medición, junto a su S. E.

2.3. ACOMETIDAS EN B. T.

2.3.1 ACOMETIDAS EN B. T. HASTA 35 KW DE DEMANDA PROBABLE.

Este tipo de acometidas se proporcionan de línea aérea o de cable subterráneo.

2.3.1.1 DE LINEA AEREA.

Las acometidas B-3 y CA-3 (fig. 16 y 17), se proporcionan a servicios de 8.1 KW de carga instalada y hasta 35 KW de demanda.

Se hace notar que hasta 24 KW de demanda estimada, se utili-

zan 3 watthorímetros para la medición y de 25 KW en adelante se instala un equipo de medición de baja tensión polifásico (Equipo MBP), el cual permite medir en los servicios trifásicos de baja tensión, el consumo en kWh, kWh/m² y la demanda máxima en KW.

2.3.1.2 DE CABLES SUBTERRANEOS.

En las figuras 18 y 19 se muestran este tipo de acometidas también en este caso se hará la medición con 3 watthorímetros hasta 24 KW de demanda y de 25 KW en adelante se utilizará equipo MBP.

2.3.2 ACOMETIDAS EN B.T. DE 35 A 95 KW DE DEMANDA PROBABLE.

Este tipo de acometidas puede ser de línea aérea o de cable subterráneo.

2.3.2.1 DE LINEA AEREA.

En las figuras 20, 21 y 22 se muestran este tipo de acometidas.

2.3.2.2 DE CABLE SUBTERRANEO.

En las figuras 23 y 24 se muestran este tipo de acometidas.

Notas: 1).- Si la Red de Distribución esta sobrecargada se le solicitará al interesado local para S. E.

2).- Tanto para línea aérea, como cable subterráneo se instalará en estos casos equipo MBP.

3).- Los equipos de medición de energía eléctrica deberán localizarse a no más de 5 m. de la entrada

da oficial del edificio, medidos paralelamente al piso.

- 4).- El usuario deberá construir un registro de 60 Cm. x 40 Cm. x 60 Cm. de profundidad e instalar 2 ductos de asbesto cemento de 10.16 Cm. de diámetro interior entre el registro y la banquetá, hasta 20 Cm. después del paramento. Ver fig. 25.

2.3.3 ACOMETIDAS EN B.T. DE MAS DE 95 KW DE DEMANDA PROBABLE

Para este tipo de servicios se solicitará invariablemente local para S.E.; tanto en zona de línea aérea, como en zona de cables subterráneos.

3. LOCALES PARA GABINETES 23 KV.

En la zona donde se ubican Redes Subterráneas con Alimentadores Selectivos o en Anillo Abierto, se requiere de un Gabinete de Seccionamiento y Protección (como ya se mostró en las fig. 13 y 15), para proporcionar los servicios en 23 KV. Por tal motivo, se solicitará al usuario un espacio para la instalación del Gabinete mencionado. En él, se construirá una trinchera (fig. 26) de la cual saldrán 8 ductos de asbesto cemento de 7.62 Cm. (3") de diámetro interior (que permitirán la entrada y salida de la red de A. T.) y 4 ductos de asbesto cemento de 7.62 Cm. (3") de diámetro interior que se utilizarán en la acometida al servicio propiamente dicho. En cada caso, se elaborarán especificaciones para las obras civiles a construir.

3.1. PARA GABINETES TIPO EXTERIOR.

En la fig. 27 se muestra el área de 4.00 M X 3.00 M que se requiere para instalar, el Gabinete de Seccionamiento y Protección, requerido para proporcionar el servicio en 23 KV.

Debe quedar con entrada directa de la calle, para permitir al personal de los Departamentos de Cables Subterráneos -- hacer maniobras para operación y mantenimiento, y en un -- área que no represente peligro para el equipo o en caso -- contrario, se deberá proporcionar la protección adecuada -- por medio de una barda o de una alambrada. El Gabinete es propiedad de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., y únicamente su personal podrá operarlo.

3.2 PARA GABINETES TIPO INTERIOR.

En la fig. 28 se muestra un local de 4.00 M X 3.00 M X 2.50 M.

de altura que se requiere para alojar el Gabinete de Seccionamiento y Protección. Este local tendrá entrada directamente de la calle y las únicas comunicaciones con el resto del edificio, serán la instalación eléctrica para B. T. y la acometida en 23 KV.

4. LOCALES PARA S. E. EN INTERIOR DE EDIFICIOS.

En servicios que requieren local para S.E. en interior de edificios, deberán llenarse ciertos requisitos que la Compañía de Luz proporcionará a cada usuario. Es conveniente que el usuario solicite asesoría con tiempo a CLFC.

4.1 REQUISITOS QUE DEBERA PRESENTAR EL SOLICITANTE DEL SERVICIO.

El solicitante deberá entregar a la CLFC un juego de copias de planos en planta y elevación escala 1:200 y un detalle en escala 1:50, indicando las vías de acceso, que deberán ser libres desde el exterior hasta la puerta de la S. E., con objeto de que CLFC puede hacer maniobras con su equipo a instalar.

4.2 UBICACION DEL LOCAL.

En las figuras 29, 30, 31 y 32 se muestran las probables ubicaciones de los locales, de acuerdo con el tipo de construcción del edificio.

Es necesario que dicho local colinde con el parámetro de la calle o vía pública y de preferencia tan próximo a la entrada principal como sea posible.

Cuando el local se seleccione en lugar diferente de lo antes

expuesto, será motivo de un estudio especial.

4.3 CONSTRUCCION DEL LOCAL.

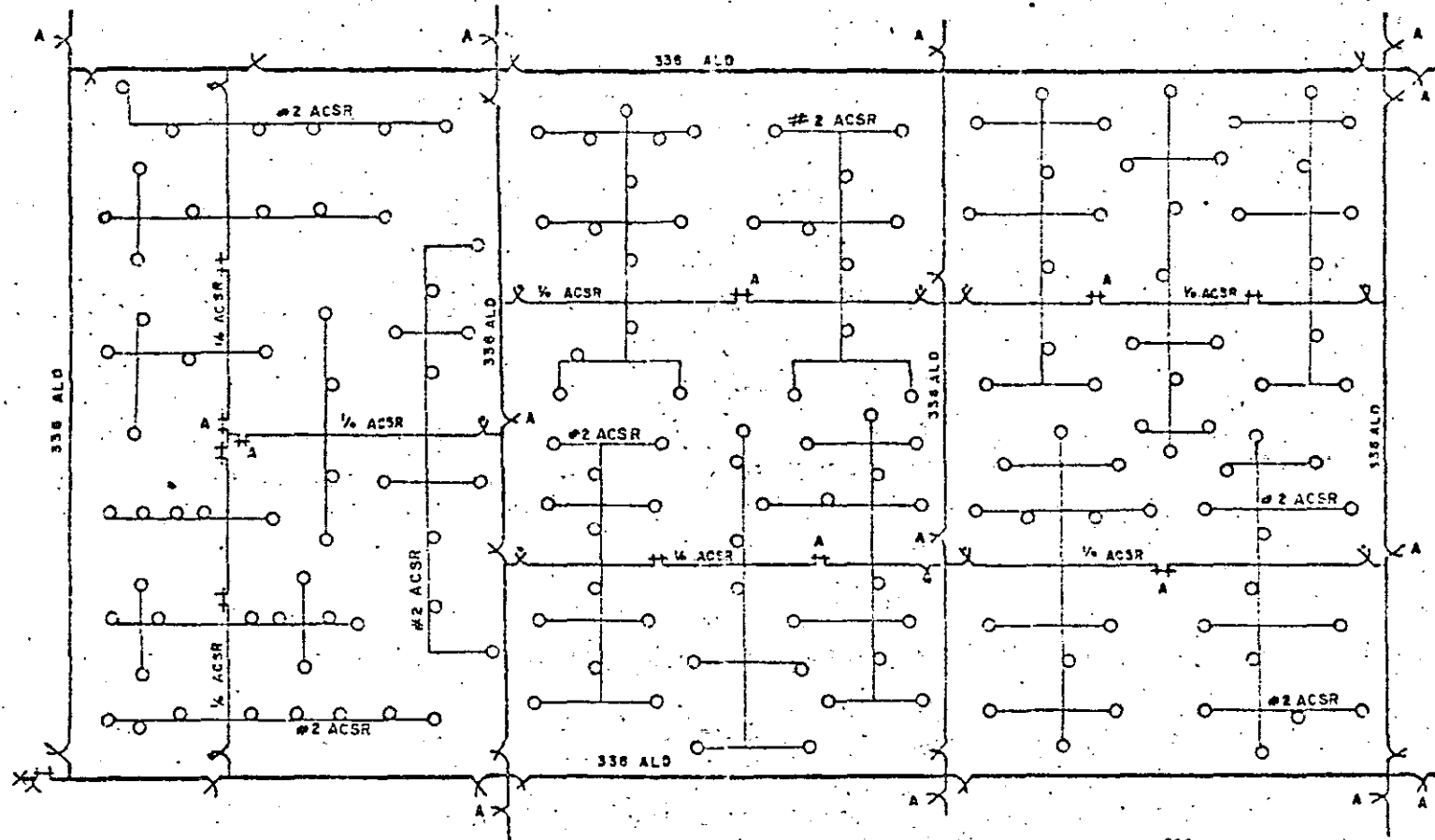
El local se construirá de concreto armado (de acuerdo con las especificaciones que tiene CLFC), con losa inferior para 6 ton/m² de carga rodante y losa superior con resistencia suficiente para fijar estructuras y accesorios necesarios para soportar los cables de la instalación.

Para la construcción del local, CLFC proporciona plano de la O. C. indicando a detalle las características del local (puerta de acceso, ventilación, drenaje, iluminación, etc.).

5. BÓVEDAS PARA EQUIPOS SUMERGIBLES.

En las figuras 33, 34 y 35 se muestran los diferentes arreglos de S. E., en bóveda, cuando no se tiene posibilidad de contar con un local en el interior del edificio. Debido a que se utiliza equipo sumergible, el costo se incrementa en forma considerable. El costo de esta bóveda corre por cuenta del usuario.

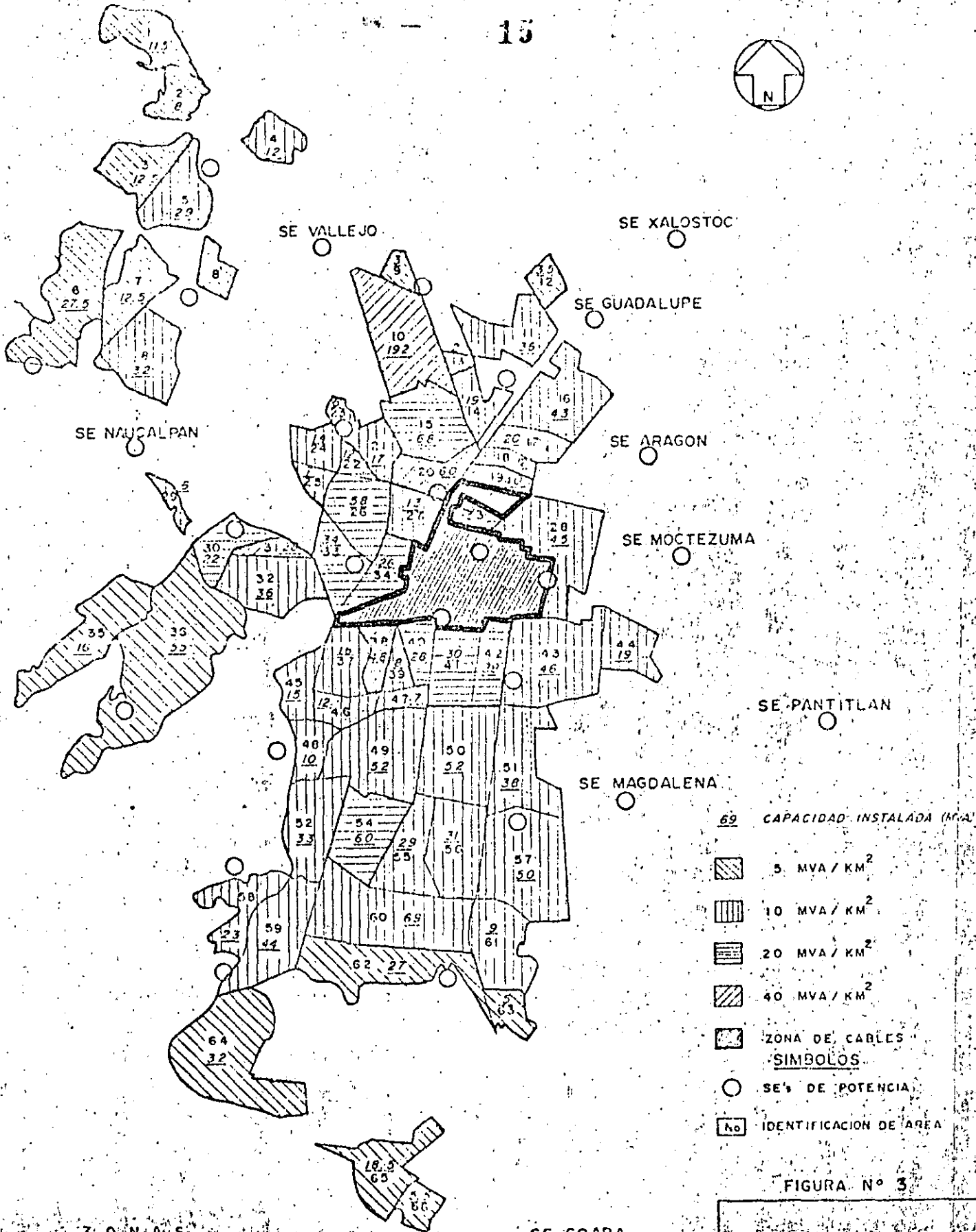
Los equipos de medición se colocarán en un local próximo a la S. E., según se muestra en la figura 36, o en un local cercano a la entrada principal y a no más de 5 M. del parámetro.



ESTRUCTURA DE LA RED AEREA DE 23 KV

- X INTERRUPTOR EN AIRE, CAPACIDAD NOMINAL 600 AMPERES,
1 CAMARA DE EXTINSION (OPERACION MANUAL)
- X INTERRUPTOR EN AIRE, CAPACIDAD NOMINAL 400 AMPERES,
1 CAMARA DE EXTINSION (OPERACION MANUAL)
- + CUCHILLAS DE NAVAJA PARA ABRIR SIN CARGA (OPERACION MANUAL)
- X JUEGO DE TERMINALES MONOFASICAS DE 23 KV
- ^ JUEGO DE PARARRAYOS DE 23 KV
- O TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- A INTERRUPTORES Y CUCHILLAS NORMALMENTE ABIERTAS

FIGURA N° 2



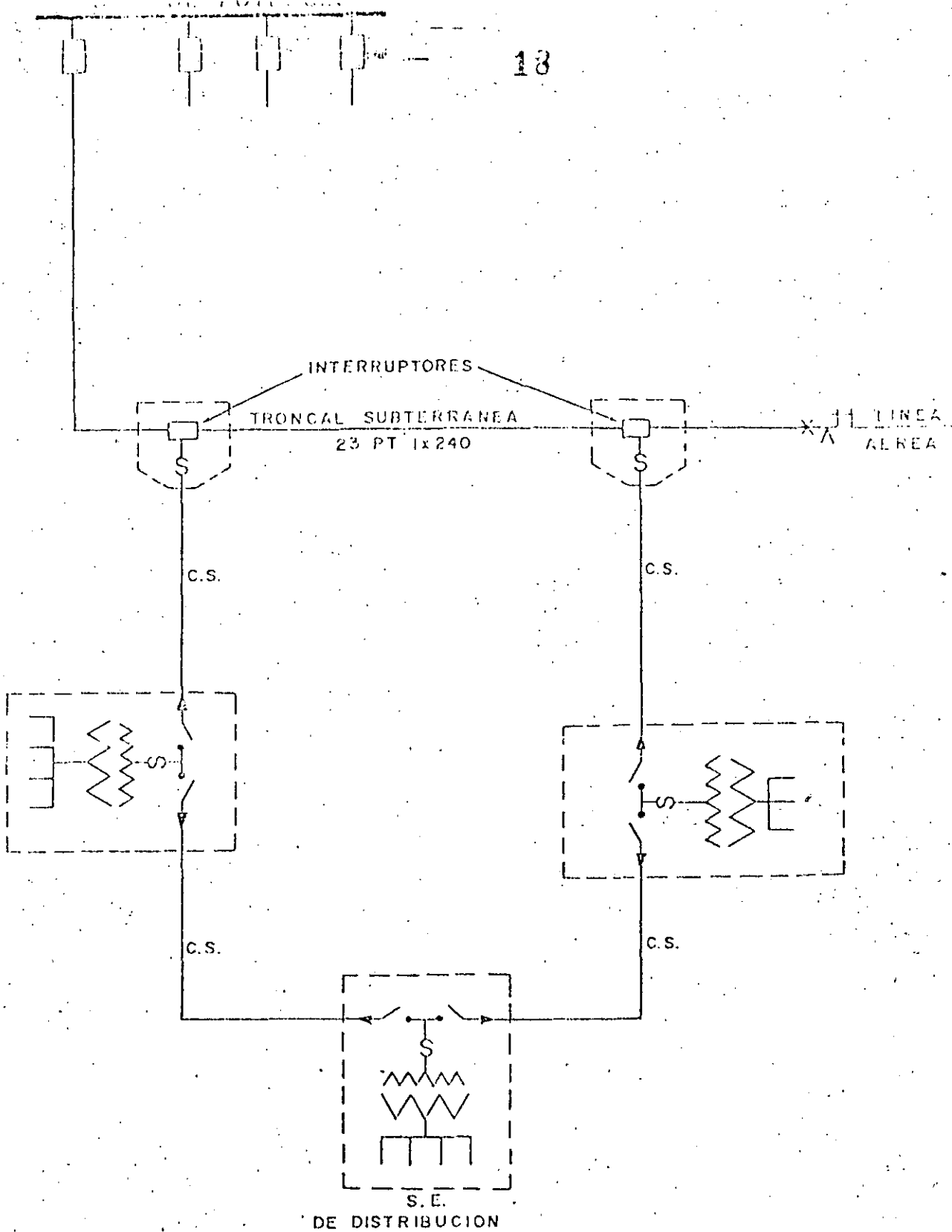
- 69 CAPACIDAD INSTALADA (MVA)
- 5 MVA / KM²
- 10 MVA / KM²
- 20 MVA / KM²
- 40 MVA / KM²
- ZONA DE CABLES
- SIMBOLOS
- SE'S DE POTENCIA
- IDENTIFICACION DE AREA

ZONAS

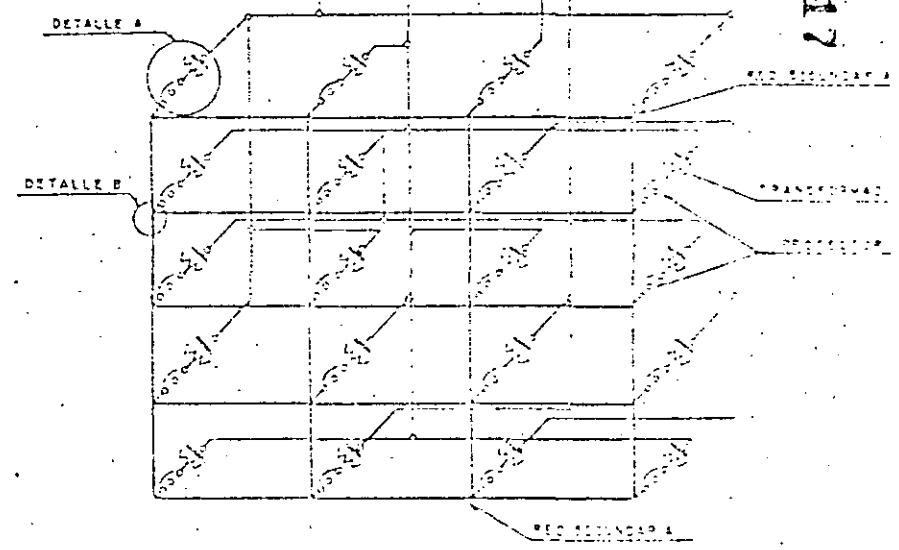
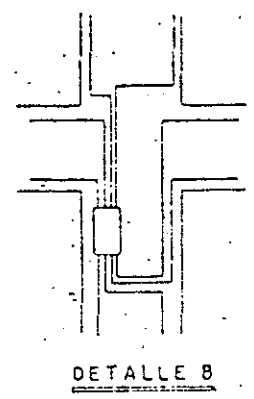
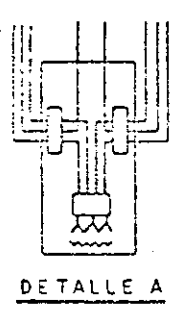
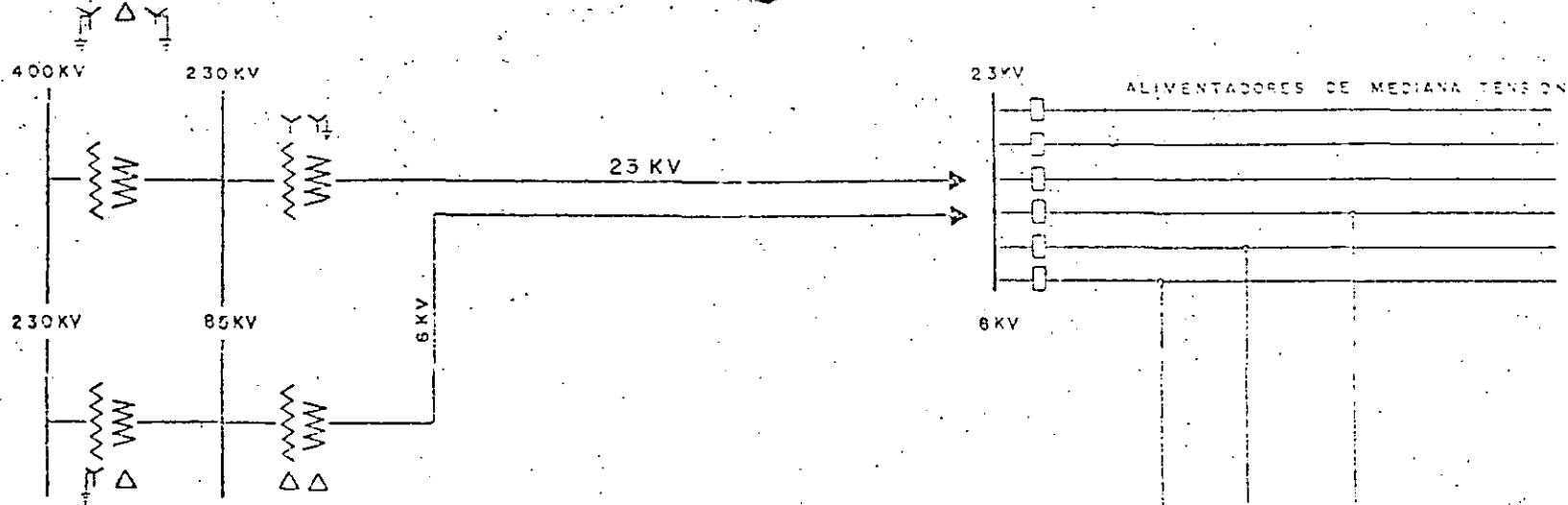
RESIDENCIAL	5 o 10 MVA / KM ²
RESIDENCIAL - COMERCIAL	10 o 20 MVA / KM ²
RESIDENCIAL - INDUSTRIAL	20 o 40 MVA / KM ²
INDUSTRIAL	40 MVA / KM ² O MAS

FIGURA N° 3

REGIONALIZACION DE ZONAS
 POR DENSIDAD DE CARGA
 A DICIEMBRE 1983
 ESTUDIO DE
 ESCALA 50000 ABRIL 1983



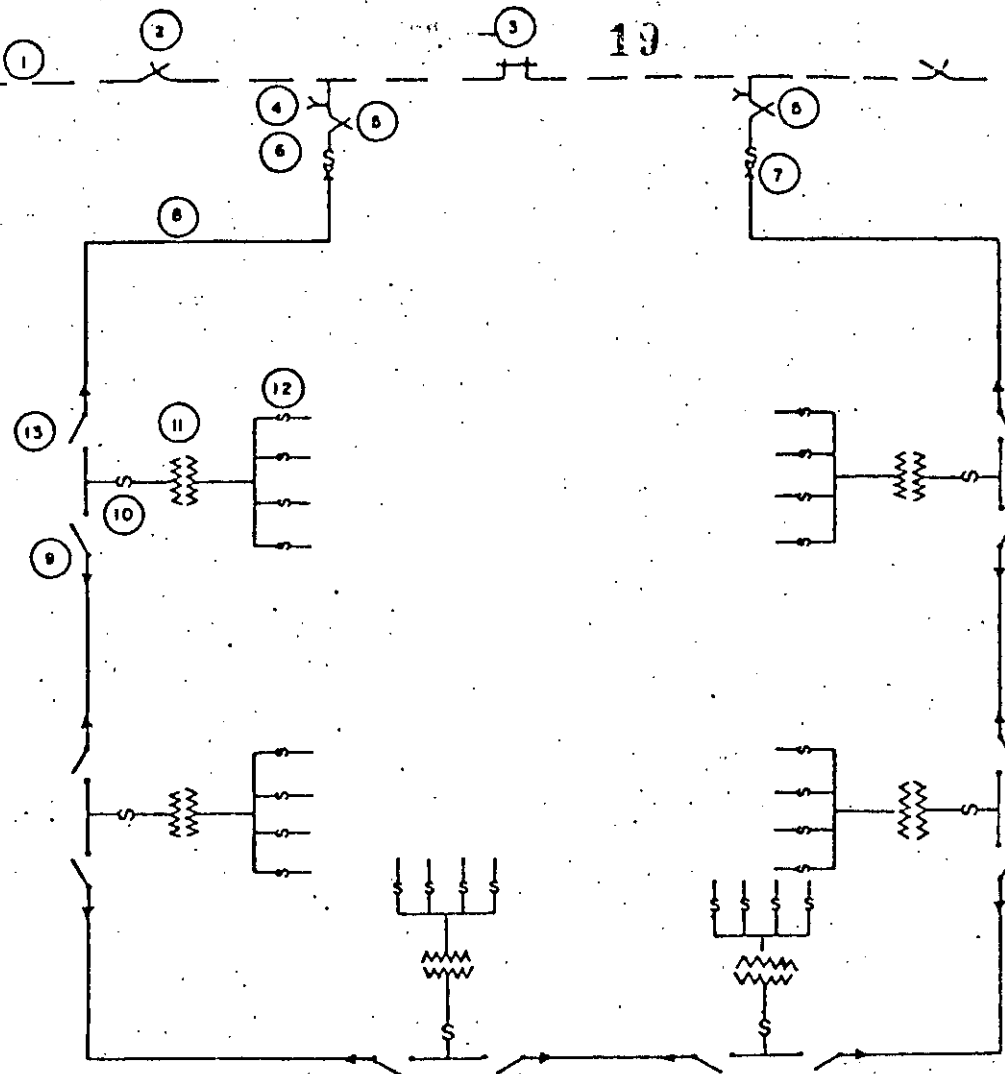
COMPANIA DE LUZ Y FZA DEL CENTRO S.A.
EN LIQUIDACION
DERIVACION DE UNA TRONCAL SUBTERRANEA PARA UNA ESTRUCTURA EN ANILLO ABIERTO
FIGURA No 6



COMPAÑIA DE LUZ Y FUA DEL CENTRO SA

SISTEMA DE DISTRIBUCION EN RED AUTOMATICA

FIGURA 5



- ① LINEA AEREA
- ② INTERRUPTOR EN AIRE PARA ABRIR CON CARGA
- ③ CUCHILLAS DE NAVAJA
- ④ PARARRAYOS
- ⑤ INTERRUPTOR EN AIRE PARA ABRIR CON CARGA
- ⑥ CORTACIRCUITOS FUSIBLE
- ⑦ TERMINAL
- ⑧ CABLE UNIPOLAR DE AISLAMIENTO SECO
- ⑨ TERMINAL
- ⑩ CORTACIRCUITOS FUSIBLE
- ⑪ TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- ⑫ BUS Y CIRCUITOS B.T.
- ⑬ CUCHILLAS DE NAVAJA

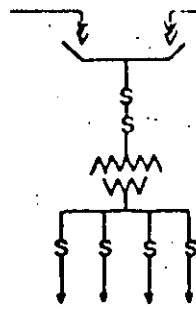
COMPANIA DE LUZ Y FZA. DEL CENTRO S.A.

RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA
EN ANILLO ABIERTO

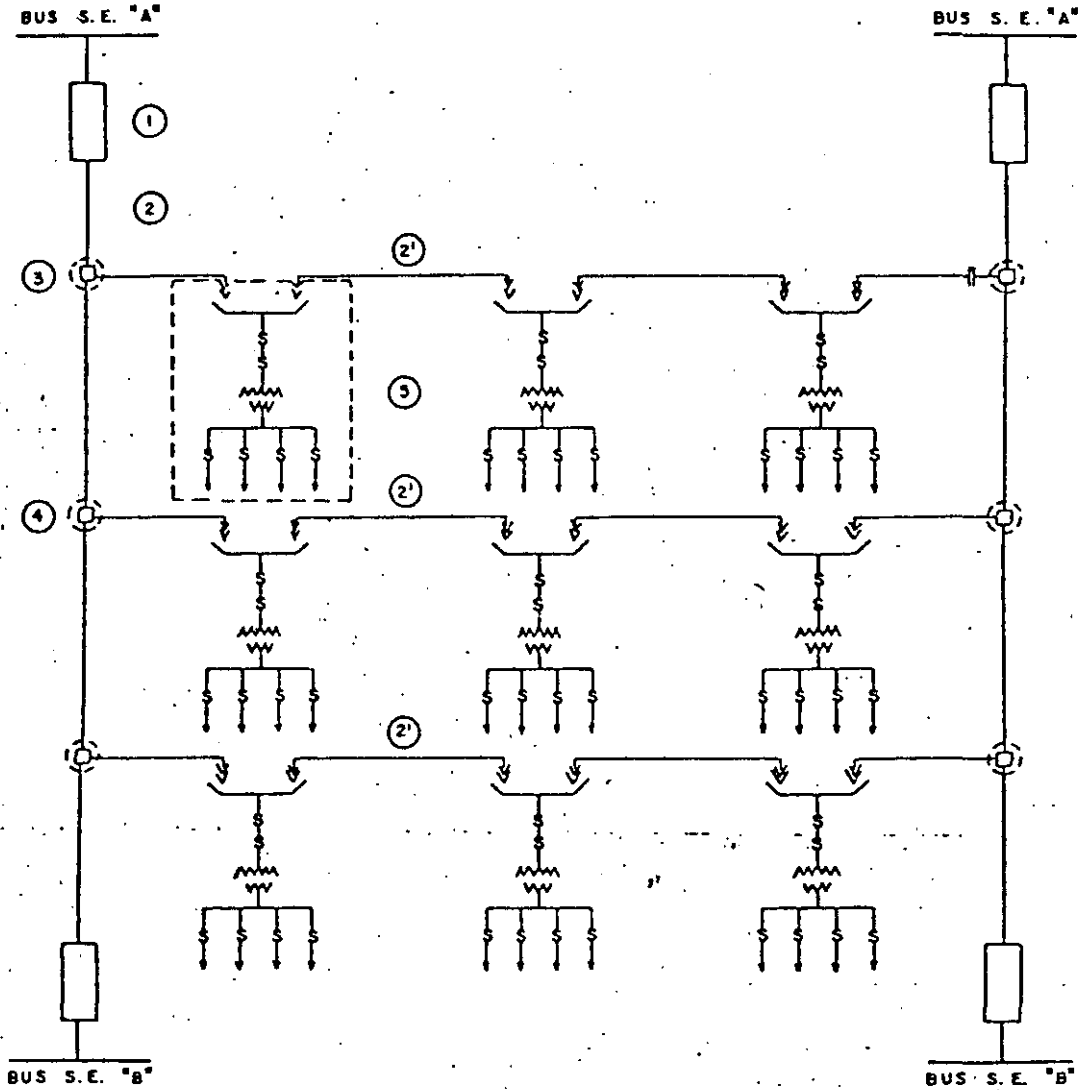
FIGURA No. 7

5- TRANSFORMADORA INTEGRAL DEL TIPO AUTOPROTEGIDO

20



TERMINAL TIPO CODD
 INTERRUPTOR 3 φ, 200 AMP, 25 KV.
 FUSIBLE PARA SOBRECARGA
 FUSIBLE LIMITADOR
 TRANSFORMADOR
 FUSIBLES B.T.
 CIRCUITOS B.T.

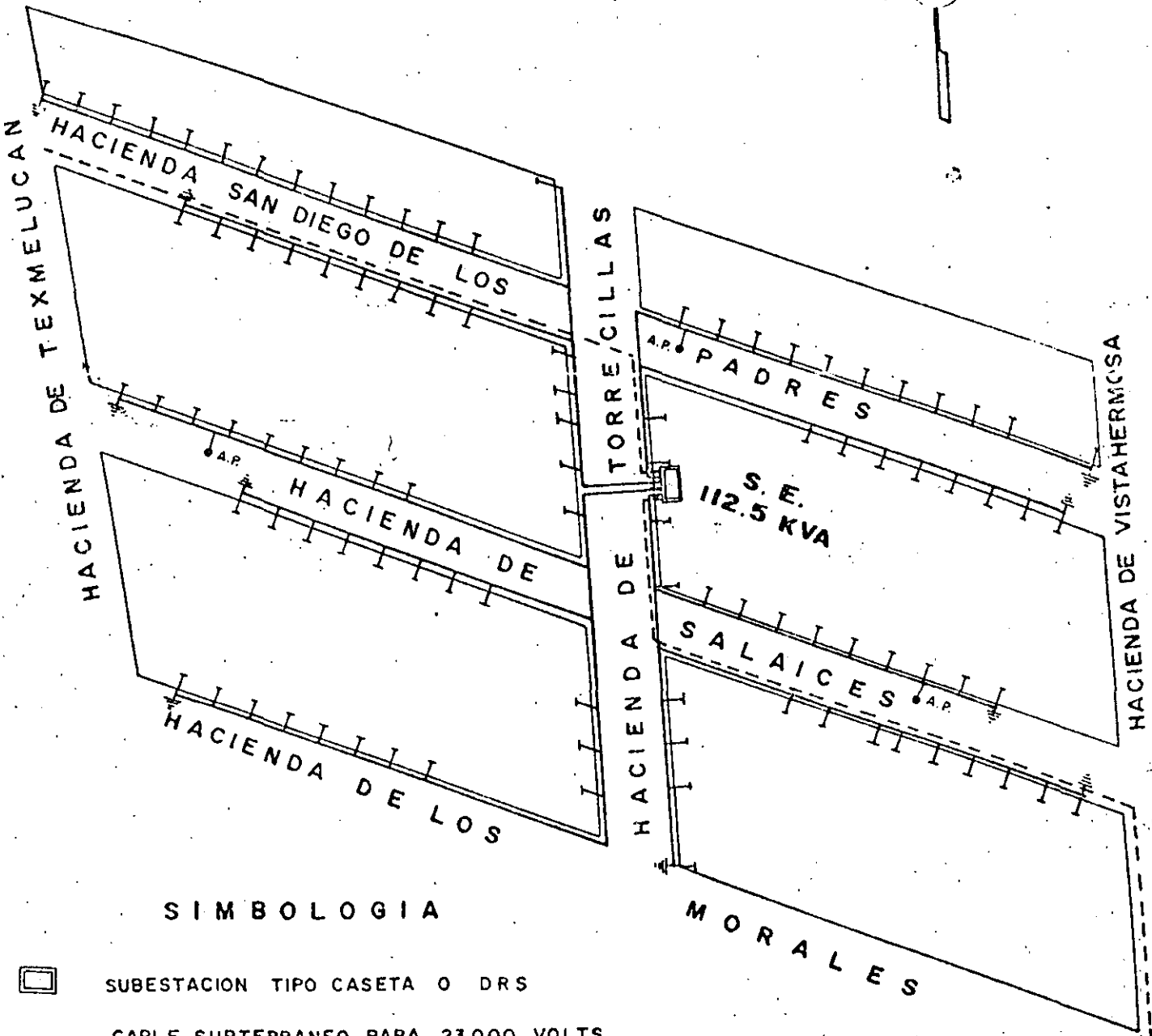


- ① INTERRUPTOR EN LA S.E. DE POTENCIA
- ② CABLE 23-25 ②' CABLE 23TC
- ③ INTERRUPTOR TRIPOLAR PARA OPERACION CON CARGA
- ④ DERIVACION DE TRES VIAS DE TIPO MODULAR





COMPañIA DE LUZ Y FZA DEL CENTRO S.A.
 EN LIQUIDACION
 ESQUEMA DE UNA RED DE
 ALIMENTADORES SELECTIVOS

FIGURA No.8

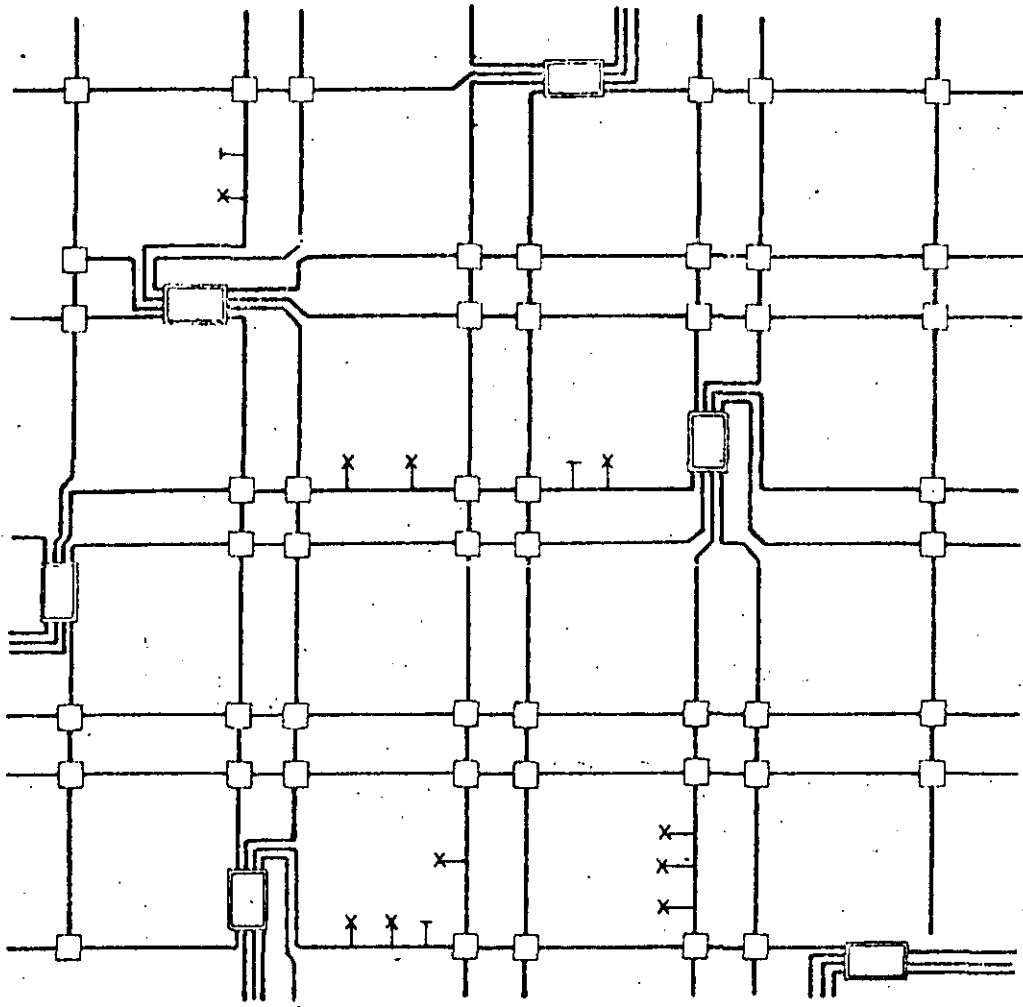
RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA SECUNDARIA RADIAL SIMPLE






SIMBOLOGIA

-  SUBESTACION TIPO CASETA O DRS
-  CABLE SUBTERRANEO PARA 23,000 VOLTS
-  CABLE SUBTERRANEO DE BAJA TENSION Y ACOMETIDAS
-  TIERRA: VARILLA COPPERWELD 15.9 mm Ø Y 3048 mm LONG.

RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA RADIAL CON AMARRES



SIMBOLOGIA

-  BOVEDA O SUBESTACION PARA TRANSFORMADORES.
-  CAJA TIPO ESQUINA (ELEMENTO DE SECCIONAMIENTO).
-  CABLE DE BAJA TENSION Y ACOMETIDAS.

ACOMETIDA
EN B.T.

PARARRAYOS CLASE DISTRIBUCION
TENSION MAXIMA 24 KV

PORTAFUSIBLES 23-220
FUSIBLE 23SC-SMD-20

TRANSFORMADOR DE
75, 112.5, 150 ó 225 KVA.

CABLE

BTC 3 (1x150 ó 1x250) y NEUTRO.

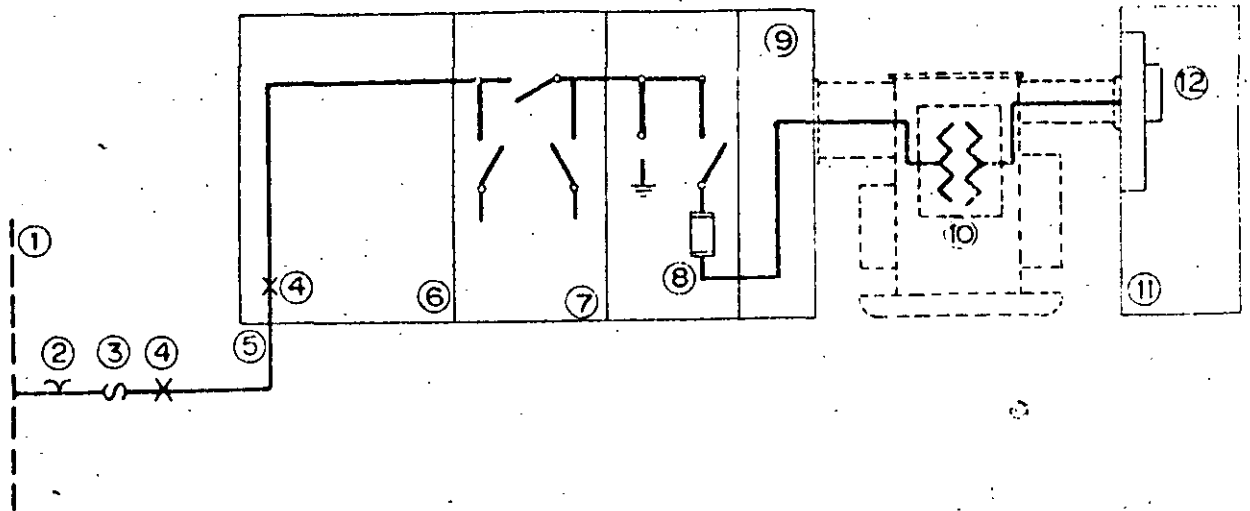
FUSIBLES B.T.

CAJA P-4 400

CABLES BTC 1x70 ó 1x150

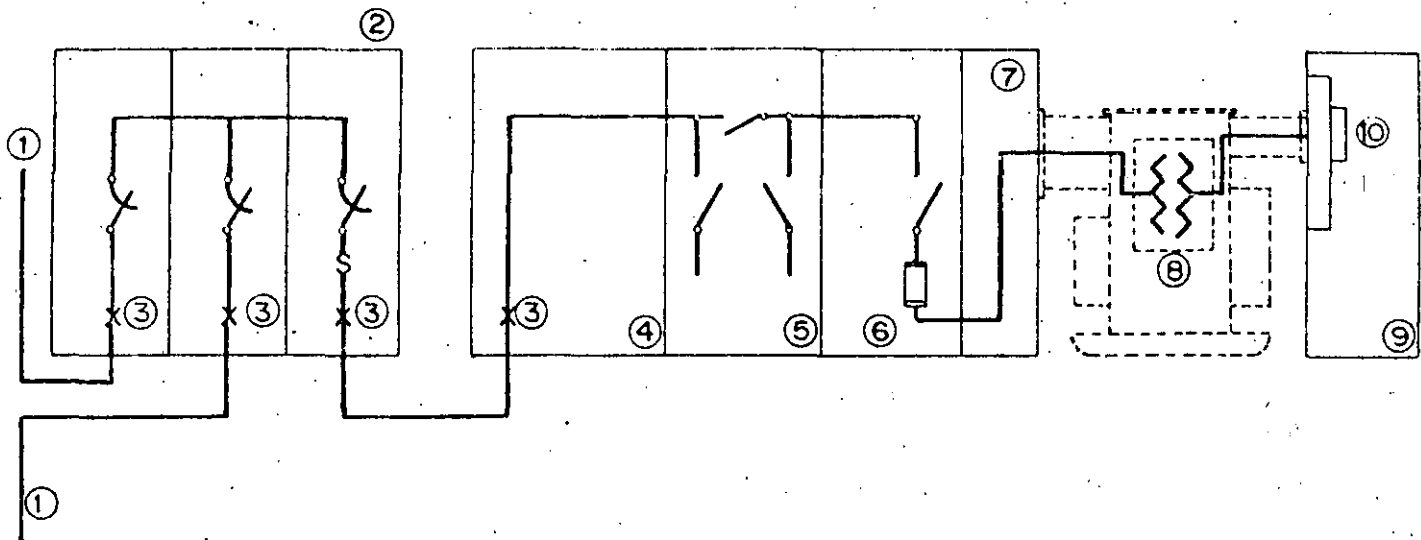
MONTAJE DE SUBESTACION
PARA RED MIXTA

SERVICIO EN AT. CON MEDICION EN EL LADO DE BAJA TENSION DEL TRANSFORMADOR DEL CLIENTE CON DERIVACION DE RED AEREA



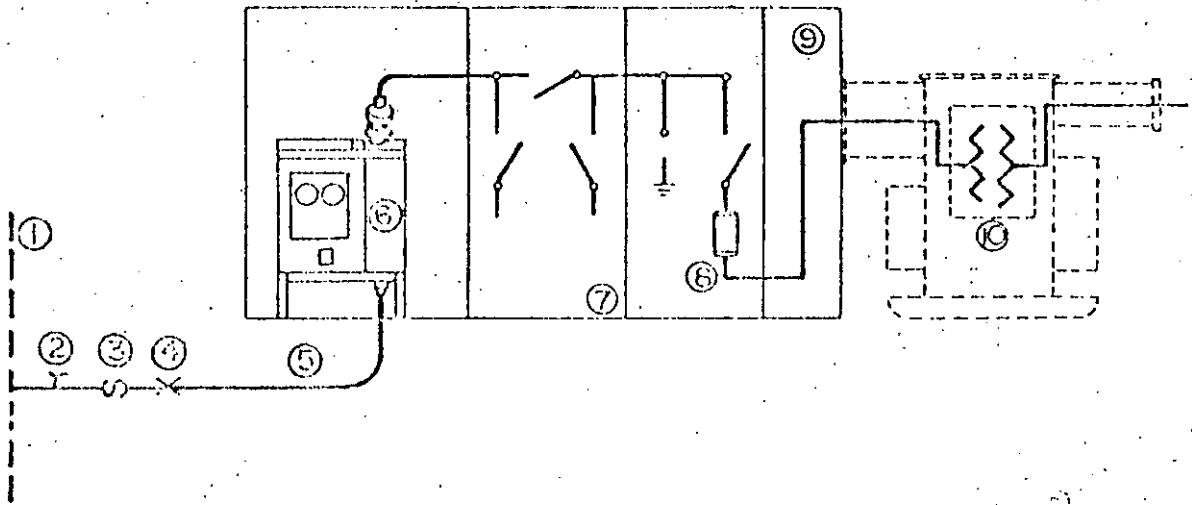
- ① - Línea aérea 23,000 Volts.
- ② - Pararrayos 23 KV, tipo distribución.
- ③ - Portafusibles 23 KV 200 Amp.
- ④ - Terminal 23 KV.
- ⑤ - Cable subterráneo de aislamiento seco para 23,000 Volts.
- ⑥ - Sección para acometida de la Cía. suministradora.
- ⑦ - Sección de cuchillas de prueba.
- ⑧ - Sección para interruptor de operación con carga y pararrayos.
- ⑨ - Sección de acoplamiento.
- ⑩ - Transformador trifásico del cliente.
- ⑪ - Sección de baja tensión.
- ⑫ - Equipo de medición de baja tensión de la Cía. suministradora.

SERVICIO EN AT CON MEDICION EN EL LADO DE BAJA TENSION DEL TRANSFORMADOR DEL CLIENTE CON DERIVACION DE RED SUBTERRANEA RADIAL



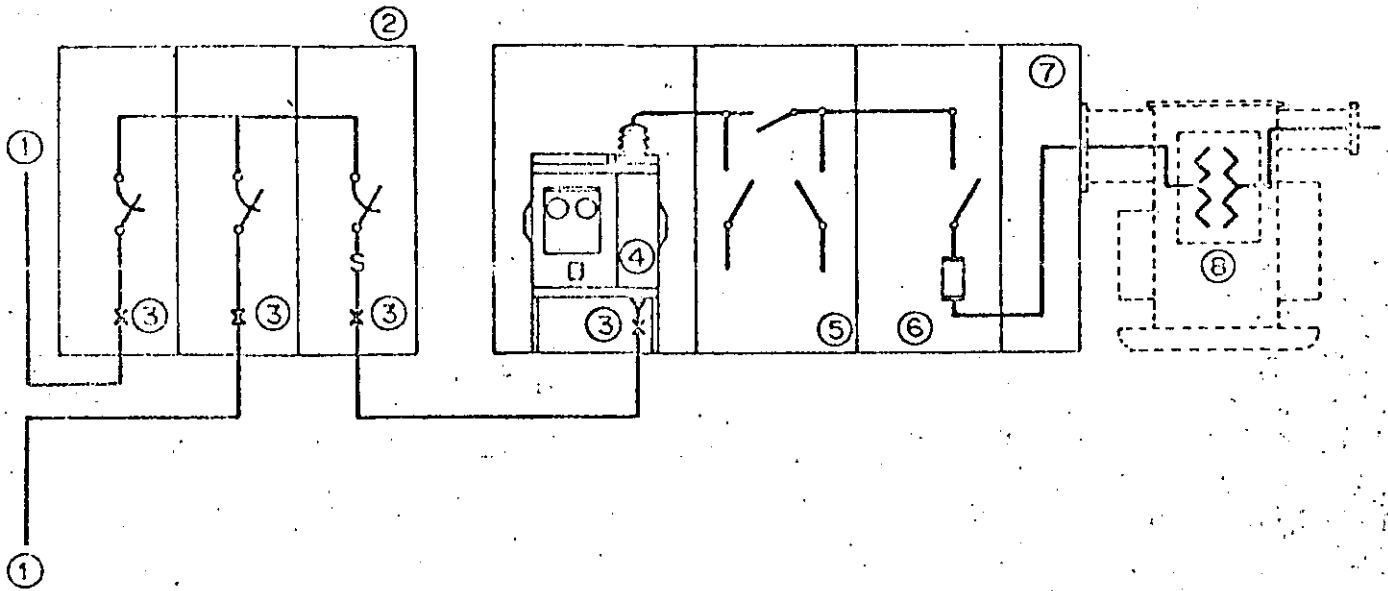
- ① - Cable subterráneo de aislamiento seco para 23,000 Volts.
- ② - Gabinete 23 KV, servicio interior con 2 juegos de interruptores en aire de 400 Amp. y un juego de Rupto fusibles, con fusibles limitadores de corriente, instalado dentro de un local independiente de la subestación del cliente.
- ③ - Terminal 23 KV, tipo interior.
- ④ - Sección para acometida de la Cía. suministradora.
- ⑤ - Sección de cuchillas de prueba.
- ⑥ - Sección para interruptor de operación con carga y pararrayos.
- ⑦ - Sección de acoplamiento.
- ⑧ - Transformador trifásico del cliente.
- ⑨ - Sección de baja tensión.
- ⑩ - Equipo de medición de baja tensión de la Cía. suministradora.

SERVICIO EN A.T. (23 KV) CON MEDICION EN
EL LADO DE ALTA TENSION DEL
TRANSFORMADOR DEL CLIENTE
CON DERIVACION DE RED AEREA



- ① Línea aérea 23,000 Volts.
- ② Pararrayos 23 KV, tipo distribución
- ③ Portafusibles 23KV 200 Amp.
- ④ Terminal 23 KV, tipo Exterior
- ⑤ Cable subterráneo de aislamiento seco para 23,000 Volts.
- ⑥ Equipo de medición en 23,000 Volts (MTS 23)
- ⑦ Sección de cuchillas de prueba.
- ⑧ Sección para interruptor de operación con carga y pararrayos.
- ⑨ Sección de acoplamiento.
- ⑩ Transformador trifásico del cliente.

SERVICIO EN A.T.(23KV) CON MEDICION EN
EL LADO DE ALTA TENSION DEL
TRANSFORMADOR DEL CLIENTE
CON DERIVACION DE RED
SUBTERRANEA RADIAL



- ① Cable subterráneo de aislamiento seco para 23,000 Volts.
- ② Gabinete 23 KV, servicio interior con 2 juegos de interruptores en aire de 400 Amp. y un juego de Rupto fusibles, con fusibles limitadores de corriente, instalado dentro de un local independiente de la subestación del cliente.
- ③ Terminal 23 KV, tipo interior.
- ④ Equipo de medición en 23,000 Volts. (MTS 23)
- ⑤ Sección de cuchillas de prueba.
- ⑥ Sección para interruptor de operación con carga y pararrayos.
- ⑦ Sección de acoplamiento.
- ⑧ Transformador trifásico del cliente.

ACOMETIDA B 3

MANUAL DE
MONTAJE
4.0223

28

1 de 2

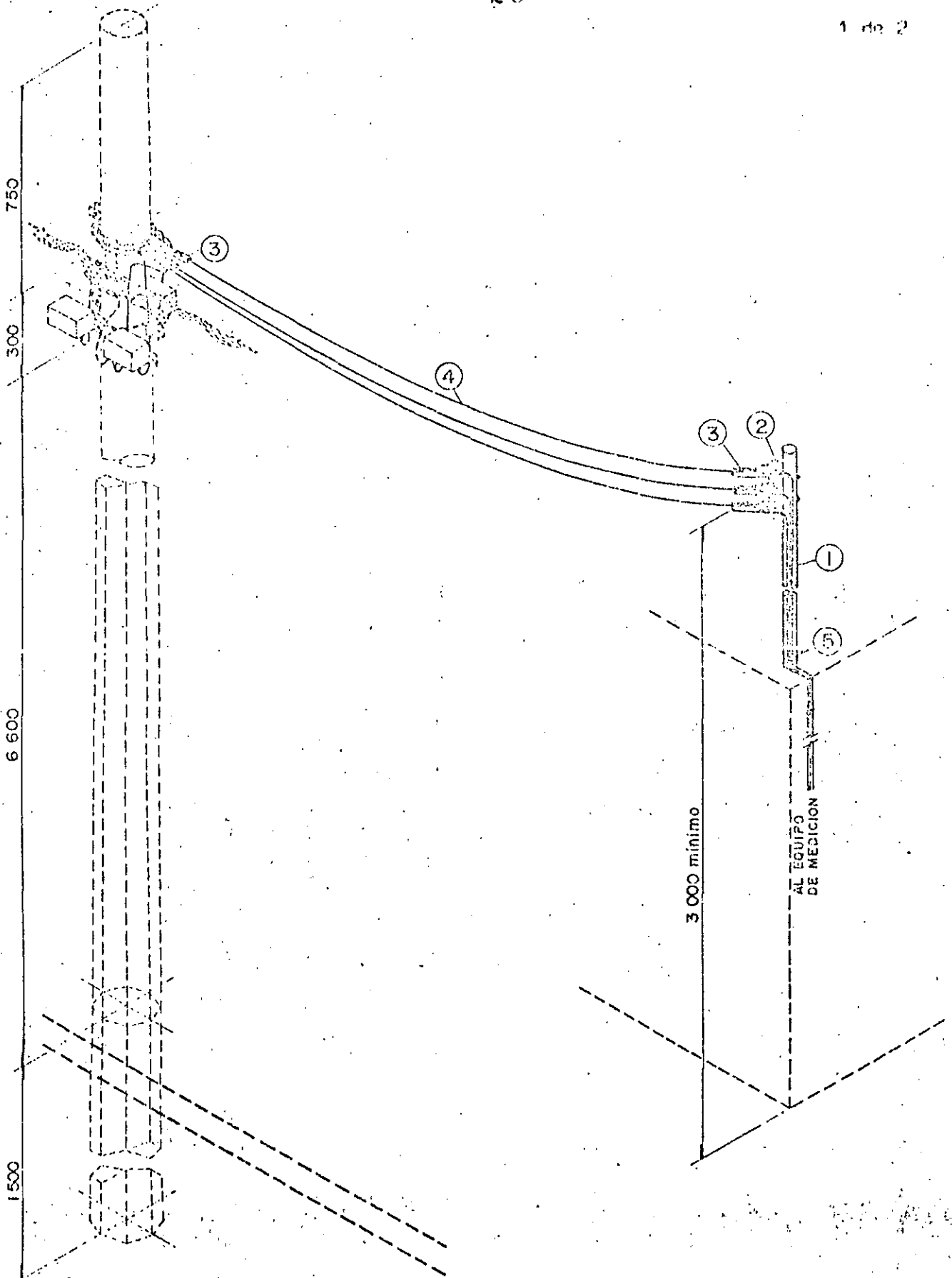


FIGURA Nº 16

Acotaciones en mm.

MATERIAL. (En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
* 1	Tubo galvanizado de 33 mm de diámetro		m	
2	Soporte CMS	2.0419	Pza	1
3	Remate CCE 4, 6, 10 ó 12	2.0416	Pza	6
4	Cable CCE 4, 6, 10 ó 12	2.0216	m	-
5	Grapas CMS (encadenadas)	2.0407	Pza	8

* Nota.- El material indicado en la referencia 1, será proporcionado y colocado por el cliente, su longitud será tal que la altura mínima del soporte CMS sea de 3000 mm sobre el nivel del piso terminado.

APLICACION:

Colocada a la red de baja tensión con cajas CMS y fijada a postes de concreto o acero con anillo CM y remate CCE, del otro extremo se recibe en un tubo galvanizado de 33 mm de diámetro con soporte CMS y remates CCE. Alimenta uno o varios servicios domésticos, comerciales e industrias pequeñas con carga total instalada hasta de 35 KW.

CLAVE DEL NOMBRE:

H = Acometida efectuada a un servicio sobre la misma Banqueta.
3 = Servicio a 3 fases.

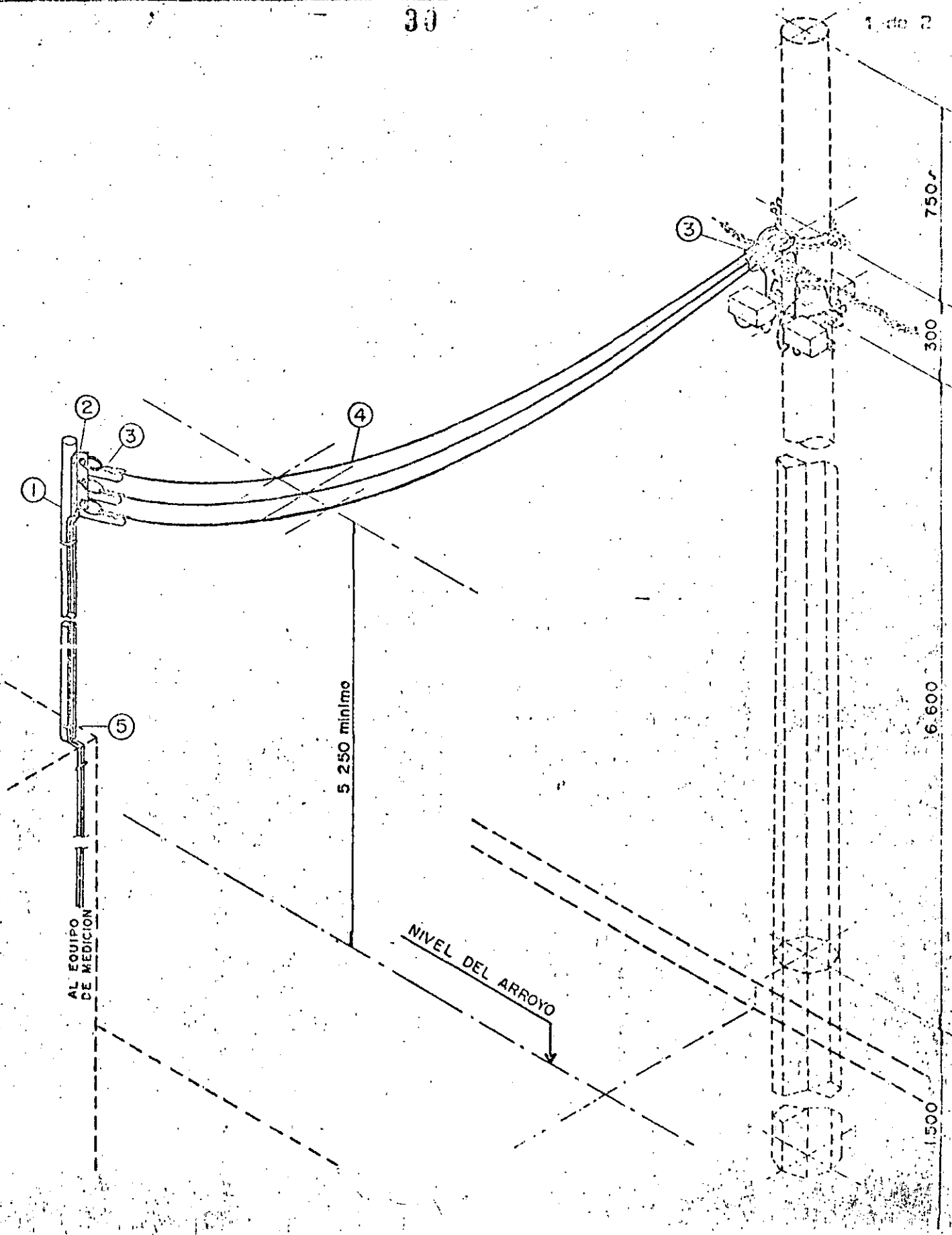


FIGURA Nº 17. Aclaraciones en mm.

MATERIAL. (En orden aproximado de colocación)

Ref.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Tubo galvanizado de 38 mm de diámetro		m	*
2	Soporte CM 3	2.0419	Pza.	1
3	Remate CCE 4, 6, 10 ó 12	2.0415	Pza.	6
4	Cable CCE	2.0216	m	-
5	Grapas CM 5 (encadenadas)	2.0407	Pza	8

* Nota.- El material indicado en la referencia 1 será proporcionado y colocado por el cliente, su longitud será tal que la altura mínima del cable CCE al cruzar el arroyo sea de 5250 mm.

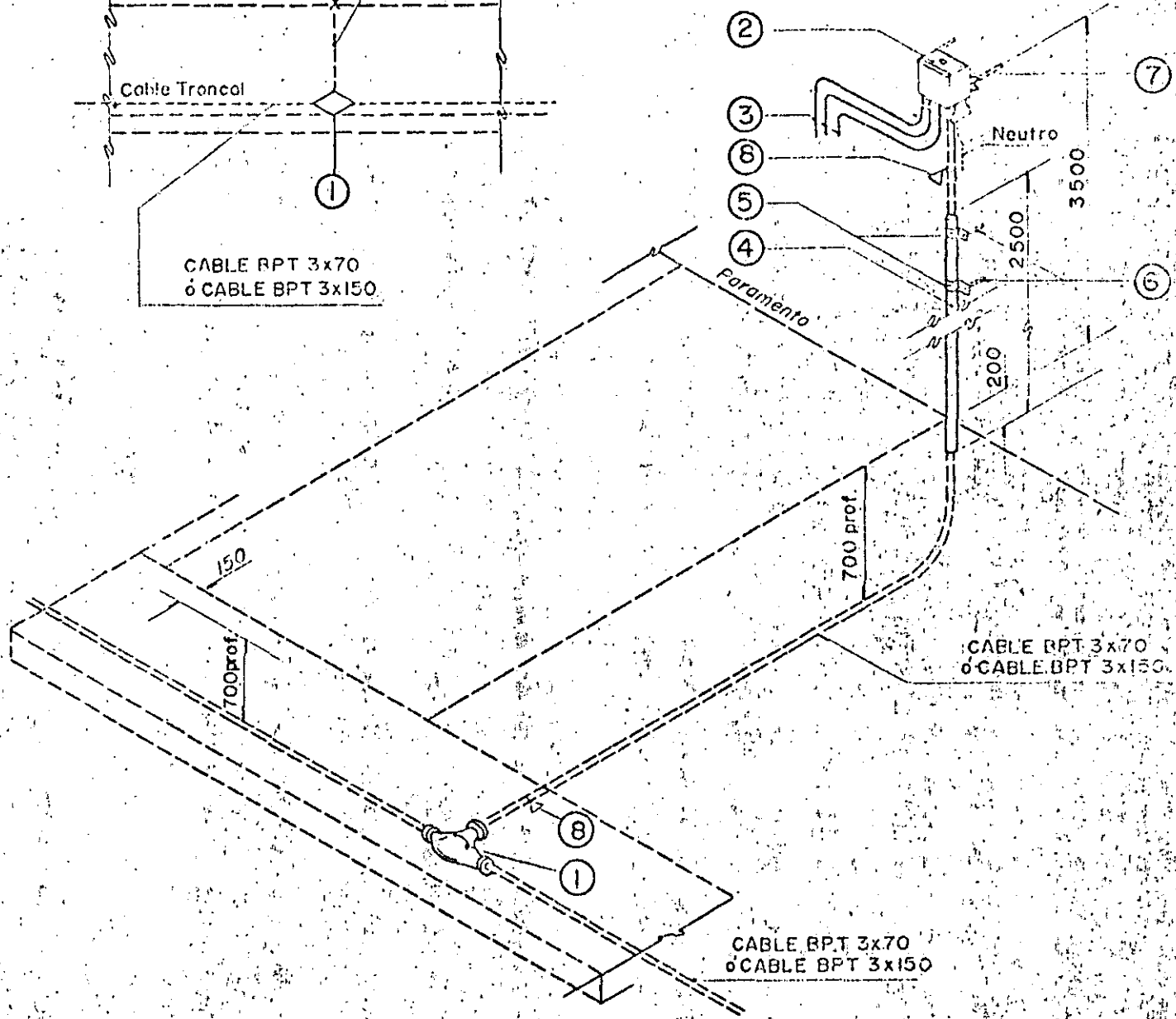
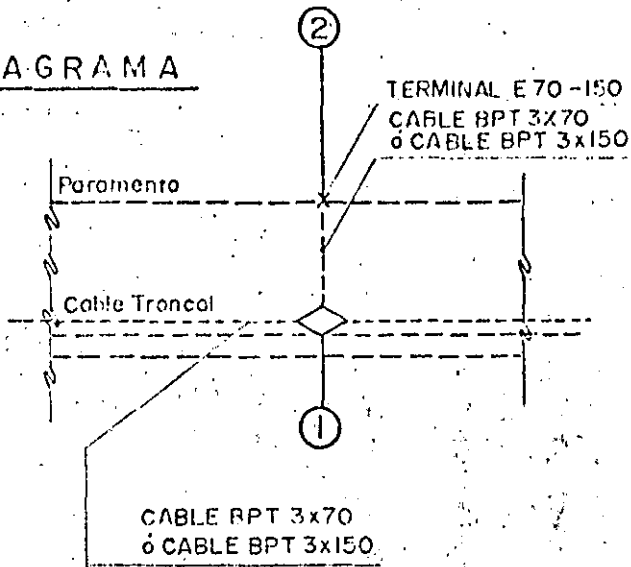
APLICACION:

Colocada a la red de baja tensión con cajas CM5 y fijada a postes de concreto ó acero con anillo CM y remate CCE, del otro extremo se recibe en un tubo galvanizado de 38 mm de diámetro con soporte CM1 y remate CCE. Alimenta servicios domésticos y comerciales con carga total instalada hasta de 35 KW.

CLAVE DEL NOMBRE:

CA = Acometida efectuada a un servicio con cruce de arroyo.
3 = Servicio a tres fases.

DIAGRAMA



Esc. 1:30

Aptaciones en mm

MATERIAL: (en 2^a de 2)

APLICACION:

Enlazar y proteger los extremos de cable de acometida 3 x 70 ó 3 x 150 con cable de alimentación o troncal de igual o mayor sección BPT 3 x 70 ó BPT 3 x 150 y suuro o soporte al exterior, en lugar de la acometida.

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

CANT.	NOMBRE	Norma TyF	Unidad	Cantidad
1	Mufa T 150 Aislantes y Auxiliares Mufa T 150	2.0050 2.0196	Pza. Jgo	1 1
2	Terminal E 70 - 150 Aislantes y Auxiliares Terminal E 70-150	2.0207 2.0222	Pza. Jgo	1 1
3	Cable BTG 1x70	2.0041	m	3
4	Tubo Protector PVC 2550	2.0392	Pza	1
5	Abrazadera Tubo PVC 60	2.0205	Pza	2
6	Tornillo M4 9.5x50	2.0187	Pza	4
7	Tornillo M4 12.7x100	2.0187	Pza	2
8	Placa Identificación Cable B	2.0027	Pza	2

CLAVE DEL NOMBRE:

B = Baja tensión

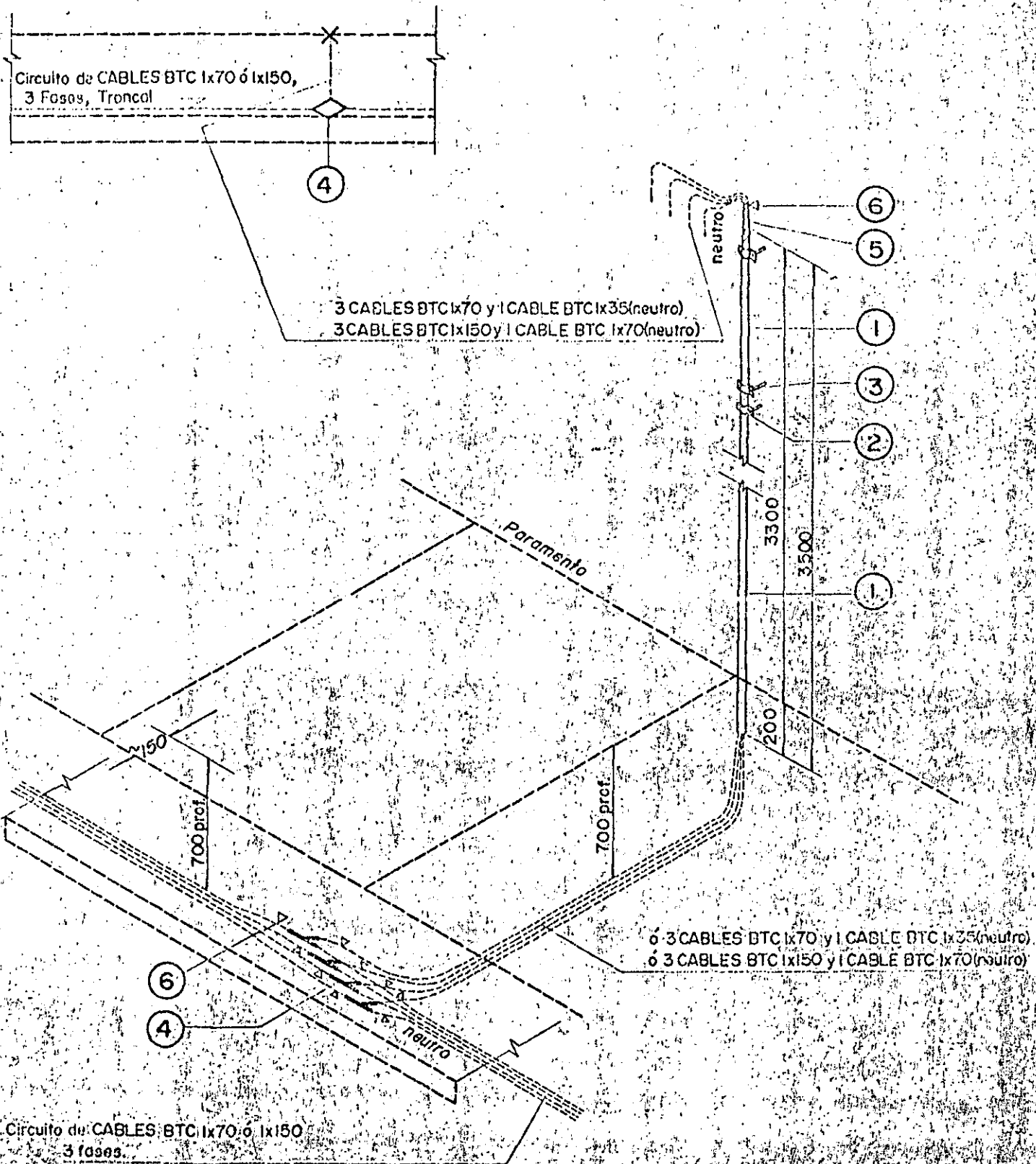
P = Papel plomo, aislamiento papel cubierta plomo del cable

T = Termoplástico, cubierta exterior del cable

70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección de los conductores del cable.

E = Exterior, terminal exterior en el lugar de la acometida.

DIAGRAMA



MATERIAL:

(En 2 de 3)

FIGURA Nº 19

Acotaciones en mm

ACOMETIDA BTC 70-150 CABLE-E

MONTAJE
4.0165

35

2 de 2

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma (y)	Unidad	Cantidad
1	Tubo Protector PVC 2050	2.0292	Pza	2
2	Abrazadera tubo P-PVC 60	2.0295	Pza	3
3	Tornillo B1q 9.5 x 60	2.0197	Pza	6
4	Unión Y BTC 70-70 (ó 150-70)	2.0203	Jgo	4
5	Cinta Selladora	2.0035	m	6
6	Placa Identificación Cable (B)	2.0032	Pza	12

APLICACION:

Proteger los dos extremos de un circuito trifásico de cables de acometida BTC 1x70 ó 1x150 entre un circuito principal o traseal de cables de igual o mayor sección BTC 1x70 ó 1x150 y muro o soporte al exterior en el lugar de la acometida.

CLAVE DEL NOMBRE:

B = Baja tensión

TC = Termofijo, polietileno cadena cruzada, aislamiento de los cables

70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección del conductor de los cables

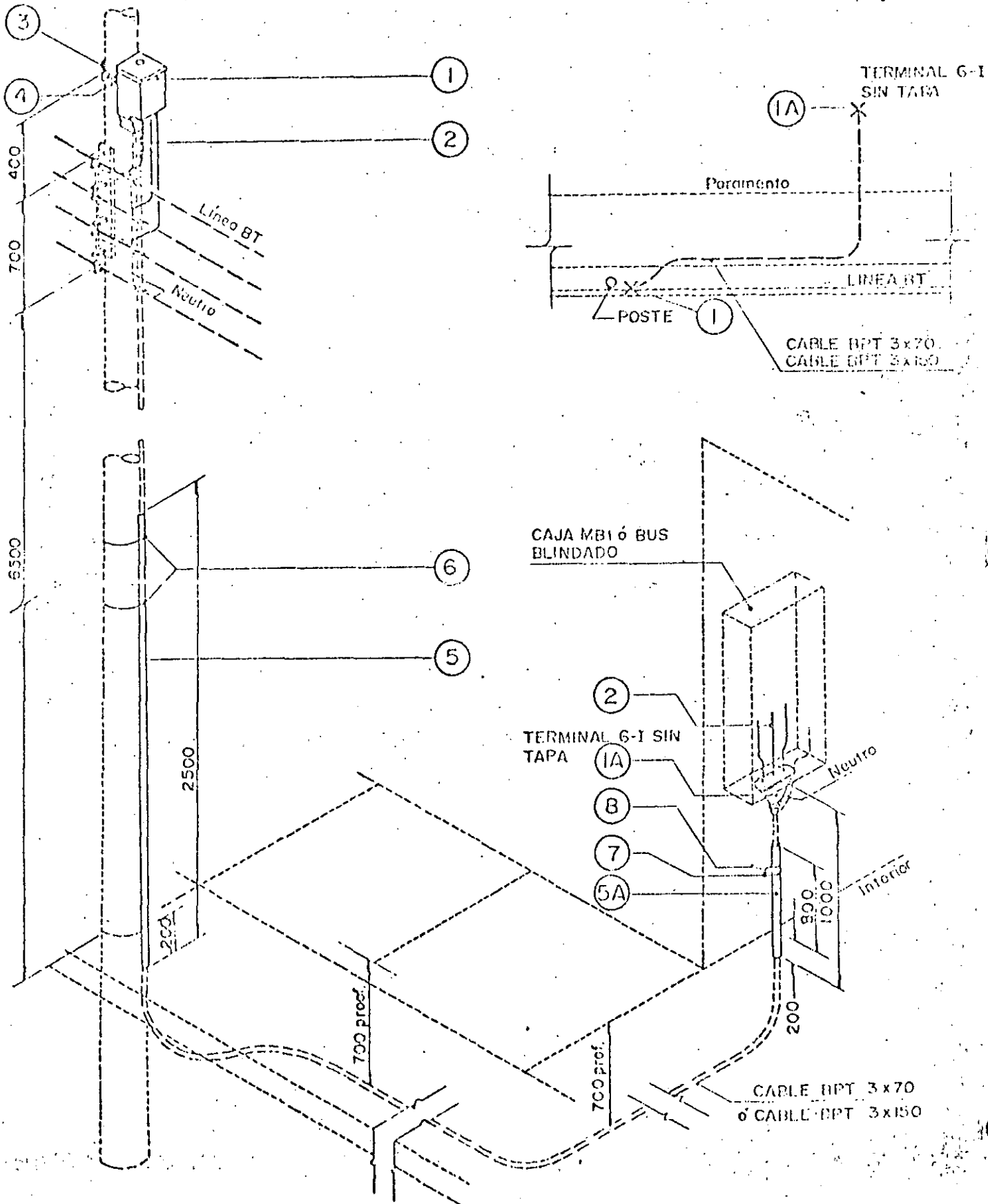
E = Exterior, terminación exterior en el lugar de la acometida.

ACOMETIDA EPT 70-150 POSTE-I

FORMAS Y
MONTAJE
4.0164

36

1 de 2



ACOMETIDA EPT 70-150 POSTE-I

NORMAS L y F
MONTAJE
4.0164

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1.	Terminal E 70-150	2.0287	Pza	1
	Aislantes y Auxiliares Terminal E70-150	2.0222	Jgo	1
1A	Terminal SI sin tapa	2.0289	Pza	1
	Aislantes y Auxiliares Terminal SI sin tapa	2.0224	Jgo	1
2	Cable BTC 1x70	2.0041	m	5
3	Soporte Terminal BE 6	2.0280	Pza	1
4	Tornillo M4 9.5x60	2.0187	Pza	2
5	Tubo Protector PVC 2560	2.0292	Pza	1
5A	Tubo Protector PVC 2060	2.0292	Pza	1
6	Alambre Fe galv. 10	2.0297	m	5
7	Abrazadera Tubo P-PVC 60	2.0235	Pza	2
8	Tornillo M4 9.5x60	2.0187	Pza	4

APLICACION:

Terminar y proteger los dos extremos de cable de acometida EPT 3x70 ó 3x150 entre poste con línea de alimentación BT y muro o soporte al interior en el lugar de la acometida. La terminal SI sin tapa se coloca preferentemente en caja #2. 1.0.2.5. blindado.

CLAVE DEL NOMBRE:

- B = Baja tensión
- P = Papel plomo, aislamiento papel cubierta plomo del cable
- T = Termoplástico, cubierta exterior del cable
- 70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección de los conductores de los cables
- I = Interior, terminal interior en el lugar de la acometida.

38

1. de 2

DIAGRAMA

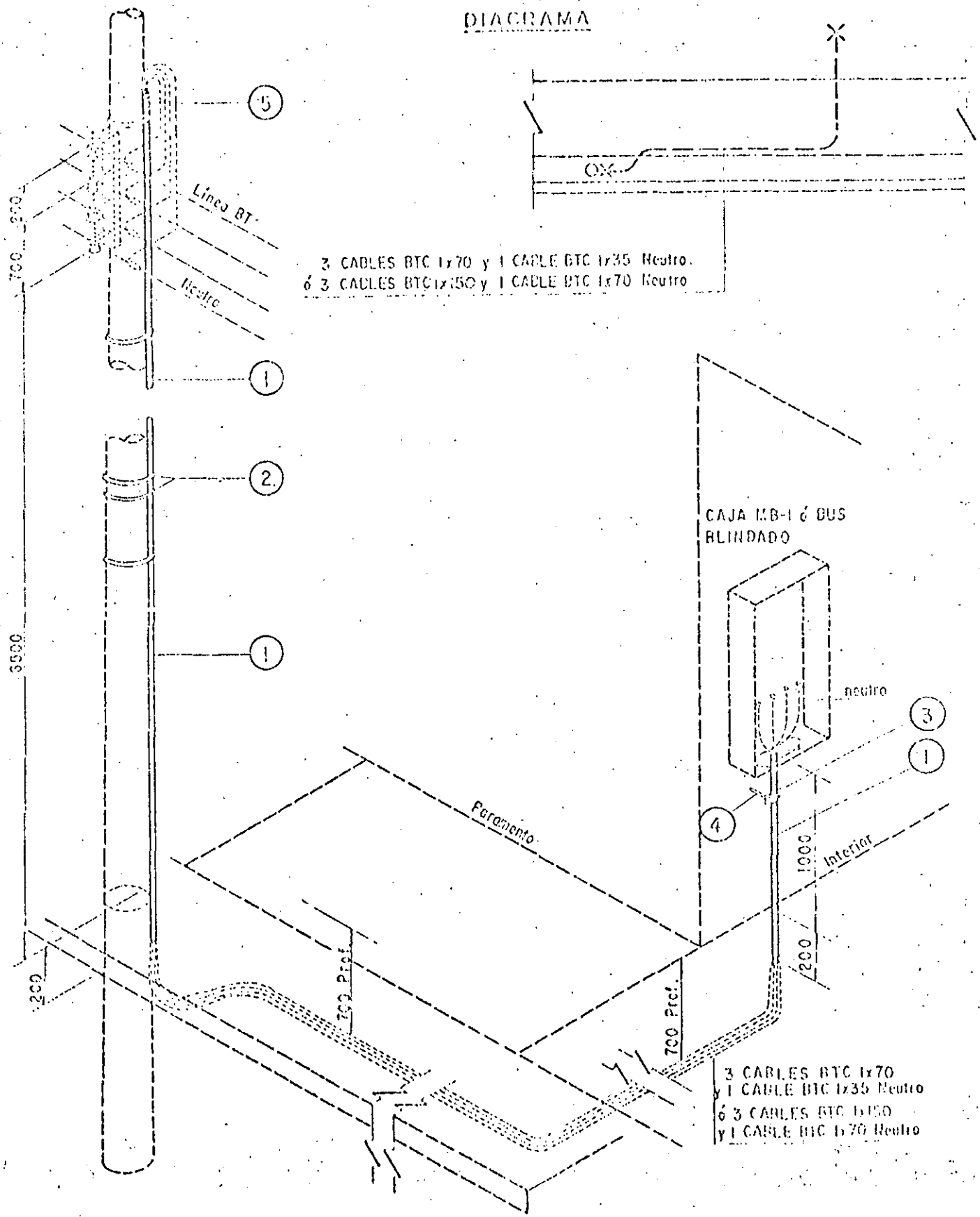


FIGURA Nº 21

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Def.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Tubo protector PVC 2050	2.0232	Pza.	5
2	Alambre Fe. Galvanizado 10	2.0297	m	12
3	Abrazadora tubo P - PVC 60	2.0235	Pza.	2
4	Tornillo M3. 9.5 x 60	2.0157	Pza.	4
5	Cinta Selladora	2.0235	m	12

APLICACION:

Proteger los dos extremos de un circuito de 3 fases de cables de acometida PVC 1 x 70 ó 1 x 150 entre poste con línea de alimentación BI y puro o acorto al interior en el lugar de la acometida. Los cables de acometida se colocan preferentemente en caja M3 - 1 ó fus blindado.

CLAVE DEL NOMBRE:

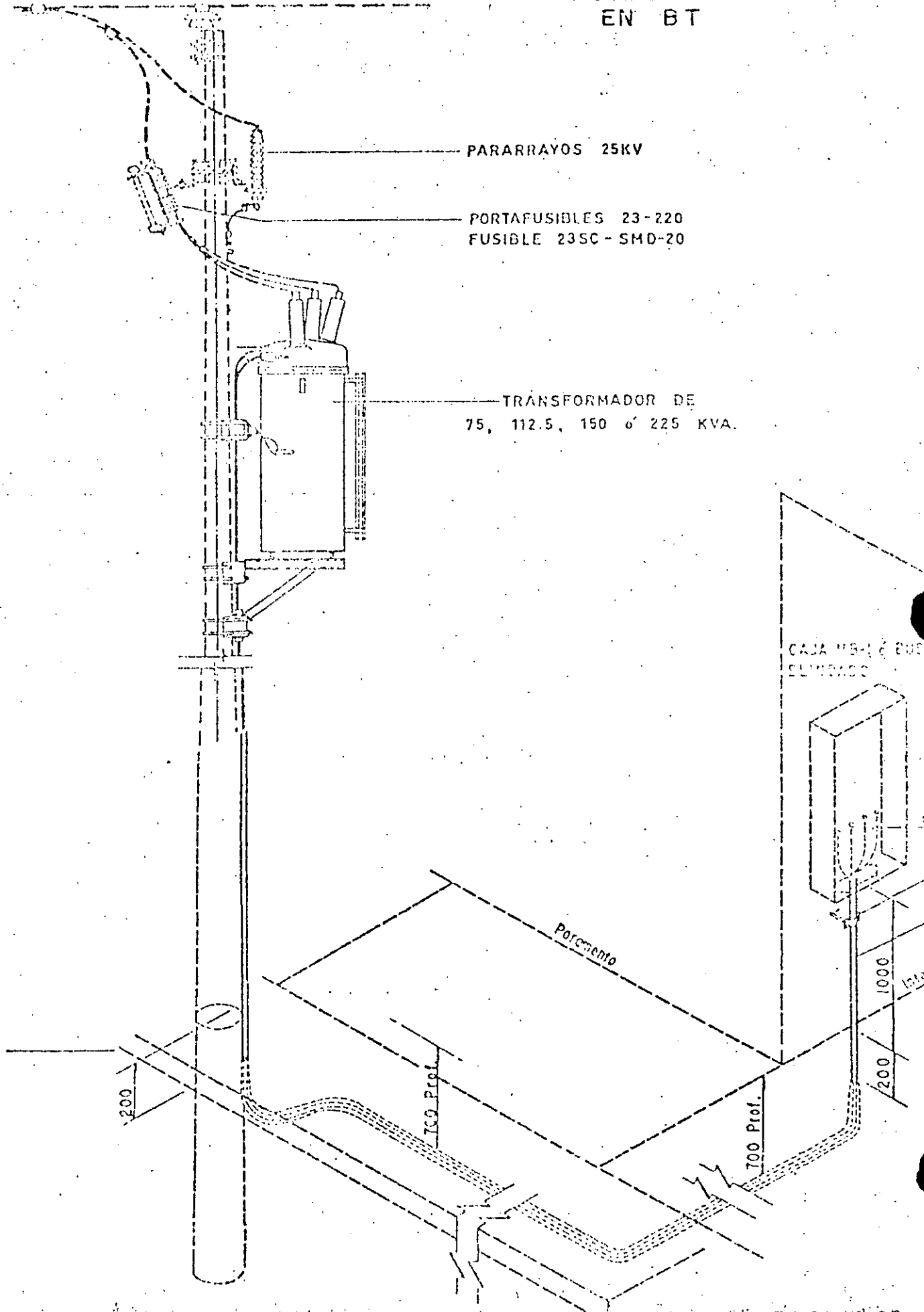
B = Baja tensión

TC = Termofijo polietileno cadena cruzada aislamiento de los cables

70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección del conductor de los cables

I = Interior, terminación interior en el lugar de la acometida.

ACOMETIDA
EN BT



ACOMETIDA BPT 70-150 CABLE - I

NORMAS LyF
MONTAJE
4.0162

42

2 de 2

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Mufa T 150	2.0050	Pza	1
	Aislantes y Auxiliares Mufa T 150	2.0195	Jgo	1
2	Terminal SI sin tapa	2.0289	Pza	1
	Aislantes y Auxiliares Terminal SI sin tapa	2.0224	Jgo	1
3	Cable BTC 1x70	2.0041	m	4
4	Tubo Protector PVC 2550	2.0292	Pza	1
5	Abrazadera Tubo P-PVC 60	2.0236	Pza	2
6	Tornillo M4 9.5x60	2.0187	Pza	4
8	Placa Identificación Cable B	2.0027	Pza	2

CLAVE DEL NOMBRE:

B = Baja tensión

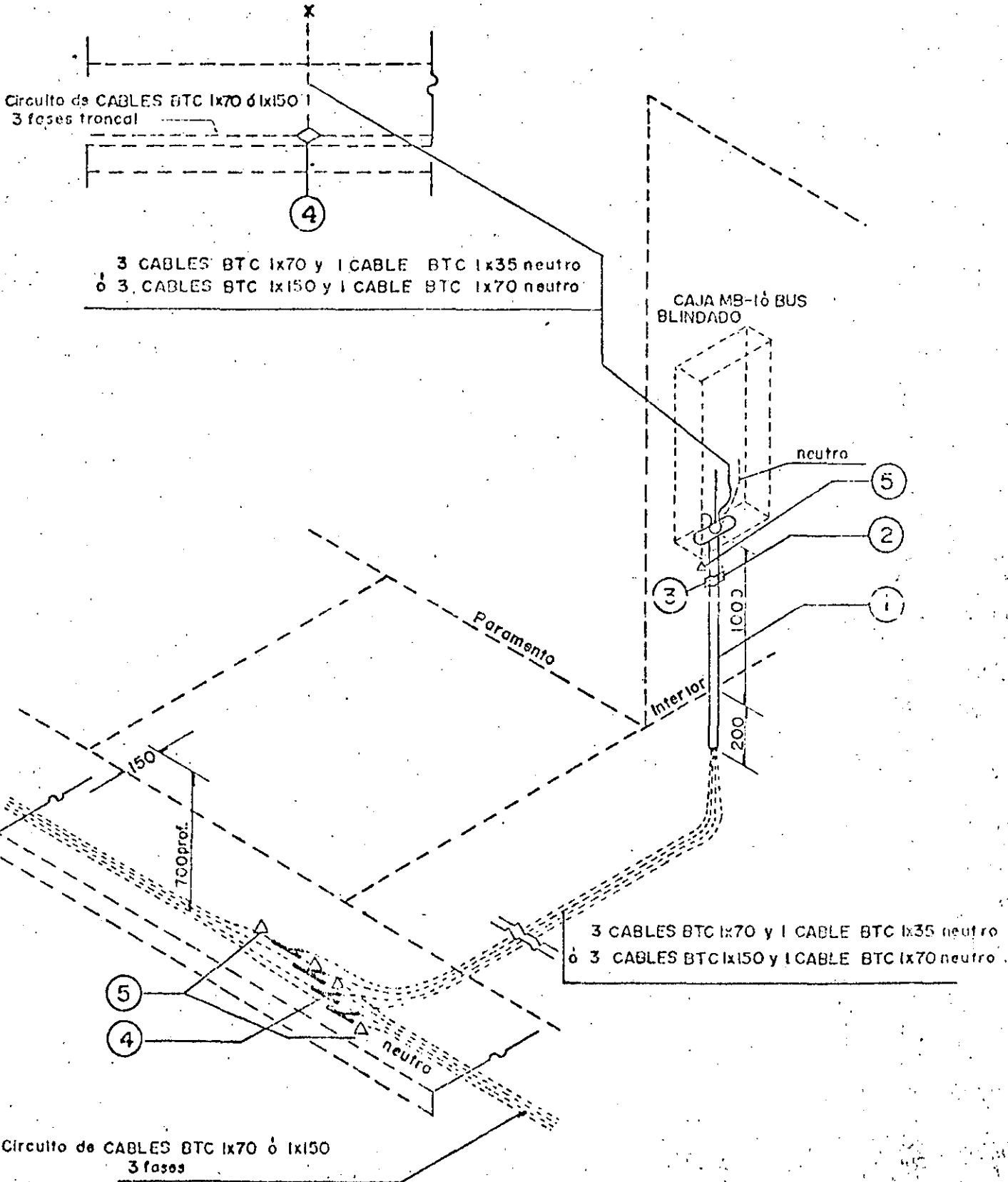
P = Papel, plomo aislamiento papel cubierta plomo del cable

T = Termoplástico, cubierta exterior del cable

70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección de los conductores del cable

I = Interior, Terminal interior en el lugar de la acometida.

DIAGRAMA



ACOMETIDA BTC 70-150 CABLE - I

MONTAJE
4.0167

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Tubo Protector PVC 2060	2.0292	Pza	1
2	Abrazadera Lobo P-PVC 60	2.0236	Pza	1
3	Tornillo Maq 9.5 x 60	2.0187	Pza	2
4	Unión Y-BC 1x70-70. (ó 150-70)	2.0203	Jgo	4
5	Placa Identificación Cable B	2.0027	Pza	12

APLICACION:

Proteger los dos extremos de un circuito trifásico de cables de acometida BTC - 1x70 ó 1x150 entre un circuito principal o troncal de cables de igual o mayor - sección BTC 1x70 ó 1x150 y muro o soporte al interior en el lugar de la acometida.

Los cables de acometida se colocan preferentemente en caja MB-1 o bus blindado.

CLAVE DEL NOMBRE:

B = Baja tensión

TC = Termofijo cadena cruzada aislamiento de los cables

70-150 = 70 mm² ó 150 mm² sección del conductor de los cables

I = interior, terminación interior en el lugar de la acometida.

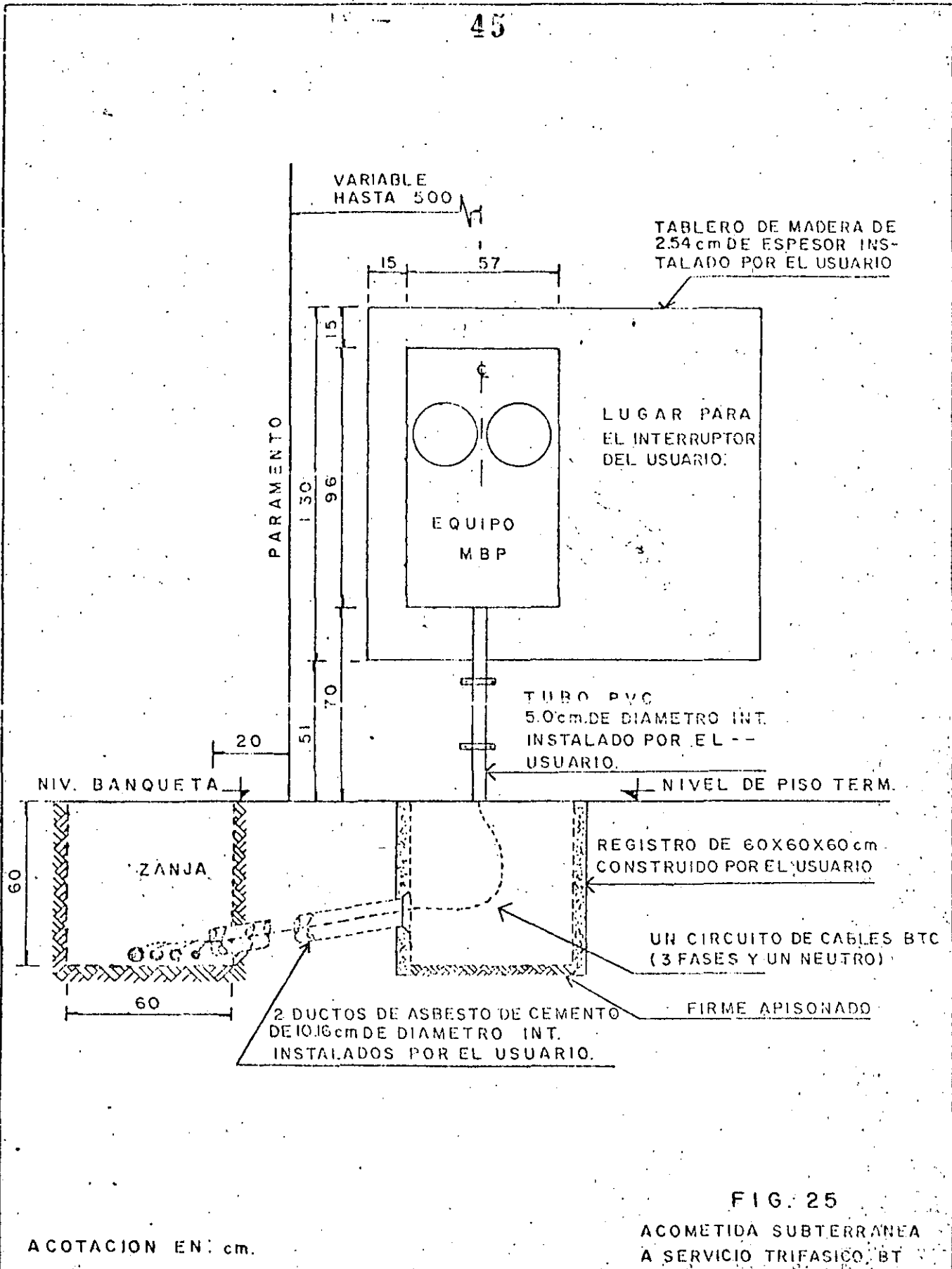
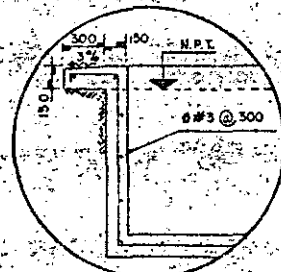
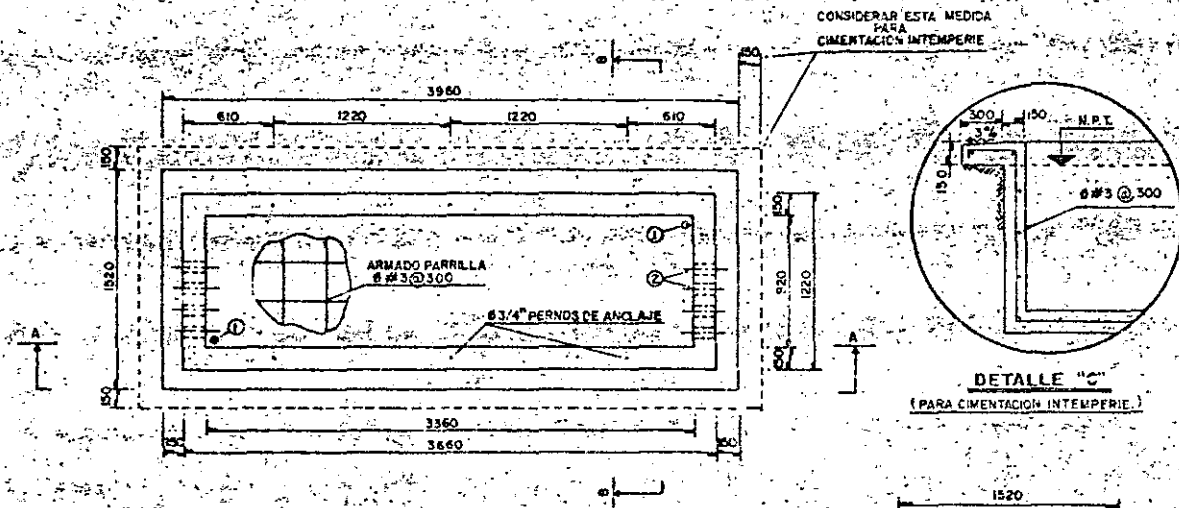
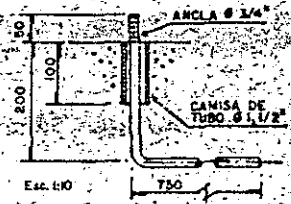


FIG. 25

ACOMETIDA SUBTERRANEA A SERVICIO TRIFASICO BT

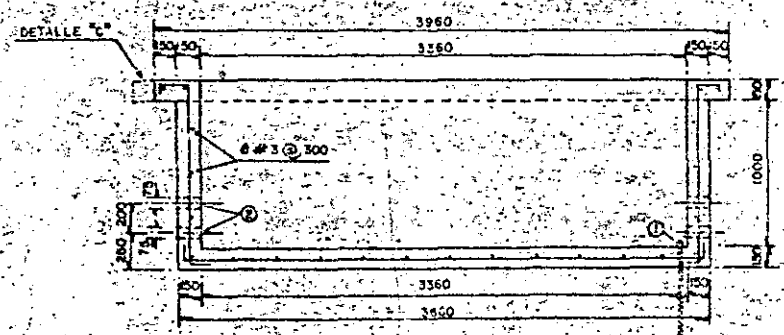


DETALLE "C"
(PARA CIMENTACION INTemperIE)

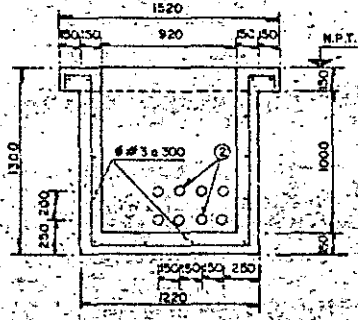


DETALLE DE ANCLAJE

PLANTA



CORTE A-A



CORTE B-B

REFERENCIAS

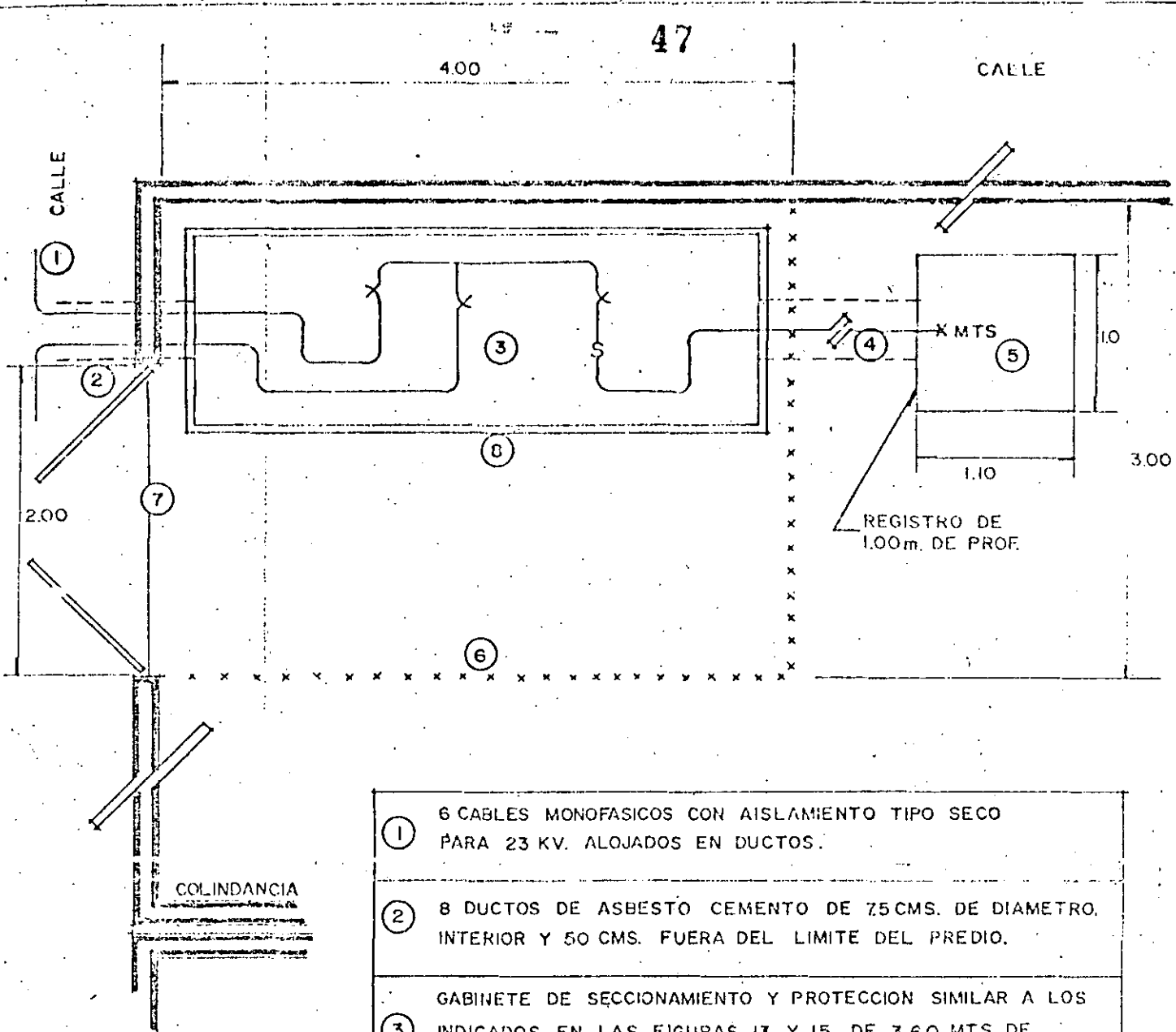
- 1-VARRILLA DE TIERRA.
- 2-DUCTOS A-75

NOTAS

- CONCRETO $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- ACERO $f'y = 2320 \text{ Kg/cm}^2$
- CONCRETO CON DURO ROCK INTEGRAL AL 2%
- DEJAR AHOGADAS DURANTE EL COLADO LAS TIERRAS NUB NORMA LIT 2.2500 (ULX REG.)
- ESTE PLANO ES PARA UN GABINETE DE TRES MODULOS, PARA CADA MODULO ADICIONAL AUMENTAR 1220mm DE LARGO Y 3 DUCTOS 1-75
- COTACIONES EN mm.
- ESCALA 1:40

FIG. 26

CIMENTACION PARA GABINETES M-23-T (INTERIOR E INTemperIE) DIST-N-476



①	6 CABLES MONOFASICOS CON AISLAMIENTO TIPO SECO PARA 23 KV. ALOJADOS EN DUCTOS.
②	8 DUCTOS DE ASBESTO CEMENTO DE 75CMS. DE DIAMETRO. INTERIOR Y 50 CMS. FUERA DEL LIMITE DEL PREDIO.
③	GABINETE DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION SIMILAR A LOS INDICADOS EN LAS FIGURAS 13 Y 15, DE 3.60 MTS. DE LARGO, 1.22 DE ANCHO Y 2.20 MTS. DE ALTO.
④	3 CABLES MONOFASICOS CON AISLAMIENTO TIPO SECO PARA 23 KV. QUE CONECTARAN AL GABINETE CON EL EQUIPO DE MEDICION EN 23 KV.
⑤	EQUIPO DE MEDICION EN 23 KV.
⑥	CERCA DE MALLA CICLONICA (OPCIONAL).
⑦	ENTRADA PRINCIPAL QUE OSTENTA EL N° OFICIAL.
⑧	CIMENTACION PARA GABINETE DE 3 SECCIONES PLANO DIST-N-476 (FIG. 26).

FIGURA N° 27

AREA PARA LA INSTALACION DE UN GABINETE DE TRES SECCIONES TIPO EXTERIOR.

ACOTACIONES EN: m.

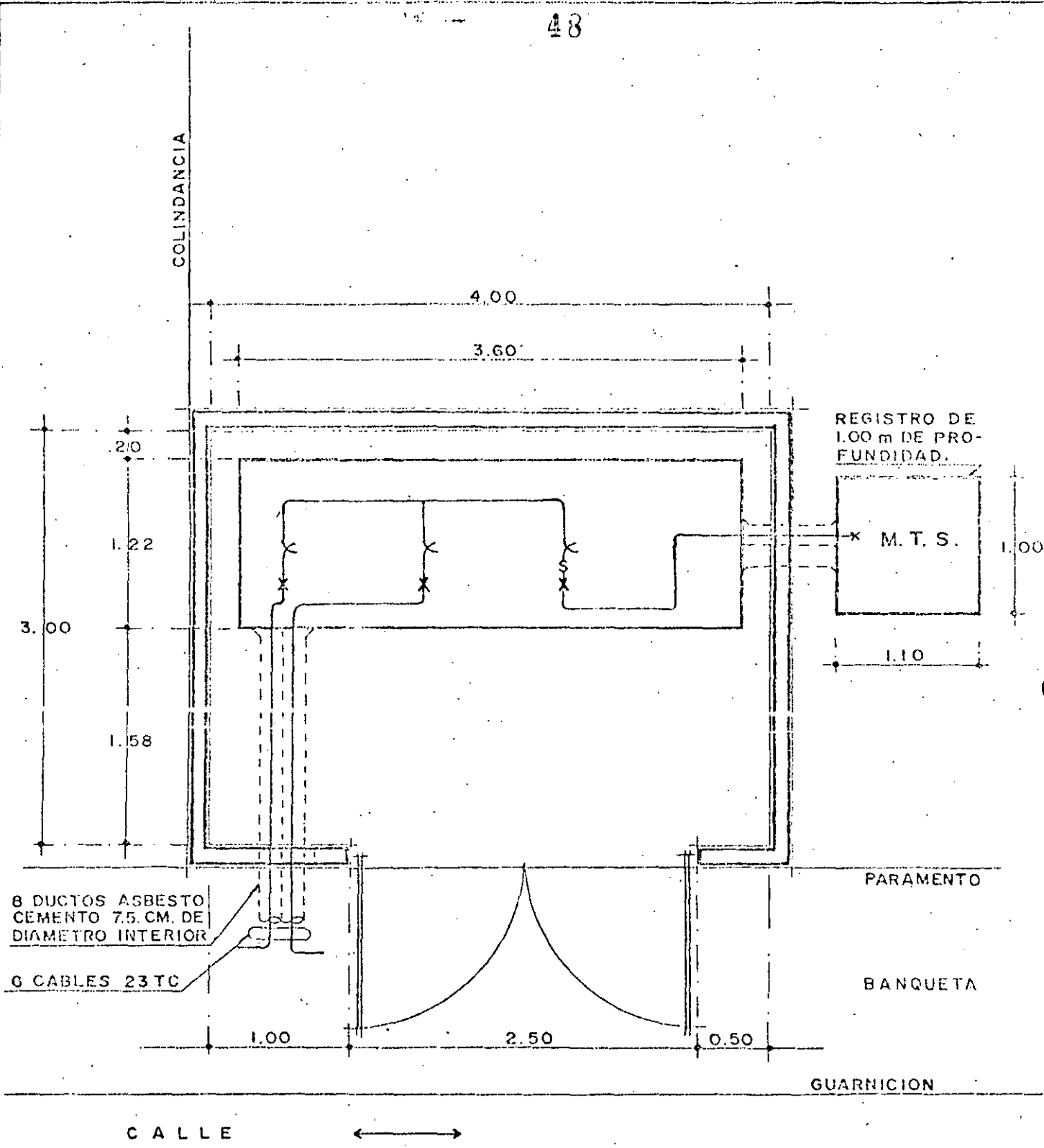
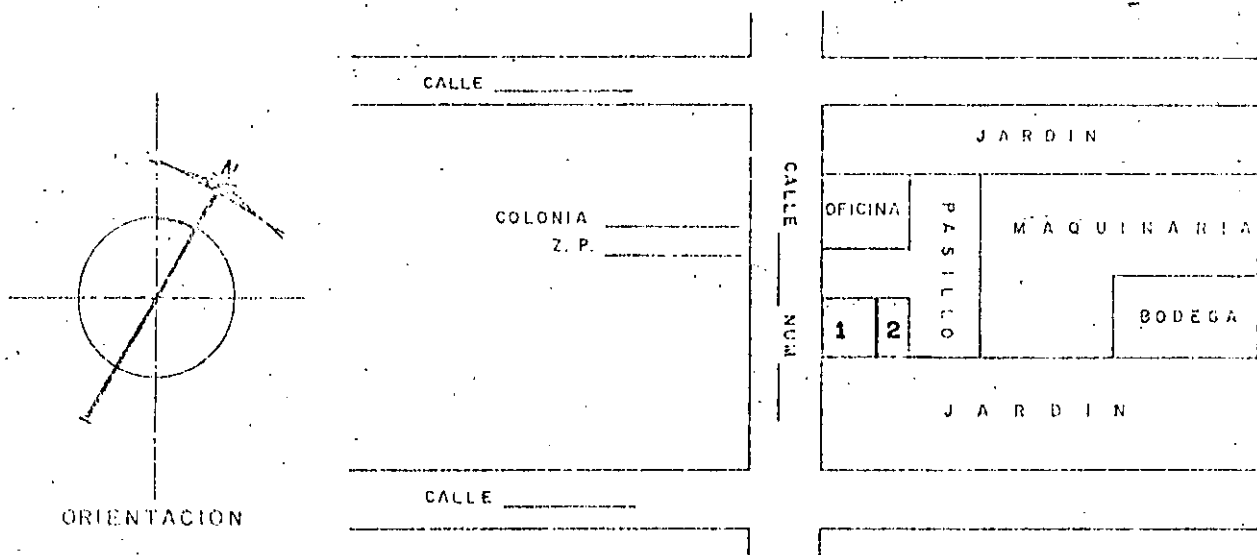


FIG. 28

LOCAL PARA GABINETE 23 KV
3 SECCIONES TIPO INTERIOR

ACOTACIONES EN: m

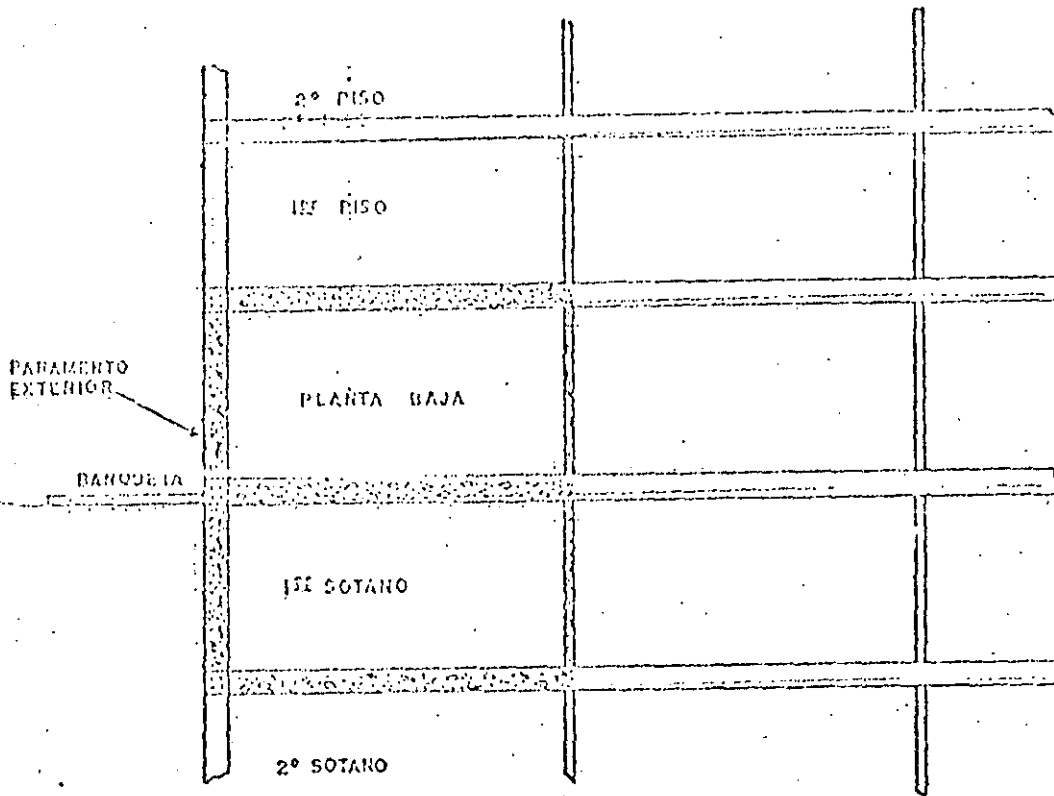
LOCALIZACION DE SUBESTACION Y EQUIPO
DE MEDICION DE ENERGIA ELECTRICA



- 1.- LOCAL PARA S.E.
- 2.- LOCAL PARA EQUIPO DE MEDICION E INTERRUPTORES O INTERRUPTOR DEL USUARIO.

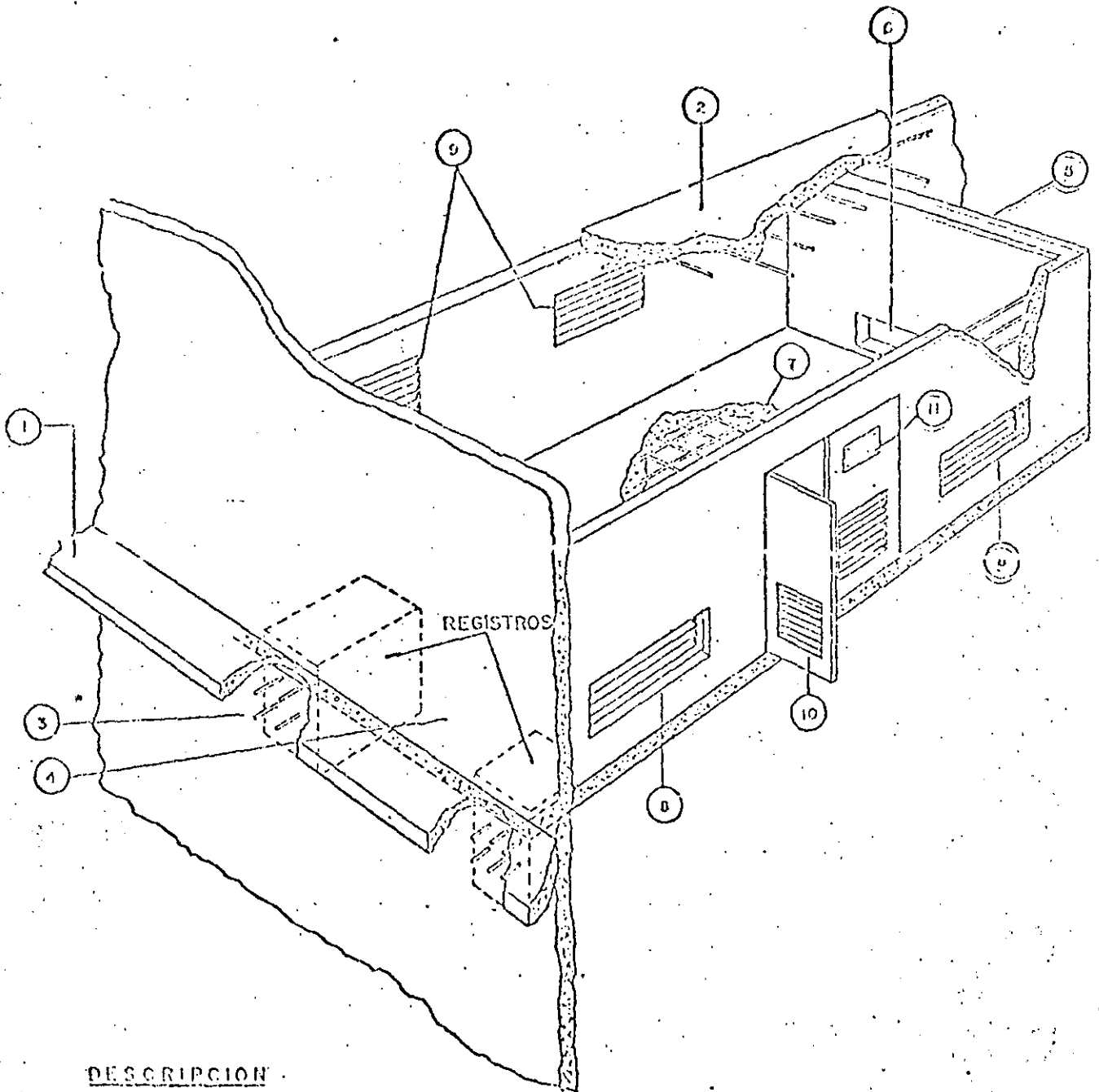
UBICACION DEL LOCAL DE LA SUBESTACION
DENTRO DEL EDIFICIO

50



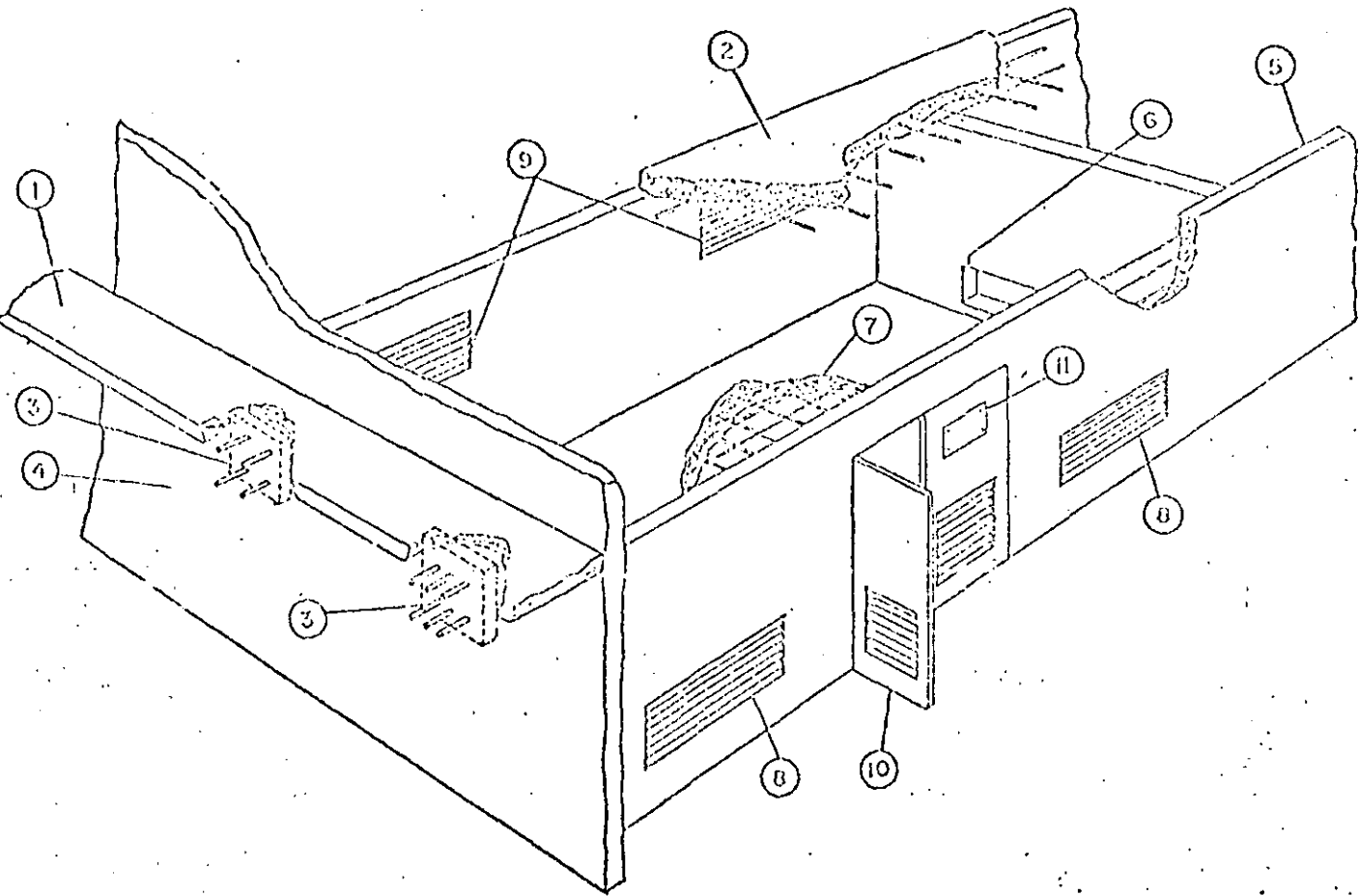
ALTERNATIVA 1--LOCALIZACION EN LA PLANTA BAJA DEL EDIFICIO
Y COLINDANTE CON EL PARAMENTO EXTERIOR.

ALTERNATIVA 2--LOCALIZACION EN EL 1º SOTANO DEL EDIFICIO
Y COLINDANTE CON EL PARAMENTO EXTERIOR.



DESCRIPCION

- 1 PARQUETA
- 2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
- 3 BANCO DE DUCTOS
- 4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
- 5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
- 6 VENTANA DE PASO
- 7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
- 8 VENTANA INFERIOR
- 9 VENTANA SUPERIOR
- 10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
- 11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO ALTA TENSION)



DESCRIPCION

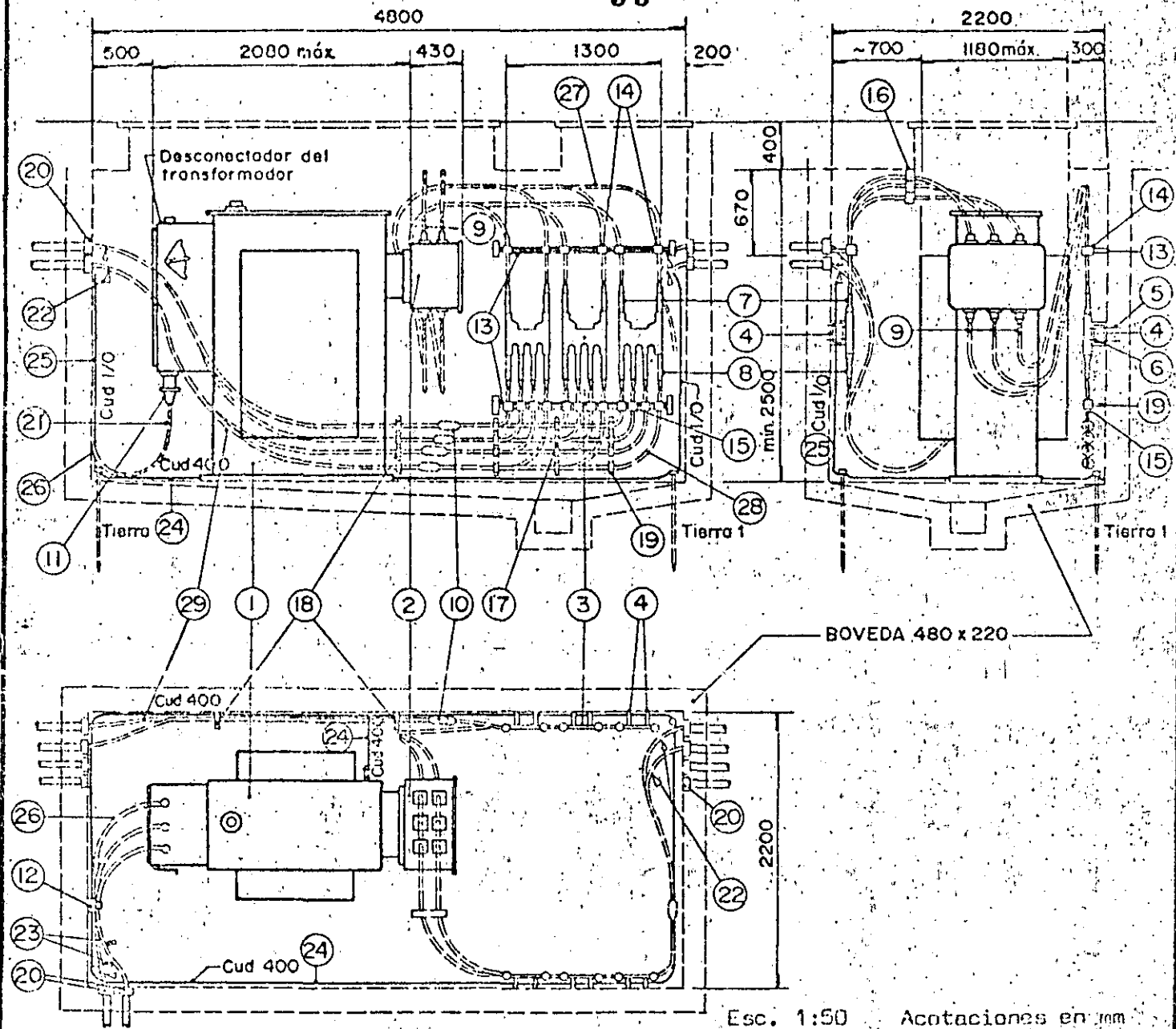
- 1 BANQUETA
- 2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
- 3 BANCO DE DUCTOS
- 4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
- 5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
- 6 VENTANA DE PASO
- 7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
- 8 VENTANA INFERIOR
- 9 VENTANA SUPERIOR
- 10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
- 11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO ALTA TENSION)

S.E. BOVEDA 23 B 500 RAD

NORMAS I.L.F.
MONTAJE
4.0193

53

1 de 2



PARAMENTO

REGISTRO

BOVEDA

GUARNICION

SALIDA DE CABLES BPT 3x150

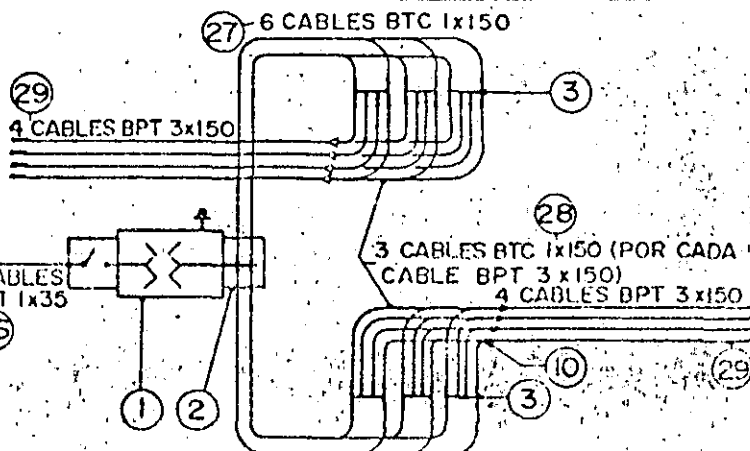


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA S.E. FIGURA Nº 33

S.E. BOVEDA 23 B 500 RAD

NORMAS LYF
MONTAJE
4.0193

54

2 de 3

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Transformador Sumergible 500	2.0217	Pza	1
2	Caraca B Transformador S 500	2.	Pza	1
3	Bus Cubierto 6.800	2.0043	Pza	6
4	Soporte Bus Cubierto 6.800	2.0225	Pza	12
5	Ancla Barrera 1/2"	2.0238	Pza	24
6	Tornillo M4x 12.7 x 75 (con tuerca y 2 roldanas planas)	2.0187	Pza	24
	Zapata C 400-2	2.0010	Pza	12
	Zapata C 150-2	2.0010	Pza	24
7	Funda 34.61.320 T	2.0045	Pza	12
	Abrazadera cremallera 24	2.0237	Pza	12
	Abrazadera cremallera 44	2.0237	Pza	12
8	Funda 22.51.450 T	2.0044	Pza	24
	Abrazadera cremallera 15	2.0237	Pza	24
	Abrazadera cremallera 44	2.0237	Pza	24
9	Epoxi Sellador Soldadura (Jgo 250 gr)	2.0314	gr	500 (2 Jgos)
10	Trifurcación Cable EPT-BTC 150	2.0255	Jgo	8
11	Aislantes y Auxiliares Terminal 23E 1 x 70 C	2.0033	Jgo	3
	Epoxi Sellador Soldadura (Jgo 250 gr)	2.0314	gr	250 (1 Jgo)
12	Ménsula CS 35 C	2.0222	Pza	4
	Porcelana Ménsula CS 37	2.0270	Pza	6
13	Soporte 1400 Abrazaderas Cable M	2.0282	Pza	4
14	Abrazadera Cable 32 M	2.0234	Pza	12
15	Abrazadera Cable 22 M	2.0234	Pza	24
16	Abrazadera 3 Cables 32 M	2.0235	Pza	8
17	Abrazadera 3 Cables 22 M	2.0235	Pza	12
18	Abrazadera Cable 40 M	2.0234	Pza	8
19	Perno Pistola 3/8" - 25	2.0268	Pza	48
20	Opresor Sello Ducto 75	2.0275	Pza	11
	Sello Ducto 75	2.0279	Pza	11
21	Cinta Yute 100	2.0310	m	50
	Asbesto Fibra	2.0301	kg	5
	Cemento Portland	2.0304	Ton	0.02
	Pintura Esmalte	2.0329	l	0.5
22	Placa Identificación Cable B	2.0027	Pza	32
23	Placa Identificación Cable 23	2.0027	Pza	6
24	Cable Cud 400	2.0102	m	17
	Grapa C 1/2"	2.0267	Pza	10
25	Cable Cud 1/0	2.0102	m	5
	Fusible CR 350	2.0254	Pza	24
26	Cable 23PI 1 x 35	2.0030	m	15
27	Cable BTC 1 x 150	2.0041	m	12

Mar 74

May 74

Jun 74

Ago 78

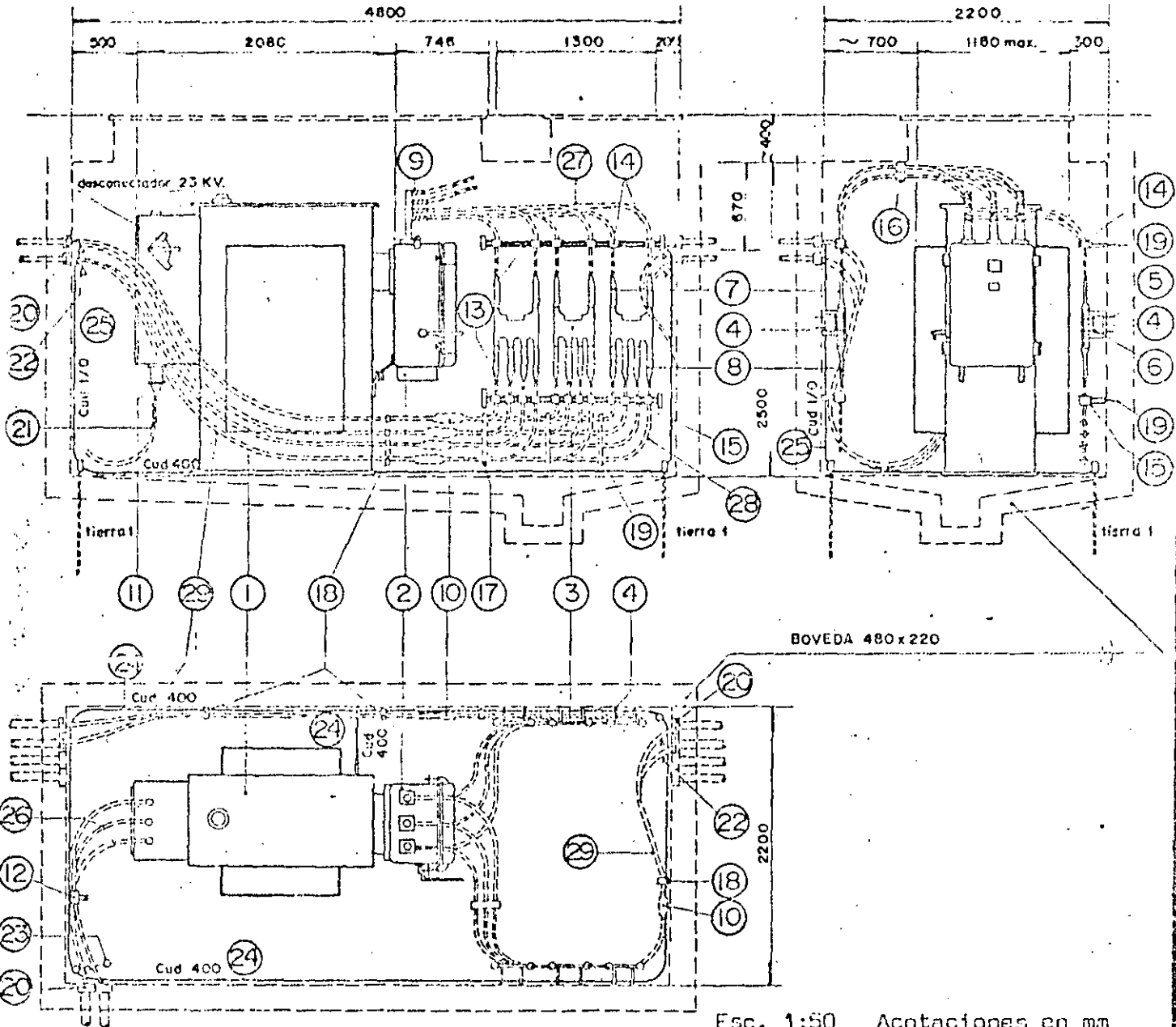
Nov 78

S.E. BOVEDA 23 B 500 AUT

NORMAS Ly F
MONTAJE
4.0194

50

1 de 3



BOVEDA 480x220

Esc. 1:50 Acotaciones en mm

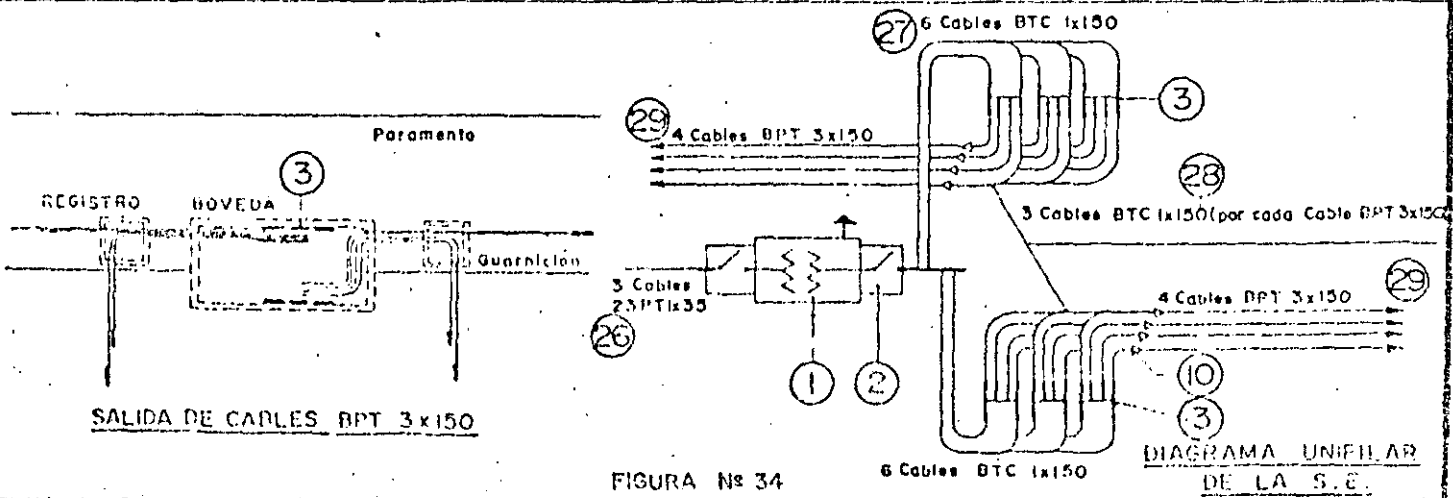


FIGURA Nº 34

DIAGRAMA UNIFILAR
DE LA S.E.

S.E. BOVEDA 23 B 500 AUT

NORMAS Ly F.
MONTAJE
4.0194

57

2 de 3

MATERIAL:

(En orden aproximado de colocación)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	Transformador Sumergible 500	2.0217	Pza	1
2	Protector Sumergible Red 1600	2.0275	Pza	1
3	Bus Cubierto 5.500	2.0043	Pza	5
4	Soporte Bus Cubierto 5.800	2.0225	Pza	12
5	Ancla Barrera 1/2"	2.0238	Pza	24
6	Tornillo Máq 12.7 x 75 (con tuerca y 2 roldanas - plenas)	2.0187	Pza	24
	Zapata C 400-2	2.0010	Pza	12
	Zapata C 150-2	2.0010	Pza	24
7	Funda 34.61.320 T	2.0045	Pza	12
	Abrazadera cremallera 24	2.0237	Pza	12
	Abrazadera cremallera 44	2.0237	Pza	12
8	Funda 22.61.450 T	2.0044	Pza	24
	Abrazadera cremallera 16	2.0237	Pza	24
	Abrazadera cremallera 44	2.0237	Pza	24
9	Epoxi Sellador Soldadura (Jgo 250 gr)	2.0314	gr	500 (2 Jgo)
10	Triforcación Cable BPT-BTC 150	2.0255	Jgo	3
11	Aislantes y Auxiliares Terminal 23E 1x70 C	2.0033	Jgo	3
	Epoxi Sellador Soldadura (Jgo 250 gr)	2.0314	gr	250 (1 Jgo)
12	Ménsula CS 35 C	2.0220	Pza	4
	Porcelana Ménsula CS 37	2.0270	Pza	6
13	Soporte 1400 Abrazaderas Cable M	2.0282	Pza	4
14	Abrazadera Cable 32 M	2.0234	Pza	12
15	Abrazadera Cable 22 M	2.0234	Pza	24
16	Abrazadera 3 Cables 32 M	2.0235	Pza	8
17	Abrazadera 3 Cables 22 M	2.0235	Pza	12
18	Abrazadera Cable 46 M	2.0234	Pza	8
19	Perno Pistola 3/8" - 25	2.0253	Pza	48
20	Compresor Sello Ducto 75	2.0275	Pza	11
	Sello Ducto 75	2.0279	Pza	11
21	Cinta Yute 100	2.0310	m	50
	Asbesto Fibra	2.0301	kq	5
	Cemento Portland	2.0304	Ton	0.02
	Pintura Esmalte	2.0329	l	0.5
22	Placa Identificación Cable B	2.0027	Pza	32
23	Placa Identificación Cable 23	2.0027	Pza	5
24	Cable Gud 400	2.0102	m	12
	Grapa C 1/2"	2.0267	Pza	10
25	Cable Gut 1/0	2.0102	m	4
26	Cable 23 PI 1 x 35	2.0030	m	15

(Signa Material on 3 de 3)

S.E. BOVEDA 23 B 500 AUT

NORMAS LyF
MONTAJE
4.0194

58

3 de 3

(MATERIAL: Sigue de 2 de 3)

Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
27	Cable BTC 1 x 150	2.0041	m	42
28	Cable BTC 1 x 150	2.0041	m	45
29	Cable BPT 3 x 150	2.0005	m	60

APLICACION:

Alimentar a red automática con hasta 8 cables BPT 3 x 150 que se conectan o des conectan en 6 Buses Cubiertos 5.800 conectados a transformador S 500 alimentado por Cable 23 kV que se conecta o desconecta sin carga mediante el desconectar del transformador. Este equipo queda colocado en Bóveda 480 x 220.

REFERENCIA:

CLAVE DEL NOMBRE:

- SE = Subestación
- 23 B = 23 kV a baja tensión
- 500 = 500 kVA
- AUT = Para alimentación a red automática.

S.E. BOVEDA DCS-23-BT-300 a 750 RAD

NORMA L
MONTAJE
4.0252

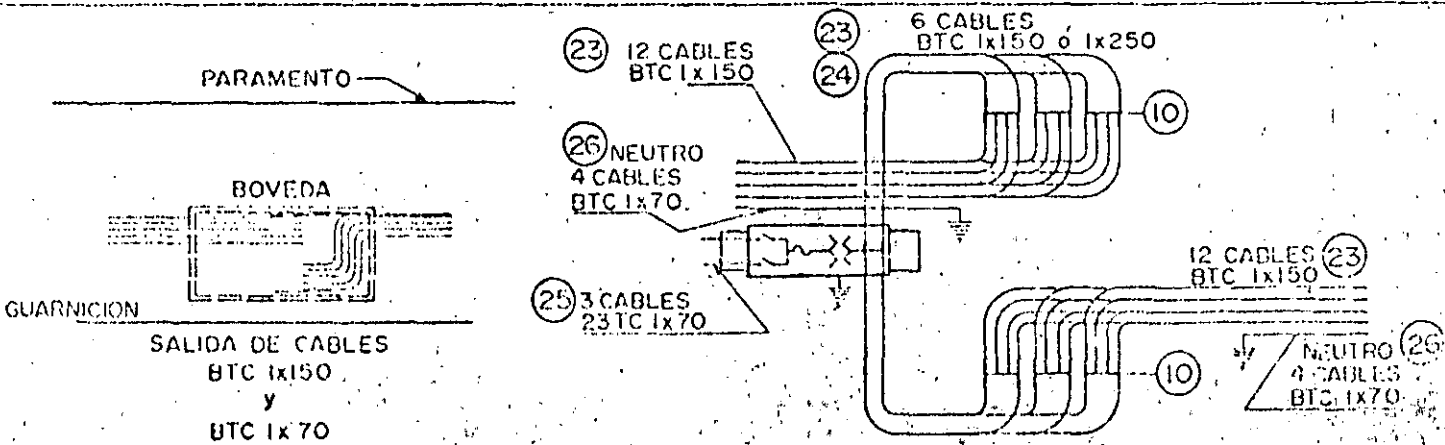
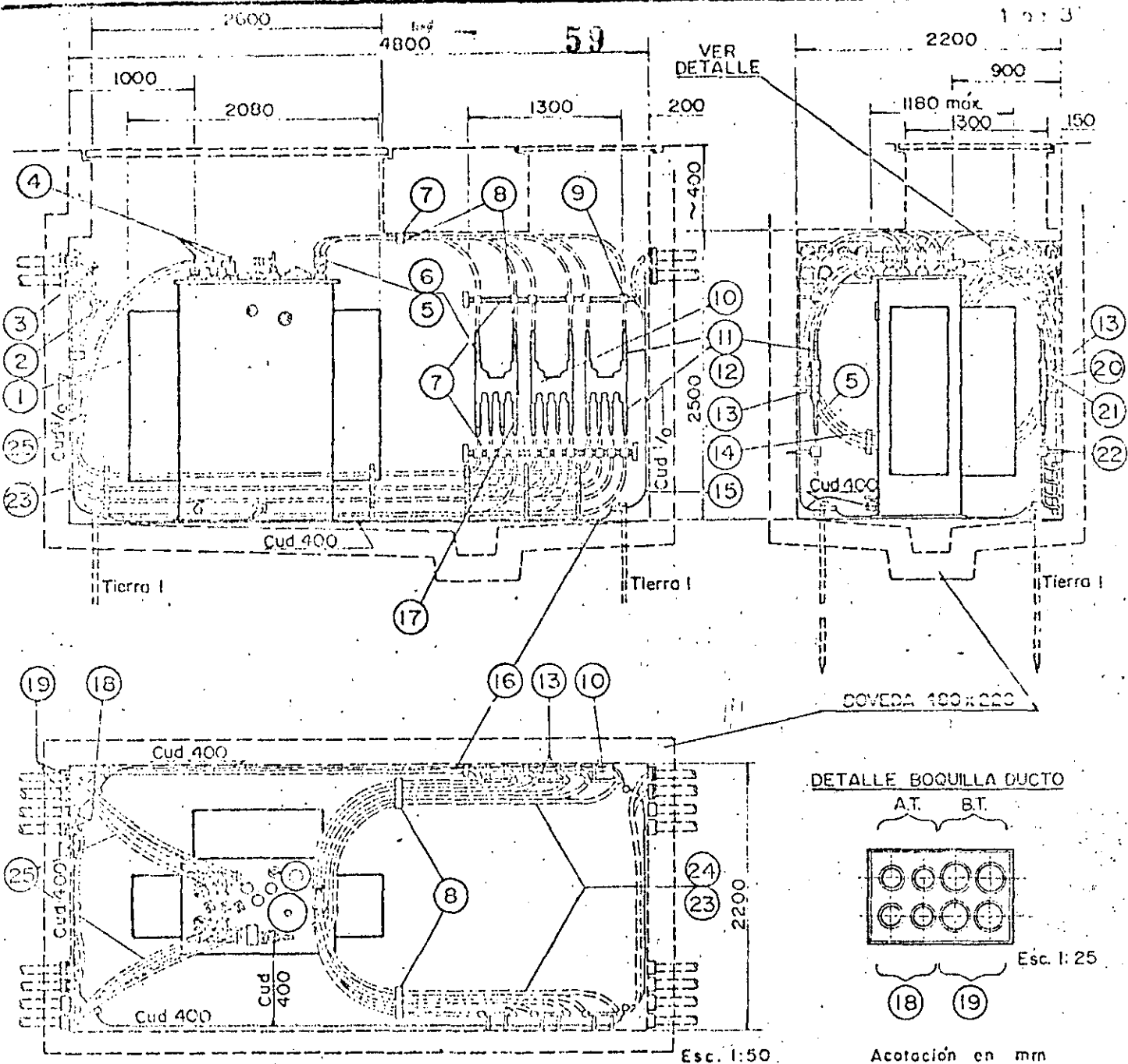


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA S.E. FIGURA Nº 35

S.E. BOVEDA DCS-23-BT-300 a 750 RAD

NORMA LyF
MONTAJE
4.0252

60

2 de 3

Ref.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	CANTIDAD	
				300-500 KVA	750 KVA
1	Transformador Trifásico 23-BT-300 a 750 DCS POZO	2.0409	Pza.	1	1
2	Placa Identificación cable 23	2.0027	Pza.	12	12
3	Placa Identificación cable B	2.0027	Pza.	48	48
4	Codo conector K-154 LR Abrazadera codo conector		Pza. Pza.	6 5	6 5
5	Zapata C-150-2	2.0010	Pza.	48	24
6	Zapata C-250-2	2.0010	Pza.	-	24
7	Soporte 1400 Abrazaderas Cable M	2.0282	Pza.	5	5
8	Abrazadera 3 Cables 22 M	2.0235	Pza.	40	40
9	Abrazadera Cable 22 M	2.0234	Pza.	72	72
10	Bus Cubierto 6.800	2.0043	Pza.	5	6
11	Funda 25.61.320 T Abrazadera Cremallera 24 Abrazadera Cremallera 44	2.0493 2.0237 2.0237	Pza. Pza. Pza.	- - -	12 12 12
12	Funda 22.61.450 T Abrazadera Cremallera 15 Abrazadera Cremallera 44	2.0044 2.0237 2.0237	Pza. Pza. Pza.	35 35 35	24 24 24
13	Soporte Bus Cubierto 6.800	2.0225	Pza.	12	12
14	Abrazadera 3 Cables 37 M	2.0235	Pza.	6	6
15	Cable Cud 1/0	2.0102	m	4.5	4.5
16	Cable Cud 400 Grapa C 1/2"	2.0102 2.0267	m Pza.	17.5 8	17.5 8
17	Fusible CR 350	2.0254	Pza.	24	24
18	Opresor Sello Ducto 75 Sello Ducto 75	2.0275 2.0279	Pza. Pza.	15 16	15 15
19	Opresor Sello Ducto 100 Sello Ducto 100	2.0275 2.0279	Pza. Pza.	15 16	15 15
20	Ancla Barrera 1/2"	2.0238	Pza.	24	24
21	Tornillo Máquina 12.7 x 75 (con - Tuerca y 2 Roldanas Planas)	2.0187	Pza.	24	24

Oct 70

Rev:

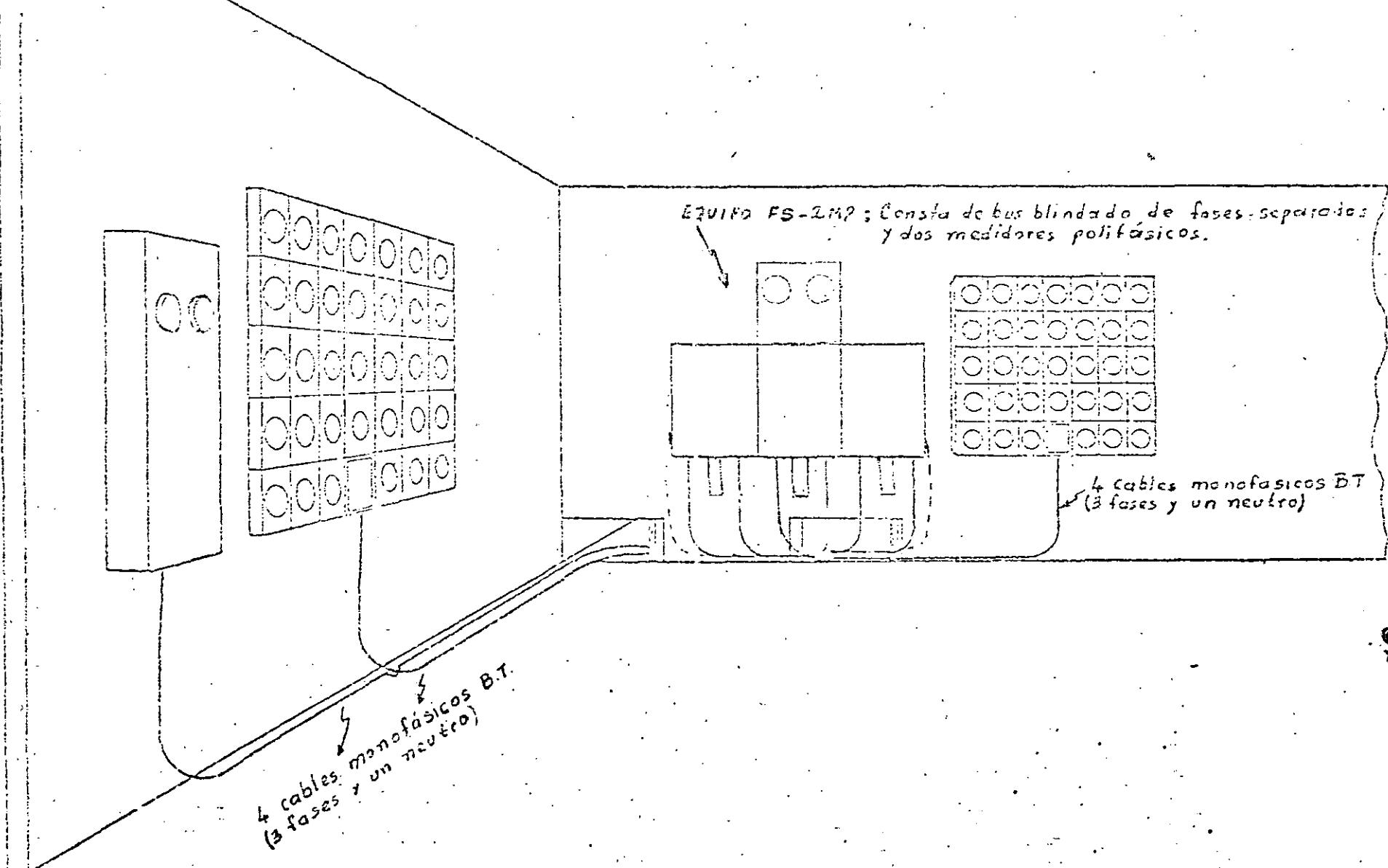
Abr 29

Ref.	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	CANTIDAD	
				300-500 KVA	750 KVA
22	Perno pistola 3/8" - 25	2.0230	Pza.	50	50
23	Cable BTC 1 x 150	2.0041	m	192	150
24	Cable BTC 1 x 250	2.0041	m	-	42
25	Cable 23 TC 1 x 70	2.0002	m	23	23
25	Cable BTC 1 x 70	2.0041	m	20	20

APLICACION:
 Alimentar a red radial con 24 Cables BTC que se conectan o desconectan en 5 Buses Cubiertos 5800 conectados a transformador Trifásico 23-BT-300 a 750 DCS POZO alimentado por cable 23TC 1 x 70 que se conecta o desconecta sin carga mediante dos conectores. Este equipo queda colocado en bóveda 480 x 220.

REFERENCIA:
 Normas LyF mencionadas.

CLAVE DEL NOMBRE:
 SE = Subestación
 DCS = Distribución Comercial Subterránea
 23-BT = 23KV a 0.220Y/0.127 KV
 300 a 750 = 300, 500 y 750 KVA
 RAD = Para alimentación a Red radial



Detalle del area de medicion anexa al local de la subestacion.

62

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO "INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES 2a. PARTE"
IMPARTIDO EN ESTA DIVISION DEL 2 AL 13 DE SEPTIEMBRE DEL PRESENTE AÑO.

- 1.- ALVARADO BENITEZ RICARDO
TERMoeLECTRON, S.A.
ING. PROYECTO
ALTAMIRA No. 21
COL. SAN ANTONIO ZOMEYUCAN
558-87-16

MARIA DE LA LUZ URIBE No. 41B
VISTA BELLA EDO. DE MEXICO
398-04-70
- 2.- ARROYO MENDEZ BERNARDO
TECNICA QUIMICA, S.A.
SUPERVISOR DE MANTO.
CALLE 10 No. 123
COL. GRANJAS SAN ANTONIO
DELEGACION IZTAPALAPA.
582-66-00
- 3.- AVILA BASTIDA JESUS
S. C. T.
JEFE DE SECCION
LAGO PONIENTE No. 16
COL. AMERICAS UNIDAS
DELEGACION BENITO JUAREZ
674-17-73.

CALLE "A" No. 9 M. 8 VIII
COL. EDUCACION
DELEGACION COYOACAN
06401 MEXICO, D.F.
- 4.- CALDERON GALLEGOS FERNANDO
PINO SUAREZ NTE. 102-3
TOLUCA, MEXICO
528-46

DOLORES HIDALGO No. 2033
COL. INDEPENDENCIA
TOLUCA, MEXICO
481-59
- 5.- CARRASCO P. GONZALO J.
S. C. T.
- 6.- CASTAÑON GUAJARDO ENRIQUE
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
PROFESIONAL ESPECIALIZADO
EJE CENTRAL LAZARO CARDENAS No. 152.
COL. SAN BARTOLO ATEPEHUACAN
557-66-00

HDA. DE LA TRASQUILA No. 165
FRAC. HDA. ECHEGARAY
NAUCALPAN DE JUAREZ
358-70-24
- 7.- CASTELO LEON LUIS
BANCO CENTRAL DEL ECUADOR
INGENIERO DE MANTO. TECNICO
AV. 10 DE ACOSTO Y BRICEÑO
QUITO ECUADOR
570-859

GRAL. AGUSTIN GUERRERO No. 236
QUITO ECUADOR
249136

8.- CONTLA TERMAN JESUS
LATINOAMERICANA DE INGENIERIA, S.A.
INGENIERO DE DISEÑO ELECTRICO
CULIACAN No. 108
COL. CONDESA
06170 MEXICO, D.F.
564-85-00

SERAPIO RENDON No. 70-34
COL. SAN RAFAEL
DELEGACION CUAUHTEMOC
06470 MEXICO, D.F.
566-76-71

9.- BUSTOS GUIMAN SERGIO

TAMAULIPAS No. 115
CUAJIMALPA05000
812-07-39

10.- DIAZ GARCIA CESAR ENRIQUE
BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS
INGENIERO ELECTRICO
MORAS No. 850
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.
658-52-99 ext. 1215

SUR 69-A No. 442
COL. BANJIDAL
DELEGACION IZTAPALAPA
09450 MEXICO, D.F.
532-80-80

11.- DOMINGUEZ TREJO PASCUAL

CALLE 23 No. 79
COL. PROHOGAR
DELEGACION AZCAPOTZALCO
02600 MEXICO, D.F.
587-61-50

12.- GARCIA AGUILAR JUAN
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
NUCLEARES
PROYECTISTA
KM. 36.5 CARRET. MEXICO TOLUCA
SALAZAR EDO. DE MEXICO
518-23-60

HDA. ALTAMIRANO No. 19
FRAC. STA. ELENA 52100 EDO. MEXICO
508-30

13.- GIL ESTRADA JOSE LUIS
J. R. V. PRYEC. CONST. Y SERGURIDAD, S.A.
FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO No. 847
DELEGACION IZTACALCO
08670 MEXICO, D.F.
523-62-35

FCO. DEL PASO Y TRONCOSO No. 847
IZTACALCO
08620 MEXICO, D.F.
523-62-35

14.- GONZALEZ ESCOBAR JORGE
DIR. GRAL. DE OBRAS MARITIMAS
JEFE DE OFICINA
INSURGENTES SUR No. 664-6o. PISO
687-55-10

CALZ. HUESO No. 334-B2
DELEGACION COYOACAN
684-92-37

15.- GUTIERREZ Y LERDO DE TEJADA JAVIER
GUTIERREZ TELLO Y CIA. S.A. DE C. V.
GERENTE DEPTO. TECNICO
DAKOTA No. 423
COL. NAPOLES
DELEGACION BENITO JUAREZ
03810 MEXICO, D.F.
543-62-30

AV. DESIERTO DE LOS LEONES No. 5524
DELEGACION ALVARO OBREGON
01720 MEXICO, D.F.
536-77-09

- 16.- HERNANDEZ CRUZ JOSE
SARATOGA No. 722
COL. PORTALES
- 17.- IBARRETA ALVARES RAFAEL
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBJEFE SECCION DE FABRIC. MANTO. EQUIPOS
AUGUSTO RODIN No. 265
COL. NOCHE BUENA
563-37-00 ext. 244 y 247
- 18.- IBANEZ CABRERA JOSE CUBERTO
PEMEX
INSPECTOR GRAL. MANTO. ELECTRICO
MARINA NACIONAL No. 829
254-06-14 y 531-60-86
- 19.- JUAREZ HERNANDEZ PABLO
BUJETE INDUSTRIAL
INGENIERO "C"
MORAS No. 850
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.
658-52-99
- 20.- LOPEZ ANTONIO ANGEL AURELIO
ORGANO SISTESIS, S.A.
SUPERVISOR DE MANTO.
CARRET. AMOMOLULCO SNATIAGO KM. 10.800
TLAZALA EDO. DE MEXICO
91-723-523-94 y 523-44
- 21.- LOZANO GONZALEZ RAFAEL
FAC. ING. UNIVERSIDAD VERACRUZANA
JEFE CARRERA DE ING. MECANICA ELECTRICA
CALLE LA PERGOLA S/N
XALAPA, VER.
766-33
- 22.- LUNA MARTINEZ FRANCISCO
DIREC. GRAL. OBRAS PUBLICAS
JEFE DE SECCION
JUAN PARDAVE No. 72
COL. MAGDALENA MICHUCA
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
- 23.- MORENO BAENA MA. ADRIANA
ENERCON ROBEDAL, S.A. DE C.V.
- 24.- OLGUIN FRIGOSO ALEJANDRO
AIRE AMBIENTAL DE MEXICO, S.A.
ING. PROYECTISTA
AV. PALMAS No. 765 DEPTO. 301
COL. LOMAS DE CHIAPULTEPEC 11000 MEX, D.F.,
- GUIPUZCOA No. 37 DEPTO. 3
DELEGACION BENITO JUAREZ
03430 MEXICO, D.F.
696-45-99
- MAR DE LAS TEMPESTADES No. 45
FRAC. LOS OLIVOS
DELEGACION COYOACAN
04890 MEXICO, D.F.
677-54-10
- TEPIC No. 45-5
COL. ROMA
DELEGACION CUAUHTEMOC
06760 MEXICO, D.F.
- TEPIHUANES No. 20-502
CUIHUACAN
COYOACAN
657-93-58
- ANDADOR ARAUCARIAS 48
COL. POP. ANIMAS
XALAPA, VER.
- GUATEMALA No. 120
DELEGACION CUAUHTEMOC
522-18-42
- SADI CARNOT No. 32 DEPTO. 306-A
COL. SAN RAFAEL
DELEGACION CUAUHTEMOC
06470 MEXICO, D.F.
566-86-37
- HADA. DE CRISTO No. 15
ECHEGARAY
373-09-23

25.- ORTIZ HERNANDEZ ESPERIDION

CALLE BONANZA No. 112
COL. FELIPE ANGELES
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15310 MEXICO, D.F.
795-13-26

26.- PARDO PALACIOS ARTURO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
ING. DE SISTEMAS DE POTENCIA "B"
CALLE SAN MANUELITO S/N AV. TOLUCA
COL. OLIVAR DE LOS PADRES
DELEGACION ALVARO OBREGON
01780 MEXICO, D.F.
595-54-00 ext. 253

STA. ANITA No. 110
COL. METROPOLITANA
CD. NETZAHUALCOYOTL EDO. MEXICO
57730 MEXICO, D.F.
797-66-80

27.- PARGA SALDAÑA JOSE
CONSTRUCTORA Y URBANIZADORA CUR, S.A.
ENCARGADO DEL DEPTO. ELECTRICO
SALTILLO No. 19
COL. CONDESA
DELEGACION CUAUHTEMOC
553-13-22

AMSTERDAN No. 173
COL. CONDESA
DELEGACION CUAUHTEMOC
286-79-80

28.- PEREZ FUENTES JAVIER
AIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION
Y OPERACION HIDRAULICA
JEFE DE OFICINA
SAN ANTONIO ABAD No. 231-2
COL. OBRERA
DELEGACION CUAUHTEMOC
588-57-35

NAURJOA LOTE 1/2MZA."A"
COL. EL YAQUI
DELEGACION CUAJIMALPA
05320 MEXICO, D.F.
812-20-17

29.- PEREZ ORNES JOSE CARLOS
EMBAJADA DE LA REP. DOMINICANA
AGRESADO
INSURGENTES SUR No. 216-301

MATTIAS ROMERO No. 1023-102
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.

30.- RAMIREZ VARGAS SAUL V.
INTEGRACION ESP. DE ING. MEXICANA, S.A.

31.- RAMIREZ ZERMEÑO JUAN JOSE
S. C. T.
INGENIERO ANALISTA
XOLA Y UNIVERSIDAD
DELEGACION BENITO JUAREZ
530-64-58

CDA. DEL ALAMITO No. 20-3
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02300 MEXICO, D.F.
587-64-29

32.- RICO HERNANDEZ JOSE JAVIER
D.G.A.R.C. RYD DE LA UNAM
CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO

CALLE ANGEL No. 44
COL. SAN JOSE INSURGENTES
DELEGACION BENITO JUAREZ
03900 MEXICO, D.F.
598-44-11

33.- ROMERO REA ERNESTO
DIREC. GRAL. CONSTRUC. OPERACION HIDRAULICA
RESIDENTE
AV. RIO CHURUBUSCO No. 1285
COL. SAN JOSE ACULCO
DELEGACION IZTAPALAPA
657-29-27

CALLE I No. 6
COL. JARDINES DE CASA NUEVA
ECATEPEC DE MORELOS EDO. MEXICO
657-29-05

34.- SALVADOR GRANADOS HUMBERTO
INTEGRACION ESP. EN ING. MEXICANA
GERENCIA INSTALACIONES
VALLADOLID No. 40A-102
COL. ROMA
516-67-22

OTE 170 No. 129
COL. MOCTEZUMA
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15500 MEXICO, D.F.

35.- SANCHEZ GACON GUSTAVO
BANCO CENTRAL DEL ECUADOR
INGENIERO DE MANTO, TECNICO DOS
QUITO ECUADOR
570 859

CALLE SEVILLA S/N Y GUIPUZCOA
QUITO ECUADOR
521 687

36.- SANCHEZ HERNANDEZ JOSE A.
S. C. T.

37.- VALERIANO ARELLANO RAFAEL
H. SCHALL; S.A.
ING. ELECTRICISTA
MANUEL J. OTTON No. 10
COL. OBRERA
DELEGACION CUAUHTEMOC
06800 MEXICO, D.F.
588-65-00

ALFREDO CHAVERO No. 275
COL. TRANSITO
DELEGACION CUAUHTEMOC
06820 MEXICO, D.F.
768-29-82

38.- VAZQUEZ VILLEGAS SALOMON
CIA. MINERA AUTLAN
SUPERVISOR TALLER ELECTRICO
AYOTETLA HCO UNIDAD MOLANGO.

CALLE CURTIDORES No. 1
BARRIO NUEVO
TLANDRINOL, HGO.

39.- VILLAVERDE CARRION JESUS
DIREC. GRAL. OBRAS U. N. A. M.
JEFE DEPTO. AREA ELECTROMECANICA
AV. REVOLUCION No. 2045
CD. UNIVERSITARIA
550-57-68

SAHUARIPA No. 11
COL. ALVARO OBREGON
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15990 MEXICO, D.F.
768-83-91

40.- ZUÑIGA RENDON GREGORIO RICARDO
BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS
INGENIERO "C"
MORAS No. 850
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
658-52-99

LAGO SUG No. 4--1
COL. TACUBA
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
11410 MEXICO, D.F.
658-52-99 ext. 1428

41.- YEPEZ GONZALEZ JAVIER
INTEGRACION ESP. DE ING. MEXICANA
SUBGERENCIA DE CONSERVACION EDIFICIOS
VALLADOLID 40 A-102
COL. ROMA 516-67-22

AGRUPACION No. 22 EDIF. 2 DEPTO. 42
UNIDAD VICENTE GUERRERO
IZTAPALAPA
09200 MEXICO, D.F. 691-92-94